



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



PEYNİR ÜRETİM PROSESLERİNDE KİTOSAN KULLANIMI

Yüksek Lisans Tezi

Cafer MEYDAN

Biyomühendislik Anabilim Dalı

İzmir

2022

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

PEYNİR ÜRETİM PROSESLERİNDE KİTOSAN KULLANIMI

Cafer Meydan

Danışman : Prof. Dr. Murat Elibol

Biyomühendislik Anabilim Dalı
Biyomühendislik Yüksek Lisans Programı

İzmir

2022

ii



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Peynir Üretim Proseslerinde Kitosan Kullanımı” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, döküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

05/04/2022

İmzası

Cafer MEYDAN

ÖZET

PEYNİR ÜRETİM PROSESLERİNDE KİTOSAN KULLANIMI

MEYDAN, Cafer

Yüksek Lisans Tezi, Biyomühendislik Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat ELİBOL

Mayıs 2022, 155 sayfa

Peyniraltı suyu günümüzde birçok farklı sektör tarafından kullanılan, yüksek üretim hacmine ve yüksek organik içeriğe sahip bir yan üründür. Peyniraltı suyunun berteraf edilmeden doğaya bırakılması onu önemli bir çevre kirleticisi haline getirmektedir. Bu tez çalışması kapsamında doğada selülozdan sonra en fazla bulunan organik biyopolimer olan, biyoyumlu, biyobozunur, katyonik ve antimikrobiyal özelliklere sahip olan kitosan peynir üretimi sırasında farklı konsantrasyonlarda (0, 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4 mg/ml) kullanılarak peyniraltı suyuna kaçan organik moleküllerin peynirin içerisine hapsedilmesi ve böylece peyniraltı suyunun organik yükünün azaltılıp doğa için daha az zararlı bir atık haline gelmesi, peynir besin bileşiminin zenginleşmesi, antimikrobiyal özelliği sayesinde depolama sırasında mikrobiyolojik kontaminasyonu engelleyerek peynirin mikrobiyolojik yükünü azaltması amaçlanmıştır.

Gerçekleştirilen analizler sonucu peyniraltı suyunun organik madde konsantrasyonunun 3 mg/ml konsantasyonda en fazla azaltım sağlandığı, peynirin protein konsantrasyonunun %39,57 ve yağ konsantrasyonunun % 28,69 artırılabilirdiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak peyniraltı suyu ayrımının kolaylaştığı ve 3 mg/ml konsantrasyona sahip kitosan eklenmesinin süzülme süresini %95 azalttığı ve böylece daha sıkı bir pıhtı elde edilebilmesini sağladığı belirlenmiştir.

Farklı sıcaklıklarda (4 °C, 14 °C, 24 °C) gerçekleştirilen küf ve maya sayımı sonucuna göre, 4mg/ml kitosan konsantrasyonu peynirde mikrobiyolojik yük oluşumunu engellemede en başarılı sonucu göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Kitosan, Peynir, Protein, Hızlandırılmış Raf Ömrü Testi



ABSTRACT

THE USE OF CHITOSAN IN CHEESE PRODUCTION PROCESSES

MEYDAN, Cafer

MSc in Bioengineering

Supervisor: Prof. Dr. Murat ELİBOL

May 2022, 155 pages

Whey is a by-product using by many different sectors due to high organic content and high production volume. If whey is directly discharged to the environment, it may cause significant environmental problems. In this thesis, chitosan, which is the most abundant organic biopolymer after cellulose in nature and has biocompatible, biodegradable, cationic and antimicrobial properties, was used in different concentrations (0, 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4 mg/ml) during cheese production. Therefore, it is aimed to reduce the organic content of whey, enrichment of the nutritional composition of cheese and increasing the shelf life of cheese due to its antimicrobial properties of chitosan.

As a result of the analyzes, it was determined that the organic load of whey showed the highest decrease at 3mg/ml chitosan concentration. In addition, with the same chitosan concentration, it was determined that the protein concentration of cheese increased by 39.57% and the fat concentration by 28.69%. At the same time, it was determined that whey separation became easier due to the increasing chitosan concentration, and the addition of chitosan with a concentration of 3 mg/ml reduced the separation time by 95%, thus providing a tighter curd.

According to the results of mold and yeast count performed at different temperatures (4 °C, 14 °C, 24 °C), the concentration of 4mg/ml chitosan showed the most successful result in preventing microbiological load formation in cheese.

Key words: Chitosan, Cheese, Protein, Accelerated Shelf Life Testing



ÖNSÖZ

“Peynir Üretim Proseslerinde Kitosan Kullanımı” başlıklı 2.5 yıllık yüksek lisans serüvenim boyunca gerçekleştirmiş olduğum deneyler ve bilgi birikimi beni bilimsel sürecin nasıl işlediği konusunda yetiştirmiş olmanın yanı sıra, bana sabırlı olmanın gerekliliği, zorlu süreçlerin üstesinden gelmek için korkularımızın üzerine gitmek gerektiğini, hayatın her zorluğunun bir deneyim olduğunu, vazgeçmeyerek çözüm yolu aramanın önemini öğretti. Geriye dönüp baktığımda yüksek lisans tezim boyunca edinmiş olduğum bilimsel ve hayat tecrübelerinin bana olumlu anlamda çok şey kazandırdığını görebiliyorum. Tez çalışmam boyunca gerek bilimsel bilgi birikimi gerekse manevi desteğiyle her daim yanımda olan tez danışmanım Prof. Dr. Murat ELİBOL’a teşekkürlerimi sunarım.

