

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEMBRAN FİLTRASYONUN BEYAZ PEYNİR ÜRETİMİNDE BİLEŞİM VE
KALİTE ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kadir ÇINAR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEMBRAN FİLTASYONUN BEYAZ PEYNİR ÜRETİMİNDE BİLEŞİM VE
KALİTE ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Kadir ÇINAR
(506111534)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gürbüz GÜNEŞ

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **506111534** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Kadir ÇINAR** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**MEMBRAN FİLTRASYONUN BEYAZ PEYNİR ÜRETİMİNDE BİLEŞİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Gürbüz GÜNEŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Prof. Dr. Zeynep KATNAŞ**
Trakya Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Meral KILIÇ AKYILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ
Trakya Üniversitesi

Teslim Tarihi : **11 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **20 Ocak 2015**

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimi hazırlama aşamasında değerli katkılarıyla beni yönlendiren, bilgi ve deneyimlerinden faydalanma şansı bulduğum danışman hocalarım Sayın Prof. Dr. Gürbüz GÜNEŞ ve Sayın Prof. Dr. Zeynep KATNAŞ'a sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Görüş ve önerileriyle çalışmama katkı sağlayan ve değerli vaktini bana ayıran değerli hocam Sayın Doç. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ'e,

İlgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili arkadaşım Araş. Gör. İrem DAMAR HÜNER'e,

Bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdullah AKGÜN'e,

Önerileri ve teknik desteği ile yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Ufuk BAĞCI'ya,

Teknik altyapısı ile tekstür ve renk analizlerinin yapımına olanak sağlayan Trakya Üniversitesi Araştırma ve Geliştirme Merkezi (TÜTAGEM)'ne ayrı ayrı teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında gösterdikleri sabır, anlayış ve manevi destekleri için sevgili aileme ve hayat arkadaşıma teşekkürlerimi iletirim.

Aralık 2014

Kadir ÇINAR
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY	xvi
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Süt ve Sütün Özellikleri	5
2.1.1 Kazein ve peynir altı suyu proteinleri	6
2.1.2 Sütün pıhtılaşması	8
2.2 Süt Endüstrisinde Membranlı Ayırma İşlemleri	9
2.2.1 Mikrofiltrasyon	11
2.2.2 Süt ürünleri endüstrisinde mikrofiltrasyon uygulamaları	13
2.2.3 Peynir üretiminde membranlı ayırma sistemleri	15
2.3 Beyaz Salamura Peyniri	17
2.3.1 Beyaz peynir üretim basamakları.....	19
2.3.1.1 Süte uygulanan ön işlemler	19
2.3.1.2 Sütün pıhtılaştırılması	20
2.3.1.3 Peynirin tuzlanarak depolanması	21
2.3.2 Peynirin olgunlaşması	22
2.3.2.1 Proteoliz	22
2.3.2.2 Lipoliz	23
2.3.2.3 Glikoliz.....	23
2.4 Peynirin Kalite Özellikleri	24
2.4.1 Tekstür	24
2.4.2 Duyusal özellikler	26
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal	29
3.1.1 Hammadde ve kimyasallar	29
3.1.2 Membranlar ve özellikleri	29
3.2 Mikrofiltrasyon Sistemi.....	29
3.3 Yöntemler.....	32
3.3.1 Sütün zenginleştirilmesi	32
3.3.2 Beyaz peynirin elde edilmesi	33
3.3.2.1 Doğrudan günlük süttten beyaz peynirin elde edilmesi	33
3.3.2.2 Zenginleştirilmiş süttten beyaz peynirin elde edilmesi	34
3.2.3 Kimyasal analizler.....	35
3.2.3.1 Toplam kuru madde tayini	35
3.2.3.2 Kül tayini.....	36

3.2.3.3 Protein tayini	36
3.2.3.4 Yağ tayini	37
3.2.3.5 Tuz tayini.....	37
3.2.3.6 Asitlik tayini	38
3.2.4. Fiziksel analizler	38
3.2.4.1 Tekstür profil analizi (TPA).....	38
3.2.4.2 Renk ölçümü	39
3.2.5 Duyusal analizler.....	39
3.2.6 İstatistiksel analizler.....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	41
4.1 Permeat ve Retentat Hatlarının Bileşimi	41
4.2 Peynir Süreç Verimi ve Bileşimi	44
4.2.1 Peynir süreç verimi.....	44
4.2.2 Peynir bileşimi.....	45
4.3 Peynir Altı Suyunun (PAS) Bileşimi.....	47
4.4 Elde Edilen Salamura Peynirin Özellikleri.....	48
4.4.1 Renk	48
4.4.2 Tekstür.....	50
4.4.2.1 Sertlik	51
4.4.2.2 Tutunabilirlik.....	54
4.4.2.3 Elastikiyet.....	55
4.4.2.4 Yapışkanlık.....	56
4.4.2.5 Sakızimsılık.....	57
4.4.2.6 Çiğnenebilirlik.....	58
4.4.2.7 Esneklik.....	58
4.4.3 Duyusal analiz sonuçları	59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	73

KISALTMALAR

TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
PAS	: Peynir altı suyu
MF	: Mikrofiltrasyon
UF	: Ultrafiltrasyon
NF	: Nanofiltrasyon
TO	: Ters ozmos
HF	: Hiperfiltrasyon
Da	: Dalton
Nm	: Nanometre
µm	: Mikrometre
Mv	: Milivolt
TPA	: Tekstür profil analizi
IDF	: Uluslararası Sütçülük Fedarasyonu
ZF	: Zenginleştirme faktörü
PES	: Polietersülfon
PVDF	: Poliviniliden florid
K	: Kontrol örneği
D1	: MF ile sütün zenginleştirilmesinin 1. denemesi ve elde edilen peynir
D2	: MF ile sütün zenginleştirilmesinin 2. denemesi ve elde edilen peynir
D3	: MF ile sütün zenginleştirilmesinin 3. denemesi ve elde edilen peynir
D4	: MF ile sütün zenginleştirilmesinin 4. denemesi ve elde edilen peynir
D5	: MF ile sütün zenginleştirilmesinin 5. denemesi ve elde edilen peynir

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : PAS proteinlerinin bileşimi	7
Çizelge 2.2 : Bazı süt bileşenlerinin büyüklüğü.	14
Çizelge 2.3 : Tekstür profil analizinde kullanılan parametreler ve tanımları.	26
Çizelge 3.1 : Membranların özellikleri.	29
Çizelge 3.2 : SEPA CFII membran modülünün teknik özellikleri.	32
Çizelge 3.3 : Sütün MF ile zenginleştirilmesi.....	33
Çizelge 4.1 : Permeat ve retentat hatlarının bileşimi.	42
Çizelge 4.2 : Peynir süreç verimi.	44
Çizelge 4.3 : Peynirlerin bileşimi.	45
Çizelge 4.4 : Peynirlerin tuz ve asitlik oranları.	46
Çizelge 4.5 : Peynir altı suyunun (PAS) bileşimi.	47
Çizelge 4.6 : Peynirlere ait renk analiz sonuçları.	48
Çizelge 4.7 : TPA sonucu elde edilen sonuçlar.	52
Çizelge 4.8 : Peynirlerin duyu analizi sonuçları.....	59

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : İnek sütünün bileşimi	5
Şekil 2.2 : Kazein misellerinin yapısı.	7
Şekil 2.3 : Enzim etkisi ile kazein misellerinin koagülasyonu	8
Şekil 2.4 : Membran filtrasyon.	10
Şekil 2.5 : Dik akış (dead-end) ve çapraz akış (cross-flow) filtrasyon.	12
Şekil 2.6 : Membran teknolojisi ile sütün işlenmesi	15
Şekil 2.7 : MF ve UF'nin peynir yapımında kullanımının şematik gösterimi.	16
Şekil 2.8 : Türkiye’de inek peyniri üretimi.....	17
Şekil 2.9 : Türkiye’de beyaz peynir üretimi	18
Şekil 2.10 : Beyaz peynir üretimi akış diyagramı.....	20
Şekil 2.11 : Olgunlaşma sürecinde proteoliz basamakları.	23
Şekil 2.12 : Tekstür profili analizi sonuç değerlendirme örneği.....	25
Şekil 3.1 : Mikrofiltrasyon sistemi.	30
Şekil 3.2 : Hücre tutucu ve hücre gövdesi.	30
Şekil 3.3 : Hücre gövdesinin bileşenleri.	31
Şekil 3.4 : Membranın MF modülüne yerleştirilmesi.....	31
Şekil 3.5 : Doğrudan günlük süttten beyaz peynir yapımı.....	34
Şekil 3.6 : MF ile zenginleştirilmiş süttten beyaz peynir yapımı.	35
Şekil 4.1 : (a) D5 ve (b) K peynir örneklerinin görünümü.	49
Şekil 4.2 : D4 örneğinin görünümü.	50
Şekil 4.3 : Peynirlerin sertlik değerleri.	51
Şekil 4.4 : Peynirlerin tutunabilirlik değerleri.	55
Şekil 4.5 : Peynirlerin elastikiyet değerleri.....	56
Şekil 4.6 : Peynirlerin yapışkanlık değerleri.....	57
Şekil 4.7 : Peynirlerin sakızımsılık değerleri.....	57
Şekil 4.8 : Peynirlerin çiğnenebilirlik değerleri.....	58
Şekil 4.9 : Peynirlerin esneklik değerleri.....	59
Şekil 4.10 : (a) D1, (b) D2, (c) D3 ve (d) D4 peynir örneklerinin görünümü	60

MEMBRAN FİLTRASYONUN BEYAZ PEYNİR ÜRETİMİNDE BİLEŞİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu araştırmanın amacı mikrofiltasyon ile zenginleştirilmiş süt retentatlarının salamura beyaz peynire işlenmesi sonucu elde edilen peynirlerin bileşim ve kalite özelliklerinin incelenmesidir. Bu amaçla, peynire işlenecek sütün zenginleştirilmesi için biri 0,05 µm gözenek boyutuna sahip polietersülfon (MP005), diğeri ise 0,20 µm gözenek boyutuna sahip polivilidenflorid (MV020) olmak üzere iki çeşit mikrofiltasyon membranı kullanılmıştır. SEPA CF-II laboratuvar ölçekli, düz tabakalı membran test ünitesi kullanılarak MP005 membranda 1,59, 1,71, 1,85, 1,93 zenginleştirme faktörlerinde, MV020 membranda ise 1,24 zenginleştirme faktöründe çalışılmıştır. Zenginleştirme sonucu elde edilen permeat ve retentat hatları kimyasal bileşim açısından değerlendirilmiştir.

Salamura beyaz peynir örnekleri doğrudan günlük süttten ve mikrofiltasyon retentatlarından olmak üzere iki ayrı yöntemle elde edilmiştir. Doğrudan günlük süttten elde edilen peynir kontrol örneği olarak kullanılmıştır. Elde edilen peynirler ve peyniraltı suyunun kimyasal bileşimleri de ayrıca incelenmiştir. Elde edilen peynir örnekleri renk (L^* , a^* , b^*), tekstür (sertlik, tutunabilirlik, elastikiyet, yapışkanlık, sakızimsızlık, çignenebilirlik, esneklik) ve duysal (renk, koku, kitle-yapı, lezzet) özellikler açısından incelenmiştir. Duysal özellikler eğitilmemiş 14 kişilik bir panelist grubuyla sıralama-puanlama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş, karşılaştırmalar için Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p<0,05$) kullanılmıştır.

Doğrudan günlük süt peynire işlendiğinde peynir sürecinin verimi % 11,16 olarak hesaplanmışken, MP005 membranda mikrofiltasyon ile elde edilen 1,59, 1,71, 1,85 ve 1,93 zenginleştirme faktörlerine sahip retentatlar peynire işlendiğinde ise peynir sürecinin verimi % 31,89, % 33,24, % 31,66 ve % 36,35 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla, peynir süreç verimi % 36,35 değerine kadar yükselirken, peynir süreci atığı olarak ortaya çıkan PAS'ın önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir.

MP005 membranıyla gerçekleştirilen mikrofiltasyon işleminde, zenginleştirme faktöründeki artış, retentatlardan elde edilen peynir örnekleriyle, doğrudan günlük süttten elde edilen peynir örneği arasında bileşimsel açıdan büyük farklara neden olmamıştır. Sütün laboratuvar koşullarında peynire işlenmesi sırasında oluşan küçük farklar peynirlerin görünüm, renk, tekstür ve duysal özelliklerinde değişkenliklere neden olmakla birlikte, MP005 membranla işlenen retentatlardan elde edilen peynirler kontrol örneğiyle uyumlu özelliklere sahiptir. Zenginleştirme sırasında süt yağının membran üzerinde kütle geçişine karşı oluşturduğu direnç peynire işlenecek süttten suyun, protein olmayan azotlu maddelerin ve az miktarda PAS proteinlerinin permeate geçişini sağlamıştır. Bu sayede sütün protein açısından içeriği büyük ölçüde değişmemiştir. Ancak, daha büyük gözenek boyutuna sahip, MV020

membranla elde edilen retentat peynire işlendiğinde fiziksel ve duyuşal özellikler açısından kontrol örneğine göre farklılıklar gözlenmiştir.

Peynir örneklerinin incelenmesi sırasında ortaya çıkan en önemli gözlemlerden biri peynir bloklarının görsel açıdan nitel olarak gözlenen gözeneklilik özelliklerinin başta renk ve tekstür olmak üzere ölçümlere yansımış olmasıdır.

Sonuç olarak, MP005 membran kullanılarak yapılan zenginleştirme işlemi peynir üretiminde işlenerek atılması gereken atık miktarını azaltması açısından çevre dostu bir teknoloji olarak umut vaad etmektedir. Ayrıca, zenginleştirilmiş retentatın peynir üretimi sırasında kullanılan materyal sığasını azaltması sonucu işletme yükünü ve arıtma giderlerini düşürmesi beklenmektedir.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF MEMBRAN FILTRATION TECHNIQUES ON COMPOSITION AND QUALITY OF WHITE BRINED CHEESE

SUMMARY

Turkish white cheese is a kind of brined cheese and it is the most popular traditional cheese in Turkey. It has soft or semi-hard texture and a salty, acid taste. There are similar types of Turkish white cheese around the world such as Bulgaria's Sirene, Romania's Telamme, Greece's Feta, Yugoslavia's Primonski Sir and Grobniciki Sir, Israel's Brinsa, America's Queso Blanco and Pickle Cheese and Egypt's Domiati cheese.

Membrane filtration techniques are used in the milk industry for several purposes such as fractionation of milk fat from whole milk, removal of bacteria and spores from milk, standardization or enrichment of protein content of the milk etc. Membrane filtration techniques are readily used in cheese production, since cheese production is actually a kind of concentration (enrichment) process. Ultrafiltration and microfiltration are the major membrane processes employed in the cheese industry. These filtration processes are used to produce cheese from milk retentates. Ultrafiltration has been applied to cheese production over the past 45 years, whereas microfiltration is a more recent technology. Although ultrafiltration offers some benefits in cheese manufacturing such as improvement in hygienic capacity, minimal heating, increased cheese yield, homogeneity of the quality of the final cheese product, it is observed to have negative impacts on cheese quality due to the enrichment of whey proteins in the ultrafiltered milk. However, in microfiltration larger membrane pore sizes are used. For this reason, the enrichment of whey proteins in cheese milk is less.

Milk is a complex mixture of different components such as fat, protein, lactose, minerals, etc. These components have unique nutritional and functional characteristics. Whey proteins represent approximately 20 % of the milk proteins. In traditional cheese production whey proteins remain in the whey with fat, caseinomacropptides, rennet, etc. For this reason, purification or concentration of whey proteins is difficult and expensive. Also, whey has low solid content and high biological oxygen demand (BOD), which creates a major disposal problem. On the other hand, the permeate stream obtained after microfiltration of milk is referred to as "ideal whey" since it contains whey proteins that do not contribute to the cheesemaking process. Thus, unlike classical whey, ideal whey has sterile native components with highly functional properties and also no fat in its composition. The presence of fat in whey leads to decreased functional properties and shorter storage life. Moreover, microfiltered whey proteins maintain their biological activity and have a better flavor profile than classical whey. Therefore, ideal whey is a much better raw material for manufacturing high quality whey protein ingredients.

The aim of the present study is to investigate the chemical composition and the quality parameters of white brined cheese obtained from pasteurized milk enriched upon microfiltration. For this purpose, two types of microfiltration membranes were used: a polyethersulfone membrane (MP005) with a pore size of 0.05 μm , and a polyvinylidene fluoride membrane (MV020) with a pore size of 0.20 μm . Microfiltration equipment used is a laboratory scale SEPA CF-II membrane test unit equipped with a flat plate. Enrichment factors of 1.59, 1.71, 1.85, and 1.93 were achieved with the polyethersulfone membrane, whereas the enrichment factor was 1.24 with the polyvinylidene fluoride membrane. Chemical compositions of the permeate and the retentate streams were analyzed with respect to dry matter, protein, fat and ash contents.

White cheese was obtained from the retentate streams enriched upon microfiltration. White cheese obtained directly from pasteurized milk was used as the control sample. Chemical compositions of the white brined cheese samples were analyzed with regard to dry matter, protein, fat, ash, salt contents and acidity. Whey obtained upon cheese making was analyzed with respect to dry matter, protein and ash contents. Color (L^* , a^* , b^*) and texture parameters (hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness, resilience) of cheese samples including the control were measured and evaluated. Sensory tests with regard to color, odor, texture and flavor performed by 14 untrained panelists by ranking the cheese samples. Sensory test results were evaluated using Duncan Multiple Comparison Test ($p < 0.05$).

Process effectiveness, which defined as hundred times of amount of cheese obtained per unit mass of retentate (milk for the control), was evaluated as 11.16 % for the control sample. Upon enrichment using the MP005 membrane, process effectiveness increased to 31.89 %, 33.24 %, 31.66 % and 36.35 % corresponding to enrichment factors of 1.59, 1.71, 1.85 and 1.93, respectively. Thus, the amount of whey produced as the waste material of the cheese making process, which includes caseinomacropptides, rennet, whey proteins and milk fat, decreased substantially.

Enrichment using the MP005 membrane did not cause substantial differences in the composition of white brined cheese obtained from microfiltration retentates in comparison with the control. In addition, chemical compositions of all white brined cheese samples including the control were in accordance with values reported in the literature for white brined cheese. Cheese making in the laboratory setting may have suffered from minimal procedural variations, and these variations may have caused differences in the appearance, color, texture and the sensory properties of the cheese samples. However, measured properties of cheese samples made from microfiltration retentates obtained using the MP005 membrane, were comparable with those of the control sample. At the very beginning of microfiltration, milk fat formed a layer on the membrane offering extra resistance to mass transfer. Thus, only water, lactose, non-protein nitrogen and minimal amount of whey proteins were allowed to pass through the membrane. Thus, protein composition was practically unaffected by the enrichment process. However, the physical and sensory properties of the cheese sample obtained from the retentate enriched by using the MV020 membrane (with a larger pore size) were practically quite different from the control.

One of the most important observations in the present study was visually observed differences in porosity of the cheese blocks interfered with measurements of especially color and texture parameters. Thus, not only porosity, but also the pore

structure may have hindered independent measurement of color and texture parameters. It seems that the porous characteristics of cheese samples may have contributed to the variability in color results, and also in the results of textural and sensory properties.

It can be concluded that enrichment by using the MP005 membrane has a potential in decreasing the amount of cheese waste that needs to be processed and/or treated on site. Also, decrease in the volume of the material to be processed to cheese is expected to decrease operating costs. Thus, microfiltration technology is promising as an environmentally friendly technology to be used by the cheese making industry.

1.GİRİŞ

Peynir çok sayıda çeşidiyle insan beslenmesinde önemli yer tutan bir süt ürünüdür. Sütün pıhtılaştırılması ve peynir altı suyunun ayrılması sonucu elde edilen peynir, taze ya da çeşidine özgü tat, aroma ve yapı kazanması için olgunlaştırıldıktan sonra tüketilir (Kaynar ve diğ, 2005). Ülkemizde birçok peynir çeşidi üretilmesine karşın en çok üretilen ve tüketilen bir salamura peynir çeşidi olan beyaz peynirdir (Hayaloğlu ve diğ, 2008). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2012 yılında 275.990 ton beyaz peynir üretilmiştir.

Süt endüstrisinden kaynaklanan atık sularda, en büyük kirletici kaynağı, peynir üretimi sonucu oluşan ve kirletici vasfı yüksek olan peynir altı suyu (PAS)'dur. PAS sütün türüne ve süzülme düzeyine bağlı olarak peynir sütünün % 75-85'i oranında ayrılır. İnek sütü kullanılarak yapılan peynirlerde sütün kuru maddesinin % 42'si, süt yağının % 8'i ve süt proteinlerinin yaklaşık % 22'si peynir altı suyuna geçer (Alper, 1983). Bu değerler üretim sırasındaki yanlış işlemlerden dolayı büyümekte, ülke ekonomisi ve insan beslenmesi için önemli bir kayıp yaşanmaktadır (Alpar ve diğ, 1985).

TÜİK verilerine göre 2012 yılında inek sütünden üretilen peynir miktarı yaklaşık 540.000 tondur. Bu miktarda peynir üretimi için yaklaşık olarak 3.600.000 ton süt gereklidir. Sütün yaklaşık % 85'i PAS kabul edilirse yılda yaklaşık 3.000.000 tondan fazla PAS peynir endüstrisinin yan ürün niteliğindeki atığı olarak elde edilmektedir. Ülkemizde belirli sayıda süt ve süt ürünleri üreten büyük işletmeler var olmakla birlikte, peynir, bu işletmeler dışında yöresel, mandıra tipi işletmelerde de sıklıkla üretilmektedir. Bu tür küçük işletmeler peynirle ilgilenirler ve PAS'ı işlemezler, zira PAS'ın işlenmesi/arıtılması yüksek yağ içeriği ve asitliği nedeniyle maliyetli bir süreçtir. Bu durum hem önemli ölçüde besin israfına hem de arıtılmadan alıcı ortamlara verildiği için çevre kirliliğine neden olur (Adalı, 2009).

Süt endüstrisinde membran uygulamaları arıtma, zenginleştirme, fraksiyonlara ayırma çok çeşitli amaçlarla kullanılır. Peynir yapımından önce ön işlem olarak

PAS'ın membran filtrasyon ile sütten ayrılması ilk olarak 1969 yılında ultrafiltrasyon (UF) tekniğinin kullanılması ile gerçekleşmiştir (Maubois ve diğ, 1969). Bu şekilde üretilen peynirlerde duysal, tekstürel ve fonksiyonel açıdan istenmeyen sonuçlar gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise UF kullanılarak üretilen peynirlerde PAS proteinlerinin kazein ağlarına tutunması sonucu ortamdan yeterince ayrılmamaları ile birlikte peynir yapımı sırasında PAS proteinlerinin kazein ağlarının su bağlama kapasitesini arttırmaları olarak açıklanmıştır (Karlsson ve diğ, 2007; Neocleous ve diğ, 2002a). Sonuçta, UF uygulamasından sonra elde edilen peynirde geleneksel peynire göre daha yumuşak bir tekstürel yapı gözlenmiştir. Ayrıca, kazein ağlarına tutunan PAS proteinleri proteoliz hızının azalmasına neden olarak peynirin özelliklerini olgunlaşma aşamasında da olumsuz yönde etkilemiştir. (Karlsson ve diğ, 2007).

Mikrofiltrasyon (MF), peynir yapımında kullanılacak süte uygulanabilecek bir başka membranlı ayırma sürecidir. Bu süreç süt proteinlerini fraksiyonlarına ayırmak amacıyla kullanılabilir. Gözenek boyutları 0,05-0,20  m arasında değişen membranlar ile gerçekleştirilen MF işlemi ile proteinlerin molekül boyutlarına göre ayrılması sağlanır. Membrandan geçen serum proteinleri permeatta, geçemeyen kazein proteinleri ise retentatta toplanır. MF  n işlemiyle peynir yapımına hazırlanan sütte UF'nin negatif etkileri minimuma indirilebilir. MF ile sütün zenginleştirilmesi sırasında PAS proteinleri dâhil bütün küçük moleküllerin membrandan ge i i sağlanabilir. Böylece, UF'nin aksine PAS proteinleri peynir sütünde zenginleşmez (Schreier ve diğ, 2010). Peynir sütünün MF ile  n işlemi sonucu süt proteinleri, laktoz ve k l bileşenleri standardize edilebilir. Böylece sütün pıhtıla tırılmasından önce peynir altı suyu proteinleri, bir miktar laktoz ve minerallerin ayrımı sağlanarak, peynir üretimi için içeriğinde gerektiği konsantrasyonda süt bileşeni içeren ideal peynir sütü elde edilebilir.

Sütün MF ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen permeat “ideal peynir altı suyu” olarak isimlendirilir. İdeal PAS'ta kazeinler, yağ, peynir üretiminden gelen yan ürünler bulunmaz. Permeat kısmına geçen PAS proteinleri ısıl işleme tabi tutulmadıkları için denatüre olmaz, dolayısıyla normal PAS'a göre fonksiyonel özellikleri ve lezzet profillerini korurlar.