İZMİR

05/04/2022

Cafer MEYDAN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI	IV
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
ÖNSÖZ	X
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XVIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XX
SİMGELER DİZİNİ.....	XXIV
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XXVI
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Süt.....	4
2.2 Peynir.....	6
2.2.1 Peynirlerin Sınıflandırılması.....	8
2.2.2 Peynirin Bileşimi.....	9
2.2.3 Peynir Üretimi.....	13
2.3 Peynir Altı Suyu.....	16
2.3.1 Peynir Altı Suyu Çeşitleri ve Kimyasal Kompozisyonu.....	18
2.3.1.1 Laktoz.....	19
2.3.1.2 Süt Yağı.....	20

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam)

2.3.1.3 Peynir Altı Suyu Proteinleri.....	21
2.3.2 Peynir Altı Suyunun Çevreye Zararları ve Arıtımı.....	25
2.3.3 Peynir Altı Suyunun Kullanım Alanları.....	26
2.4 Gıda Katkı Maddeleri.....	28
2.4.1 Gıda Katkı Maddelerinin Peynir Endüstrisinde Kullanımı.....	31
2.4.1.1 Peynir Endüstrisinde Kullanılan Antimikrobiyal Gıda Katkı Maddeleri	31
2.4.1.1.1 Sorbik Asit ve Sorbatlar (E200-E203).....	31
2.4.1.1.2 Nisin (E234).....	32
2.4.1.1.3 Benzoik Asit (E210).....	32
2.4.1.2 Peynir Endüstrisinde Kullanılan Stabilizer Gıda Katkı Maddeleri.....	33
2.4.1.2.1 Aljinat (E401).....	33
2.4.1.2.2 Karragenan (E407).....	34
2.4.1.2.3 Pektin (E440).....	34
2.4.1.2.4 Ksantan Gum (E415).....	35
2.5 Kitosan.....	36
2.5.1 Kitosanın Fonksiyonel Özellikleri.....	37
2.5.2 Kitosan Üretimi.....	40
2.5.2.1 Kimyasal Yöntem İle Üretim	40
2.5.2.2 Biyolojik Yöntem İle Üretim.....	41
2.5.2.3 Deasetilasyon.....	42
2.5.3 Kitosan Kullanım Alanları.....	45
2.5.3.1 Kitosanın Gıda Endüstrisinde Kullanımı.....	45

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam)

2.5.3.1.1 Kitosanın Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisinde Kullanımı.....	47
2.5.3.1.1.1 Protein Ekstraksiyonu.....	47
2.5.3.1.1.2 Ambalaj Filmi ve Kaplama.....	49
2.5.3.1.1.3 Hayvancılık.....	50
2.5.1.1.4 Süt Endüstrisi Atık Sularının Arıtımı.....	51
2.5.1.1.5 Süt Ürünleri Üretimi.....	52
2.6 Tezin Amacı.....	53
3 MATERYAL VE YÖNTEM	
3.1 Kitosan Çözeltilisinin Hazırlanması.....	54
3.2 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Üretimi.....	54
3.3 Peyniraltı Suyunda Gerçekleştirilen Analizler.....	57
3.3.1 Bulanıklılık (Turbidite) Ölçümü.....	57
3.3.2 Kuru Ağırlık Analizi.....	57
3.3.3 Süzülme Süresi ve Pıhtı Eldesi Analizi.....	57
3.3.4 Titre Edilebilir Asitlik Analizi.....	58
3.3.5 pH Analizi.....	58
3.3.6 Laktoz Analizi.....	59
3.3.6.1 Kimyasalların Hazırlanması.....	59
3.3.6.2 Peynir Altı Suyunun Laktoz Analizi.....	60
3.3.7 Kjeldahl Yöntemi ile Toplam Azot Analizi.....	61
3.3.8 Gerber Yöntemi İle Yağ Analizi.....	62
3.4 Peynirde Gerçekleştirilen Analizler.....	62
3.4.1 Kuru Ağırlık Analizi.....	62

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam)

3.4.2 pH Analizi.....	62
3.4.3 Titre Edilebilir Asitlik Analizi.....	63
3.4.4 Gerber Yöntemi ile Yağ Analizi.....	63
3.4.5 Kjeldahl Yöntemi ile Toplam Azot Analizi.....	63
3.4.6 Mikrobiyolojik Analiz (Küf ve Maya Sayımı).....	63
3.4.6.1 Kullanılan Çözeltiler ve Besiyerleri.....	64
3.4.6.2 Küf ve Maya Sayımı.....	64
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	
4.1 Peynir Altı Suyunun Analiz Sonuçları.....	66
4.1.1 Bulanıklılık (Turbidite) Ölçüm Sonuçları.....	66
4.1.2 Kuru Madde Analizi Sonuçları.....	67
4.1.3 Süzülme Süresi ve Pıhtı Eldesi Analiz Sonuçları.....	68
4.1.4 pH Analizi Sonuçları.....	70
4.1.5 Titre Edilebilir Asitlik Analizi Sonuçları.....	71
4.1.6 Laktoz Analizi Sonuçları.....	72
4.1.7 Gerber Yöntemiyle Yağ Analizi Sonuçları	73
4.1.8 Kjeldahl Yöntemiyle Toplam Azot Analizi Sonuçları	74
4.2 Peynirde Gerçekleştirilen Analizlerin Sonuçları.....	75
4.2.1 Kuru Madde Analizi Sonuçları.....	75
4.2.2 pH Analizi Sonuçları.....	76
4.2.3 Titre Edilebilir Asitlik Analizi Sonuçları.....	77
4.2.4 Gerber Yöntemiyle Yağ Analizi Sonuçları	77
4.2.5 Kjeldahl Yöntemiyle Toplam Azot Analizi Sonuçları.....	79

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam)

4.2.6 Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	80
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	85
EKLER.....	119
TEŞEKKÜR.....	123
ÖZGEÇMİŞ.....	125





ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Kazein Proteininin Kimyasal Yapısı.....	11
Şekil 2.2 Peynir Üretimi Temel Basamakları.....	14
Şekil 2.3 Kazein Misellerinin Oldukça Şematik Olan Gösterimi.....	16
Şekil 2.4 Mayalanma Sonrası Pıhtıdan Ayrılan Peynir Altı Suyu.....	17
Şekil 2.5 Laktozun Kimyasal Yapısı.....	19
Şekil 2.6 Gıda Katkı Maddelerinin Kullanım Amacına Göre Sınıflandırılması...	30
Şekil 2.7 Kitin ve Kitosanın Yapısı.....	36
Şekil 2.8 Kitosanın Fonksiyonel Özellikleri.....	38
Şekil 2.9 Böcek Kitin Deasetilaz Enziminin Üç Boyutlu Modellemesi.....	43
Şekil 2.10 Kitosanın Biyolojik ve Kimyasal Üretimi Akış Şeması.....	44
Şekil 2.11 Kitosanın Farklı Endüstrilerde Kullanım Amaçları.....	45
Şekil 2.12 pH'ın Kitosan ve Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Yüklerine Etkisi.....	48
Şekil 2.13 Mastitis Önlenmesi Amacıyla Kullanılan Teat Dip Tekniği.....	50
Şekil 3.1 Manyetik Karıştırıcı Üzerinde Peynir Yapımı için Hazırlanan Sütler...	55
Şekil 4.1 Farklı Konsantrasyonda Kitosan İlavesine Tabii Tutulmuş Peynirlerden Elde Edilen Peynir Altı Sularının Optik Yoğunlukları.....	67
Şekil 4.2 Santrifüj Sonrası Peyniraltı Suyu Ayrılma Oranları ve Oluşan Peynir Pıhtısı Miktarı.....	70
Şekil 4.3 Farklı Kitosan Konsantrasyonuna Sahip Peynir Örneklerinin 24°C'deki Küf ve Maya Gelişimi.....	81



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Farklı Türlerle Ait Sütlerin Kimyasal Kompozisyonu.....	5
Çizelge 2.2 Bazı Peynir Çeşitlerinin Ortalama Yağ ve Protein Oranları.....	10
Çizelge 2.3 Farklı Tip Peynir Çeşitlerine Ait Ortalama Mineral ve Vitamin İçerikleri.....	12
Çizelge 2.4 Tatlı ve Ekşi Peynir Altı Sularının Bileşimlerinin Karşılaştırılması.....	18
Çizelge 2.5 Peynir Altı Suyu Proteinleri ve Konsantrasyonları.....	22
Çizelge 2.6 Peynir Altı Suyu Proteinleri Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyolojik Fonksiyonları.....	24
Çizelge 3.1 Peynir Üretiminde Kullanılan Kitosanın Özellikleri.....	54
Çizelge 3.2 Peynir Üretiminde Kullanılan Sütün Besin Öğeleri Kompozisyonu.....	55
Çizelge 3.3 200 ml Çalışma Hacmi İçerisine Eklenmesi Gereken %2'lik Kitosan Solüsyonu Miktarı.....	56
Çizelge 4.1 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerinden Elde Edilen Peyniraltı Sularının Optik Yoğunlukları (FNU).....	66
Çizelge 4.2 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilerek Üretilmiş Peynirden Elde Edilen Peynir Altı Suyu Örneklerinin Kuru Madde ve Nem Değişimleri.....	68

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge 4.3 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerden Peyniraltı Suyu Ayrılma Süreleri (sn).....	69
Çizelge 4.4 Santrifügasyon Sonrası Peynir Pıhtısı Eldesi (ml).....	69
Çizelge 4.5 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilen Peynirin Üretimi Esnasındaki pH Değerleri.....	71
Çizelge 4.6 Peyniraltı Suyu Titre Edilebilir Asitlik Değerleri.....	71
Tablo 4.7 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilerek Üretilmiş Peynirden Elde Edilen Peynir Altı Suyu Örneklerinin Laktoz Oranları.....	72
Tablo 4.8 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilerek Üretilmiş Peynirden Elde Edilen Peynir Altı Suyu Örneklerinin Toplam Yağ Oranları.....	73
Çizelge 4.9 Farklı Oranlarda Kitosan Eklenerak Üretilmiş Peynirlerden Elde Edilen Peyniraltı Sularının Protein Konsantrasyonları (g/100 ml).....	74
Çizelge 4.10 Değişen Kitosan Konsantrasyonuna Göre Peyniraltı Suyundaki Protein Konsantrasyonu ve Gerçekleşen % Azalma.....	75
Çizelge 4.11 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Kuru Madde ve Nem Analiz Sonuçları.....	75
Çizelge 4.12 Farklı Kitosan Oranlarına Sahip Peynirlerin ve PAS pH Değerleri.....	76
Çizelge 4.13 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Titre Edilebilir Asitlik Değerleri.....	77

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

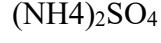
Çizelge 4.14 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Yağ Oranları.....	78
Çizelge 4.15 Değişen Kitosan Konsantrasyonlarına Göre Peynirde Belirlenen Protein Konsantrasyonları.....	79
Çizelge 4.16 Değişen Kitosan Konsantrasyonlarına Göre Peynirde Belirlenen Ortalama Protein Konsantrasyonları ve % Artış.....	79
Tablo 4.17 Farklı Kitosan Konsantrasyonlarına Sahip Peynir Örneklerinin Farklı Sıcaklıklardaki Küf ve Maya Sayısı Değişimleri.....	80
Çizelge 4.18 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Farklı Depolama Sıcaklıklarındaki Hız sabitleri ve Korelasyon Katsayıları.....	81