Peynir üretiminden önce MF ile sütten PAS proteinlerinin ayrılmasının önemli nedenleri ve avantajları:

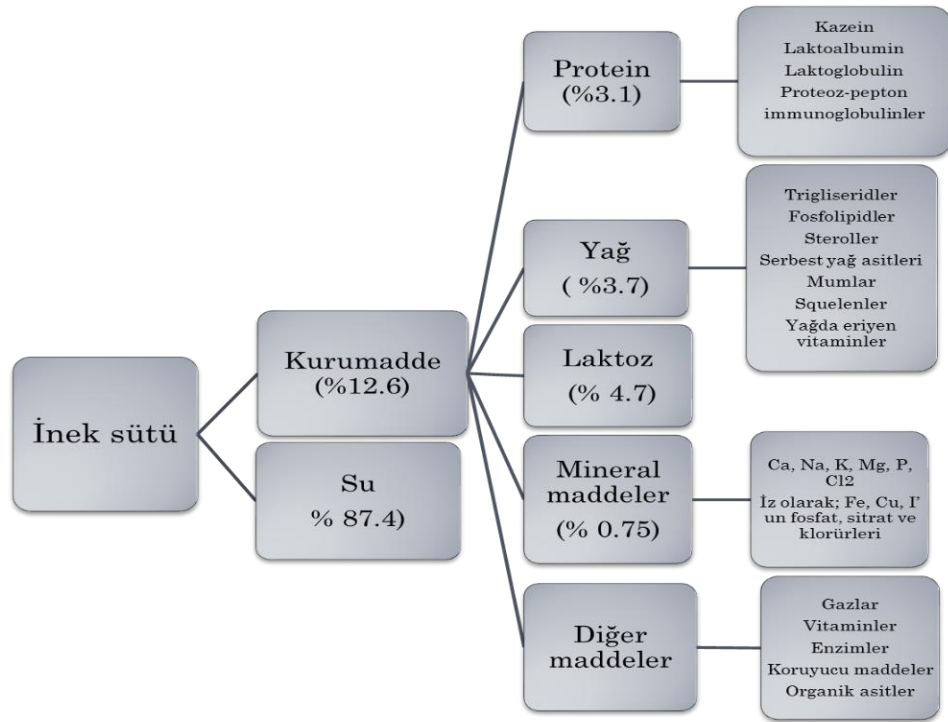
- Geleneksel yöntem ile peynir üretiminde önemli miktarda PAS proteinini peynirin yapısında tutunmaz, PAS ile ayrılır. PAS proteinlerinin peynirin yapımından önce MF ile ayrılmasının peynir bileşimine etkisinin olmayacağı düşünülmektedir.
- MF sonrası elde edilen permeat kısmında bu proteinler en doğal haliyle korunurlar.
- MF sonrası elde edilen permeat kısmında iz miktarda yağ bulunur. Böylece, ideal PAS'ın depolanması sırasında yağın oksidasyonun neden olabileceği bozunmalar ve kötü kokuların önüne geçilmiş olur, geleneksel yöntem ile elde edilen PAS'a göre ideal PAS'ın raf ömrü uzar.
- MF ile zenginleştirilen süttten peynir yapımı sonrası ortaya çıkan atık miktarı azalır.
- MF sonrası elde edilen permeat kısmında zenginleştirilen laktozun endüstriyel açıdan daha kullanışlı bir biçimde değerlendirilmesinin önü açılır.
- PAS proteinleri ve laktozun atık kısmından büyük ölçüde uzaklaştırılması sonucu atığın biyolojik oksijen gereksinimi azalır, dolayısıyla çevre kirlenmesine etkisi de büyük oranda azalmış olur.

Bu çalışma kapsamında peynir sütünün MF ile zenginleştirilmesinin salamura beyaz peynirin bileşim ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla süte farklı gözenek boyutuna sahip membranlar kullanılarak MF işlemi uygulanmış, MF sonucu elde edilen süt proteinlerince zengin kısım (retentat) kullanılarak peynir üretimi gerçekleştirilmiştir. MF sonucu elde edilen permeat, retentat kısımları ile peynir ve PAS'ın kimyasal analizleri yapılmıştır. Peynirlerin renk, tekstür ve duyu analizi yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Süt ve Sütün Özellikleri

Türk Standartları Çiğ Süt Standardı (TS 1018) sütü şöyle tanımlar: “Süt; inek, koyun, keçi ve mandaların meme bezlerinden salgılanan, kendine özgü tat ve kıvamda olan, içine başka maddeler karıştırılmamış, içinden herhangi bir maddesi alınmamış, beyaz veya krem renkli sıvıdır” (TS, 2002). Türk Gıda Kodeksine göre ise: “Çiğ süt, bir veya daha fazla inek, keçi, koyun veya mandanın sağılmasıyla elde edilen, 40 °C’ nin üzerinde ısıtılmamış veya eşdeğer etkiye sahip herhangi işlem görmemiş kolostrum dışındaki meme bezi salgısı” olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2000).



Şekil 2.1 : İnek sütünün bileşimi (Üçüncü, 2005).

Süt insan beslenmesinde önemli bir yer alır. Süt, metabolizmanın yapısal, biyokimyasal ve enerji gereksinimini sağlayan besin unsurları açısından diğer besin kaynaklarına göre daha zengin bir gıda maddesidir. Süt, başta kalsiyum ve fosfor

olmak üzere önemli bir mineral, protein ve riboflavin gibi B grubu vitaminlerinin kaynağıdır (Ünal ve Besler, 2008).

Süt polidispers bir gıda maddesidir. Yapısında bulunan yağ, emülsiyon; protein, kolloidal dispersiyon; laktoz ve mineral maddeler ise çözelti halinde bulunurlar (Üçüncü, 2004a). Sütün kimyasal bileşimi; hayvanın tür ve ırkı, yaşı, laktasyon dönemi, mikrobiyolojik bileşimi, sütün üretim koşulları vb. etkenlere göre farklılıklar gösterir (Kınık ve diğ, 2011). İnek sütünün bileşimine ilişkin değerler ve bileşenlerin kuru madde içerisindeki oranları Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

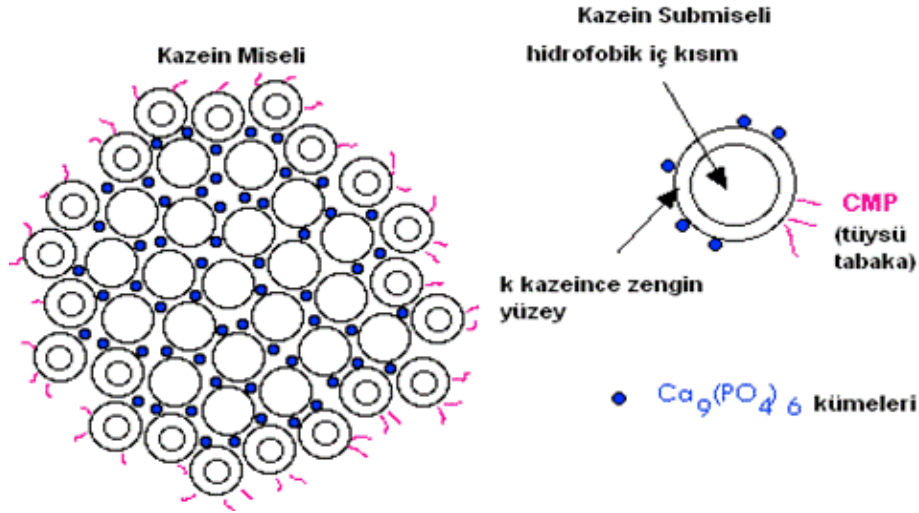
2.1.1 Kazein ve peynir altı suyu proteinleri

İnek sütünün yaklaşık % 87-88’i sudur. Geriye kalan % 12-13’lük kısım ise kuru maddedir. Kuru maddenin yaklaşık % 27’si azotlu maddelerden, % 29’u süt yağından, % 37’si laktozdan ve % 5,5’i de mineral maddelerden oluşur (Kınık ve diğ, 2011). Sütün yapısındaki azotlu bileşiklerin % 95’i kazein ve PAS proteinlerinden oluşur. Kazeinler sütte boyutları 30-300 nm arasında değişen misel adı verilen parçacıklar halinde bulunur (Fox, 1993).

Kazeinler α_{s1} -kazein, α_{s2} -kazein, β -kazein ve κ -kazein olmak üzere başlıca dört alt gruptan oluşur. Kazein molekülünün yaklaşık % 38’i α_{s1} -kazein, % 10’u α_{s2} -kazein, %36’sı β -kazein ve % 12’si κ -kazeinden oluşur (Eskin ve Goff, 2013).

Kazein misellerinin yaklaşık % 7’si kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, fosfat ve sitrattan oluşur. Bu maddelerden kalsiyum ve fosfat genellikle kolloidal kalsiyum fosfat halinde bulunur. Kazeinler kolloidal kalsiyum fosfatla kalsiyum kazeinat-fosfat veya kalsiyum-fosfokazeinat komplekslerini oluştururlar (Üçüncü, 2004a).

Kazein miseli ortalama 120 nm çapında, $8 \times 10^{-10} \text{ cm}^2$ yüzey alanına sahip, $2,1 \times 10^{-15} \text{ cm}^3$ hacminde ve susuz olarak $5 \times 10^8 \text{ Da}$ moleküler ağırlığa sahiptir (Koçak ve Seydim, 2011). Kazein miselleri 10-15 nm çapında alt misellerden oluşur (Şekil 2.2). Kazein miselleri alt misellerin agregasyonu ile oluşur (Üçüncü, 2004a). Kalsiyuma duyarlı olan α_{s1} -, α_{s2} - ve β -kazeinlerin alt miselleri kazein miselinin çekirdeğini oluştururken κ -kazein ise genellikle misellerin yüzeyine yerleşik biçimde bulunur (Fox ve Guinee, 2013).



Şekil 2.2 : Kazein misellerinin yapısı.

PAS proteinleri ya da bir diğer deyişle serum proteinleri sütte kütlece toplam protein miktarının % 20'sini oluştururlar. Başlıca PAS proteinleri: β -laktoglobulin (β -LG), α -laktalbumin (α -LA) ve serum albümindir (Heino, 2009). Bu proteinler toplam PAS proteininin sırasıyla yaklaşık % 60, % 25 ve % 12'sini oluştururlar. PAS proteinlerinin bileşimi aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : PAS proteinlerinin bileşimi (De Wit, 1998).

Protein	Konsantrasyon (g/L süt)
β - laktoglobulin	3,2
α - laktalbumin	1,2
İmminoglobulin	0,8
Serum albumin	0,4
Laktoferrin	0,2
Laktoperoksidaz	0,03
Proteaz-pepton	≥ 1

Kazeinler ve PAS proteinleri arasındaki farklar (Fox ve Sweeney, 1998) şöyle özetlenebilir:

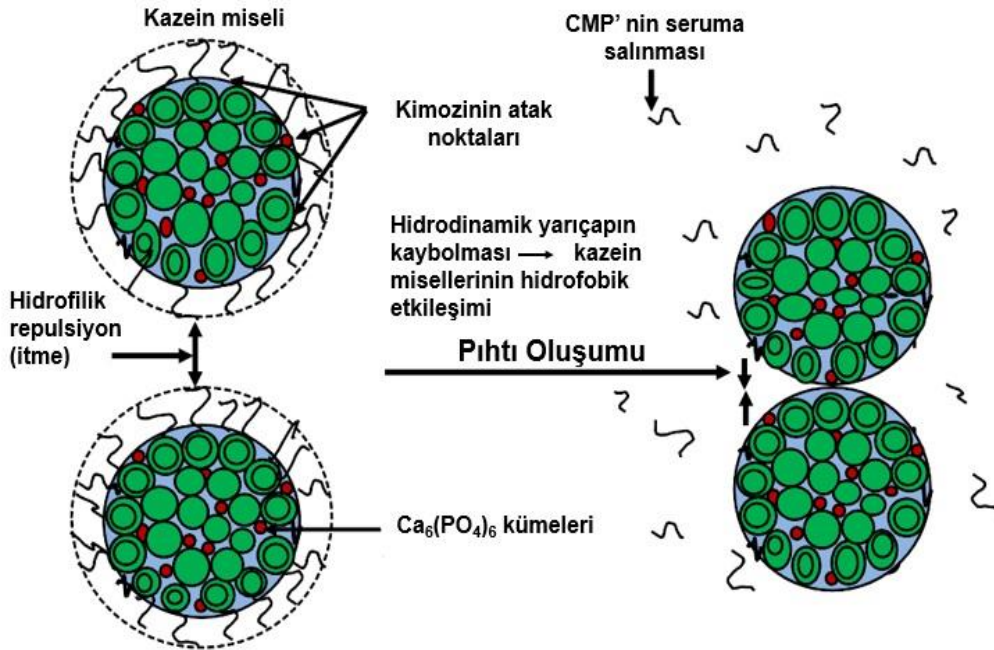
- Kazeinlerin aksine PAS proteinleri sütün pH değeri 4.6 civarında olduğunda çökmezler.
- Rennet ve diğer proteinazlar ortamda Ca^{+2} varsa kazeinlerin yapısında spesifik değişikliklere neden olarak koagülasyonu sağlarlar. Aynı koşullarda, PAS proteinlerinde ise herhangi bir değişiklik oluşmaz.
- Kazeinler yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır, PAS proteinlerinin sıcaklık duyarlılığı yüksektir. Süt 100 °C'de 24 saat ısıtıldığında koagülasyona

uğramaz. PAS proteinleri ise 90 °C’de ve 10 dakika ısıtıldığında tamamen denatüre olurlar.

- Kazeinler ortalama % 0,85 civarında fosfor içerir, PAS proteinlerinde fosfat bulunmaz. Fosfat, kazeinlerin yüksek ısıl kararlılığını sağlar ve pıhtılaşmasına katkıda bulunur.
- PAS proteinleri dörtlü yapıya sahip olmayan basit moleküller oldukları için çözelti içinde yayılırlar. Kazeinler ise parçacık ağırlığı 10^6 - 10^9 Da arasında olan dörtlü yapıya sahip miseller halinde bulunurlar

2.1.2 Sütün pıhtılaşması

Kazeinin çökmesi için sütün pH değeri 4,6 civarına düşürülür veya peynir mayası eklenir. Pıhtılaştırıcı enzimler asit proteaz grubunda yer alırlar, hayvansal, bitkisel ve mikrobiyal kaynaklardan elde edilir. Rennet enzimi peynir üretiminde en çok kullanılan hayvansal proteazdır (Üçüncü, 2004a).



Şekil 2.3 : Enzim etkisi ile kazein misellerinin koagülasyonu (Heino, 2009).

Bir kazein miselinde binlerce α_{s1} -, α_{s2} - ve β - ve κ -kazein molekülü bulunabilir. Buna karşın, misellerin önemli bir kısmını protein olmayan bileşenler oluşturur. Bu bileşenlerin en önemlisi kolloidal kalsiyum fosfattır. Miseller hidrofobik ve iyonik etkileşimler ile bütünlüklerini sağlarlar. Misel kararlılığı açısından en kritik kazein fraksiyonu κ -kazeindir. Başta kimozin olmak üzere proteolitik enzim aktivitesi

sonucu κ -kazeindeki fenilalanin (105)-metiyonin (106) peptit bağlarının hidrolizi gerçekleşir. Bunun sonucunda, κ -kazein hidrofobik para- κ -kazein (kalıntılar 1-105) ile hidrofilik kazeinomakropeptidlere (CMP), (kalıntılar 106-109) parçalanır (Fox ve Mcsweeney, 2003).

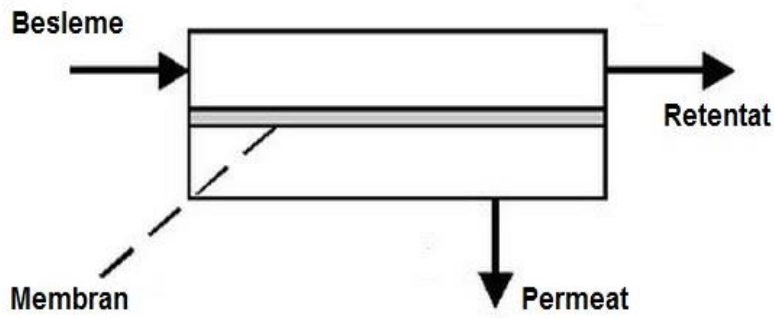
Enzim etkisi ile kazein misellerinin koagülasyonu Şekil 2.3’de gösterilmiştir. Rennet ile sütün pıhtılaşması enzimatik proteoliz, agregasyon ve jelleşme aşamaları olmak üzere üç aşamalı bir süreçtir. Enzimatik proteoliz κ -kazein ile kimozinin etkileşmesi ile başlar ve bu aşamada kazeinomakropeptidler (CMP) seruma salınır. Agregasyon için kalsiyum (Ca^{+2}) iyonları gerekir. Ortamda yeterince Ca^{+2} yoksa, para- κ -kazeinler diğer kazein fraksiyonları gibi davranırlar ve pıhtılaşma gerçekleşmez. Kalsiyum iyonları para- κ -kazeinlerin negatif yüklü bölgeleri arasında köprüler oluşturarak agregasyonu sağlarlar (Koçak ve Seydim, 2011). κ -kazein hidrolizasyonun ardından miseller arasında itici kuvvetlerin etkisi azalır, hidrofobik etkileşimler artar. Miseller zincirler oluştururken gerekli enerjiyi kazein parçacıklarından sağlarlar. Ayrıca, κ -kazein hidrolizi sonucu CMP PAS’a salındığında miseller arasındaki elektriksel kuvvetlerden dolayı kazein matriksleri oluşur. CMP’nin yüzey yükü misellerle zıt olduğundan PAS’a salınması kolaylaşır ve böylece kazein misel kompleksleri oluşur. Jelleşme esnasında miseller arasındaki uzaklık azalır ve güçlü bir ağ yapısı oluşur. Sonuç olarak, pıhtı sıklığı artar, jel matriksinden serum sinerizisi başlar. Sütün koagülasyonu, peynir üretiminde peynirin fonksiyonel özelliklerinin oluşmasını sağlayan kritik bir aşamadır (Fox, 1993; Heino, 2009; Üçüncü, 2004a).

Sütteki kazein miktarı, kazein misellerinin büyüklüğü, kazein fraksiyonları arasındaki oran, koloidal kalsiyum miktarı, sütün pH değeri, fosfat ve sitrat oranları pıhtılaşmayı etkileyen sütün bileşimine ait faktörlerdir. Pıhtılaşmayı etkileyen diğer faktörler ise ısıtma işlemi, soğutma, homojenizasyon, koyulaştırma, ortam sıcaklığı gibi peynir yapımında uygulanan işlemlere ait faktörlerdir (Üçüncü, 2005).

2.2 Süt Endüstrisinde Membranlı Ayırma İşlemleri

Bir karışımı bileşenlerine ayırmak ve/veya karışımındaki bir bileşeni diğerlerinden ayırmak veya arındırmak için kullanılan yöntemlere "ayırma işlemleri" denir. Bu amaçla karışımındaki bileşenlerin fiziksel ve/veya kimyasal özelliklerinin birbirlerinden farklı olmasından yararlanılır (Mohsenin, 1980; Mulder, 1991).

Membranlı ayırma işlemlerini diğer ayırma işlemlerinden farklı kılan özellik sürece membranın ayrı bir evre biçiminde katılmış olmasıdır. Katı, sıvı veya gaz halinde olabilen membran evresi, hedef evrelerdeki bileşenlerin ayrımı sırasında bariyer görevi görerek seçici geçirgenlik sağlar. Membranlar yüklü ya da yüksüz ve/veya gözenekli ya da gözeneksiz olabilirler (Scott, 1996). Membran ayırma sistemi, besleme akımını permeat ve retentat olarak adlandırılan iki akıma ayırır. Membrandan geçen akışkan kısma permeat, membrandan geçemeyen kısma ise retentat adı verilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 : Membran filtrasyon.

Membranlı ayırma sistemlerinin saflaştırma, zenginleştirme ve fraksiyonlara ayırma olmak üzere üç farklı amacı vardır (Salt ve Dinçer, 2006). Gıda endüstrisinde, membranlı ayırma sistemleri, sıvı karışımlarından bazı bileşenlerin ayrılması, bazı bileşenlerinse sıvı karışımında zenginleştirilmesi amacıyla kullanılır. Ayırma ve zenginleştirme işlemleri bileşenlerin molekül ağırlıkları temelinde gerçekleştirilir. Gıda endüstrisinde sıklıkla uygulanan membranlı ayırma sistemleri arasında mikrofiltasyon (MF), ultrafiltasyon (UF), nanofiltasyon (NF), hiperfiltasyon (HF) ve ters ozmos (TO) sayılabilir. MF, UF ve NF'te bileşenlerin molekül ağırlıklarına göre ayrılmasında basınç sürücü güç olarak işlev görür ve membrandan geçen bileşenler molekül boyutlarına göre sınıflandırılır. UF molekül ağırlığı 1 ile 200 kDa arasında değişen makromoleküllerin seçici ayrımını sağlarken, MF 200 kDa'dan daha büyük moleküllerin ayrılmasını gerçekleştirir. MF, kolloidler, yağ globülleri, hücreler gibi dağılmış parçacıkları ayırır, UF ise çözülmüş makromolekülleri ayırmakta kullanılır. (Mistry ve Maubois, 1993).

2.2.1 Mikrofiltrasyon

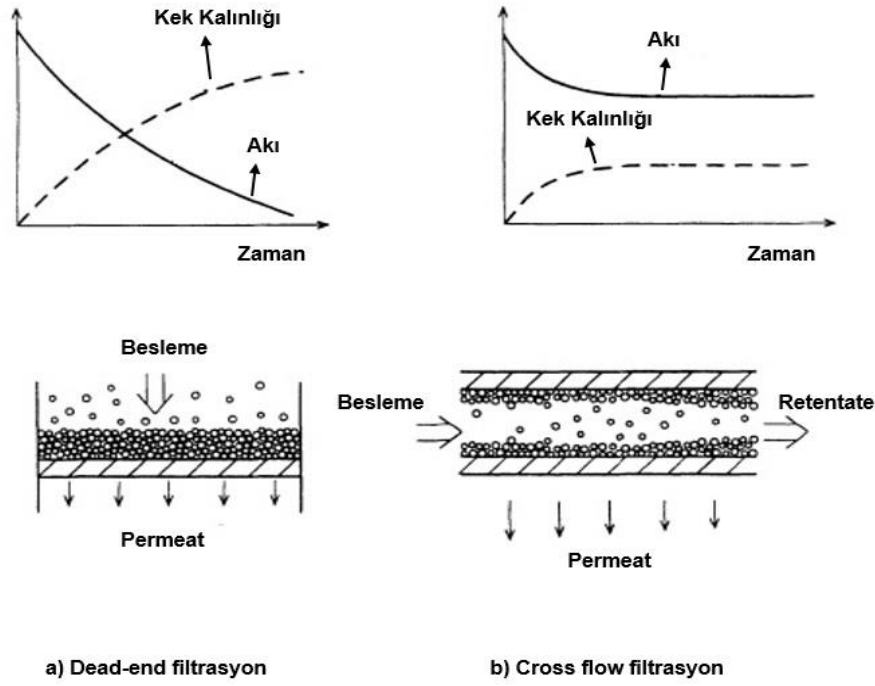
Gıda endüstrisinde membranlı ayırma uygulamaları, süt ve meyve suyu endüstrisi başta olmak üzere arıtma, zenginleştirme ve fraksiyonlara ayırma amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Lipnizki, 2010). Membran ayırma teknolojisi, ayırma işleminin düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi, ayırmanın bileşenlerin doğal yapısında gerçekleşmesi ve düşük enerji gereksinimi nedeniyle gıda endüstrisinde pek çok uygulama alanı bulmuş, süt işleme teknolojilerinde ise önemli değişikliklere yol açmıştır (Marella, 2013).

Son 20 yılda gıda endüstrisinde membran teknolojisinin kullanımı dünya pazarında 800-850 milyon Euro değerinde bir hacime ulaşmıştır. Böylece, gıda endüstrisi membran pazarında su ve atık su endüstrisinden sonra en büyük ikinci pazar haline gelmiştir. MF, UF, NF ve TO gıda endüstrisinde en çok kullanılan membran teknolojileridir. UF sistemleri ve membranları, membran pazarında % 35 ile en büyük paya sahiptir. Ardından, sırasıyla % 33 ve % 30 pazar payı ile MF ve NF/TO sistemleri ve membranları gelmektedir. Bu pazardaki başlıca uygulamalar süt ve süt ürünleri endüstrisinde (süt, PAS, salamura vb.) ve diğer içecek endüstrilerinde (bira, meyve suyu ve şarap vb.) gerçekleştirilmektedir (Lipnizki, 2010).

Dünya çapında süt ürünleri endüstrisi uygulamalarında yaklaşık olarak 500.000 m² membran alanının kullanıldığı ve bu alanın % 70'inden fazlası PAS protein ürünlerinin hazırlanmasında ve PAS'ın işlenmesinde kullanılmaktadır. Tam yağlı süttten süt yağının ayrılması, yağsız süttten bakteri ve sporların uzaklaştırılması, süt proteini ve doğal kazein konsantrlerinin üretimi ve PAS proteinlerinin süttten ayrılması amaçlarıyla kullanılmaktadır (Marella, 2013).

UF yaklaşık 350.000 m² membran alanı ile süt ürünleri endüstrisinde kullanılan en yaygın membranlı ayırma sürecidir. NF ise günümüzde yaklaşık 100.000 m² membran alanı ile özellikle PAS demineralizasyonu amacıyla kullanılır. TO prosesleri 65.000 m² membran alanına sahiptir. Membranlı ayırma işlemlerinde MF, halen 15.000 m²'lik bir membran alanını temsil etmektedir. Ancak, bu yöntemin mikroorganizmaları ve kazein misellerini tutma kapasitesi açısından özellikleri süt endüstrisindeki kullanım alanlarının giderek genişlemesini sağlamaktadır (Garcia ve diğ, 2012).

MF özellikle süt endüstrisinde kullanılan bir ayırma tekniğidir. Sıvı karışımının içinde bulunan farklı molekül büyüklüklerine sahip bileşenlerin geçişine olanak sağlar. 200 kDa'dan büyük olan parçacıkları seçici olarak ayırabilme yeteneğine sahip MF membranlarının gözenek boyutları 0,1-10 μm arasında değişir, uygulama basıncı 10 psi dolayındadır. Son teknolojiyle üretilmiş MF membranlarında gözenek boyutları 0,05-1,0 μm aralığına çekilebilir (Yetişemiyen ve Yıldız, 2011).



Şekil 2.5 : Dik akış (dead-end) ve çapraz akış (cross-flow) filtrasyon (Davis ve Grant, 1992).

MF ayırma süreçleri dik akış (dead-end) ve çapraz akış (cross-flow) olmak üzere iki farklı konfigürasyonda uygulanır (Şekil 2.5). Dik akış konfigürasyonunda besleme akışı membran yüzeyine dik olduğundan ayrılan parçacıkların tümü membran yüzeyinde birikerek kalıntıyı oluştururlar. Kalıntının zamanla artması membrandan geçiş hızını azaltır. Membran yüzeyindeki katı parçacıkların birikmesini engellemek amacıyla çapraz akış konfigürasyonu kullanılır. Çapraz akış konfigürasyonunda besleme akışı membran yüzeyine paraleldir, membrandan geçiş membranın iki yanı arasındaki basınç farkına bağlı olarak gerçekleşir. Çapraz akış membran üzerinde kalıntı birikmesini minimize eden konfigürasyondur (Davis ve Grant, 1992).

2.2.2 Süt ürünleri endüstrisinde mikrofiltrasyon uygulamaları

MF, süt ürünleri endüstrisinde, öncelikle bakteri ve sporları tutup sütün bakteri yükünün azaltılmasında kullanılır (Rodriguez ve diğ, 1999). Ayırım süreci düşük sıcaklıklarda gerçekleştirebildiği için ısıl işlemin neden olduğu denatürasyon benzeri olumsuz etkiler engellenebilir (Lawrance ve diğ, 2008). Böylelikle ısıl işlemin, sütün organoleptik ve kimyasal özellikleri üstündeki olumsuz etkileri büyük ölçüde önlenmiş olur. Mikrobiyel yükün azaltılması için gözenek çapları 0,8-1,4 µm arasında değişen seramik esaslı membranlar kullanılır (Üçüncü, 2004b).

Süt ürünleri endüstrisinde MF teknolojisi ayrıca farklı gözenek büyüklüklerine sahip MF membranları yardımıyla sütün kazeince zenginleştirilmesi için de kullanılır. 0,1 µm MF membranı peynir altı suyu proteinlerini çözölmüş tuzlar ve laktoz ile birlikte süttten ayırabilmektedir (Dong, 2009; Rodriguez ve diğ, 1999). Bazı süt bileşenlerinin büyüklükleri Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

MF yöntemi ile kazein misellerinin zenginleştirilmesi son yıllarda büyük ilgi uyandırmıştır. MF yönteminde miselar kazeinin zenginleştirilmesi ile serum proteinleri ve protein olmayan azotlu bileşenlerin permeata geçmesi sonucu gerçekleştirilir. Böylece, retentattaki kazeinin toplam proteine oranı artar. Elde edilen retentat miselar formda kazein, laktoz, mineral ve serum proteinleri içeren bir kolloidal süspansiyondur (Marella ve diğ, 2013). MF teknolojisi ile sütün yapısında bulunan doğal kazein miselleri doğal yapıları bozulmaksızın PAS’tan ayrılırlar (Lawrance ve diğ, 2008).

MF ile elde edilen permeat ideal PAS (ideal whey) olarak isimlendirilir. PAS’ın “ideal” olarak nitelendirilmesinin nedeni, MF yöntemiyle elde edilen PAS’taki protein karışımının geleneksel PAS’la karşılaştırıldığında steril, yağdan arındırılmış, fonksiyonel özelliklere sahip bileşenlerce zenginleştirilmiş olmasıdır (Lawrance ve diğ, 2008; Dong ve diğ, 2009; Samuelsson, 1997). Ayrıca, ideal PAS kazeinomakropeptidler, peynir starterleri, kimozi gibi maddeler içermez. Bu nedenlerle ideal PAS proteinlerine ilgi artmış, sporcu besinleri ve bebek ürünlerinde tercih edilmeye başlanmıştır (Lipnizki, 2010).

Çizelge 2.2 : Bazı süt bileşenlerinin büyüklüğü.

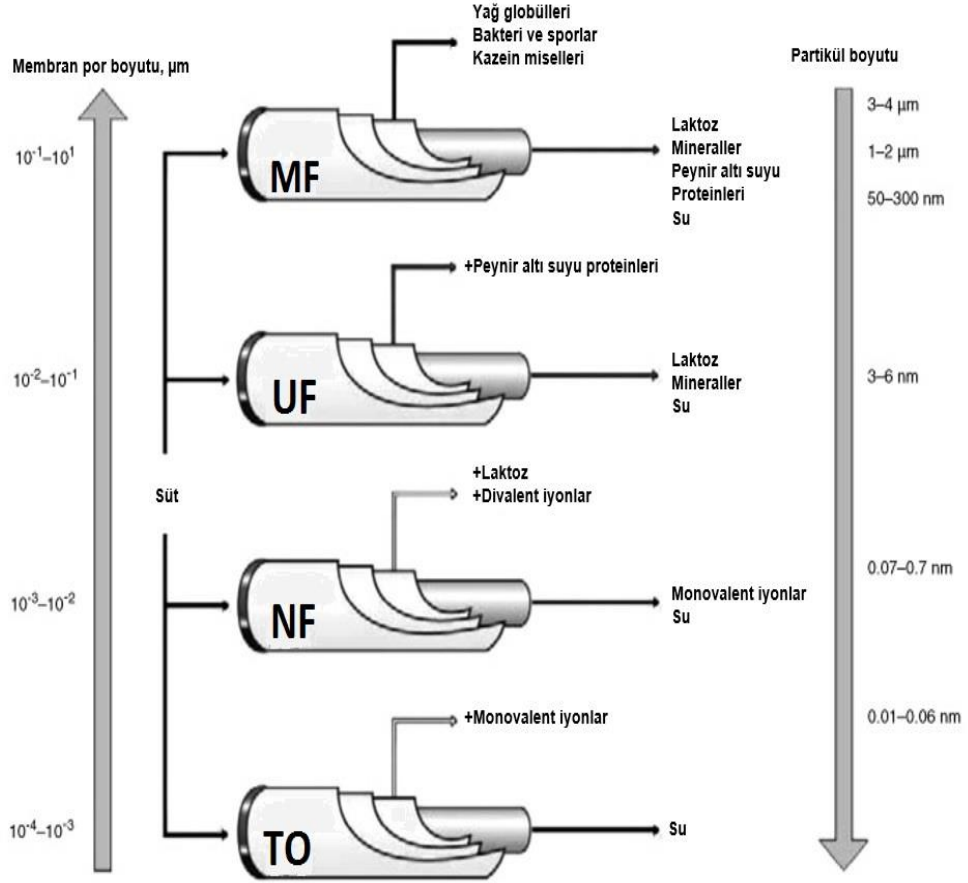
Bileşenler	Nisbi Molekül Ağırlığı (kg/kgmol)	¹Çap (nm)
Su	18	~ 0,3
Klor	35,4	~ 0,4
Kalsiyum iyonu	40	~ 0,4
Laktoz	342	~ 0,8
α -laktalbümin	14500	~ 3,0
β -laktoglobülin	18000	~ 3,0
Polimerler	36000	~ 4,0
Kan Serum Albümini	69000	~ 5,0
Kazein Miselleri	$10^7 \dots\dots\dots 10^9$	~ 25...130
Yağ globülleri		2000-10000

¹ Moleküller küresel olarak kabul edildiğinde (Yetişemiyen ve Yıldız, 2011).

diğ, 2008; Dong ve diğ, 2009; Samuelsson, 1997). Ayrıca, ideal PAS kazeinomakropeptidler, peynir starterleri, kimoziin gibi maddeler içermez. Bu nedenlerle ideal PAS proteinlerine ilgi artmış, sporcu besinleri ve bebek ürünlerinde tercih edilmeye başlanmıştır (Lipnizki, 2010).

Kazeinin zenginleştirilmesi, seramik MF membranları kullanılarak tekdüze transmembran basıncında yüksek yüzeysel hızda (> 6 m/s) ve 50-55 °C sıcaklığında yapılır. Tübüler membran modüllerinde aynı parametreler kullanıldığında kazein 1-4 kat fazla zenginleştirilebilmekte ve 55-65 L/m²-h permeat akışı sağlanabilmektedir. Düşük sıcaklık, yüksek transmembran basıncı permeat akışının azalmasına neden olmakla birlikte PAS proteinlerinin tutulmasını kolaylaştırır. Endüstride sütün mikrofiltrasyonu sırasında kullanılan 0,05-0,20 µm seramik membranlarda permeat akışını artırmak için çapraz akış hızını artırmak gerekir (Maubois ve diğ, 1987).

Süt endüstrisinde MF uygulamaları; uzun ömürlü içme sütünün üretimi, peynir salamuralarının saflaştırılması, PAS'tan yağın ayrılması, yağ globüllerinin süttten seçici olarak farksiyonlanması ve süt türevlerinin çeşitlendirilmesi gibi amaçlarla kullanılır (Saboya ve Maubois, 2000; Garcia ve diğ, 2012).



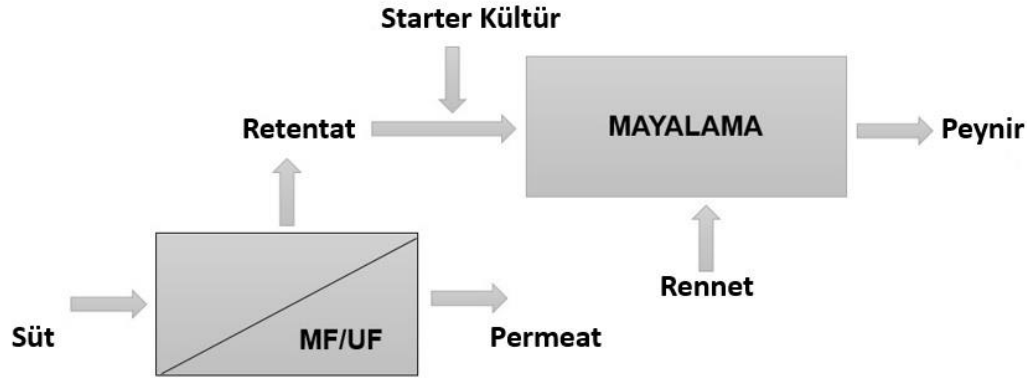
Şekil 2.6 : Membran teknolojisi ile sütün işlenmesi (Lipnizki, 2010).

Süt ürünleri endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan membran uygulamaları MF, UF, NF ve TO sütün her bileşenini ayırabilecek potansiyeldedir (Şekil 2.6). Bu uygulamalar özgün özelliklere ve fonksiyonlara sahip ürünlerin geliştirilmesine olanak sağlar (Lipnizki, 2010). Bu ayırım süreçleri arasındaki farklar membran karakteristikleri, gözenek büyüklükleri ve uygulanan basınç değerlerinden kaynaklanır. TO yönteminde suyun uzaklaştırılmasıyla karışımdaki tüm çözünenlerin zenginleştirilmesi sağlanır. NF yönteminin amacı ise ozmotik basıncın etkilerini minimize etmek için karışımda çözünen derişimine neden olan laktoz ve monovalent tuzların membrandan geçmesini sağlamaktır. UF süttten laktoz ve çözünmüş tuzları uzaklaştırmak için kullanılır (Marella ve diğ, 2013).

2.2.3 Peynir üretiminde membranlı ayırma sistemleri

Peynir yapımında kullanılan ilk membran teknolojisi UF'dir. Yüksek işleme kapasitesi, randıman artışı, peynir kalitesinde homojenlik sağlaması ve geleneksel yönteme göre daha az rennet ihtiyacı duyulması bu teknolojinin hızla peynir

üretimine uyarlanmasını sağlamıştır (Dong, 2009). Dolayısıyla, UF birçok peynir çeşidinin üretiminde uygulanan standart bir prosedür haline gelmiştir (Karami, 2009a; Mistry, 1993). Camambert, Mozzarella, Cottage, Feta ve Quark UF yönteminin yaygın olarak kullanıldığı peynir türleridir. MF ve UF teknolojilerinin peynir yapımında kullanımının şematik gösterimi Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 : MF ve UF’nin peynir yapımında kullanımının şematik gösterimi.

UF yöntemiyle peynir yapımında kullanılacak sütün zenginleştirilmesinde, zenginleştirme katsayısı arttıkça peynirde tutulan PAS proteinlerinin oranının arttığı, dolayısıyla peynir randımanının da arttığı gözlenmiştir (Grandison ve Glover, 1994). Randımanda artış olmasına karşın peynirde istenen kalite standartlarına ulaşamamıştır. PAS proteinleri kazein matriksinde dolgu malzemesi gibi hareket ederek UF peynirlerinin su bağlama kapasitesini artırır ve geleneksel yöntemlerle üretilmiş peynirlere göre daha yumuşak bir tekstür gelişmesine neden olurlar. Ayrıca, PAS proteinleri kazeinlerin enzimatik proteoliz düzeyini yavaşlatarak olgunlaşmayı zorlaştırır (Karlsson ve diğ, 2007).

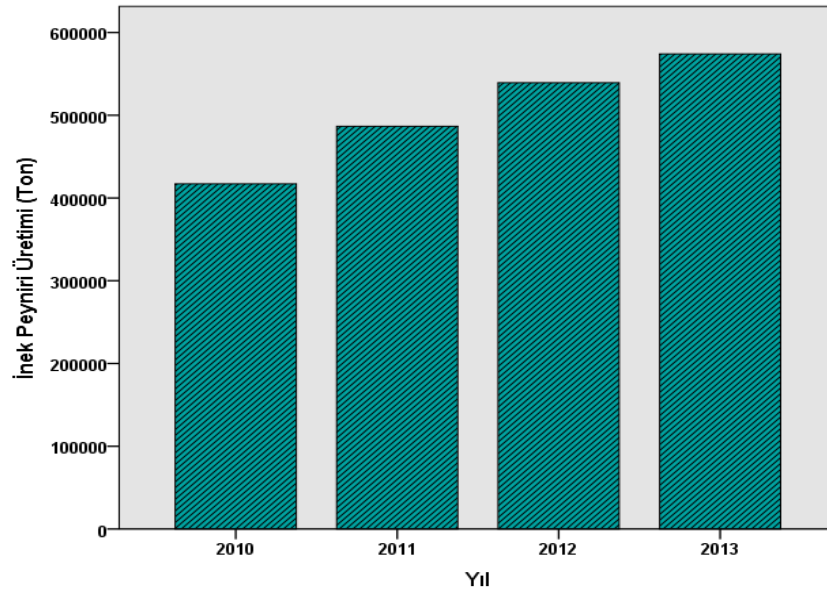
Süt ürünleri endüstrisinde ağırlıklı olarak süttten bakterilerin uzaklaştırılmasında kullanılan MF ayrıca sütü kazeince zenginleştirmek ya da sütün α_s/β kazein oranını değiştirmek için de kullanılır (Rodriquez ve diğ, 1999). Peynir yapımında MF ile sütün zenginleştirilmesi üzerine literatürde yapılan çalışma sayısı oldukça azdır.

UF’den farklı olarak MF’de süt yağı ve kazeinler zenginleştirilirken gözeneklerin büyük olması nedeniyle PAS proteinlerinin büyük bir kısmı membrandan geçer (Rodriquez ve diğ, 1999). Böylece, geleneksel yarı-sert peynir pıhtısı bileşiminde süt retentatı elde edilebilir (Scheier ve diğ, 2010).

MF kullanımı ile peynirlerde oluşan negatif etkileri ortadan kaldırmak mümkün olabilir. UF laktoz gibi küçük molekülleri proteinler gibi büyük moleküllerden ayırırken, MF’de küçük moleküllerin hepsi membrandan geçip permeata katılır. Böylece, MF kullanımıyla PAS proteinlerinin tutulumu azaltılmış olur. Bu nedenle, MF retentatıyla yapılan peynirlerde randıman artışı beklenmemekle beraber bu peynirlerin duysal ve tekstürel özelliklerinin geleneksel yöntemlerle üretilen peynirlere daha yakın olması beklenir (Neocleous ve diğ, 2002b).

2.3 Beyaz Salamura Peyniri

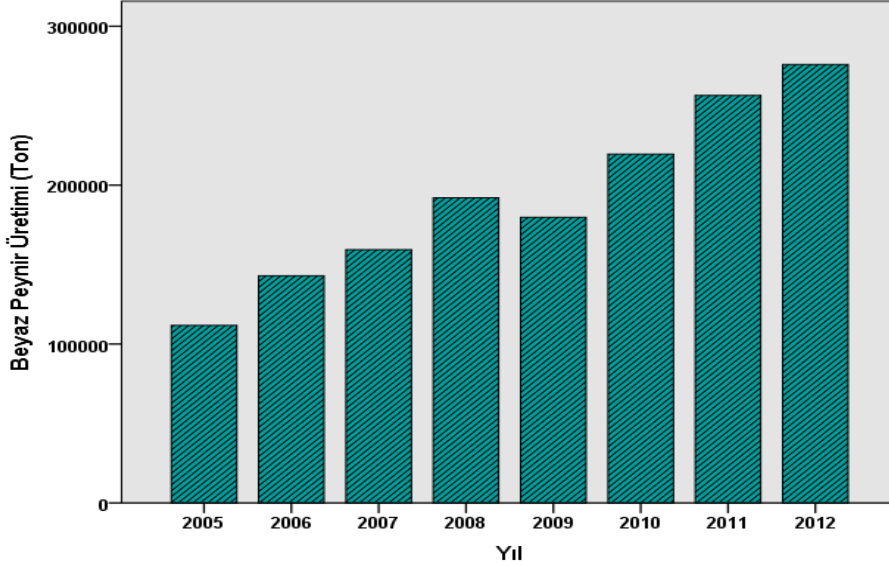
Beyaz salamura peyniri sıcak iklime sahip ülkelerde değişik çeşitlerde üretilen bir peynir grubudur. Örneğin, Türkiye’de Beyaz Peynir, Yunanistan’da Feta, Bulgaristan’da Bjalo Salamureno Sirene, Mısır’da Domiati ve Amerika’da Queso Blanco isimleri adı altında üretilir (Erdem, 2005).



Şekil 2.8 : Türkiye’de inek peyniri üretimi, Kaynak: TÜİK.

Türk beyaz peyniri yarı-sert ve salamurada olgunlaştırılan bir peynir türüdür (Turantaş ve diğ, 1998). Ülkemizde beyaz peynir toplam peynir üretiminin yaklaşık olarak % 60-80’lik kısmını oluşturmaktadır (Hayaloğlu ve diğ, 2002). Dolayısıyla, beyaz peynir yerel peynir çeşitleri arasında gerek üretim gerekse tüketim bakımından ülkemizde ilk sırada yer almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2010-2013 yıllarında ülkemizde gerçekleşen toplam inek peyniri üretim miktarı yukarıdaki grafikte gösterilmiştir (Şekil 2.8). Grafikte peynir üretiminin genel

seyrine bakıldığında her yıl sürekli bir artış olduğu görülmektedir. 2010 yılında 417.150 ton olarak gerçekleşen inek peyniri üretim miktarı 2013 yılında 574.137 tona yükselmiştir.



Şekil 2.9 : Türkiye’de beyaz peynir üretimi, Kaynak: TÜİK.

TÜİK’ in yayınladığı Sanayi Ürünleri Yıllık Üretim ve Satış İstatistikleri raporuna göre ülkemizde 2005-2012 yılları arasında gerçekleşen toplam beyaz peynir üretimi Şekil 2.9’da gösterilmiştir. Şekil 2.8 ve Şekil 2.9 kıyaslandığında ülkemizde endüstride üretilen peynirin % 50’sinden fazlasını beyaz peynirin oluşturduğu görülmektedir.

Beyaz peynir yapımı ülkemizde yöreden yöreye bazı farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların en önemlisi değişik türde sütün kullanılmasıdır. Günümüzde bazı bölgelerde çiğ süt kullanılmasına rağmen büyük işletmelerde pastörize süt tercih edilmektedir. Beyaz peynir esasen koyun sütü kullanılarak yapılır fakat bazı bölgelerde koyun sütü az olduğu için inek ve keçi sütü karışımı veya tamamen inek sütü kullanılmaktadır (Kamber, 2007). Ayrıca, koyun ve keçilerin laktasyon dönemleri kısa olduğundan (3-5 ay) yılın büyük bir bölümünde peynir, inek sütünden üretilmektedir (Hayaloglu, 2008). Fakat Ezine peyniri gibi bazı beyaz peynir türlerinde sadece koyun sütü kullanılmaktadır.

Türkiye standartlarına göre beyaz peynir kuru maddedeki yağ oranına göre tam yağlı (en az % 45), yağlı (en az % 30), yarım yağlı (en az % 20) ve az yağlı (en çok % 20) olmak üzere sınıflandırılmıştır (Anonim, 2006).

2.3.1 Beyaz peynir üretim basamakları

Günümüzde Beyaz peynir çoğunlukla mandıra ve modern işletmelerde üretilmekte, ancak üretimin bir kısmı da küçük aile işletmelerinde geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmektedir (Çelik ve Uysal, 2009). Beyaz peynir, yağlı süt, krema, yağsız süt veya bunların birkaçının veya tümünün karışımının peynir mayası denilen proteolitik enzimlerle veya zararsız organik asitlerle pıhtılaştırıldıktan sonra PAS'ın ayrılması, pıhtının şekillendirilmesi ve tuzlanması ile elde edilir. Taze veya olgunlaştırıldıktan sonra tüketilir (Küçüköner, 2011). Endüstriyel beyaz peynir üretimi akış şeması Şekil 2.10'da gösterilmiştir.

2.3.1.1 Süte uygulanan ön işlemler

Peynire işlenecek süt önce filtre edilir, sonra klarifikatör adı verilen santrifüjlü ayırma sistemi kullanılarak gözle görülmeyen kan pıhtıları, lökosit, hücre parçaları, büyük bakteriler vb. yabancı maddelerden arındırılır (Üçüncü, 2004a). Temizlik işlemlerinden sonra sütün yağ ve protein oranları standardize edilir. Peynire işlenecek sütün yağ oranı, peynir kuru maddesinde bulunması istenen yağ oranı dikkate alınarak standardize edilir. Protein içeriği ise kazein oranı dikkate alınarak gerçekleştirilir. Kazein/yağ oranı peynirin sertliğini etkileyen faktörlerden biridir (Üçüncü, 2004a). Starter kültürlerin çalışması için uygun ortamı sağlamak ve standart kalitede peynir üretmek için peynire işlenecek süte 72-74 °C'de 15-20 saniye ısıl işlem uygulanır (Özdoğan, 2013).



Şekil 2.10 : Beyaz peynir üretimi akış diyagramı (Kamber, 2007).

2.3.1.2 Sütün pıhtılaştırılması

Pastörizasyon işleminden sonra süt mayalama sıcaklığına (28-32 °C) soğutulur (Üçüncü, 2004a). Soğutulan süte, para-k-kazeinin diğer kazein bileşenleriyle birlikte koagüle olması için CaCl₂ eklenir (Üçüncü, 2005). Eklenen CaCl₂, kazein miselleri arasında bağ görevi görür. Böylece, kazeininin pıhtılaşması kolaylaşır, daha sıkı ve elastik bir pıhtı yapısı elde edilir. Kazein kompleksinin çözünme oranı azaldığı için de peynir randımanı artar (Çakmakçı ve Kurt, 1993).

Sütün pastörizasyonu sırasında sütteki patojen ve diğer zararlı mikroorganizmalar yok edilirken peynirin olgunlaşmasını sağlayacak ve asitliği arttıracak laktik asit

bakterileri de yok edilir (Üçüncü, 2004a). Bu nedenle, istenilen kalitede ürün elde edebilmek için pastörizasyon ile yitirilen laktik asit bakterileri süte starter kültür eklenerek geri kazandırılmalıdır. Starter kültürlerin temel işlevi laktozu parçalayarak laktik asit oluşturmaktır (Hayaloğlu ve diğ, 2002). Ayrıca, starter kültürler maya aktivitesini, mayanın pıhtıda alıkonmasını, peynir randımanını, peynirdeki kuru madde miktarını ve peynirde asitlik gelişimini ve olgunlaşma sırasındaki biyokimyasal tepkimeleri destekler (Çelik ve Uysal, 2009).

Süt zararsız organik asitlerle veya peynir mayası olarak da bilinen rennet ile pıhtılaştırılabilir. Dünyada üretilen peynirlerin yaklaşık % 75'i rennet, geri kalan %25'lik kısım ise organik asitler kullanılarak pıhtılaştırılmaktadır (Fox ve diğ, 2000). Organik asitler ile üretilen peynirler olgunlaştırılmadan tüketilirken peynir mayası kullanılarak üretilen peynirler ise olgunlaştırılarak tüketilir. Olgunlaşma ile elde edilen peynirlerin kendilerine özgü tat, aroma ve yapısal özellikleri vardır (Karapınar ve Ünlütürk, 1982).

Geleneksel Türk beyaz peyniri üretiminde süte starter kültür katılmaz, pıhtılaşma ise rennet kullanılarak sağlanır (Turantaş ve diğ, 1989). Hayvansal kaynaklı rennet içeriğinde en etkili enzim kimoindir. Bu enzim κ -kazeinin Phe₁₀₅-Me₁₀₆ bağıını keserek sütün pıhtılaşmasını sağlar (Ozcan ve Vapur, 2013).