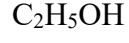
SİMGELER DİZİNİ

Simgeler

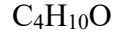
Açıklama



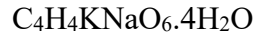
Amonyum Sülfat



Etil Alkol



Dietil Eter



Potasyum Sodyum Tartarat



Amil Alkol



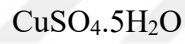
Kalsiyum Klorür



Asetik Asit



Bakır (I) Oksit



Bakır (II) sülfat pentahidrat



Sülfürik Asit



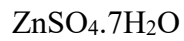
Potasyum Ferrosiyanür Trihidrat



Sodyum Hidroksit



Çinko Oksit



Çinko Sülfat Heptahidrat



KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

Açıklama

A	Arrhenius Sabiti
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADI	Acceptable Daily Intake
ANZFA	Food Standards Australia New Zealand
BOD	Biological Oxygen Demand
BRD	Beslenme Referans Değeri
CAC	Codex Alimentarius Comission
COD	Chemical Oxygen Demand
DNA	Deoksiribonükleik Asit
Ea	Aktivasyon Enerjisi
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration
FNU	Formazine Nephelometric Unit
g	Gram
GRAS	Generally Recognized as Safe
IDF	International Dairy Federation
JECFA	Joint Expert Committee on Food Additives

KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

k	Hız Sabiti
K	Kelvin
kDa	Kilo Dalton
K-FDA	Korea Food and Drug Administration
L	Litre
LD50	Median lethal dose
M.Ö.	Milattan Önce
mRNA	Messenger Ribonükleik Asit
N	Normalite
NOAEL	No Observed Advers Effect Level
PAS	Peynir Altı Suyu
PPO	Polyphenol oxidase
R	Gaz Sabiti
RA	Ortalama bir yetişkinin Referans Alım değeri
RPM	Revolutions Per Minute
RSM	Response Surface Methodology
TBA	Tiyobarbitürik Asit
TGKY	Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

UV

Ultraviolet

WHO

World Health Organization

µm

Mikrometre



1. GİRİŞ

Süt dişi memelilerin yavrularını beslemek amacıyla meme bezlerinden salgılanan ve yavrunun ihtiyacı olan besinleri optimum miktarda içeren, kendine has koku, tat ve renge sahip olan biyolojik bir sıvıdır. Onbinlerce yıldır insalık tarafından tüketilen önemli bir gıda maddesi olan süt, günümüzde günlük beslenmenin vazgeçilmez bir unsuru olarak kabul edilmektedir. Dünyada gıda endüstrisi tarafından kullanılan en önemli hammaddelerden birisi olan süt, hem süt ürünlerinin üretiminde ana bileşen olarak görev almakta, hem de birçok farklı gıda maddesinin yapısında yardımcı gıda bileşeni olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde gıda endüstrisinin en önemli alt kollarından birisi olan ve en yüksek üretim hacmine sahip endüstrilerden birisi olan süt ve süt ürünleri endüstrisi başta süt olmak üzere, tereyağ, peynir, dondurma, süttozu, krema, yogurt vb. birçok farklı ürünü kapsamaktadır. Bu süt ürünleri arasında en yüksek üretim hacmine sahip süt ürünlerden birisi olan peynir, diğer süt ürünlerine kıyasla ürün yelpazesi açısından da açık ara en fazla ürün çeşidine sahip süt ürünleri grubunu oluşturmaktadır.

Neredeyse sütün tarihi kadar eskiye dayanan peynirin keşfedilmesinin, mikrobiyolojik olarak üremeye oldukça elverişli ve kontaminasyona açık olan sütün, hayvan iç organlarında taşınması sırasında tesadüfen keşfedildiği ve süte oranla daha kolay taşındığı, daha uzun süre tüketim ömrüne sahip olduğu ve birçok farklı damak tadına uygun şekillerde üretilebilmesi gibi birçok avantajı sayesinde yaygın olarak üretilmeye başlandığı bilinmektedir. Keşfedildiği tarihten itibaren günümüze dek dünya üzerinde yüksek miktarlarda üretimi gerçekleştirilen peynir, farklı kültürler tarafından birçok farklı şekillerde üretilmekte, tüketilmekte ve ticareti gerçekleştirilmektedir.

Dünya üzerinde üretimi gerçekleştirilen binlerce peynir çeşidi olduğu bilinmekte ve her peynir çeşidi kendisine has özelliklere ve bu özelliklerin ortaya çıkmasını sağlayan üretim tekniğine sahiptir.

Her peynir çeşidi kendisine özgü farklı üretim basamaklarına sahip olmasına karşın peynir üretiminin temel basamağı sütte bulunan kazeinin çeşitli asitler veya

enzim vasıtası ile pıhtılaştırılması işlemidir. Pıhtılaştırma işlemi sonucu oluşan pıhtıdan peynir altı suyu uzaklaştırılmakta ve elde edilen pıhtı çeşitli teknolojik ve geleneksel yöntemlerden geçmesiyle farklı özelliğe sahip peynirlerin üretimi gerçekleştirilmektedir.

Peynir üretimi sırasında açığa çıkan önemli bileşenlerden birisi olan peynir altı suyu sütte bulunan laktoz, süt yağı, proteinler, vitamin ve minerallerin bir kısmını içermektedir. Bu yüksek organik içeriğe sahip peyniraltı suyu arıtımı gerçekleştirilmediğinde önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Çevre kirliliğine neden olması, yüksek organik içeriğe sahip olması gibi özellikleri peynir altı suyunun değerlendirilmesini zorunlu kılmış, bilim dünyası üzerinde binlerce çalışma gerçekleştirilmiş ve günümüzde peynir altı suyu gıda, ilaç, enerji, plastik, kozmetik gibi birçok farklı sektörde farklı amaçlar doğrultusunda kullanılabilen bir hammadde olmuştur.