Pıhtı kesim olgunluğuna geldikten sonra PAS'ı ayırmak ve istenen şekli vermek amacıyla kesilir. Pıhtı kesim büyüklüğü beyaz peynirlerde 1-2 cm³ boyutlar arasında değişir. Küçük işletmelerde kesme işlemi için basit bıçaklardan yararlanılır. Büyük işletmelerde ise kesme işlemi peynir teknesine monte edilmiş bıçaklar aracılığıyla otomatik olarak gerçekleştirilir (Koçak ve Seydim, 2011). Kesim işleminden sonra 5-10 dakika bekletilerek pıhtı tanelerinin çökmesi sağlanır (Özdoğan, 2013). Sonra cendere bezine doldurulur ve 10-15 dakika boyunca süzülmesi beklenir (Üçüncü, 2004a). Pıhtı kalıplandıktan sonra pıhtı tanelerinin kaynaşmasını hızlandırmak, kalan PAS'ı uzaklaştırmak, peynire şekil vermek ve kabuk oluşumunu kolaylaştırmak amacıyla preslenir (Üçüncü, 2005).

2.3.1.3 Peynirin tuzlanarak depolanması

Tuzlama işleminin temel amaçları; peynire tat vermek, peynirdeki su oranını ve asitliği ayarlamak, peynire istenen peynirin duysal ve tekstürel özellikleri kazandırmak, peynirin yüzeyinde deri oluşumunu kolaylaştırmak, peynirin

olgunlaşmasını yönlendirmek ve peynirin raf ömrünü uzatmak olarak özetlenebilir (Üçüncü, 2004a; Koçak ve diğ, 2011). Tuzlama peynirlerin fiziksel, kimyasal, duysal ve mikrobiyolojik birçok niteliklerini etkiler. Tuz, mikroorganizma etkinliğini hem doğrudan, hem de dolaylı yoldan su aktivitesinin düşmesini sağlayarak durdurur (Koçak ve diğ, 2011).

Preslemeden çıkan teleme endüstride yapılan peynirlerde $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$ ya da $7 \times 7 \times 10 \text{ cm}^3$ dikdörtgen bloklar şeklinde kesilerek salamuraya konurken, ev yapımı peynirlerde bu ebatlar değişebilir (Kamber, 2007). Salamurada tuzlama yöntemi tuz geçişinde homojenlik sağlar. Bu yöntemde teleme blokları % 14-16 tuz içeren salamuraya daldırılır (Üçüncü, 2004a). Kesilen peynir blokları salamuraya konduktan sonra $12-15 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 30-60 gün kadar olgunlaştırılır ve ardından $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanır (Kamber, 2007).

2.3.2 Peynirin olgunlaşması

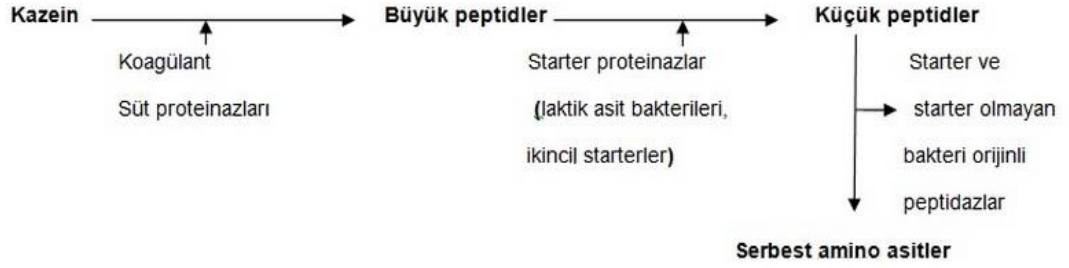
Peynirde olgunlaşma, kazeinin hidrolizi sonucu oluşan peptitlerin aminoasitlere parçalandığı proteoliz, lipidlerin serbest yağ asitlerine kadar parçalandığı lipoliz ve laktozun pirüvik ve laktik asite dönüştüğü glikoliz olaylarını kapsayan karmaşık biyokimyasal değişimlerin toplamıdır (Hayaloğlu ve diğ, 2002). Bu enzimatik tepkimeler sonucunda laktik asit, propiyonik asit, asetik asit, asetaldehid, diasetil, etil alkol, karbondioksit gibi ürünlerin yanı sıra peptidler, serbest aminoasitler, aminler, serbest yağ asitleri ve benzeri maddeler oluşur. Böylece, peynirler türüne özgü tat, koku ve yapı özelliklerine sahip olurlar (Üçüncü, 2004a).

Bazı süzme peynir çeşitleri hariç (cottage, krem, quark vb.) tüm peynirler olgunlaştırma sürecinden geçirilir. Olgunlaşma pıhtının içinde ve yüzeyinde bulunan mikroorganizmalarla, pıhtıda bulunan artık enzimler tarafından gerçekleştirilir (Gunesekaran ve Ak, 2003).

2.3.2.1 Proteoliz

Peynirde proteoliz, pıhtılaştırıcılar, süt proteinazları (özellikle plazmin), mikroorganizmaların salgıladıkları enzimlerin sayesinde oluşan reaksiyonlar zinciridir (Hayaloğlu ve Özer, 2011). Proteoliz olgunlaşma sırasında, kazein ve pıhtının hidrolizi ile oluşan karboksilik asit ve amino gruplarının su bağlaması sonucu peynirin tekstüründe yumuşamaya neden olur. Aminoasitlerin yer aldığı

katabolik reaksiyonlar sonucu çok sayıda uçucu lezzet bileşiği oluşur (Sousa ve diğ, 2001). Peynirde olgunlaşma sürecinde proteoliz basamakları Şekil 2.11’de gösterilmiştir (Yıldız ve Ötleş, 2010). Birincil proteoliz ağırlıkla peynir sütüne eklenen rennet tarafından, ikincil proteoliz ise starter bakterilerin kazein türevlerini küçük peptitlere ve aminoasitlere dönüştürmesi sonucunda gerçekleşir (Hayaloğlu ve Özer, 2011).



Şekil 2.11 : Olgunlaşma sürecinde proteoliz basamakları.

2.3.2.2 Lipoliz

Lipitler hidrolitik veya oksidatif bozunmaya uğrayabilirler. Ancak peynirler düşük oksitlenme-indirgenme (250 mV) nedeniyle sadece enzimatik hidroliz yoluyla parçalanırlar (Mcsweeney, 2004). Lipoliz sırasında salınan serbest yağ asitleri, uçucu bileşikler ve proteolitik ürünler ile birleşerek doğrudan peynirin lezzetini etkilerler (Galiou ve diğ, 2013). Bütün peynir çeşitlerinde az da olsa lipoliz görülür. Lipitlerin enzimatik yolla hidrolizi lipolitik enzimler (lipaz) tarafından gerçekleştirilir. Lipazlar sütte doğal olarak bulunduğu gibi mikroorganizmalar tarafından da sentezlenebilirler (Üçüncü, 2004a). Lipazlar, trigliserid molekülündeki ester bağlarını hidrolize ederek serbest yağ asitleri ile mono veya digliseridler oluşmasına neden olurlar (Hayaloğlu ve Özer, 2011).

2.3.2.3 Glikoliz

Glikoliz, peynirin olgunlaşması aşamasında en hızlı (24 saat) gerçekleşen reaksiyondur (Hayaloğlu ve Özer, 2011). Peynir üretiminde laktozun yaklaşık %98’lik kısmı peynir altı suyu ile ayrılmakla birlikte pıhtıda yaklaşık % 0,8-1,5 düzeyinde laktoz kalır (Fox, 2002). Kalan laktoz glikoliz reaksiyonları sonucunda, mikroorganizmalar tarafından parçalanarak laktat, asetat, butirat, propiyonat, sitrat gibi bileşiklere dönüşür (Tuncel ve diğ, 2008). Laktozun laktik asite dönüşümü ile düşen pH değeri peynir kalitesine olumlu yönde etkiler (Fox, 1993).

2.4 Peynirin Kalite Özellikleri

Peynirin kalitesini, görünüm, lezzet, doku gibi duyuşal özellikler ve mikrobiyolojik güvenlik, fonksiyonellik ve besin değeri gibi özellikler belirler (Fox ve Cogan, 2004).

2.4.1 Tekstür

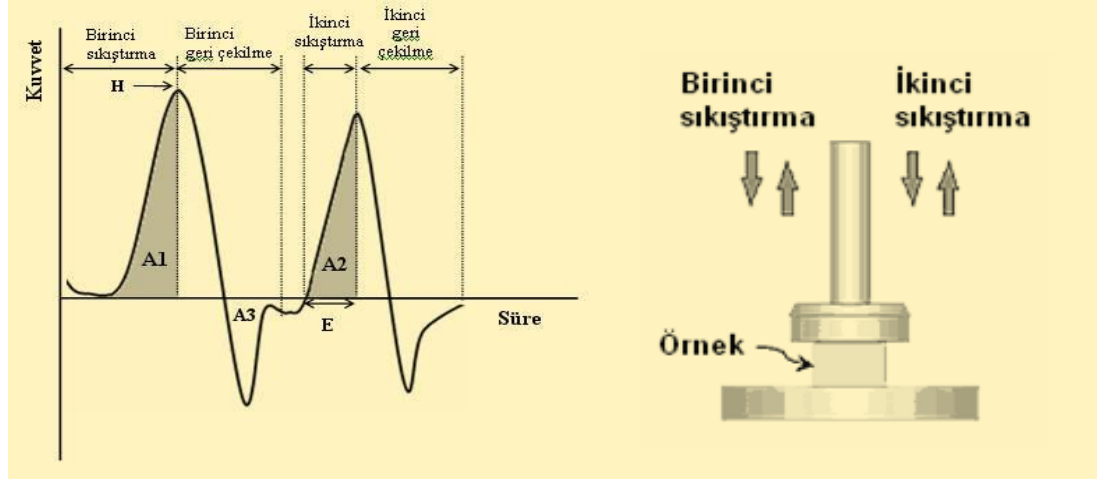
Tüketiciler tarafından peynirin kabul edilebilirliği görünüşü, lezzeti ve tekstürü gibi niteliklere bağılıdır. Peynirde, tekstür bir ürünün kimliğini oluşturmaya yardımcı olan en önemli kalite niteliklerden biridir (Hort ve Le Grys, 2001).

Peynir tekstürü görme, dokunma ve işitme duyularıyla algılanan fiziksel özelliklerin kombinasyonudur (Fox ve diğ, 2000). Peynir reolojisi ise peynirin bileşiminin, bileşenlerinin yapısal düzeni sonucu ortaya çıkan mikroyapının, sıvı-katı yağ oranının, peynir bileşenlerinin fiziko-kimyasal durumunun, peynirin granüler yapısının, çatlaklar ve yarıklar gibi heterojenliği yansıtan makroyapının tüm özelliklerini yansıtır (Gunasekaran ve Ak, 2003). Bu nedenle, peynirin yapısal nitelikleri reolojik ve tekstürel özelliklerinin belirlenmesini sağlar. Peynirin yapısal nitelikleri ise kullanılan sütün bileşimi, üretim prosesi ve teknolojisi, pıhtılaşma koşulları ve olgunlaşma süreci faktörlerinden etkilenir (Gunasekaran ve Ak, 2003).

Peynir üretimi sırasında pıhtılaşma ile birlikte peynir matriksi oluşmaya başlar. Kazein iskelet yapıyı oluşturur, protein matriksi içinde oluşan boşlukları serum, yağ, bakteriler vb. ögeler doldurur. Bu bileşenlerden yağ ve serum dolgu malzemesi olarak davranır ve yumuşatıcı (plastikleştirici) etkilerinden dolayı ağ yapıyı zayıflatır (Ak ve Lokumcu, 2011). Peynir çeşitlerinin dokuları farklı olmasına rağmen peyniri oluşturan bileşenler bütün peynirlerde aynıdır ve dolayısıyla tekstüre etki eden faktörler de ortaktır. Sadece, peynir çeşitlerinde bu bileşenlerin oranları değişir (Lawrance ve diğ, 1987).

Sütün peynire dönüşümü sırasında Newton gibi davranan süt, pıhtılaşma sonucu vizkoelastik bir yapıya dönüşür (Ak ve Altay, 2011). Enzim ile pıhtılaştırılan peynirlerde enzim çeşidi, enzim konsantrasyonu, sıcaklık ve mayalama sıcaklığı pıhtılaşma fenomenini ve dolayısıyla tekstürel ve reolojik parametreleri de etkiler (Esteves ve diğ, 2003; Wium ve diğ, 2003).

Tekstür Profil Analizi (TPA) peynir tekstürünü belirlemede uygulanan temel yöntemlerden biridir (Tunick, 2000). TPA ilk olarak Szczesniak (1963) tarafından kullanılmış daha sonra da Bourne (1978) tarafından geliştirilmiştir. Fiziksel olarak ölçülen TPA sonuçları ile duyusal olarak algılanan TPA sonuçları arasında bir bağlantı olduğu ancak fiziksel olarak ölçülen sonuçlar ile duyusal algılayış arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı sonucuna varılmıştır (Szczesniak, 1963).



Şekil 2.12 : Tekstür profili analizi sonuç değerlendirme örneği.

Peynir tekstürü baskılama ya da delme için gerekli kuvvetin ölçülmesi ile veya instrümental reolojik teknikler kullanılarak dolaylı yoldan ölçülür. Baskılama yöntemi, yaygın olarak sert ve yarı sert peynirlerde uygulanır. Belirli baskılama hızı ve sıcaklığında önceden belirlenmiş baskılama derecesini elde etmek için gereken kuvvet ölçülür (Fox ve Guinee, 2013). TPA tekstür analiz cihazına bağlanan baskı plakası altında, örneğin art arda iki kez sıkıştırılması ile gerçekleştirilir (Şekil 2.12).

TPA sonucu baskılama ile açığa çıkan kuvvet-yer değişimi ya da gerilim-gerinim eğrilerinin değerlendirilmesi sonucunda kırılma gerilimi (fracture stress), kırılma gerinimi (fracture strain), sıklılık (firmness), elastikiyet (springness) gibi reolojik parametreler ölçülür. Buna ek olarak, kırılmalılık (brittleness), dilimlenebilirlik (sliceability), rendelebilirlik (shredability), sertlik (hardness) ve çiğnenebilirlik (chewiness) gibi duyusal tekstürel nitelikler de saptanır (Fox ve Guinee, 2013).

Uluslararası Sütçülük Federasyonu peynir için 4 adet temel reolojik parametre belirlenmiştir (IDF, 1991). Bu parametreler sertlik, kırılmalılık, elastikiyet ve yapışkanlıktır. TPA ile ölçülen parametreler ve tanımları Çizelge 2.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 : Tekstür profil analizinde kullanılan parametreler ve tanımları.

TPA Parametresi	Tanımı
Sertlik (Hardness, Firmness)	Birinci sıkıştırma sırasında ölçülen maksimum kuvvettir.
Tutunabilirlik (Adhesiveness)	Gıda yüzeyi ile baskı plakası arasındaki çekim kuvvetini aşmak için gerekli olan iştir.
Elastikiyet (Springiness)	Sıkıştırılmış gıda üzerinden yük kaldırıldığında orijinal boyutuna ulaşabilme derecesidir.
Yapışkanlık (Cohesiveness)	TPA grafiğinde ikinci sıkıştırma ile oluşan alanın, ilk sıkıştırma sırasında oluşan alana oranıdır.
Sakızımsılık (Gumminess)	Sertlik ile yapışkanlık değerlerinin çarpılması ile elde edilen ikincil bir parametre olup, yüksek oranda yapışkanlık ve düşük oranda sertlik gösteren yarı katı gıdaların bir özelliğidir.
Çiğnenebilirlik (Chewiness)	Sertlik, yapışkanlık ve elastikiyet değerleri çarpılarak elde edilen ikincil bir parametre olup, katı bir gıdanın yutmaya hazır hale gelmesi için gerekli enerjidir.
Esneklik (Resilience)	Birinci sıkıştırma ile kuvvetin geri çekilmeye başladığı noktanın arasında kalan alanın birinci sıkıştırma alanına bölünmesi ile hesaplanır.

2.4.2 Duyusal özellikler

Duyusal analiz, beş duyuyla dışsal uyarılara verilen yanıtları ölçen bilimsel yöntemdir. Duyu bilimi psikolojik, fiziksel ve fizyolojik bilimlerden gelişmiş bir disiplindir. Duyusal testler, bilimsel gözlemlerle insan davranışlarının gözlemlenmesi sonucu hazırlanmış özel yöntemler içerir (Delahunty ve Drake, 2004).

Gıda endüstrisinde duyusal analiz gıda ürünlerinin duyusal karakterizasyonunu yapmak ve benzer ürünlerin duyusal niteliklerini karşılaştırmak amacıyla kullanılır (Lyon ve diğ, 1992). Duyusal testler, süt ve süt ürünlerine sınıflandırma, tüketici testleri ve analitik duyusal testler olmak üzere üç ana kategoride uygulanır. Bu yöntemlerden geleneksel sınıflandırma ve tüketici testlerinde panel üyelerinin seçimi ve eğitilmesi büyük önem taşır. Peynirler arasındaki farklılıkları değerlendirmek için eşleştirilmiş karşılaştırma testleri (paired comparison) ya da üçgen testleri (triangle test) kullanılabilir (Fox ve diğ, 2000).

Tüketici tercihi hedef kitleyi temsil edecek öznel bir değerlendirme ile yani eğitilmemiş tüketici paneli ile belirlenir. Bireyler eğitilmemiş oldukları için tercihleri büyük farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle, böyle bir panelde güvenilir sonuçlar elde etmek için kişi sayısı en az 50-60 civarında olmalıdır (Fox ve diğ, 2000).

Sıralama testleri (rank order), alternatif ürünlerin kendilerine özgü niteliklerini birbirleriyle karşılaştırmak amacıyla kullanılır. Katılımcılara, örnekleri belirlenen niteliklere göre yüksekten düşüğe doğru sıralamaları istenir (Delahunty, 2002). Bu duyusal değerlendirme yönteminde panelistlerin eğitilmiş olmasına gerek yoktur, fakat panelistlerin farklılıkları hassas bir şekilde ayırt edebilmeleri için kuvvetli bir duyusal duyarlılığa sahip olmaları gerekir. Katılımcı sayısı ile ilgili bir sınır yoktur. Sıralama testi uzman değerlendirmicilerin öznelliğini ortadan kaldırdığı için araştırma amaçlı uygulamalara daha uygundur (Delahunty ve Drake, 2004).

Peynirin duyusal nitelikleri, tüketicilerin peynirin yenilebilme kalitesini belirleyen duyularıyla algıladıkları görünüm, lezzet ve tekstür nitelikleridir (Delahunty ve Drake, 2004). Peynirlerin duyusal özellikleri olgunlaşma sırasında meydana gelen proteoliz, lipoliz ve glikoliz etkileri sonucu ortaya çıkmaktadır. Peynirin olgunlaşması sırasındaki kimyasal değişimler ve bu değişimler sırasındaki karmaşık etkileşimler peynirin duyusal özelliklerinin belirlenmesini zorlaştırır (Bachman ve diğ, 1999; Kraggerud ve diğ, 2014).

Peynirin görünümü, tüketicilerin peynir satın alırken değerlendirebileceği tek duyusal özellik olduğu için kritik bir öneme sahiptir. Görünüm; renk, peynirin türlerine göre kalıplanıp kalıplanmadığı ve türüne göre uygun gözenekler ya da çatlaklar içerip içermediği ile ilgili özelliklerin tümüdür. Tüketici, peynirin görünümü ile lezzet, tekstür ve fonksiyonelliği arasında ilişki olduğunu bilir ve peynir seçiminde görünümü özellikle dikkate alır (Fox ve Guinee, 2013).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Hammadde ve kimyasallar

Laboratuvar koşullarında peynir üretimi amacıyla kullanılan ticari pastörize günlük süt Edirne piyasasından elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan CaCl_2 Sigma Aldrich (St. Louis, MO, ABD), peynir mayası ise Mayasan'dan (İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır.

3.1.2 Membranlar ve özellikleri

Bu çalışmada günlük sütün zenginleştirilmesi amacıyla iki adet MF membranı ayrı bir şekilde kullanılmıştır. Sütün zenginleştirme aşamaları için tek membran kullanılmıştır. 5 m x 1 m ebatındaki MF membranları (Mycrodyn Nadir, Wiesbaden, Almanya) 0,191 m x 0,14 m ebadında kesilerek laboratuvar ölçekli MF modülüne yerleştirilmişlerdir (Şekil 3.4). Membranların özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir

Çizelge 3.1 : Membranların özellikleri.

Mikrofiltrasyon Membranı	Nominal gözenek büyüklüğü (μm)	Membran materyali	Saf su akısı ($\text{L}/\text{m}^2\text{h}$)
MP005	0,05	PES	>800
MV020	0,20	PVDF	>500

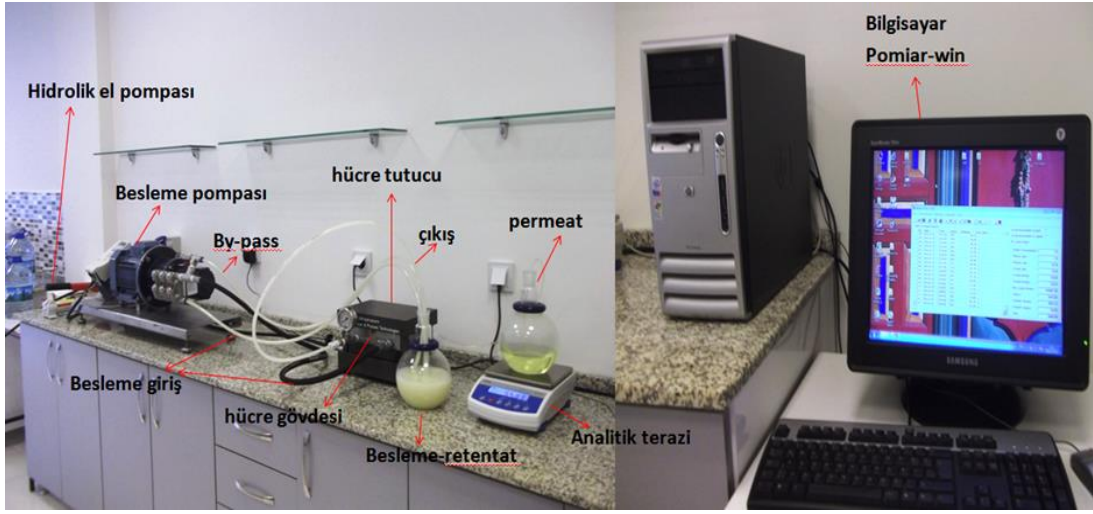
PES: Polietersülfon

PVDF: Poliviniliden florid

3.2 Mikrofiltrasyon Sistemi

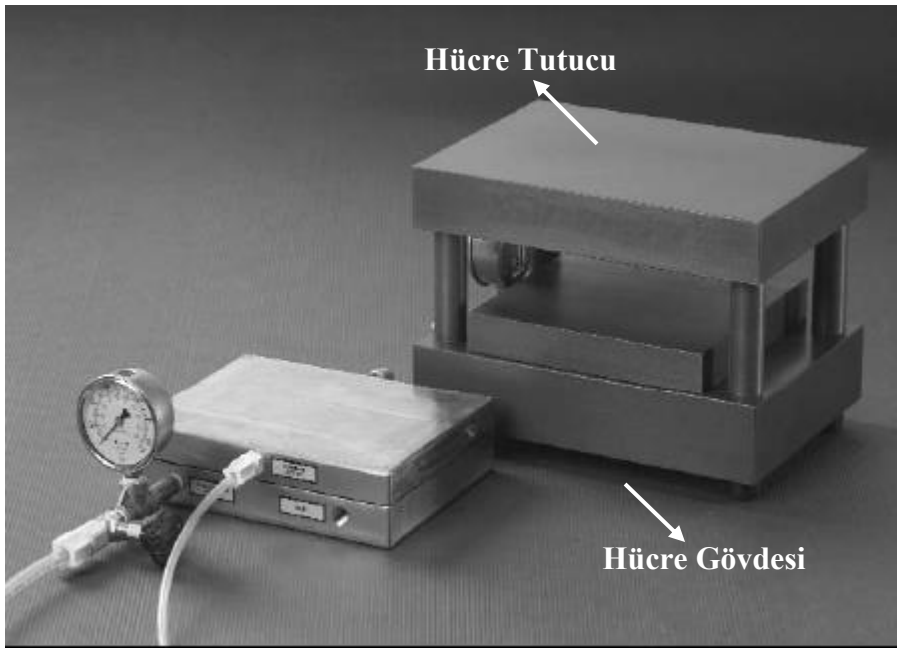
Mikrofiltrasyon uygulamaları, laboratuvar ölçekli, düz tabakalı membran test ünitesi (SEPA CF-II, General Electronic, PA, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Sistem temelde, hidrolik el pompası (SPX Power team, General Electronic, PA, ABD), frekans değiştirici (ABB, IP20 UL Open, Helsinki, Finlandiya) eklenmiş besleme pompası (Wanner Engineering. Inc., Minneapolis, ABD), hücre gövdesi, hücre tutucu, terazi

(WLC 20VA2, Radwag, Radom, Polonya) ve bir masaüstü bilgisayardan oluşmaktadır (Şekil 3.1).



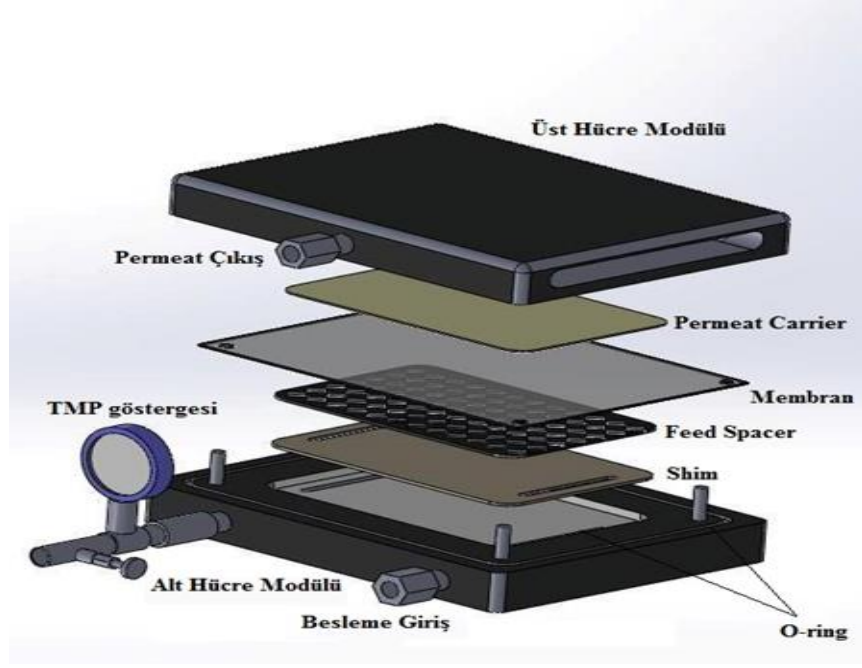
Şekil 3.1 : Mikrofiltrasyon sistemi.

Hücre gövdesi, beslemenin girdiği, retentatın çıktığı alt hücre elemanı ile permeatın çıktığı üst hücre elemanından oluşur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Hücre tutucu ve hücre gövdesi.

Hücre gövdesi alt ve üst kısımlarının içine alttan üste sırasıyla, ayar pulu, besleme düzeneği, membran ve permeat taşıyıcısı yerleştirilir (Şekil 3.3). Mikrofiltrasyon için bu kapalı düzenek hücre tutucunun içine yerleştirilir.



Şekil 3.3 : Hücre gövdesinin bileşenleri.



Şekil 3.4 : Membranın MF modülüne yerleştirilmesi.

Kullanılan membran modülünün genel özellikleri Çizelge 3.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.2 : SEPA CFII membran modülünün teknik özellikleri.

İşlem parametreleri		
Efektif membran alanı	140 cm ²	
Hücre içinde tutulan hacim	70 mL	
Hücre gövdesinin max. dayanım basıncı	69 bar	
Hücre gövdesinin max. dayanım sıcaklığı	177 °C	
Feed Spacer'ın max. dayanım sıcaklığı	82 °C	
Permeat taşıyıcının max. dayanım sıcaklığı	82 °C	
pH aralığı	Membran özelliğine göre değişmektedir	
Çapraz akış hızı	Membrandan dakikada geçen litre beslemeye göre değişmektedir	
Cihaz elemanlarının malzeme özellikleri		
Hücre gövdesi (316SS)	316 paslanmaz çelik	
Hücre tutucu	Anotlanmış alüminyum	
Konsantre akış kontrol vanası	316 paslanmaz çelik	
O-ring	Viton	
Konsantre basınç göstergesi	316 paslanmaz çelik	
Cihaz elemanlarının çapları ve ağırlıkları		
Hücre gövdesi (316SS)	16,51 x 21,3 x 5,0 cm	2,8 kg
Hücre tutucu	20 x 28 x 20 cm	21 kg
Shim	14,6 x 9,5 cm	0,5 kg
Feed Spacer	14,6 x 9,5 cm	0,5 kg
Membran	19,1 x 14,0 cm	0,5 kg
Permeat Carrier	14,6 x 9,5 cm	0,5 kg

3.3 Yöntemler

3.3.1 Sütün zenginleştirilmesi

MF ile sütü zenginleştirmek için 0,05 ve 0,20 µm gözenek çapına sahip polietersülfon (PES) ve polivinilidenflorid (PVDF) yapılarındaki MP005 ve MV020 (Microdyn-NADIR®, Wiesbaden, Almanya) mikrofiltrasyon membranları ayrı ayrı

kullanılmıştır. Sütün zenginleştirilmesi için uygulanan ilk dört denemede (D1, D2, D3, D4) MP005 membranı, beşinci denemede (D5) ise MV020 membranı kullanılmıştır. Her denemede süt farklı faktörlerde zenginleştirilmiştir (Çizelge 3.3). Zenginleştirme faktörü (ZF) MF sonucu elde edilen retentatın kuru madde miktarının MF işlemine beslenen sütün kuru madde miktarına bölünmesi ile elde edilmiştir. Zenginleştirme işlemi 210 L/h akış hızında ve 2,76 bar transmembran basıncında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3 : Sütün MF ile zenginleştirilmesi.

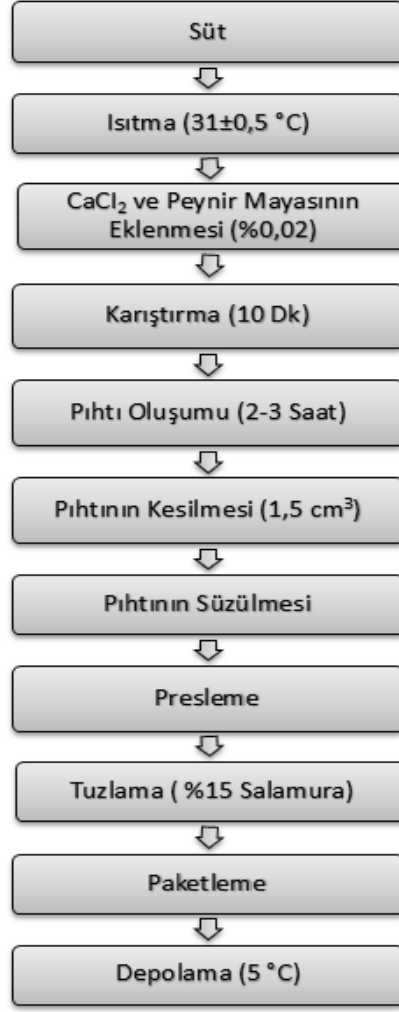
Deneme	ZF	Süre (dk)	Besleme (g)	Permeat (g)	Retentat (g)
D1	1,59	365	1904,40	1092,60	779,80
D2	1,71	440	1904,10	1204,40	649,90
D3	1,85	500	1903,90	1260,10	620,00
D4	1,93	540	1903,80	1321,10	536,50
D5	1,24	200	1903,80	821,10	1038,00

3.3.2 Beyaz peynirin elde edilmesi

Peynir doğrudan günlük süttten ve MF ile zenginleştirilmiş süttten olmak üzere iki farklı yöntemle üretilmiştir. Doğrudan günlük süttten yapılan peynir kontrol örneği olarak kullanılmıştır.

3.3.2.1 Doğrudan günlük süttten beyaz peynirin elde edilmesi

Günlük süt, mayalama kabına döküldükten sonra ısıt işlem için su banyosuna yerleştirilerek $31 \pm 0,5$ °C sıcaklığına getirilmiştir. Ardından süte % 0,02 oranında CaCl_2 ve pıhtılaştırıcı enzim (peynir mayası) eklenmiş, 10 dakika boyunca homojen dağılım sağlamak için karıştırıldıktan sonra 3 saat boyunca pıhtı oluşması için bekletilmiştir. Pıhtı oluşumu sırasında pH değerleri 15 dakika aralıklarla pH-metre kullanılarak (SG-2 SevenGo, Mettler-Toledo, Greifensee, İsviçre) ölçülmüştür. Pıhtı $1,5 \text{ cm}^3$ küpler şeklinde kesilmiştir. Kesilen pıhtı tülbente alınmış ve 30 dakika kendi haline bırakılarak süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonra tülbent presleme kabına yerleştirilmiştir. Presleme kabı buzdolabına alınarak yaklaşık 12 saat presleme işlemi uygulanmıştır. Elde edilen peynir dilimlenerek cam kavanozlardaki % 15'lik salamura çözeltisine yerleştirilmiş, buzdolabı koşullarında (5 °C) saklanmıştır. Doğrudan günlük süttten beyaz peynir yapımı akış şeması Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Doğrudan günlük süttten beyaz peynir yapımı.

3.3.2.2 Zenginleştirilmiş süttten beyaz peynirin elde edilmesi

Peynir yapımında, günlük sütün mikrofiltrasyonu sonucu elde edilen retentat kullanılmıştır. Retentat mayalama kabına alınmış ve doğrudan günlük süttten beyaz peynir yapımında anlatılan işlemler (Bölüm 3.3.2.1) sırasıyla uygulanmıştır. Eklenen CaCl₂ ve pıhtılaştırıcı enzim miktarı hesaplanırken mikrofiltrasyon işlemine beslenen günlük süt miktarı (1,904±0,001 kg) esas alınmıştır. MF ile zenginleştirilmiş süttten beyaz peynir yapımı akış şeması Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 : MF ile zenginleştirilmiş süttten beyaz peynir yapımı.

3.2.3 Kimyasal analizler

3.2.3.1 Toplam kuru madde tayini

Kuru madde analizi için kullanılacak cam petriler, içlerine 20-25 g civarında deniz kumu ve cam baget koyularak 2-3 saat 103±2 °C' lik etüvde (Ecocell 55-Comport, MMM Group, Çek Cumhuriyeti) sabit tartıma getirilmiştir. Cam petriler oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde 15-30 dakika bekletilmiştir. Petrilerin daraları hassas terazi (ED224S, Sartorius, Almanya) ile 0,0001 g duyarlılıkla ölçülmüştür. Darası alınan petrilere yaklaşık 5 g iyice ezilmiş peynir örneği tartılarak yerleştirilmiş, tartımı yapılmış kumla cam baget kullanılarak iyice karıştırılmış ve

103±2 °C sıcaklığında etüvde 3-4 kurutulmuştur. Petriler, kurutma işleminin hemen ardından desikatöre alınmış, 30 dakikalık bir bekleme süresinden sonra tartılmaya başlanmış ve tartım işlemi sabit tartım alınana dek sürdürülmüştür. Yüzde kuru madde miktarı aşağıda verilen matematiksel formüle göre hesaplanmıştır (AOAC, 1990; metot 926.08).

$$\text{Kuru Madde (\%)} = \frac{\text{Son tartım} - \text{Dara}}{\text{Örnek miktarı}} \times 100$$

3.2.3.2 Kül tayini

Kül analizi için özel üretilen porselen krozeler, safsızlıkları ve nemi uzaklaştırmak için 2-3 saat 103±2 °C' lik etüvde sabit tartıma getirilmiştir. Oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde 15-30 dakika bekletile krozelerin daraları hassas terazi (ED224S, Sartorius, Almanya) ile 0,0001 g duyarlılığında ölçülmüş, içlerine yaklaşık 3 g örnek tartılarak yerleştirilmiştir. Krozeler 550 °C sıcaklığında kül fırınında (Protherm PLF 120/7, Labomar, Türkiye) beyaz renkli kül elde edilinceye kadar 3-4 saat yakılmıştır. Yakma işleminin hemen ardından krozeler desikatöre alınarak, yarım saat bekletilmiş ve hassas terazide tartımları alınmıştır. Kül miktarı aşağıdaki matematiksel formül kullanılarak hesaplanmıştır (AOAC, 1990; metot 935.42).

$$\text{Kül Miktarı (\%)} = \frac{\text{Son tartım} - \text{Dara}}{\text{Örnek miktarı}} \times 100$$

3.2.3.3 Protein tayini

Toplam protein tayini Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır. İyice karıştırılmış süt örneğinden protein tüpüne 5 g tartılıp üzerine % 93-98'lik H₂SO₄'den 10 ml ilave edilmiş, karışık katalizör tableti (2 g K₂SO₄ + 0,2 g Cu₂SO₄) eklenerek yakma düzeneğine (Kjeldatherm Digestion Systems KB8S, Gerhardt, Almanya) yerleştirilmiştir. Yakma işlemi, köpürmeyi engellemek için kademeli olarak (100°C'de 30 dakika, 200 °C'de 30 dakika, 300 °C'de 30 dakika) gerçekleştirilmiştir. Yakma işleminin son basamağında sıcaklık 400 °C'a yükseltilmiş, açık yeşil rengin gözlenmesinden 30 dakika sonra işlem sona erdirilmiştir. Kjeldahl tüpleri, 40 °C'ye soğutulduktan sonra otomatik damıtma düzeneğine (Vapodest VAP 20s, Gerhardt, Almanya) yerleştirilmiştir. Damıtma işlemi, otomatik düzenek aracılığıyla tüplere 40 ml saf su ve 70 ml % 33'lük NaOH, damıtık toplama bölümündeki erlen içene ise 10 ml % 4'lük H₃BO₃ eklenerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen damıtık 1-2 damla 1:1

oranında karıştırılmış metilen mavisi/metil kırmızısı indikatörü ve 0,1 N HCl kullanılarak titre edilmiştir. Örnekteki toplam azot miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC, 1990; metot 920.123).

$$\text{Azot miktarı (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 0,014}{M} \times 100$$

V_1 = 0,1 N NaOH ile titre edilen miktarın (ml)

V_2 = Kör için harcanan 0,1 N NaOH' in ml molarak miktarı

N = Titrasyonda kullanılan NaOH' in normalitesi (0,1 N)

M = Peynir örneğinin ağırlığı (g)

Yüzde protein miktarı ise, toplam azot miktarının, süt ve süt ürünleri için geçerli olan 6,38 protein faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

3.2.3.4 Yağ tayini

Peynirde yağ tayini için Gerber yöntemi kullanılmıştır. Gerber yönteminde, tam 3,00 gram peynir tartılarak iki ucu açık özel peynir bütirometresinin alt tıpasına yerleştirilmiş kadehçik içine konmuştur. Dereceli bölmedeki açık ağızdan 10 ml ($d=1,520\pm0,002$ g/ml) H_2SO_4 eklenmiş ve bütirometre 70 °C'lik su banyosuna yerleştirilerek arada bir çalkalanarak peynirin tamamen erimesi sağlanmıştır. Sonra bütirometreye 1 ml amil alkol ($d=0,810\pm0,002$ g/ml) pipetlenmiştir. Bütirometre 40 derece seviyesine kadar H_2SO_4 eklenerek tamamlanmış, ağzı lastik tıpa ile kapatılarak çalkalanmıştır. Son olarak 1100 devir/dakika hızında 10 dakika santrifüj (Nova Safety, Funke Gerber, Almanya) edilmiştir. Yağ miktarı bütirometre skalasından üstte oluşan içbükey hattın alt sınırı esas alınmak kaydıyla % gram olarak okunmuştur (BSI, 1989).

3.2.3.5 Tuz tayini

Peynirde tuz tayini için Mohr yöntemi kullanılmıştır. Yaklaşık 5 g peynir örneği tartılarak 40 °C'lik saf suyla yıkanmış, 250 ml'lik balona tamamlanmış ve süzölmüştür. Süzöntüden alınan 25 ml örneğe birkaç damla fenolftalein eklendikten sonra 0,1 N NaOH ile açık pembe renge kadar titre edilerek nötrleştirilmiştir. Nötrleştirilmiş örneğe 0,5 ml % 5'lik K_2CrO_4 indikatörü damlatılarak ve 0,1 N $AgNO_3$ ile titre edilmiştir. Titrasyona, renk sarıdan kiremit kırmızısına dönünce son verilmiştir. Tuz miktarı (%) aşağıdaki matematiksel formül kullanılarak hesaplanmıştır (AOAC, 1990; metot 975.20).

$$\text{Tuz Miktarı (\%)} = \frac{0,00585 \times (V_h - V_t) \times \text{SF} \times 100}{m}$$

V_h : Örneğin titrasyonunda harcanan AgNO_3 çözeltisinin hacmi (ml)

V_t : Tanık denemede harcanan AgNO_3 çözeltisinin hacmi (ml)

m: örnek miktarı (g)

SF: Seyreltme Faktörü

3.2.3.6 Asitlik tayini

Yaklaşık 5 g peynir örneği tartıldıktan sonra 40 °C'lik saf suyla yıkanıp 250 ml'ye tamamlanmış ve sonra süzölmüştür. Süzöntüden alınan 25 ml örneğe 1 ml fenol fitaleyn indikatörü eklendikten sonra 0,25 N NaOH ile hafif pembe renk elde edilene kadar titre edilmiştir. Laktik asit miktarı (%) aşağıdaki matematiksel formüle göre hesaplanmış, SH (Sohxlet-Henkel asitlik derecesi) çevrimi % laktik asitin 0,0225 ile bölünmesiyle elde edilmiştir (Anonim, 1994; Anonim, 2000).

$$\text{Laktik asit (\%)} = \frac{V \times 0,009 \times F}{m} \times 100$$

V = Titrasyonda harcanan 0,1 N NaOH miktarı (ml)

m = Titrasyona alınan peynir örneği miktarı (g)

F = NaOH'in faktörü

3.2.4 Fiziksel analizler

3.2.4.1 Tekstür profil analizi (TPA)

Çalışma kapsamında üretilen peynirlerin tekstürel özellikleri, tekstür profil analiz cihazı (TA.HD Plus, Stable Microsystems, Godalming, İngiltere) kullanılarak ölçölmüştür. Peynir çok sert yapıda bir gıda olmaması nedeniyle ve ölçömlerin tekstür analiz cihazı ile hassas bir şekilde yapılabilmesi amacıyla 5 kg yük hücresi kullanılmıştır. Peynir örnekleri 36 mm çapında düz yüzeyli silindir baskı plakası (P/36R, Stable Microsystems, Godalming, İngiltere) ile sıkıştırılmıştır.

Peynirin heterojen yapısından dolayı peynir kalıbının farklı yerlerinden alınan örneklerde TPA sonrası farklı sonuçlar çıkabilir (Ak ve Altay, 2011). Peynirin yüzeyi salamura ile temas halinde olduğundan, yüzeyden alınan örneklerin analizi sonrası tekstür sonuçlarda istenmeyen sapmalar oluşabilir. Bu farklılıkları asgari düzeye indirmek amacıyla ölçüm örnekleri, peynir bloklarının alt, üst ve yan kısımlarının en

az 5 mm ötesinden 23 mm çapında ve 11 mm yükseklikte silindirler şeklinde alınmıştır. Örnekler kesildikten hemen sonra dehidrasyonu önlemek amacıyla hava geçirmez kaplara yerleştirilmiştir. Test yapılmadan önce, kesilen örnekler 2 saat oda sıcaklığında (22 ± 1 °C) tutularak sıcaklıklarının dengeye gelmesi sağlanmıştır. Peynirlerden alınan 3 örnek test edilmiştir.

TPA analizi, peynir örneklerinin arka arkaya iki kez sıkıştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Örnekler baskı plakası altında 2 mm/s hızla % 50 deformasyona kadar sıkıştırılmış, iki sıkıştırma arasında 5 saniye beklenmiştir. Cihaza ait özel yazılım (Texture Exponent 32, Stable Microsystems, Godalming, Surrey, İngiltere) kullanılarak peynirlerin sertlik, tutunabilirlik, elastikiyet, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik değerleri hesaplanmıştır.

3.2.4.2 Renk ölçümü

Peynir örneklerinin renk ölçümleri, renk ölçüm cihazıyla (Minolta CM-5, Konica Minolta, Japonya) gerçekleştirilmiştir. Peynirlerin farklı kısımlarından alınan 5 örnek analiz edilmiştir. CIE (Commision Internationale del'Eclairage) renk değerlerine göre L* değeri parlaklığın göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) aralığında değer alır. a* değeri kırmızı-yeşil ve b* değeri ise sarı-mavi ölçeği göstermektedir.

3.2.5 Duyusal analizler

90 gün olgunlaştırılmış peynirlerin duyusal değerlendirilmesi 14 eğitilmemiş panelist ile gerçekleştirilmiştir. Panelistlerden peynirleri renk, koku, kitle-yapı ve lezzetlerine göre 1-5 arasında puan vermeleri istenmiştir. Ardından genel beğenilerine göre peynir örnekleri için tercih sıralaması yapmaları istenmiştir. Panelistlerin ön yargılı davranmaması için her peynir örneğine rastgele kodlar verilmiştir.

3.2.6 İstatistiksel analizler

Duyusal analiz sonuçları tek yönlü varyans analizi (One-way Anova) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla istatistik analiz paket programı SPSS 22 (IBM Corp. Armonk, NY, ABD) kullanılmıştır. Varyans analizi sonucunda önemli olan veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre $p<0,05$ düzeyinde test edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, günlük sütün MF ile zenginleştirme çalışmaları, doğrudan günlük sütten (kontrol) ve zenginleştirilmiş sütten beyaz peynir yapımı sonuçları, günlük sütün mikrofiltrasyonu sonucu oluşan permeat ve retentat hatlarının bileşimi, üretilen peynirlerin bileşimi ve peynir altı suyunun (PAS) bileşimi incelenmiştir. Ayrıca MF ile zenginleştirilmiş sütten üretilen peynirler ile kontrol örneğinin renk, tekstür ve duyu analizi sonuçları karşılaştırmalı istatistiksel testler kullanılarak değerlendirilmiştir.

4.1 Permeat ve Retentat Hatlarının Bileşimi

Beslenen sütün pH değeri $6,80 \pm 0,00$, % kuru maddesi $11,73 \pm 0,14$, % kül içeriği $0,70 \pm 0,11$, % yağ miktarı $3,2 \pm 0,04$ ve % protein miktarı ise $3,04 \pm 0,05$ olarak bulunmuştur. Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'ne göre; çiğ inek sütünde, toplam protein oranının en az % 2,8 ve yağsız kuru madde oranının ise en az % 8,5 olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2000). Analiz sonucunda elde edilen besleme verileri tebliğ edilen değerlerle karşılaştırıldığında, besleme verileri tebliğ edilen çiğ süt değerleriyle uyumludur.

MF çalışmalarında zenginleştirme faktörünün (ZF) (D1-D4, Çizelge 4.1) ve membran gözenek boyutunun (D5, Çizelge 4.1) permeat ve retentat hatlarının bileşimlerine etkileri incelenmiştir. Yapılan ölçümlerde, MP005 ile yapılan zenginleştirme denemelerinde elde edilen permeat pH değerlerinin (6,60-6,70) retentat pH değerlerinden (6,30-6,40) kısmen yüksek olduğu gözlenmiştir. Ancak, elde edilen permeat ve retentat hatlarının pH değerlerinin zenginleştirme faktörüne bağlı olduğunu söyleyebilecek farklılıklar bulunmamıştır. MV020 ile yapılan zenginleştirme denemesinde, D5'in permeat ve retentat değerlerinde aynı pH değeri (6,60) ölçülmüştür. Bu sonuçlar, MF işlemi ile elde edilen permeat ve retentatların pH değerlerinde gözlenen farklılıkların membran gözenek boyutundan kaynaklandığını gösterecek nitelikte değildir.

Çizelge 4.1 : Permeat ve retentat hatlarının bileşimi.

Deneme	Hat	pH	Kuru Madde			ZF
			(KM) (%)	KM'de Protein (%)	Kül (%)	
D1	Besleme	6,80±0,00	11,73±0,14	25,92±0,72	0,70±0,11	1,59
	Permeat	6,60±0,00	4,61±0,03	3,26±0,19	0,44±0,08	
	Retentat	6,30±0,20	18,68±0,04	30,62±0,18	0,92±0,06	
D2	Besleme	6,80±0,00	11,73±0,14	25,92±0,72	0,70±0,11	1,71
	Permeat	6,70±0,10	4,69±0,04	2,98±0,15	0,42±0,07	
	Retentat	6,40±0,20	20,05±0,03	33,11±0,29	0,97±0,06	
D3	Besleme	6,80±0,00	11,73±0,14	25,92±0,72	0,70±0,11	1,85
	Permeat	6,60±0,10	4,66±0,02	4,08±0,34	0,44±0,08	
	Retentat	6,30±0,30	21,69±0,03	33,73±0,24	1,07±0,09	
D4	Besleme	6,80±0,00	11,73±0,14	25,92±0,72	0,70±0,11	1,93
	Permeat	6,70±0,00	4,55±0,03	4,69±0,08	0,41±0,05	
	Retentat	6,40±0,10	22,58±0,02	36,35±0,18	1,10±0,07	
D5	Besleme	6,80±0,00	11,73±0,14	25,92±0,72	0,70±0,11	1,24
	Permeat	6,60±0,10	6,22±0,03	11,79±0,48	0,51±0,09	
	Retentat	6,60±0,10	14,49±0,04	29,03±0,23	0,82±0,08	

Tüm retentat hatlarındaki kuru madde miktarı permeat hatlarındakinden daha yüksektir (Çizelge 4.1). Dolayısıyla, zenginleştirme faktörü ve membranın gözenek boyutundan bağımsız olarak, kuru maddenin retentat hattında zenginleşmesi sağlanmıştır. Zenginleştirme faktörü arttıkça permeat hattındaki kuru madde azalırken, retentat hattındaki kuru madde miktarı artmıştır (Çizelge 4.1). Membranın gözenek boyutu artınca (D5) zenginleştirme faktörü azalmış ve buna bağlı olarak permeat hattının kuru madde içeriği D1-D4'te kullanılan 0,05 µm boyutuna sahip membrana göre artmış, retentat hattının kuru madde içeriği ise azalmıştır (Çizelge 4.1).