Peynir altı suyunun yapısında bulunan ve peynir altı suyunun birçok farklı sektörde kullanılmasını sağlayan en önemli bileşeni sahip olduğu peynir altı suyu proteinleridir. Majör ve minor olmak üzere iki farklı fraksiyon halinde sınıflandırılan peynir altı suyu proteinleri antimikrobiyal, antikanser, antioksidan özelliğe sahip olma, birçok önemli molekülün taşınmasını sağlama gibi birçok farklı fonksiyonel özelliğe sahiptir. Peynir üretimi sonucu peynir altı suyu ile uzaklaşan, peyniraltı suyunun organik içeriğini yükselterek onu önemli bir çevre kirleticisi haline getiren, birçok fonksiyonel özelliğe sahip olan bu peynir altı suyu proteinlerinin farklı endüstrilerde kullanılması amacıyla peynir altı suyu birçok arıtım işlemine tabii tutulmakta ve proteinler saf halde elde edilerek farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır.

Peynir altı suyu proteinlerinin kendisine kullanım alanı bulduğu en geniş endüstri gıda endüstrisidir. Gıda endüstrisinde kaplama materyali olarak, antimikrobiyal ajan olan birçok farklı çalışmanın konusu olan ve kendisine kullanım alanı yaratan peynir altı suyu proteinlerinin bir diğer önemli kullanım alanı da süt ürünleri sektöründe mevsimsel değişiklikler başta olmak üzere içeriği değişen sütten üretilen süt ürünlerinin protein oranlarının standardize edilmesinde ve yüksek protein içeriğine sahip süt ürünlerinin üretiminde kullanılmalarıdır. Peynir altı suyu proteinleri içeriğine katıldığı süt ürününün sadece protein içeriğini

arttırmakla kalmaz aynı zamanda peynir endüstrisinin önemli bir sorunu olan mikrobiyal üremeye ve peynirin stabilizasyonu sorunlarına da çözüm olabilmektedir.

Günümüzde peynir endüstrisi peynirde istenmeyen mikrobiyal gelişim, stabilizasyon, su salma vb. birçok problemin çözümü için WHO ve FAO tarafından onaylanmış, E koduna sahip nisin, sorbik asit gibi antimikrobiyal ve ksantan gum, aljinat, pektin gibi stabilizör gıda katkı maddeleri kullanmaktadır. Bu gıda katkı maddelerinin insan bünyesinde oluşturabileceği alerjenik etkilerden dolayı kullanılmadan önce uzun yıllar boyunca çeşitli testlere tabi tutulmakta ve birçok farklı araştırma evresinden geçmektedir. Son yıllarda sahip olduğu fonksiyonel özelliklerden dolayı gıda endüstrisi tarafından dikkatleri üzerine çeken bir diğer bileşen ise kitosandır.

Kitosan, doğada selülozdan sonra ikinci en fazla bulunan biyopolimer olan kitinin, kısmen veya tamamen deasetilasyonu sonucu elde edilen, D-glukozamin ve N-asetil-D-glukozamin monomerlerinin β -(1,4) bağı ile bağlanması sonucu oluşan düz zincirli ve antimikrobiyal özellik gösteren bir heteropolisakkarittir. Bol bulunabilir olma, düşük maliyet, çok yönlülük, çevre dostu olma, toksik olmama, biyolojik olarak parçalanabilir olma, biyoyumlu olma, iyi film oluşturma, iyi bariyer özellik gösterme, yüksek stabilite, proteinlere karşı yüksek afinite ve yüksek yükleme kapasitesi gibi birçok fonksiyonel özelliğe sahip olan kitosanın gıda katkı maddesi olarak kullanımı birçok farklı ülkede yasak olmasına karşın, diyet kullanımı için ABD, FDA, AB ve K-FDA tarafından onaylanmıştır ve genellikle güvenli bir bileşik (GRAS) olarak kabul edilmektedir. Uzun yıllardır kore ve japonya'da gıda katkı maddesi olarak kullanımı yasal olan kitosan, vücutta tamamen emilebilen zararsız ürünlere (amino şekerler) yavaş yavaş parçalanabilmektedir ve kullanım oranı insanlarda bağıl LD50 1.33 g/gün/kg olarak belirlenmiştir. Günde 3-6 g kitosan kullanımının herhangi bir yan etkisinin olmadığı klinik olarak kanıtlanmıştır.

Bu doğrultuda sahip olduğu antimikrobiyal ve jel oluşturabilme kabiliyeti gibi üstün özellikler sayesinde peynir endüstrisinde kullanım için potansiyel bir gıda katkı maddesi olan kitosan üzerine yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmakta ve önem kazanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Süt

Süt dişi memelilerin yeni doğan yavrularını besleyebilmek amacıyla meme bezlerinden salgılanan ve yavrunun kendisini besleyebilecek duruma gelinceye kadar hayatını sürdürebilmesi için ihtiyacı olan tüm besin maddelerini optimum miktarda içeren, genellikle porselen beyazı renge sahip kendine has koku ve tada sahip, içerisine başka maddeler karıştırılmamış veya içinden herhangi doğal bileşeni alınmamış biyolojik bir sıvıdır (Yerlikaya ve Karagözlü, 2008; Widyastuti and Febriantosa, 2013; Belitz et al., 2008).