Protein içeriklerine bakıldığında, retentat hattının protein içeriği beklendiği üzere zenginleştirme faktörü arttıkça artmıştır (Çizelge 4.1). Ancak, kuru madde içeriği sonuçlarına aykırı olarak, proteinin permeat hattında da zenginleştiği gözlenmiştir. Bunun nedeni, toplam azot üzerinden hesaplanan protein içeriğinin protein olmayan azotlu maddeleri de içermesine bağlanabilir. Dolayısıyla, permeatta PAS proteinleri ile birlikte protein olmayan azotlu maddeler de zenginleşmiştir (Neocleous ve diğ., 2002a). Gözenek boyutunun artması, düşük zenginleştirme faktörüne bağlı olarak retentat hattındaki protein içeriğinin azalmasına, permeat hattındaki protein içeriğinin ciddi biçimde artmasına neden olmuştur (D5, Çizelge 4.1). Bunun nedeni D5'te kullanılan membranın 0,20 µm olması nedeniyle molekül büyüklükleri uygun olan kazein misellerini geçirmiş olmasıdır. Fox (1993) kazein misellerinin boyutlarının 0,03-0,30 µm arasında değiştiğini bildirmiştir. Dolayısıyla, protein olmayan azotlu maddeler ve PAS proteinleri yanında, küçük kazein misellerinin de membrandan geçmesi olasıdır. Kazein misellerinin geçişi membranın gözenek boyutu büyüdükçe kolaylaşmaktadır.

Literatürde sütün mikrofiltrasyonu amacıyla 0,05 µm membranının kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yetişemiyen (2005) tarafından yapılan benzer bir çalışmada yağsız sütün mikrofiltrasyonu amacıyla 0,1 µm gözenek boyutuna sahip polieter yapıda membran kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre permeat ve retentat hatlarının kuru madde oranları sırasıyla % 7,15 ve % 15,35 iken, protein oranları kuru maddede % 16,50 ve % 48,93 olarak bulunmuştur. Bir diğer çalışmada ise sütün 0.1 µm seramik membrandan mikrofiltrasyonu sonucu permeat ve retentat hatlarının kuru madde oranları sırasıyla % 6,44 ve % 14,14 iken, protein oranları kuru maddede % 11,64 ve % 52,15 olarak bildirilmiştir (Nelson ve Barbano, 2005). Yağlı sütün

mikrofiltrasyonu için 0,05 µm membran kullanılan çalışmamızda ise permeat hattındaki kuru madde oranı en fazla % 4,69 (D2, Çizelge 4.1) bulunmuştur. Zenginleştirme faktörüne bağlı olarak, permeatta kuru maddede protein oranları ise % 2,98-4,69 (Çizelge 4.1) arasında saptanmıştır. Retentat hatlarında ise, zenginleştirme faktörüne bağlı olarak kuru maddede protein oranları % 30,62-36,35 arasında saptanmıştır. Dolayısıyla, daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada kullanılan 0,05 µm gözenek boyutuna sahip MP005 mikrofiltrasyon membranı, kazeinleri retentatta daha fazla zenginleştirirken, PAS proteinlerinin de permeata geçişini sınırlamıştır.

4.2 Peynir Süreç Verimi ve Bileşimi

4.2.1 Peynir süreç verimi

Peynir süreç verimi, elde edilen peynir miktarının (g) peynir teknesine işlenen retentat (kontrol örneği için süt) miktarına (g) oranının 100 ile çarpımı sonucu hesaplanmıştır. Laboratuvar koşullarında doğrudan günlük süttten üretilen kontrol örneğinin süreç verimi peynir miktarının kullanılan süte oranı olarak hesaplandığında % 11,16 olarak bulunmuştur (K, Çizelge 4.2). Oysa ki, mikrofiltrasyonla 0,05 µm gözenek boyutuna sahip membranla işlenmiş retentatlardan elde edilen peynirlerin süreç verimi % 32-33 (D1-D3, Çizelge 4.2) arasında değişmiş, zenginleştirme faktörü 1,93'e yükseltildiğinde ise peynir süreç verimi artarak % 36,35'e kadar yükselmiştir (D4, Çizelge 7.2). Gözenek boyutu 0,20 µm olan membrandan elde edilen retentattan üretilen peynirin süreç verimi ise % 26,56'da kalmıştır (D5, Çizelge 4.2). Dolayısıyla, kazeinlerin retentatta zenginleştirilmesi peynir süreç veriminin artmasına, atık miktarının azalmasına büyük ölçüde katkıda bulunmuştur.

Çizelge 4.2 : Peynir süreç verimi.

Peynir	ZF	Permeat (g)	Retentat (g)	Peynir (g)	Verim (%)
K	-	-	-	212,50	11,16
D1	1,59	1092,60	661,00	210,80	31,89
D2	1,71	1204,40	556,60	185,00	33,24
D3	1,85	1260,10	508,50	161,00	31,66
D4	1,93	1321,10	441,00	160,30	36,35
D5	1,24	821,10	934,50	248,20	26,56

4.2.2 Peynir bileşimi

Laboratuvar koşullarında üretilen peynir örneklerinde kuru madde oranları % 34,72-44,60 arasında değişmektedir (Çizelge 4.3). En yüksek kuru madde oranı % 44,60 ile D2’de, en düşük kuru madde oranı ise % 34,72 ile D5’de saptanmıştır (Çizelge 4.3). Kuru maddede protein içeriklerinde ise en yüksek oran % 34,62 ile D2’de, en düşük oran % 24,63 ile D1’te saptanmıştır (Çizelge 4.3). Kuru maddede yağ oranlarında en yüksek oran % 47,93 ile D4’te, en düşük oran % 40,32 ile D5’te tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Kül oranlarında ise en yüksek oran % 9,64 ile D2’de, en düşük oran %7,45 ile D5’te tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Peynirlerin bileşimi.

Peynir	ZF	Kuru Madde (%)	KM’de Protein (%)	KM’de Yağ (%)	Kül (%)
K	-	41,17±0,52	30,54±0,71	43,72±0,15	8,59±0,03
D1	1,59	39,62±0,22	24,63±0,56	45,43±0,27	8,75±0,10
D2	1,71	44,60±0,89	34,62±0,45	42,60±0,35	9,64±0,06
D3	1,85	43,13±0,10	29,52±0,32	46,37±0,32	7,67±0,21
D4	1,93	39,64±0,14	27,95±0,29	47,93±0,64	7,81±0,08
D5	1,24	34,72±0,45	32,40±0,14	40,32±0,44	7,45±0,10

Çakmakcı ve Kurt (1993) beyaz peynir üzerine yaptıkları çalışmada beyaz peynirlerin kuru madde oranlarının % 37,51-42,55 arasında, yağ oranlarının % 15,75-18,25 arasında, protein oranlarının % 12,88-15,16 arasında, kül oranlarının % 7,06-8,92 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Hayaloğlu ve diğ. (2005) ile Kesenkaş ve diğ. (2012) tarafından yapılan çalışmalarda da kültürsüz olarak üretilen peynirlerinin özellikleri incelenmiştir. Çalışmamızda hem kontrol örneğinin, hem de mikrofiltrasyon retentatlarından elde edilen peynirlerin bileşimleri, literatürde kültür kullanılmadan üretilen peynir bileşimleriyle uyumludur.

Neocleous ve diğ. (2002a) Cheddar peynirinin bileşimi üzerine mikrofiltrasyonun etkisi, süt bileşenlerinin geri kazanımı ve peynir verimliliğini belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada, yağsız çiğ süt 0,1 µm gözenek çaplı seramik membranlarla 1,0, 1,26, 1,51 ve 1,82 olmak üzere 4 farklı zenginleştirme faktöründe mikrofiltrasyonla zenginleştirilerek, peynir üretimi gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada zenginleştirme

faktörünün artışının peynir bileşiminde önemli farklılıklara neden olmadığı saptanmıştır. Bu sonuca benzer olarak çalışmamızda da zenginleştirme faktörü ile peynirin bileşimi arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Gözlenen küçük değişimlerin ise laboratuvar koşullarında peynir üretimi sırasında olabilecek küçük prosedür farklılıklarından kaynaklandığı söylenebilir. Nitekim Turantaş ve diğ. (1989) ile Uraz ve diğ. (1983) aynı işletmede üretilmiş beyaz peynirlerin üretim aşamalarında (pastörizasyon, pıhtılaştırma, presleme, tuzlama vb.) olabilecek farkların peynir bileşimlerinde önemli farklılıklara neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.4 : Peynirlerin tuz ve asitlik oranları.

Peynir	ZF	KM'de Tuz (%)	Laktik Asit (%)	°SH
K	-	18,82±0,12	0,35±0,05	15,40±0,24
D1	1,59	20,37±0,20	0,53±0,05	23,35±0,30
D2	1,71	24,13±0,25	0,81±0,07	36,00±0,72
D3	1,85	17,67±0,43	0,71±0,06	31,56±0,54
D4	1,93	17,63±0,19	0,53±0,12	23,35±0,46
D5	1,24	18,03±0,32	0,40±0,04	18,19±0,34

Bu çalışmada elde edilen asitlik sonuçları oldukça düşüktür (Çizelge 4.4). Çalışma kapsamında beyaz peynir üretimi için starter kültür kullanılmamış, laktik asit üretimi sütün kendi florasındaki laktik asit bakterileri tarafından gerçekleştirilmiştir. Hayaloğlu ve diğ. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada kültürlü ve kültürsüz üretilen peynirlerin bileşimi karşılaştırılmış ve starter kültür katılarak üretilen beyaz peynirlerde kültür katılmadan üretilene göre düşük pH değerleri gözlemlenmiştir. Kültürlü peynirlerde pH değerleri peynir olgunlaştıkça düşmüş, buna bağlı olarak asitlik değerleri artmıştır. Kültürsüz peynirlerde de aynı eğilim gözlemlenmiş fakat pH değerleri diğer peynirlere göre daha yüksek, asitlik değerleri ise diğer peynirlere göre oldukça düşük kalmıştır.

Bu çalışmada elde edilen tuz oranları (Çizelge 4.4) Şahan ve diğ. (1996), Çakmakçı ve Kurt (1993) ile Kamber (2007) tarafından yapılan araştırmalardaki sonuçlardan yüksektir. Tuz, peynirlerde mikrobiyal gelişmeyi engellediğinden asiditenin daha geç gelişmesine neden olur ve proteoliz düzeyini etkiler (Evrensel ve diğ. 1998). Sütün florasında bulunan laktik asit bakterilerinin temel amacı laktozu laktik asite

dönüştürmektir. Dolayısıyla, bu çalışmada elde edilen yüksek tuz içeriği, peynirlerin kültürsüz üretilmiş olması yanında, süt florasında bulunan laktik asit bakterilerinin aktivitesini engellemiş ve düşük asitlik değerlerine katkıda bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Üretilen peynirlerde tuz oranı artışına paralel olarak beklendiği üzere kül oranında da artış saptanmıştır (Çizelge 4.4). Sonuç olarak, mikrofiltrasyonla zenginleştirme işlemi peynir sürecinin verimini arttırmış, ancak peynir bileşiminde farklılığa neden olmamıştır.

4.3 Peynir Altı Suyunun (PAS) Bileşimi

Zenginleştirme faktörü arttıkça peynir altı suyundaki kuru madde ve protein oranlarının da arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.5) Neocleous ve diğ. (2002a) tarafından yapılan benzer bir çalışmada da MF ile sütün zenginleştirme faktörü arttıkça PAS'taki ham protein ve protein olmayan azot oranlarının arttığı bildirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, peynir sürecinin verimini de doğrulayacak biçimde, PAS miktarı zenginleştirme işlemi uygulanmadan yapılan peynir üretimine göre oldukça azalmıştır. Yaklaşık 1904 g süt kullanılarak elde edilen kontrol örneği sonucu ortaya çıkan PAS miktarı 1400-1450 g arasında değişirken, mikrofiltrasyonla zenginleştirme işleminden sonra PAS miktarı 150-200 g'a kadar düşmüştür. Bu çerçevede, PAS proteinlerinin retentatta kazeinlerle birlikte zenginleşmiş olma olasılığı göz ardı edilemez. Peynir sürecindeki verim artışı zenginleştirme işlemi sırasında suyun permeata geçişiyle ilişkilendirilebilir.

Çizelge 4.5 : Peynir altı suyunun (PAS) bileşimi.

PAS	ZF	pH	KM (%)	KM'de Protein (%)	Kül (%)
K	-	6,60±0,10	6,68±0,12	13,62±0,55	0,56±0,03
D1	1,59	5,80±0,10	8,45±0,02	21,30±0,45	0,81±0,09
D2	1,71	6,50±0,10	8,60±0,15	23,49±0,68	0,72±0,05
D3	1,85	5,20±0,10	8,85±0,06	23,73±0,23	0,86±0,08
D4	1,93	5,90±0,10	9,17±0,04	29,12±0,34	0,72±0,05
D5	1,24	6,40±0,10	7,12±0,01	16,99±0,24	0,60±0,03

Dolayısıyla, zenginleştirme faktörünün artışına bağlı olarak, permeattaki protein içeriği artışının (Çizelge 4.1) peynir altı suyu proteinlerinden ziyade protein olmayan azota bağlı olduğu ortaya çıkmaktadır.

4.4 Elde Edilen Salamura Peynirin Özellikleri

4.4.1 Renk

Tüketicinin gıda kalitesi açısından ilk yargısı üzerinde görünüm unsurları ve renk büyük paya sahiptir. Bu nedenle, renk, tüketici kabul edilebilirliği ile doğrudan ilişkili olduğu için gıda bilimi açısından da önem taşıyan bir unsurdur.

Herhangi bir sistem tarafından ışığın saçılması, sistemin mikro yapısının heterojenliği ile ilgilidir (Rahimi ve diğ, 2007). Peynir gibi katı bir gıda ürününde, ışık yüzeysel katmanlardan nüfuz ederken yağ globülleri ve peynir altı suyu ceplerinin kenarları tarafından saçılır (Paulson ve diğ, 1998; Lemay ve diğ, 1994).

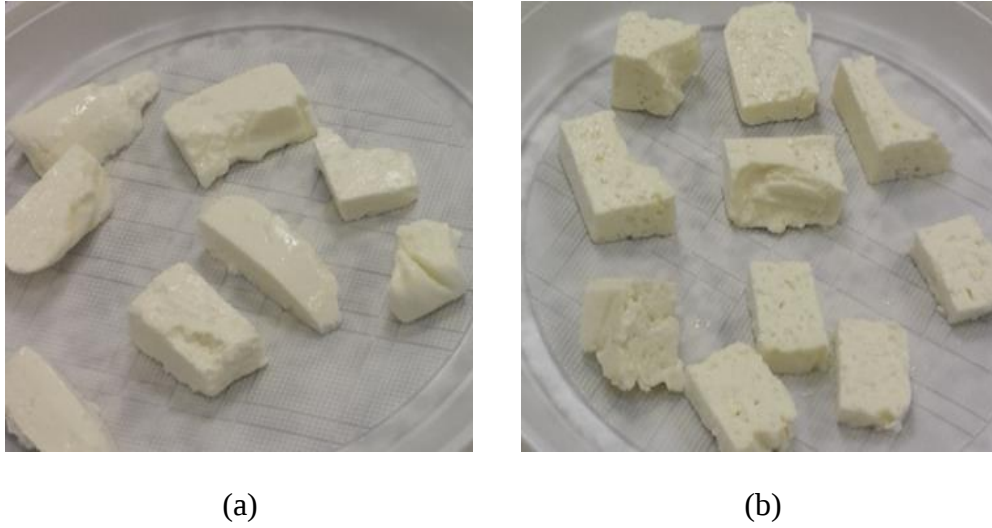
Çizelge 4.6 : Peynirlere ait renk analiz sonuçları.

Peynir	Tuz (%)	L *	a *	b *
K	7,75±0,05	92,25±1,12 ^a	-0,49±0,20 ^{ab}	10,40±1,61 ^{ab}
D1	8,07±0,08	93,56±0,37 ^{bc}	-0,36±0,16 ^{ab}	11,29±0,77 ^{bc}
D2	8,76±0,05	92,24±0,89 ^a	-0,47±0,14 ^{ab}	10,91±0,67 ^{abc}
D3	7,62±0,05	93,07±0,43 ^{ab}	-0,37±0,13 ^{ab}	12,27±1,29 ^c
D4	6,99±0,02	92,02±1,14 ^a	-0,54±0,13 ^a	9,58±1,30 ^a
D5	6,26±0,01	94,43±0,66 ^c	-0,26±0,19 ^b	10,36±0,22 ^{ab}

^{a,b,c} : Aynı sütunda yer alan aynı harfle simgelenmemiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05).

L* parametresi peynir örneklerinin beyazlığını gösterir. Peynirlerin L* parametreleri ile ilgili K, D2, D3 ve D4 arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık yoktur (p>0,05, Çizelge 4.6). Ayrıca, D1 ve D3 ile D1 ve D5 arasında da önemli bir fark bulunmamıştır (p>0,05, Çizelge 4.6). En yüksek L* değerinin D5'te (Çizelge 4.6) görülmesinin nedeni, üretilen peynirler arasında en düşük tuzluluk oranına sahip olmasına bağlanabilir (Çizelge 4.6). Peynirdeki tuz oranı arttıkça, peynirin içinde hapsolan peynir altı suyu salamura salınarak peynirin yüzeyinde ışığın saçılmasına neden olan alanları azaltır (Khosrowshahi ve diğ, 2006). Kaya (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, tuzun Gaziantep peynirlerinin beyazlığına olan etkileri

incelenmiş ve çalışma sonucunda düşük salamurada olgunlaştırılan peynirlerde en yüksek L^* değerine ulaşılmıştır. Ancak elde edilen peynirlerin gözenek yapılarına bakıldığında D5'in en az gözenekliliğe sahip örnek olduğu da görülmektedir (Şekil 4.1a). Dolayısıyla, bu örnek, ışığı doğrudan yansıtması nedeniyle de en yüksek L^* değerine sahiptir. Nitel olarak gözenekliliklerine göre örnekler $D4 > K > D1 > D3 > D2 > D5$ şeklinde sıralanabilir. Bu örnekler arasında tuzluluk oranı en yüksek olan D2'nin en az gözenekli örneklerden biri olmasına karşın K ile (Şekil 4.1b) hemen hemen aynı L^* değerine sahip olması, beyazlığın yalnızca tuz oranına bağlı olmadığını, gözeneklilik ve hatta gözenek yapısının da beyazlık değerlerini tuz oranıyla birlikte etkilediğini göstermektedir.



Şekil 4.1 : (a) D5 ve (b) K peynir örneklerinin görünümü.

Renk analizlerinde a^* parametresinin pozitif değerleri kırmızı rengin, negatif değerleri ise yeşil rengin göstergesidir. Renk koordinat sisteminde merkez renksizdir, a^* değerleri arttıkça, yani merkezden uzaklaştıkça renk ayrımı artar (Voss, 1992). Tüm peynir örneklerinde ölçülen negatif a^* değerleri, rengin yeşile eğilimi olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.6). Üretilen peynirler arasında yalnızca D4 ve D5 arasında a^* değerleri bakımından önemli düzeyde farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.6, $p < 0,05$). En çok gözenekliliğe sahip örneğin D4 (Şekil 4.2), en az gözenekli örneğin ise D5 olduğu göz önüne alındığında, renk parametrelerine gözenekliliğin ve hatta gözenek yapısının önemli etkileri olduğu söylenebilir.

Renk analizlerinde b^* parametresinin pozitif değerleri sarı rengin, negatif değerleri ise mavi rengin göstergesidir. Tüm peynir örneklerinde ölçülen pozitif b^* değerleri,

rengin sarıya eğilimi olduğunu göstermiştir. Peynirlerin b^* parametreleri ile ilgili, K, D2, D4, D5 arasında ve K, D1, D2, D3, D5 arasında istatistiksel açıdan dikkate değer bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.2 : D4 peynir örneğinin görünümü.

Okur ve Seydim (2011) tarafından yapılan bir çalışmada benzer sonuçlar gözlemlenmiş, beyaz peynirin L^* , a^* ve b^* parametrelerinin değerleri sırasıyla $91,68\pm0,21$, $-1,35\pm0,06$ ve $16,63\pm0,18$ bulunmuştur. Elde edilen bu veriler ışığında, beyaz peynirin renk niteliklerine beyaz ve sarı rengin daha fazla katkıda bulunduğu söylenebilir. Sarı renk yeşil renkten daha baskın olduğundan beyaz peynire sarımsı beyaz renk hâkimdir.

4.4.2 Tekstür

Peynir tekstürünü üretim ve olgunlaşma aşamaları etkiler. Peynir pıhtısının ağ yapısı, sütün bileşimi ile pıhtılaştırma aşamasında kullanılan teknolojik koşullardan etkilenir (Fox ve diğ, 2000; Gunesakaran ve Ak, 2003). Bununla beraber, tekstür peynirin bileşimine ve yapısına bağlıdır. Peynirin bileşimi ve yapısı ise doğrudan pıhtının yapısından etkilenir (Koçak, 1988). Peynir kazein matriksleri, bağlı tuzlar (kalsiyum fosfat) ve bağlı sudan oluşan bir kompozit malzemedir. Bağlı olmayan su, yağlar, çözünür kazein, proteoliz ürünleri, PAS proteinleri, çözünür tuzlar ve üretim sırasında eklenen tuz da bu jel yapının içini doldurur. Jel ve dolgu bileşenlerinin oranı değiştikçe peynirin sertliği de değişir. Jel bileşenleri artarken dolgu bileşenlerinin azalması peynirin sertlik değerini artırır (Neocleous ve diğ, 2002b).

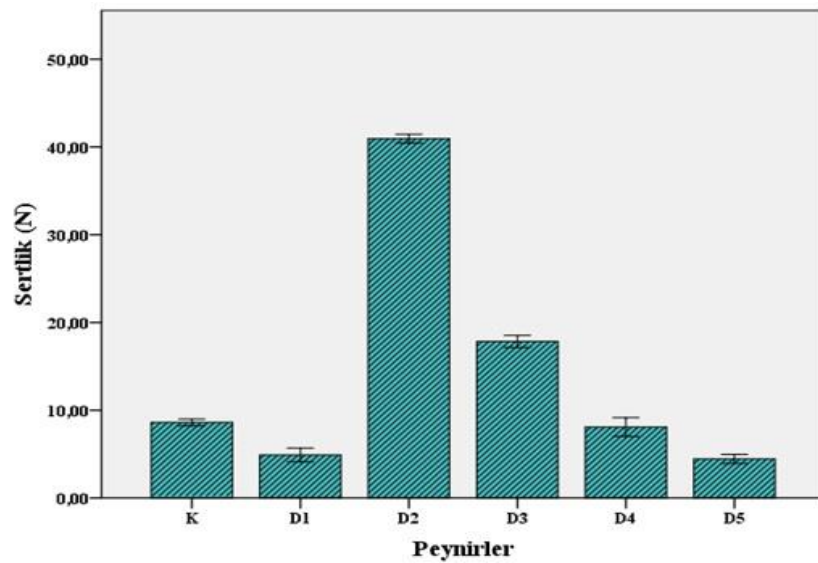
Çalışma kapsamında üretilen peynirlerin TPA sonucu elde edilen sertlik (hardness), tutunabilirlik (adhesiveness), elastikiyet (springiness), yapışkanlık (cohesiveness),

sakızımsılık (gumminess), çiğnenebilirlik (chewiness) ve esneklik (resilience) parametrelerinin ortalamaları standart hataları ile birlikte incelenmiştir (Çizelge 4.7).

4.4.2.1 Sertlik

Sertlik, peynirin birinci sıkıştırma sonucu TPA’da elde edilen en yüksek kuvvet değeridir. Bir diğer deyişle, peynire istenen deformasyon oranını (Bölüm 3.2.4.1) sağlamak için gereken kuvvettir. Çalışma kapsamında elde edilen örneklerde en yüksek sertlik değerleri 40,94 N ile D2 ve 17,83 N ile D3’te ölçülmüştür (Şekil 4.3). K ve D4’ün sertlik değerleriyle, D1 ve D5’ün sertlik değerlerinin istatistiksel açıdan benzerlik göstermesine karşın, diğer örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli farklar vardır (Çizelge 4.7, $p < 0,05$).

Örnekler arasında D2 en yüksek kuru madde (% 44,60), en yüksek kuru maddede protein (% 34,62) ve en yüksek kuru maddede tuz (% 24,13) değerlerine sahiptir (Çizelge 4.3). Nem ve tuz miktarı peynir sertliğini etkileyen başlıca faktörlerdir. Peynirin nem oranı arttıkça sertlik azalır, tuz oranı arttıkça ise sertlik artar (Kaya, 2002). Neocleous ve diğ. (2002a) yaptıkları bir çalışmada, peynirlerde nem miktarının azalması ve protein miktarının artması sonucu peynirlerin sertlik değerlerinde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Özer ve diğ. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada ise UF retentatlarından üretilen Urfa Peynirlerinin tekstürel özellikleri incelenmiş ve kazein zenginleştikçe pıhtı sertliğinin de arttığı gözlenmiştir.



Şekil 4.3 : Peynirlerin sertlik değerleri.

Çizelge 4.7 : TPA sonucu elde edilen sonuçlar.

Peynir	Sertlik (N)	Tutunabilirlik (N,mm)	Elastikiyet -	Yapışkanlık -	Sakızımsılık (N)	Çiğnenebilirlik (N,mm)	Esneklik -
K	8,61±0,33 ^b	0,18±0,01 ^c	0,82±0,01 ^b	0,26±0,01 ^a	2,22±0,02 ^{bc}	1,82±0,05 ^{bc}	0,11±0,00 ^a
D1	4,90±0,67 ^a	0,44±0,04 ^a	0,71±0,03 ^a	0,30±0,00 ^b	1,45±0,19 ^a	1,02±0,10 ^a	0,10±0,00 ^a
D2	40,94±0,43 ^d	0,36±0,08 ^b	0,82±0,04 ^b	0,34±0,01 ^c	13,92±0,39 ^e	11,40±0,29 ^e	0,14±0,00 ^b
D3	17,83±0,60 ^c	0,41±0,02 ^{ab}	0,92±0,02 ^c	0,36±0,02 ^c	6,44±0,58 ^d	5,93±0,62 ^d	0,16±0,01 ^c
D4	8,08±0,93 ^b	0,07±0,03 ^d	0,92±0,03 ^c	0,30±0,03 ^b	2,44±0,22 ^c	2,23±0,24 ^c	0,14±0,00 ^b
D5	4,45±0,45 ^a	0,16±0,01 ^c	0,87±0,02 ^{bc}	0,40±0,01 ^d	1,82±0,18 ^{ab}	1,58±0,18 ^{ab}	0,13±0,01 ^b

^{a,b,c,d,e} : Aynı sütunda yer alan aynı harfle simgelenmemiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05).

Bütün bu veriler ışığında, D2’de diğer peynirlere nazaran yüksek sertlik değeri görülmesinin nedeni, bileşimindeki yüksek kuru madde, protein ve tuz içeriğidir. Oysa ki, D5, D2’den sonra en yüksek protein ve en düşük yağ değerine sahip olmasına (Çizelge 4.3) karşın en düşük sertlik değerine sahiptir. Bunun nedeni D5’in nem içeriğinin diğer örneklerle göre yüksek olmasıdır.

Chen ve diğ. (1979) sertlik değerini adımsal regresyon ile peynir bileşenlerinin fonksiyonu olarak aşağıdaki istatistiksel modelle ifade etmişlerdir:

$$Sertlik = [-3,25 + (0,216 \times Protein) - (0,0558 \times Su) - (0,0054 \times Yağ) - (Tuz) + (0,665 \times pH)]$$

Protein, su, yağ ve tuz miktarları yüzde (%) bazında alınmış, sertlik ise kilogram bazında hesaplanmıştır. Bu matematiksel ilişki çerçevesinde, sertlik, protein ve pH değerleri arttıkça artar, diğer bileşenler arttıkça azalır. Dolayısıyla, tuzun peynirin sertliğini azaltması beklenir. Ancak, Cervantes ve diğ. (1983) tuz nedeniyle proteinler arasındaki etkileşimlerin arttığı için peynir sertliğinin de arttığını bulmuşlardır. Fakat proteinler sadece kendi aralarında etkileşimde bulunmaz; su, yağ ve tuzlar ile de etkileşimde bulunurlar. Bu etkileşimlerin düzeyi peynirlerin iyonik doğasına ve üretim koşullarına bağlı olmakla birlikte peynire tuz ilavesi iyonik kuvvetleri attırır (Floury ve diğ, 2009). Prentice (1991) tuzun etkisinin karmaşık olduğunu, tuz miktarındaki değişimlerin kazein ağ yapısının geometrik düzeninde ve bileşiminde değişimlere neden olduğunu bulmuş ve yüksek tuz içeriğinin ozmotik basıncı arttırarak kazeinin ağ yapısındaki bağlarda bulunan suyu dışarı attığını ileri sürmüştür.

D4 ve D1’in kuru madde ve yağ değerleri birbirine çok yakın, asitlik değerleri de aynı olmasına karşın, D4’de protein oranı fazladır (Çizelge 4.3 ve 4.4). Kazeinler pıhtıda ağ yapıyı oluşturan temel bileşenlerdir ve kazein oranı arttıkça peynirin sertliği de artar. Peynirlerde asitlik değerleri azaldıkça pH yükselir. Peynirde pH’ın artmasına paralel olarak kazein molekülleri üzerindeki negatif yükler de artar. Düşük asitlik değeri bu yüklerin birbirini itmesine neden olur ve bu nedenle protein bağları zayıflar. Sağlam bir kazein matriks yapısı için önemli olan hidrofobik etkiler, proteinlerin iyonik yüklerini su adsorpsiyonu ile çözündürmesi sonucu zayıflar. Yüksek pH değerine sahip peynirlerde proteinlerin su adsorpsiyonu matriks çatlaklarında bulunan su düzeyini sınırlar ve böylece peynire daha sert bir yapı kazandırır (Jack and Paterson, 1992). Peynirin nem, tuz ve kalsiyum içeriği pH’ın

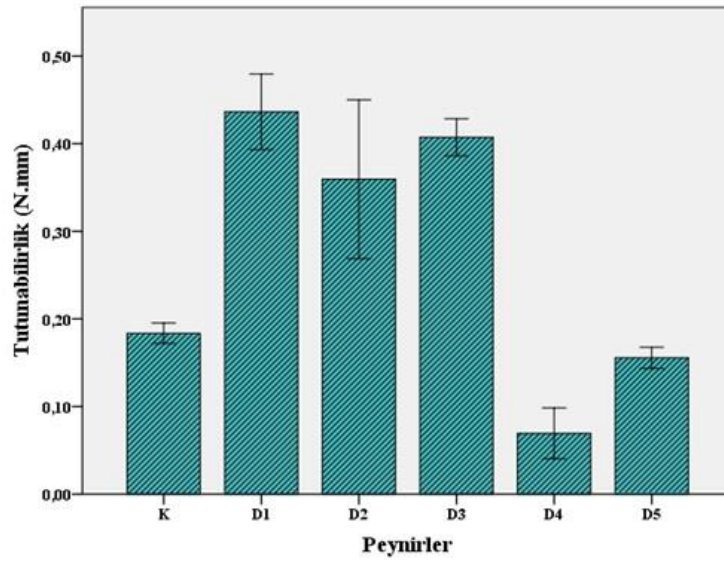
tekstür üzerine yaptığı etkileri değiştirebilir. Aynı pH değerine ve tuz oranına sahip peynirlerde, nem miktarı fazla olan, az olana göre daha az sert olur. Bunun nedeni nem-kazein oranının artmasına bağlı olarak kazein alt misellerinin su alarak şişmesidir. Nem miktarındaki ufak bir değişim bile peynir tekstürünü önemli derecede etkiler (Gunesakaran ve Ak, 2003). K ve D4'ün sertlik değerleri birbirine yakındır. Fakat K'nın D4'e göre kuru madde ve protein değerleri yüksekken yağ miktarı düşüktür (Çizelge 4.3). K'nın sertlik değerinin D4'den az da olsa yüksek olması yukarıda açıklanan nedenlere bağlanabilir. Kahyaoğlu ve diğ. (2005) tarafından Gaziantep peynirinin tekstür özellikleri incelenmiş ve peynirlerde yağ miktarının azaltılmasının TPA sertlik değerini yükselttiği rapor edilmiştir. Yüksek yağ ve nem içeriği protein ağ yapısını zayıflatır. Yağ miktarındaki artış peynirin daha yumuşak olmasını sağlarken, kazein miktarındaki artış ise daha sert olmasını sağlar (Chen ve diğ, 1979; Lawrence ve diğ, 1987; Guinee ve diğ, 2001).

4.2.2.2 Tutunabilirlik

Gıda maddesinin yüzeyi ile temas ettiği yüzey (diş, dil damak veya probe) arasındaki çekim kuvvetini yenmek için gerekli iş tutunabilirlik olarak tanımlanır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmada gözlenen negatif alana karşılık gelir (Rao ve Quintero, 2005).

En yüksek tutunabilirlik değerleri 0,44 N.mm ile D1'de, en düşük ise 0,07 N.mm ile D4'de görülmüştür (Şekil 4.4). Örnekler tutunabilirlik değerleri açısından karşılaştırıldığında, K ile D5, D2 ile D3 ve D3 ile D1 arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz, diğer örnekler arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7, $p<0,05$).

Pastorino ve diğ. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada Munster peynirlerinin tutunabilirliğinin tuz içeriği arttıkça azaldığı belirtilmiştir. Tuz proteinleri etkileyerek su veya diğer peynir bileşenleri ile etkileşimini azaltır. Bryant ve diğ. (1995) ise nem miktarının artmasının peynirin tutunabilirlik parametresini azalttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, yapılan diğer çalışmalarda yağı azaltılmış peynirlerde elastikiyetin ve tutunabilirliğin arttığı rapor edilmiştir (Emmons ve diğ, 1980; Bryant ve diğ, 1995).



Şekil 4.4 : Peynirlerin tutunabilirlik değerleri.

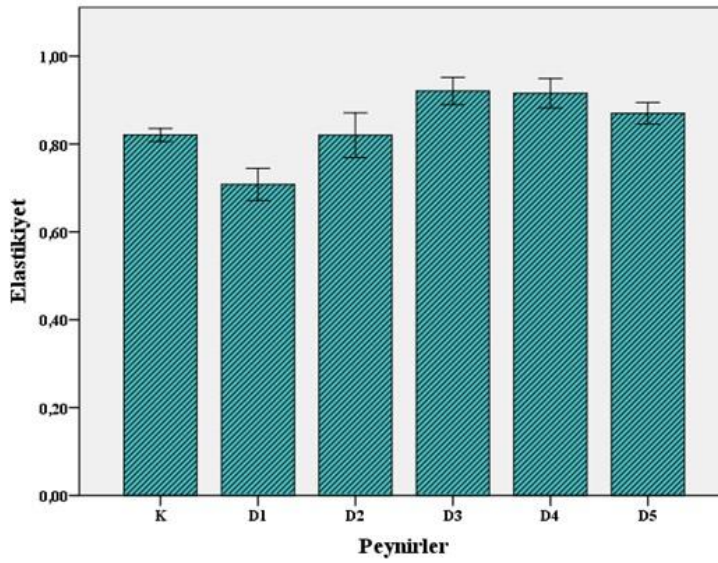
4.2.2.3 Elastikiyet

Gıda maddesi üzerindeki deforme edici kuvvet kaldırıldıktan sonra kendini toparlayarak deformasyondan önceki haline dönme hızı olarak tanımlanır. Tekstür profil analizinde ilk sıkıştırmanın bitimi ile ikinci sıkıştırmanın başlangıcı arasında geçen zamana karşılık gelir (Rao ve Quintero, 2005).

Elastikiyetin literatürdeki diğer verilerle karşılaştırabilmesi için çalışmalarda kullanılan örneklerin şekil ve ebatlarının aynı olması gerekir. Bu nedenle, elastikiyet bu alanda çalışan araştırmacılar tarafından oran olarak bildirilir ve böylece araştırma sonuçları arasındaki karşılaştırmalar daha geniş bir kapsamda yapılabilir (Anonim, t.y.).

Elastikiyet oran olarak “elastikiyet indeksi” terimiyle ifade edilir. Gıdanın birinci sıkıştırmadan sonra geri döndüğü uzunluğun deformasyon uzunluğuna bölünmesi ile ifade edilir. Bir diğer deyişle, elastikiyetin toplam deformasyon uzunluğuna oranını belirtir.

En yüksek elastikiyet indeksi değerleri 0,92 ile D4 ve D3’te, en düşük ise 0,71 ile D1’de görülmüştür (Şekil 4.5). Örneklerin elastikiyet indeksi değerleri için K, D2 ve D5 ile D4, D3 ve D5 arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemsiz, diğer peynirler arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Literatürde yapılan çalışmalarda nem içeriğinin elastikiyete etkisi net olarak açıklığa kavuşturulamamıştır.



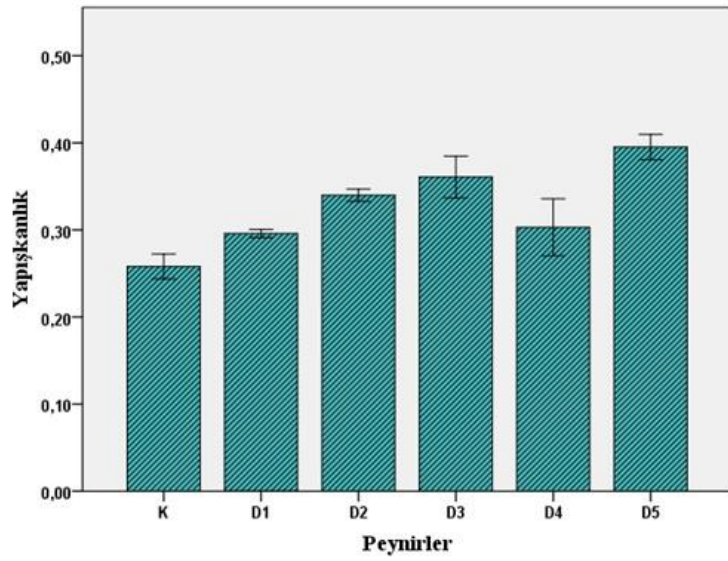
Şekil 4.5 : Peynirlerin elastikiyet değerleri.

Nem miktarı arttıkça elastikiyetin azaldığını ve arttığını bildiren çalışmalar vardır (Tunick ve diğ, 1991; Chen ve diğ, 1979). Emmons ve diğ. (1980) ve Tunick ve diğ. (1993) tarafından yapılan çalışmalarda peynirlerde yağ miktarındaki azalma sertlik ve elastikiyet değerlerini artırırken, nem miktarının artması bu değerleri azaltmıştır. Ayrıca, depolama sırasındaki proteolitik aktiviteden dolayı kazein matrikslerinin bozunması sonucu peynirin daha yumuşak ve elastiki bir yapı kazandığı bildirilmiştir (Tunick ve diğ, 1993). Çalışmamızda elde edilen elastikiyet değerleri ile örneklerin nem ve yağ içeriği arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

4.2.2.4 Yapışkanlık

Yapışkanlık, gıda maddesinin yapısını oluşturan iç bağların gücünü ifade eder. Tekstür profil analizinde ikinci sıkıştırmada gözlenen pozitif kuvvetin ilk sıkıştırmada gözlenen pozitif kuvvete oranıdır (Rao ve Quintero, 2005). “İç Yapışkanlık” veya “Sağlamlık” olarak da ifade edilir. Hiçbir bağın zarar görmemesi halinde yapışkanlık değeri “1” olur (Ak ve Altay, 2011).

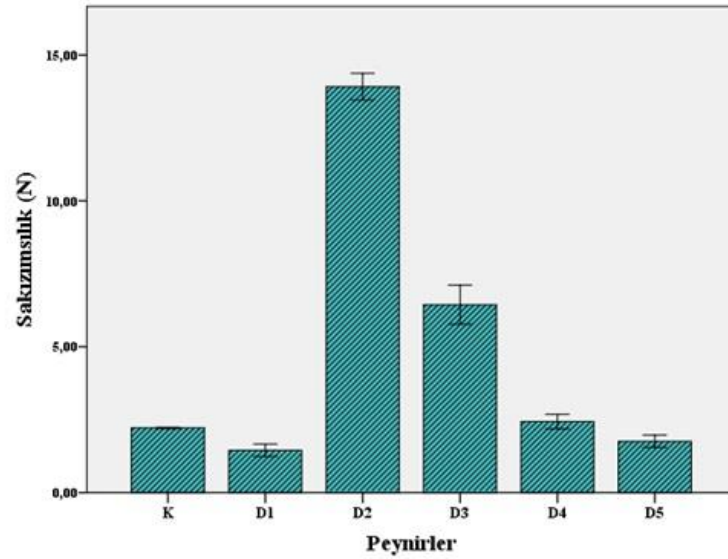
En yüksek yapışkanlık değerleri 0,40 ile D5’te, en düşük ise 0,26 ile K’da görülmüştür (Şekil 4.6). D2 ile D3 ve D1 ile D4 arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuş, diğer peynirler arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7, $p<0,05$).



Şekil 4.6 : Peynirlerin yapışkanlık değerleri.

4.2.2.5 Sakızımsılık

Yarı katı bir gıdayı yutulmaya hazır hale getirmek için gerekli kuvvet olarak tanımlanır (Raphielides ve diğ, 1995). Tekstür profil analizinde elde edilen sertlik ve yapışkanlık değerlerinin çarpımı alınarak hesaplanır.



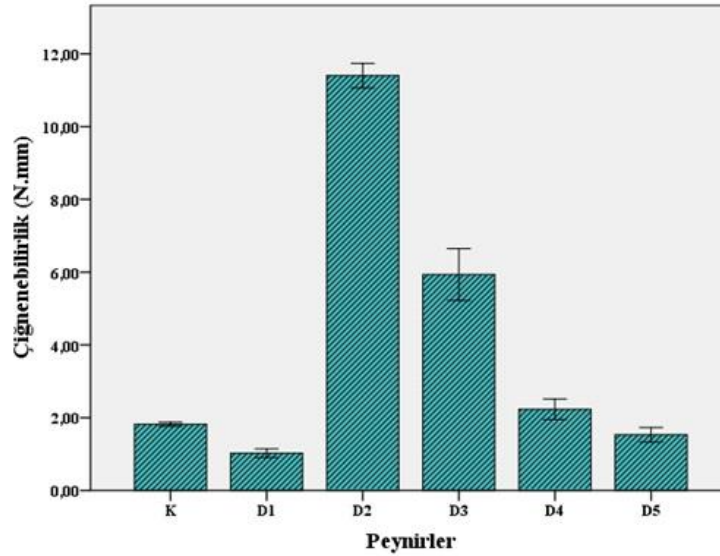
Şekil 4.7 : Peynirlerin sakızımsılık değerleri.

En yüksek sakızımsılık değerleri 13,92 N ile D2’de, en düşük ise 1,45 N ile D1’de görülmüştür (Şekil 4.7). Örneklerin sakızımsılık değerleri açısından K ile D4 ve K, D1 ile D5 arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemsiz, diğer peynirler arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.2.2.6 Çiğnenebilirlik

Çiğnenebilirlik katı bir gıdanın yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanır (Rao ve Quintero, 2005). Tekstür analizinde elde edilen sertlik, yapışkanlık ve elastikiyet değerlerinin çarpımı ile hesaplanır.

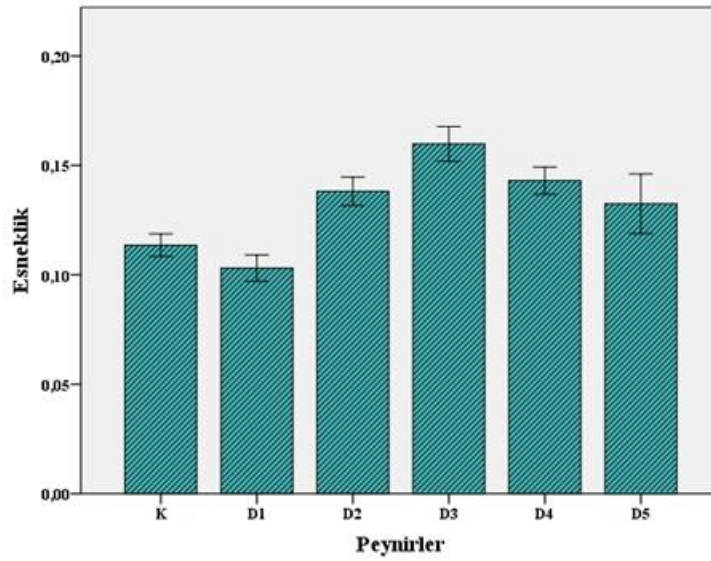
En yüksek yapışkanlık değerleri 11,40 N.mm ile D2’de, en düşük ise 1,02 N.mm ile D1’de görülmüştür (Şekil 4.8). Örnekler, çiğnenebilirlik açısından incelendiğinde, K ile D4, K ile D5 ve D1 ile D5 arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemsiz, diğer örnekler için önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7, $p<0,05$). Sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin hesaplanmasında sertlik belirleyici olduğu için istatistiksel farklılıklar bu iki parametre için de aynı şekilde çıkmıştır.



Şekil 4.8 : Peynirlerin çiğnenebilirlik değerleri.

4.2.2.7 Esneklik

Esneklik bir ürünün orijinal konumunu yeniden kazanmak için gösterdiği çabadır. Birinci sıkıştırma ile kuvvetin geri çekilmeye başladığı noktanın arasında kalan alanın birinci sıkıştırma alanına bölünmesi ile hesaplanır. Bekleme süresi başlamadan önce doğrudan birinci penetrasyon baz alınarak hesaplandığı için anlık elastikiyet olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.9 : Peynirlerin esneklik değerleri.

En yüksek esneklik değerleri 0,16 ile D3’de, en düşük ise 0,10 ile D1’de görülmüştür (Şekil 4.9). Örnekler, esneklik değerleri açısından incelendiğinde K ile D1 ve D2, D4 ile D5 arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz, diğer örnekler için ise önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7, $p < 0,05$).

4.4.3 Duyusal analiz sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen peynirlerin duysal özellikleri renk, koku, kitle-yapı ve lezzet olmak üzere dört farklı ölçüte göre değerlendirilmiş, elde edilen ortalama duysal puanlar standart hataları birlikte ile Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 : Peynirlerin duysal analiz sonuçları.

Peynir	Renk	Koku	Kitle-Yapı	Lezzet
K	3,57±0,65 ^{ab}	3,36±0,84 ^b	3,14±0,77 ^{bc}	3,36±0,93 ^b
D1	3,92±0,73 ^b	3,29±0,83 ^b	3,00±0,96 ^{abc}	2,79±0,97 ^{ab}
D2	3,64±0,63 ^{ab}	3,36±0,84 ^b	3,36±0,50 ^c	3,14±0,77 ^b
D3	3,57±0,85 ^{ab}	2,79±0,97 ^{ab}	3,57±0,85 ^c	2,86±0,86 ^{ab}
D4	3,07±1,21 ^a	2,71±1,14 ^{ab}	2,42±0,76 ^a	2,79±1,67 ^{ab}
D5	3,64±1,21 ^{ab}	2,29±0,91 ^a	2,64±1,08 ^{ab}	2,07±1,07 ^a

^{a,b,c} : Aynı sütunda yer alan aynı harfle simgelenmemiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Renk puanları için incelendiğinde 3,92 ortalama ile D1 en yüksek puanı alırken, ortalama 3,07 ile D4 en düşük puanı almıştır. D1 ve D4'e ait renk puanları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8, $p < 0,05$). D4 aynı zamanda görünüm açısından nitel olarak gözenekliliği en yüksek örnektir (Şekil 4.10). D4 renk açısından da L^* değeri en düşük, a^* değeri en yüksek örnektir. Ancak retentat kullanılarak elde edilen D4 dâhil tüm örneklerle kontrol örneği arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 4.8, $p > 0,05$).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.10 : (a) D1, (b) D2, (c) D3 ve (d) D4 peynir örneklerinin görünümü.

Koku puanları açısından 3,36 ortalama ile K ve D2 en yüksek puanı alırken, ortalama 2,29 ile D5 en düşük puanı almıştır. D5 dışındaki tüm örnekler koku puanları açısından kontrol örneğiyle istatistiksel anlamda benzeşmektedirler (Çizelge 4.8, $p > 0,05$).

Kitle-yapı puanları açısından 3,57 ortalama ile D3 en yüksek puanı alırken, ortalama 2,42 ile D4 en düşük puanı almıştır. Nitel açıdan gözenekliliği en yüksek olan D4 kitle-yapı puanı açısından en düşük puanı alırken, sertlik testinde de en yumuşak örneklerden biri olarak değerlendirilmiştir (Bölüm 4.4.2.1). D2 ve D3 görsel gözeneklilik açısından benzeşmektedir (Şekil 4.10). D4 dışındaki tüm örnekler kitle-yapı açısından istatistiksel anlamda kontrol örneğiyle benzeşmektedirler (Çizelge 4.8, $p>0,05$).

Lezzet puanları incelendiğinde 3,36 ortalama ile K en yüksek puanı alırken, ortalama 2,07 ile D5 en düşük puanı almıştır. Nem oranının yüksekliğine bağlı olarak görsel anlamda gözenekliliği en az olan D5, renk testlerinde kontrol örneğinden en farklı, sertlik testlerinde en yumuşak örnek olarak kendini göstermiştir. D5 dışındaki tüm örnekler kontrol örneğiyle istatistiksel anlamda benzeşmektedir (Çizelge 4.8, $p>0,05$).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızda süt proteinleri 0,05 µm gözenek boyuna sahip polietersülfon (MP005) ve 0,20 µm gözenek boyutuna sahip polivilidenflorid (MV020) mikrofiltrasyon membranları kullanılarak zenginleştirilmiştir. Literatürde 0,05 µm gözenek boyutunda sütle ilgili mikrofiltrasyon çalışmasına rastlanmamıştır. MP005 ile zenginleştirme sırasında süt yağının membran üzerinde kütle geçişine karşı oluşturduğu direnç peynire işlenecek süttten suyun ve protein olmayan azotlu maddelerin ve az miktarda PAS proteinlerinin permeate geçişini sağlamıştır. Bu sayede süttün protein açısından içeriği büyük oranda değişmemiştir. Proteinler açısından zenginleştirilen retentatlar peynir eldesi için kullanıldığında, süreç veriminin doğrudan günlük süt kullanılarak elde edilen peynire kıyasla % 11'den % 36'ya çıktığı, dolayısıyla peynir atığı olarak ortaya çıkan PAS'ın önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. MP005 membranıyla gerçekleştirilen mikrofiltrasyon işleminde, zenginleştirme faktöründeki artış, retentatlardan elde edilen peynir örnekleriyle, doğrudan günlük süttten elde edilen peynir örneği arasında bileşimsel açıdan büyük farklara neden olmamıştır. Ayrıca, elde edilen bileşim değerleri literatürde bildirilen değerlerle de uyum içindedir. MP005 membranla işlenen retentatlardan elde edilen peynirler kontrol örneğiyle büyük oranda uyumlu özelliklere sahip olmasına karşın peynirlerin görünüm, renk, tekstür ve duysal özelliklerinde gözlenen küçük değişimlerin temel nedeni işleme koşullarındaki farklılıklarıdır. Ancak, daha büyük gözenek boyutuna sahip, MV020 membranla elde edilen retentat peynire işlendiğinde fiziksel ve duysal özellikler açısından kontrol örneğine göre farklılıklar gözlenmiştir. Bunun nedeni permeate çok miktarda kuru madde geçmesi sonucu süttün protein bileşiminin değişmiş olmasıdır.