Günümüzde günlük insan beslenmesinin vazgeçilmez bir unsuru olarak kabul edilen sütün, insanlık tarafından ilk olarak keşfedilmesinin neolitik dönemde tarımın geliştirilmesinde ve hayvanların evcilleştirilmesinden sonra Mezopotamya’da evcilleştirilen sığırlar ile başladığı tahmin edilmektedir. Araştırmacılar Kuzey Avrupa ve İngiltere bölgesinden elde edilen arkeolojik kalıntılardaki bozulmuş yağları analiz ederek insan tüketimi için süt besiciliğinin M.Ö. 6000 yıllarında başladığını düşünmektedirler. Yazılı kaynaklarda ise sütün insan hayatında önemli bir besin maddesi olarak yer aldığını kanıtlar nitelikteki ilk önemli belgelere M.Ö. 3000 yıllarına ait Sümer tabletlerinde rastlanılmaktadır. Bu tarihlerden sonra süt birçok medeniyet tarafından kimi zaman doğurganlıkla ve bereketle bağdaştırıldığı için kutsal bir sıvı olarak kimi zaman ise zengin içeriğinden dolayı vazgeçilmez bir besin kaynağı olarak insan hayatında önemli bir yer teşkil etmiştir (Gül, 1987; Kahraman, 2016; asüd, 2022)

Geçmişten günümüze insan beslenmesindeki önemini koruyarak günümüzde en çok tüketilen besin maddelerinden biri olan süt, günümüzde genel olarak inek, koyun, keçi, manda, deve, vb. besi hayvanlarından elde edilmekte ve tüketilmektedir. Bu farklı süt türleri arasında tüketici ve üretici tarafından en çok rağbet gören, teknolojik olarak pek çok farklı işleme tabii tutularak birçok farklı ürüne dönüştürülen süt inek sütüdür (Wiley, 2007; Terin, 2014). Küresel süt tüketimi incelendiğinde inek sütünün dünya üzerindeki toplam süt tüketiminin %83’lük bir kısmını oluşturarak açık ara en yüksek süt tüketim hacmini kapladığı gözlemlenmektedir ve bu doğrultuda ticari olarak süt

denildiğinde genel olarak inek sütünden bahsedilmektedir (Wiley, 2007; Kart ve Demircan, 2014, Terin, 2014).

Gıda endüstrisinde birçok farklı ürünün yapısında hammadde ve yardımcı madde olarak kullanılan süt oldukça zengin ve kompleks bir kimyasal bileşime sahiptir. Genel olarak süt kompozisyonunu oluşturan bileşikler olarak su, süt yağı, protein, laktoz, asitler, enzimler ve vitaminler olarak sayılabilir (Ünal vd., 2008; Mehta, 2015; Foroutan, 2019; Nickerson, 1960, Enb et al, 2009). Bu bileşenlerin süt yapısındaki kompozisyonu hayvanın cinsi başta olmak üzere, hayvanın yaşı, beslenmesi, hastalık durumu, gebelik süreci, sağım sıklığı, mevsimsel ve coğrafi değişiklikler gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Nickerson, 1995; Demirci, 1978; Fusco et al, 2020; Kasım, 2015). Sütün kompozisyonunu değiştiren tüm bu parametreler göz önüne alındığında inek sütü ve diğer süt türlerinin kompozisyonu Çizelge 2.1 de gösterilmiştir (Jilo, 2016).

Çizelge 2.1 Farklı Türlerle Ait Sütlerin Kimyasal Kompozisyonu

	Deve	İnek	Koyun	Keçi	İnsan
Nem	86,0 - 88,0	85,0 - 87,0	82 - 84	87,0 - 88,0	88,0 89, 0
Kuru Madde	12,0 - 14,0	13,0 - 15,0	16 - 18	12,0 - 13,0	11,0 - 12,0
Protein	3,0 - 3,9	3,2 - 3,8	5,6 - 6, 7	2,9 - 3,7	1,1 - 1,3
Yağ	2,9 - 5,4	3,7 - 4,4	6,9 - 8,6	4,0 - 4,5	3,3 - 4,7
Laktoz	3,3	4,8 - 4,9	4,3 - 4,8	3,6 - 4,2	6,8 - 7,0
Kül	0,5 - 0,9	0,7 - 0,8	0,9 - 1	0,8 - 0,9	0,2 - 0,3

Süt zengin besin içeriği, içerisinde bulundurduğu doğal mikroorganizma yükü ve dışarıdan gelebilecek mikroorganizmalara karşı savunmasız olması nedeniyle bozulmaya oldukça yatkın bir gıda maddesidir (Azfal, 2011; Sarkar, 2015, 2016). Günümüzde süt pastörizasyon, mikrofiltrasyon, hidrostatik basınç, elektrik alan uygulaması, UV ışık vb. gibi çok çeşitli yüksek teknolojik yöntem kullanılarak içerisindeki patojen ve bozulma yapan mikroorganizmalardan arındırılarak, aseptik paketlenme teknikleri kullanılarak uzun ömürlü bir gıda maddesine dönüştürülmektedir (Alirezalu et al, 2020; Claeys et al, 2013). Geçmişte ise birçok medeniyet sütü olumsuz ortam koşullarından ve mikrobiyolojik bozulmaya karşı koruma amacıyla çeşitli süt ürünlerine dönüştürmüş ve bu sayede sütü daha uzun süre tüketilebilir bir forma

dönüştürmüşlerdir. Bu nedenle süt ürünlerinin de tarihi neredeyse sütün tarihi kadar eskiye dayanmaktadır (Kindstedt, 2017).

Sütün günlük beslenmede yoğun olarak kullanılmaya başlanmasıyla birlikte sütü çevre koşullarından korumak ve bozulmasını önlemek amacıyla birçok yöntem denenmiştir. Bu yöntemler arasında sütün hayvan derisi ve iç organlarının içerisinde taşınması ve depolanması hayvan derisinin hava geçirmez bir yapıya sahip olması ve bu sebepten ötürü sütü mikrobiyolojik ve duyuşsal olarak daha uzun süre tüketilebilir bir formda tutabilmesi sebebiyle yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmuştur. Sütün bu şekilde saklanması yaygın olarak kullanılan iç organlardan birisi olan midenin içerdiği enzimlerin sütü mayalaması ile lor oluşumu süt ürünlerinin ortaya çıkması hakkında ortaya atılan ve yaygın olarak kabul gören teorileri başında gelmektedir (Kindstedt, 2017, 2012). Bu şekilde başladığı düşünülen süt ürünlerinin serüveni, günümüzde birçok farklı alanda yüzlerce ürün çeşitliliğinin temelini oluşturmuş ve toplumların beslenme alışkanlıklarına, sosyal ve kültürel alt yapısına, iklimine, mevcut süt işleme teknolojilerine ve piyasa talebine göre şekillenerek devam etmektedir.

Küresel ölçekte en çok tüketilen süt ürünleri arasında içme sütü, peynir, tereyağı, yoğurt, krema, dondurma, süttozu ve fermente süt ürünleri sayılabilirken, bu ana grupların da kendi içlerinde yüzlerce alt çeşidi bulunmaktadır (Widyastuti and Febriantosa, 2013). Bu süt ürünlerinin çeşitliliği ve tüketilme miktarları ülkelerin kültürel ve sosyal gelişimi ile bağlantılı olduğu ve gelişmekte olan ülkelerde süt ürünleri tüketiminin artmakta olduğu istatistiksel olarak kanıtlanmıştır (Shadbolt, 2016; Chatellier, 2017).

İçme sütünden sonra en yüksek üretim hacmine sahip süt ürün grubundan birisi olan peynir, süt ürünleri arasında en çok tercih edilen, ticareti yapılan ve ürün yelpazesi açısından bakıldığında açık ara farkla en geniş ürün çeşitliliğine sahip süt ürünü grubunu oluşturarak dikkatleri üzerine çekmektedir (Farkye, 2004).

2.2 Peynir

Peynir, farklı yağ içeriklerine sahip sütün uygun bir pıhtılaştırıcı eklenmesiyle pıhtılaştırılan ve elde edilen pıhtıdan çeşitli teknolojik işlemler ile veya geleneksel yöntemle peynir altı suyunun süzülerek ayrılmasıyla elde edilen,

yumuşak, yarı sert, sert veya ekstra sert olabilen, tuzlanmadan tüketilebilen veya salamura ile veya kuru tuzlama yöntemleri kullanarak tuzlanabilen, aroma kazanması amacıyla starter kültür kullanarak ya da kullanmadan üretilen, isteğe bağlı olarak çeşnili ya da çeşnisiz çeşitleri olan, haşlanarak veya haşlanmadan, tekniğine uygun olarak üretilen, olgunlaştırılan veya olgunlaştırılmadan tüketilebilen, çeşidine özgü karakteristik tat, koku ve doku özelliklerine sahip olan süt ürününe verilen isimdir (TGKY, 2015; Fox, 1993; Fox et al, 2004; Malin and Tunick, 2013). Peynirin farklı karakteristik özelliklere sahip olmasını sağlayan bu teknolojik ve geleneksel işlemler, öncelikle sütün 4-5 günden 5-10 yıla kadar farklı ve uzun raf ömrüne sahip bir forma dönüşmesini sağlamanın yanı sıra, artık günümüzde her damak zevkine hitap edecek peynir üretimini de sağlayarak büyük bir pazar hacmine sahip olan peynir pazarının gün geçtikçe büyümesini de sağlamaktadır (Jalilzadeh et al, 2015; Papademas and Bintsis, 2017).

Peynirin ilk keşfedilmesi ile ilgili elde somut bir veri olmamasına rağmen, koyunun evcilleştirilmesi ile yaklaşık olarak aynı zamana denk geldiği düşünülmektedir. Peynirin ortaya çıkışı ile ilgili ortaya atılan yaygın görüş, sütün depolanması ve uzun süre muhafaza edilmesi amacıyla kullanılan hayvan deri ve iç organlarında bulunan bakteri ve enzimlerin süt ile reaksiyona girerek sütün kesilmesine neden olduğu ve böylece ilk peynirin oluştuğu düşünülmektedir (Walther et al, 2008; Kindstedt, 2017, 2012). Peynir daha sonraları birçok medeniyet tarafından yaygın olarak tüketilen bir gıda maddesi haline gelerek günümüze kadar önemini yitirmeden ulaşmıştır.

Peynir üretimi ve tüketimi binlerce yıldır birçok kültür tarafından yapıldığı için neredeyse her kültür peynir kelimesine kendi dillerinde bir karşılık oluşturarak literatüre kazandırmıştır. Türkçe peynir kelimesinin etimolojik olarak kökeni incelendiğinde, Öz Türkçede peyniri adlandırmak için kullanılan ilk kelimelere Kaşgarlı Mahmut'un Divan-ı Lügat-i Türk adlı eserinde kullanılan ve katılaştırmak, maya ile bekletmek anlamında olan “*udma*” veya “*udhitma*” sözcükleri ile rastlanmaktadır. Daha sonra Orta Asya'dan gerçekleşen göçler vasıtası Memlûklülerin Türkçe sözlüklerinde geçen benir, penir, beynir sözcükleri Farsça' dan dilimize geçmiş ve evirilerek günümüzde kullandığımız peynir kelimesini oluşturmuştur. Bazı Türk coğrafyaların ve Anadolu'nun bazı

kısımlarında ise bıslak, irimcik, iremcik, ağrımşık, akerimişik, sogut vb. kelimeler günümüzde peyniri tanımlamak için kullanılan diğer kelimelerdir. İngilizce’ de ise peynir kelimesinin karşılığı olarak kullanılan “*Cheese*” kelimesinin kökeni ile ilgili ise birçok farklı görüş bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olarak kabul gören görüş Latince peynir anlamına gelen “*caseus*” kelimesinden türediğidir (Üçüncü, 2008; Leschber, 2018).