Sonuç olarak, MP005 membran kullanılarak yapılan zenginleştirme işlemi peynir üretiminde işlenerek atılması gereken atık miktarını azaltması açısından çevre dostu bir teknoloji olarak umut vaat etmektedir. Ayrıca, zenginleştirilmiş retentatın peynir üretimi sırasında kullanılan materyal sığasını azaltması sonucu işletme yükünü ve arıtma giderlerini düşürmesi beklenmektedir. MP005 membran ile yağ içeriği

azaltılmamış sütün işlenmesi permeata geçen PAS protein oranını azaltmaktadır. Bu nedenle retentatta zenginleştirilen PAS proteinleri peynir üretim sürecinde ortaya çıkan az miktarda atık ile kaybedilmektedir.

Sürecin geliştirilmesi ve atık oranının daha da azaltılması açısından yağı alınmış sütün mikrofiltrasyona işlenmesi önerilebilir. Peynir, daha sonra sütün ayrılan yağın istenen oranda retentata yeniden katılması ile elde edilebilir. Bu sayede elde edilen PAS proteinince zengin permeat minimum işlem görmesi nedeniyle katma değeri arttırılmış ürün eldesinde kullanılabilecek kalitede hammadde olarak kullanılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Abd El-Salam, M. H., Alichanidis, E., ve Zerfiridis, G. K.** (1993). Domiati and Feta type cheeses. In P.F. Fox (ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, (ss. 301–335) Vol. 2., 2nd ed. Chapman and Hall, London, UK.
- Adalı, A.** (2009). Peynir Altı Suyu ve Tadil Edilmiş Peynir Altı Suyu. GTİP 040410.
- Ak, M. M. ve Altay, F.L.** (2011). Peynirde Reoloji ve Tekstür. In A.A. Hayaloğlu & B. Özer (eds.), *Peynir Biliminin Temelleri* (ss. 367-416). Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.
- Alpar, O., Atamer, M., Yetişmeyen A., Görgülü, B., Karahan, A., ve Korukluoğlu, M.** (1985). Beyaz Peynir Yapımında Pastörizasyonun ve Kültür Kullanımının Peynir altı Suyu Bileşimine Etkisi. *Gıda Dergisi*.
- Anonim** (t.y.). Texture-Profile-Analysis. http://128.121.92.221/texture_profile_analysis. Alındığı tarih: 10.08.2014.
- Anonim** (1994). TS-1018. Çiğ İnek Sütü Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 15.
- Anonim** (2000). Türk Gıda Kodeksi, Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği, Resmi Gazete, 14 Şubat 2000, Sayı: 23964, ss. 27-37.
- Anonim** (2006). TSE Türk Standardı (Turkish Standard), TS 591, Mart 2006, Beyaz Peynir (White Cheese). Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Caddesi No: 112, Bakanlıkla, Ankara.
- Association of Official Analytical Chemists** (1990). Official Methods of Analysis 15th ed. Vol. 2, Washington, DC.
- Bachmann, H. P., Bütikofer, U., ve Meyer, J.** (1999). Prediction of Flavour and Texture Developmentin Swiss-type Cheeses. *LWT - Food Science and Technology*, Vol 32, ss. 284-289.
- Besler, H., ve Ünal, S.** (2006). Ankara’da Satılan Sokak Sütlerinin Bazı Vitaminler Açısından değerlendirilmesi ve Ev Koşullarında Uygulanan Kaynatmanın Süreye Bağlı Olarak Vitaminlere Olan Etkisi. *IV Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi Bildiri Kitabı*.
- Bourne, M. C.** (1978). Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32 (7): 62-72.
- British Standards Institution** (1989). Determination of fat content of milk and milk products (Gerber Method)-Methods. British Standards Institution, London, UK.

- Bryant, A., Ustunol, Z., ve Steffe, J.** (1995). Texture of Cheddar cheese as influenced by fat reduction. *Journal of Food Science* 60(6):1216–1221.
- Cervantes, M. A., Lund, D. B., ve Olson, N. F.** (1983). Effects of salt concentration and freezing on Mozzarella cheese texture. *Journal of Dairy Science*, 66, 204–213.
- Çakmakçı, S., ve Kurt, A.** (1993). Salamura Tuz Oranı ve Olgunlaşma Süresinin CaCl_2 ve Lesitin İlavesiyle Üretilen Beyaz Salamura Peynir Kalitesine Etkisi. *Gıda*, 18, 21-28.
- Çakmakçı, S. ve Şengül, M.** (1995). Peynirde Acı Tat Oluşumu, Etki Eden Faktörler ve Kontrolü. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Derg.* 26 (3), 385-399.
- Çelik, Ş. ve Uysal, Ş.** (2009). Beyaz Peynirin Bileşim, Kalite, Mikroflora ve Olgunlaşması. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Derg.* 40 (1), 141-151.
- Chen, A. H., Larkin, J. W., Clark, C. J., ve Irwin, W. E.** (1979). Textural Analysis of Cheese. *Journal Dairy Science* 62:901-907.
- Davis, R. H. ve Grant, D. C.** (1992). Theory for Deadend Microfiltration. In W.S Winston Ho & K.K. Sirkar (Eds.), *Membrane Handbook* (ss. 461-479). New York: Springer Science and Business Media.
- Delahunty, C. M.** (2002). *Sensory Evaluation*. Elsevier Science Ltd, Analysis: 106-110.
- Delahunty, C. M. ve Drake, M. A.** (2004). *Sensory Character of Cheese and its Evaluation. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Third edition - Volume 1: General Aspects.
- De Wit, J. N.** (1998). Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *Journal of Dairy Science* 81: 597.
- Dong, J. Y., Chen, L. J., Maubois, J. L., ve Ma, Y.** (2009). Influence of medium-concentration factor microfiltration treatment on the characteristics of low-moisture Mozzarella cheese. *Dairy Science & Technology*, 139-154.
- Erdem, Y. K.** (2005). Effect of ultrafiltration, fat reduction and salting on textural properties of white brined cheese. *Journal of Food Engineering*, 71, 366–372.
- Emmons, D. B., Kalb, M., Larrnond, E., ve Zowrie, R. J.** (1980). Milk gel structure X. Texture and microstructure in Cheddar cheese made from whole and homogenized low fat milk. *Journal of Texture Studies* 11:15–34.
- Eskin, N. A. M. ve Goff, H.D.** (2013). Milk. *Biochemistry of Foods*, Chapter 4.
- Esteves, C. L. C., Lucey, J. A., Hyslop, D. B., ve Pires, E. M. V.** (2003). Effect of gelation temperature on the properties of skim milk gels made from plant coagulants and chymosin. *International Dairy Journal*, 13:877–885.
- Evrensel, S. S., Yüksek, N., ve Berberoğlu, S.** (1998). Farklı Salamuralarda Olgunlaştırılan Beyaz Peynirlerin Fiziko-Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *Y.Y.Ü. Vet. Fak. Dergisi*, 9(1-2): 51-56.

- Floury, J., Camier, B., Rousseau, F., Lopez, C., Tissier, J. P., ve Famelart, M. H.** (2009). Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure–texture relationships. *LWT - Food Science and Technology*, 42, 1611–1620.
- Fox, P. F.** (1993). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Volume 1. Chapman & Hall.
- Fox, P. F.** (2002). Biochemistry of Cheese Ripening. In H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox (Ed.), *Encyclopedia of Dairy Science* (ss. 320-326). London: Academic Press.
- Fox, P. F. ve Cogan, T. M.** (2004). Factors that affect the quality of cheese. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 3rd edn (eds) P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan & T.P. Guinee), Vol. 1, ss. 583–608. Elsevier Applied Science, Amsterdam.
- Fox, P. F. ve Guinee, T. P.** (2013). Cheese Science and Technology. In Y.W. Park & G.F.W. Haenlein. (Eds), *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health* (1st. ed., ss. 357-389). John Wiley & Sons, Ltd.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., Mcsweeney, P. L. H.** (2000). *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers, Inc. Maryland, USA, s. 587.
- Fox, P. F., ve Mcsweeney, P. L. H.** (1998). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Thomson Science. Germany.
- Fox, P. F., ve Mcsweeney, P. L. H.** (2003). *Advanced Dairy Chemistry*. Springer Science Business Media, New York.
- Galiou, O. E, Zantar, S., Bakkali, M., ve Laglaoui, A.** (2013). Lipolysis and Proteolysis During the Ripening of Fresh Moroccan Goats' Milk Cheese. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 8 (2): 201-206.
- Garcia, L. F., Blanco, S. A., ve Riera F. A.** (2012). Microfiltration applied to dairy streams: removal of bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 187–196.
- Grandison, A. S., ve Glover, F. A.** (1994). Membrane Processing of Milk. In R.K. Robinson (ed.), Robinson: *Modern Dairy Technology* (ss. 273-311). Chapman & Hall.
- Guinee, T. P., Feeney, E. P., ve Fox, P. F.** (2001). Effect of ripening temperature on low moisture Mozzarella cheese: 2. Texture and functionality. *Lait* 81:475–485
- Gunasekaran, S., ve Ak, M. M.** (2003). *Cheese Rheology and Texture*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Hayaloglu, A. A., Guven, M., ve Fox, P.** (2002). Microbiological, biochemical and technological properties of Turkish White cheese 'Beyaz Peynir'. *International Dairy Journal*, 12, 635–648.
- Hayaloglu, A. A., Guven, M., Fox, P. F., ve Mcsweeney, L. H.** (2005). Influence of Starters on Chemical, Biochemical, and Sensory Changes in Turkish

White-Brined Cheese During Ripening. *Journal of Dairy Science*, 88:3460–3474.

- Hayaloglu, A. A., Ozer, B. M., ve Fox, P.** (2008). Cheeses of Turkey: 2. Varieties ripened under brine. *Dairy Science Technology*, 88, 225–244.
- Hayaloğlu, A. A. ve Özer, B.** (2011). Peynirde Olgunlaşma. In A.A. Hayaloğlu & B. Özer (eds.), *Peynir Biliminin Temelleri* (ss. 173-209). Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.
- Heino, A.** (2009). *Microfiltration in cheese and whey processing*, Yüksek Lisans Tezi. University of Helsinki. Department of Food Technology, Finlandiya.
- Hort, J. ve Le Grys, G.** (2001). Developments in the textural and rheological properties of UK Cheddar cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 11, 475–481.
- Hydamaka, A. W., Wilbey, R. A., Lewis, M. J., ve Kuo, A. W.** (2001). Manufacture of heat and acid coagulated cheese from ultrafiltered milk retentates. *Food Research International*, 34, 197-205.
- Jack, F. R. ve Paterson, A.** (1992). Texture of hard cheeses. *Trends in Food Science and Technology*, 3:160–164.
- Kahyaoğlu, T., Kaya, S., ve Kaya, A.** (2005). Effects of fat reduction and curd dipping temperature on viscoelasticity, texture and appearance of Gaziantep cheese. *Food Science and Technology International*, 11(3), 191-198.
- Kamber, U.** (2007). The Traditional Cheeses of Turkey: Cheeses Common to All Regions, *Food Reviews International*, 24:1, 1-38.
- Karami, M., Ehsani, M. R., Mousavi, S. M., Rezaei, K., ve Safari, M.** (2009a). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food Chemistry*, 112, 539-544.
- Karami, M., Ehsani, M. R., Mousavi, S. M., Rezaei, K., ve Safari, M.** (2009b). Microstructural properties of fat during the accelerated ripening of ultrafiltered-Feta cheese. *Food Chemistry*, 113, 424–434.
- Karapınar, M. ve Ünlütürk, A.** (1982). Peynir Yapımında Mikrobiyal Renet Kullanımı. *Gıda*, Mart-Nisan, Sayı 2.
- Karlsson, A. O., Ipsen, R., ve Ardö, Y.** (2007). Rheological properties and microstructure during rennet induced coagulation of UF concentrated skim milk. *International Dairy Journal*, 17, 674–682.
- Kaya, S.** (2002). Effect of salt on hardness and whiteness of Gaziantep cheese during short-term brining. *Journal of Food Engineering*, 52, 155–159.
- Kaynar, Z., Kaynar, P., ve Koçak, C.** (2005). Ankara Piyasasında Tüketime Sunulan Beyaz Peynirlerin Hijyenik Kalitelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, Vol. 62, No 1.2.3.
- Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., Kondyi, E., ve Alichanidis, E.** (2002). Flavour enhancement of low-fat feta-type cheese using a commercial adjunct culture. *Food Chemistry*, 79, 193–198.

- Kesenkaş, H., Dinkçi, N., ve Kınık, Ö.** (2012). Farklı İşletmelerde Üretilen Köy Peynirlerinin Özellikleri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 49 (2): 167-173.
- Kınık, Ö., Karagözlü, C., ve Yerlikaya, O.** (2011). Peynir Sütünün Nitelikleri. In A.A. Hayaloğlu & B. Özer (eds.), *Peynir Biliminin Temelleri* (ss. 11-34). Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.
- Khosrowshahi, A., Madadlou, A., Mousavi, M. E., ve Emam-Djomeh, Z.** (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.
- Koçak, C.** (1988). Peynirde Tekstür Oluşumu. *Gıda*, Ocak-Şubat, Sayı 1.
- Koçak, C., Akyılmaz, M. K., Turhan, M.** (2011). Peynirde Tuzlama. In A.A. Hayaloğlu & B. Özer (eds.), *Peynir Biliminin Temelleri* (ss. 235-262). Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.
- Koçak, C., ve Seydim, Z. B.** (2011). Kazein Kimyası ve Sütün Pıhtılaşma Mekanizması. In A.A. Hayaloğlu & B. Özer (eds.), *Peynir Biliminin Temelleri* (ss. 53-78). Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.
- Küçüköner, E.** (2011). Peynir ve yoğurt oluşum mekanizması. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi. Sözlü Bildiri.
- Kraggerud, H., Solem, S., ve Abrahamsen, R. K.** (2012). Quality scoring – A tool for sensory evaluation of cheese. *Food Quality and Preference* 26, 221–230.
- Kycia, K., Pluta, A., ve Zmarlicki, S.** (2006). Physicochemical and textural properties of processed cheese spreads made with the addition of cheese base obtained from UF milk retentates. *Polish Journal of Food And Nutrition Sciences*, Vol. 15/56, SI 1, ss. 113–118.
- Lawrence, R. C., Creamer, L. K., ve Gilles, J.** (1987). Texture development during cheese ripening. *Journal of Dairy Science* 70:1748–1760.
- Lawrance, N. D., Kentish, S. E., Connor, A. J., Barber, A. R., ve Stevens, G. W.** (2008). Microfiltration of skim milk using polymeric membranes for casein concentrate manufacture. *Separation and Purification Technology* 60, 237–244.
- Lemay, A., Paquin, P., ve Lacroix, C. N.** (1994). Influence of Microfluidization of Milk on Cheddar Cheese Composition, Color, Texture, and Yield. *Journal of Dairy Science* 77: 2870-2879.
- Lipnizki, F.** (2010). In Kl.V. Peinemann, S.P. Nunes, and L. Giorno (Eds.), *Membrane Technology*, Volume 3: Membranes for Food Applications (ss. 1-24).
- Lyon, D. H., Francombe, M. A., Hasdell, T. A., ve Lawson, K.** (1992). Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control. London: Chapman & Hall.
- Marella, C., Muthukumarappan, K., ve Metzger, L. E.** (2013). Application of Membrane Separation Technology for Developing Novel Dairy Food Ingredients. *Journal of Food Processing & Technology*, 4: 269.

- Maubois, J. L.** (2002). Membrane microfiltration: a tool for a new approach in dairy technology. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57, 92-96.
- Maubois, J. L., Mocquot, G., ve Vassal, L.** (1969). Procé'de' de traitement du lait et de sous-produits laitiers. *French Pat. Appl.* 2052, 121.
- Maubois, J. L., Pierre, A., Fauquant, J., ve Piot, M.** (1987). Industrial fractionation of the main whey proteins. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 212, 154-159.
- Mcsweeney, P. L. H.** (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, Vol. 57, No 2/3.
- Mistry, V. V. ve Maubois, J. L.** (1993). Application of Membrane Separation Technology to Cheese Production. In P.F. Fox. (ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (ss. 435-522).
- Mohsenin, N. N.** (1980). Physical Properties of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties. Gordon and Breach, New York, NY.
- Mulder, M.** (1991). Basic Principles of Membrane Technology. Kluwer academic publishers, Norwell, MA.
- Nelson, B. K. ve Barbabo, D. M.** (2005). A Microfiltration Process to Maximize Removal of Serum Proteins from Skim Milk Before Cheese Making. *Journal of Dairy Science* 88:1891–1900.
- Neocleous, M., Barbano, D. M., ve Rudan, M. A.** (2002a). Impact of Low Concentration Factor Microfiltration on Milk Component Recovery and Cheddar Cheese Yield. *Journal of Dairy Science* 85:2415-2424.
- Neocleous, M., Barbano, D. M., ve Rudan, M. A.** (2002b). Impact of Low Concentration Factor Microfiltration on the Composition and Aging of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science* Vol. 85:2425-2437.
- Ozcan, T. ve Vapur, U. T.** (2013). Effect of Different Rennet Type on Physico-Chemical Properties and Bitterness in White Cheese. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 4, No. 1.
- Özdoğan, S.** (2013). *Teorik ve Pratik Beyaz Peynir*. Bilal Ofset, Burdur.
- Özer, B. H., Robinson, R. K., ve Grandison, A. S.** (2003). Textural and microstructural properties of urfa cheese (a white brined Turkish cheese). *International Journal of Dairy Technology*, Vol. 56, No 3.
- Prentice, J. H.** (1991). Cheese rheology. In Y. H. Hui (Ed.), *Encyclopaedia of food science and technology*, Vol. 1 (ss. 348–369). New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- Rao, V. N. M. ve Quintero X.** (2005). Rheological Properties of Solid Foods. In M.A. Rao, S.H.S. Rizvi, A.K. Datta (Eds.), *Engineering Properties of Foods*, Chapter 3. Taylor & Francis Group, LLC.
- Pastorino, A. J., Hansen, C. L., ve McMahon, D. J.** (2003). Effect of salt on structure-function relationships of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 60–69.

- Pappas, C. P., Kondyli, E., Voutsinas, L. P., ve Malatou, H.** (1996). Effects of salting method and storage time on composition and quality of Feta cheese. *Journal of Society of Dairy Technology*, 49(4), 113–118.
- Paulson, B. M., McMahon, D. J., ve Oberg, C. J.** (1998). Influence of Salt on Appearance Functionality, and Protein Arrangements in Nonfat Mozzarella Cheese. *Journal of Dairy Science* 81: 2053-2064.
- Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., ve Aziznia, S.** (2007). Texture of low-fat Iranian White cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. *Journal of Dairy Science* 90: 4058-4070.
- Raphaelides, S., Antoniou, K. D., ve Petridis, D.** (1995). Texture Evaluation of Ultrafiltered Teleme Cheese. *Journal of Food Science* 60(6):1211-1215.
- Rodriguez, J., Requena, T., Fontecha, J., Goudedranche, H., ve Juarez, M.** (1999). Effect of Different Membrane Separation Technologies (Ultrafiltration and Microfiltration) on the Texture and Microstructure of Semihard Low-Fat Cheeses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 47, 558-565.
- Saboya, L. V. ve Maubois, J. L.** (2000). Current developments of microfiltration technology in the dairy industry. *Lait* 80, 541–553.
- Salt, Y. ve Dinçer, S.** (2006). An Option for Special Separation Operations: Membrane Processes. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, Sigma 2006/4.
- Samuelsson, G., Dejmek, P., Tragardh, G., ve Paulsson, M.** (1997). Minimizing Whey Protein Retention in Cross-flow Microfiltration of Skim Milk. *International Dairy Journal* 7, 23.
- Schreier, K., Schafroth, K., ve Thomet, A.** (2010). Application of cross-flow microfiltration to semi-hard cheese production from milk retentates. *Desalination* 250, 1091–1094.
- Scott, K. ve Hughes, R.** (1996). *Industrial Membrane Separation Technology*. Dordrecht: Springer Science and Business Media, B.V.
- Sousa, M. J., Ardö, Y., Mcsweeney, P. L. H.** (2001). Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal* 11: 327-345.
- Szczesniak, A.S.** (1963). Classification of textural characteristics. *J Food Sci*, 28: 385-389.
- Şahan, N., Konar, A., Kleeberger, A.** (1996). Hidrojen Peroksit, Isıl İşlem Uygulamaları ve Olgunlaşma Süresinin Beyaz Peynirin Kimyasal Niteliğine Etkisi. *Gıda*, 21 (2), 109-117.
- Tuncel, N. B., Güneşer, O., Engin, B., Yaşar, K., Zorba N. N., ve Yüceer, Y.K.** (2008). Ezine Peyniri II. Olgunlaşma Süresince Proteoliz Düzeyi. *Gıda Dergisi*.
- Tunick, M. H.** (2000). Rheology of Dairy Foods that Gel, Stretch, and Fracture. *Journal of Dairy Science* 83:1892–1898.

- Tunick, M. H., Mackey, K. L., Smith, P. W., ve Holsinger, V. H.** (1991). Effects of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese. *Netherlands Milk and Dairy Journal* 45:117–125.
- Tunick, M. H., Malin, E. L., Smith, P. W., Shich, J. J., Sullivan, B. C., Mackey, K. L., ve Holsinger, V. H.** (1993). Proteolysis and rheology of low fat and full fat Mozzarella cheeses prepared from homogenized milk. *Journal of Dairy Science*, 76, 3621–3628.
- Turantaş F., Ünlütürk, A., ve Gökten, D.** (1989). Microbiological and compositional status of Turkish white cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 8, 19 -24.
- Uraz, T. ve Gencer, N.** (2000). Beyaz Peynirlerde Kalıp Büyüklüğü ve Salamura Miktarının Tuz Alımı Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 621-628.
- Uraz, T., Koçak, C., ve Alpar, O.** (1983). Beyaz Peynir Yapımında Peynir Mayası, Sütü Mayalama Sıcaklığı ve Pıhtılaşma Süresinin Önemi. Beyaz Peynir Sempozyumu, 22-23 Aralık-İzmir, 29-40.
- Üçüncü, M.** (2004a). *A'den Z'ye Peynir Teknolojisi (I.Cilt)*. Meta Basım Matbaacılık Bornova, İzmir.
- Üçüncü, M.** (2004b). *A'den Z'ye Peynir Teknolojisi (II.Cilt)*. Meta Basım Matbaacılık Bornova, İzmir.
- Üçüncü, M.** (2005). *Süt ve Mamülleri Teknolojisi*. Meta Basım Matbaacılık Bornova, İzmir.
- Ünal, R. N. ve Besler, H. T.** (2006). Beslenmede Sütün Önemi. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727.
- Voss, D. H.** (1992). Relating Colorimeter Measurement of Plant Color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *Hortscience*, 27(12): 1256-1260.
- Wium, H., Kristiansen, K. R., ve Qvist. K. B.** (1998). Proteolysis and its role in relation to texture of Feta cheese made from ultrafiltered milk with different amounts of rennet. *Journal of Dairy Research*, 65, 665–674.
- Wium, H., ve Qvist. K. B.** (1998). Effect of rennet concentration and method of coagulation on the texture of UF-Feta cheese made from ultrafiltered bovine milk. *Journal of Dairy Research*, 65, 653–663.
- Wium, H., Pedersen, P. S., ve Qvist. K. B.** (2003). Effect of coagulation conditions on the microstructure and the large deformation properties of fat-free Feta cheese made from ultrafiltered milk. *Food Hydrocolloids* 17:287–296.
- Yetişemiyen, A. ve Yıldız, F.** (2011). In A.A. Hayaloğlu & B. Özer (eds.), *Peynir Biliminin Temelleri* (ss. 303-323). Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.
- Yetişmeyen, A.** (2010). Mikrofiltre Edilmiş Sütlerin Rennin Enzimi ile Pıhtılaşabilme ve Teleme Niteliklerinin Araştırılması. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri.
- Yıldız, Ö. ve Ötleş, S.** (2010). Peynirde aroma oluşumu: Biyokimyasal bakış. Adres: <http://www.sutdunyasi.com/haber/168-peynirde-aroma-olusumu-biyokimyasal-bakis.html>. Alındığı tarih 12.06.2014.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Kadir ÇINAR
Doğum Yeri ve Tarihi : Hayrabolu, 01.01.1987
E-Posta : kadir1440@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, ODTÜ, Mühendislik Fak., Gıda Müh. Bölümü

YAYINLAR

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler:

Cinar, K., Gülec, H. A., ve Hicsasmaz, Z., "Effect of Membrane Filtration on Physical Properties of Cheeses ,"Balkan Agriculture Congress 2014", 08-11 September, Edirne, poster.

Cinar, K., Gülec, H. A., ve Hicsasmaz, Z., "Sedimentation and Stabilization of Cloudy Juices ," Food Science, Engineering And Technologies-2011", 14-15 October, Plovdiv, Bulgaria, oral presentation.