Farklı dillerdeki karşılığı kadar ürün yeplazesi açısından da oldukça zengin bir çeşitliliğe sahip olan peynirin, farklı sınıflandırmalara göre dünya üzerinde 200 ile 4000 arasında çeşidi olduğu düşünülmektedir (Olson, 1979; Malin and Tunick, 2013, Gunasekaran and Ak, 2002). Bu çeşitliliğin oluşmasında peynir üretimi sırasında gördüğü geleneksel ve teknolojik işlemler, depolama koşulları ve süresi, kullanılan sütün çeşidi vb. birçok parametre rol oynamaktadır.

2.2.1 Peynirlerin Sınıflandırılması

En fazla sayıda alt ürün grubuna sahip olan süt ürünleri grubu peynirlerin sınıflandırılması konusunda birçok farklı kaynak birbirinden farklı görüşler bildirerek çok çeşitli peynir sınıflandırma şekillerinin oluşmasına neden olmuştur. Birçok peynirin birbirinden farklı üretim yöntemine sahip olması, üretiminde farklı tipte süt türlerinin kullanılması, depolama süreçlerinin ve koşullarının farklı olması, bu koşullardan ötürü farklı peynirlerin birbirinden benzersiz fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklere sahip olması bakımından peynirlerin sınıflandırmasının yapılması oldukça güç bir hale gelmiştir (McSweeney et al, 2017, Almena and Mielton, 2014). Buna rağmen çoğu kaynak tarafından peynirler yaygın olarak

- Kazeini pıhtılaştırma yöntemi ve üretim özelliklerine göre
- Konsistens özelliklerine göre
- Olgunlaşmasında kullanılan mikroorganizmalara göre
- Peynirin tekstürüne göre
- Kurumadde yağ oranlarına göre
- Yağsız peynir kitlesindeki su oranlarına göre
- Bileşimlerine göre

sınıflandırmaya tabi tutulmaktadırlar (Gobbetti et al, 2018, Kamber, 2015; Ramanauskas, 2009).

Yukarıdaki sınıflandırma basamaklarının yanısıra Uluslararası Sütçülük Federasyonuna (IDF) göre peynirler, menşe ülke, kullanılan sütün türü, iç görünüş, dış görünüş, peynirin ağırlığı gibi birçok farklı şekillerde de sınıflandırılabilir (Üçüncü, 2008).

Uluslararası sütçülük federasyonunun sınıflandırması sonucu birçok farklı ülkede üretilen aynı peynirler farklı kategorilerde sınıflandırmaya alındığı için karmaşık bir peynir sınıflandırılması ortaya çıkmıştır. Bu karışıklığın engellenmesi amacıyla Gıda Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization – FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization - WHO) işbirliği ile elde edilen çalışmalar sonucunda peynirler 3 ana grup altında toplanmışlardır;

- Üretimi yapıldıktan sonra olgunlaşmaya bırakılarak hemen tüketilmeyen, belirli bağıl nem ve sıcaklık koşullarında belirli süre **“olgunlaşmış”** peynirler
- Yüzeyinde ya da tüm kitlede geliştirilen özel küfler yardımı ile olgunlaşmaları sağlanan **“küflü”** peynirler
- Üretimi gerçekleştirildikten sonra tüketime hazır olan **“taze”** peynirler (Üçüncü, 2008, MEB, 2019, McSweeney et al, 2017).

Gıda Tarım Örgütü ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından yapılan bu sınıflandırma, diğer sınıflandırma türlerine göre daha genel bir sınıflandırma olup, peynirlerin sınıflandırılmasındaki kafa karışıklığını bir nebze de olsa gidermiştir.

Peynir sınıflandırma türlerine göre birçok peynir çeşidi sınıflandırılmaya tabi tutulmakla birlikte, sınıflandırılan bu peynir çeşitleri muamele edildiği farklı işlemlerden ötürü farklı görünüş, renk, doku, tat, koku gibi özelliklere sahiptirler. Ayrıca farklı işletme parametreleri peynirin besin kimyasal besin kompozisyonunda da farklılaşmasına yol açmaktadır.

2.2.2 Peynirin Bileşimi

Sütün değerlendirilmesi ve işlenmesi açısından incelendiğinde büyük bir kısmı peynir üretimi için kullanılmaktadır. Dengeli beslenme açısından oldukça önemli bir gıda grubu olan peynirler esas olarak sütün yapısında bulunan protein,

yağ, vitaminler ve mineral maddelerin çoğunu içermesinin yanında su ve düşük oranda da laktoz içermektedir (Diam et al, 2010; Ayar vd., 2006). Peyniri oluşturan bu besin maddelerinin kompozisyonu peynirin elde edildiği sütte, peynir üretimi sırasında gerçekleştirilen geleneksel ve teknolojik işlemlere, peynirin depolanma süresine ve depo koşullarına göre oldukça değişkenlik göstererek peynire karakteristik özelliklerini kazandırmaktadır (Çizelge2.2). (Pastorino et al, 2003; Sulieman et al, 2012; Doruk, 2018).

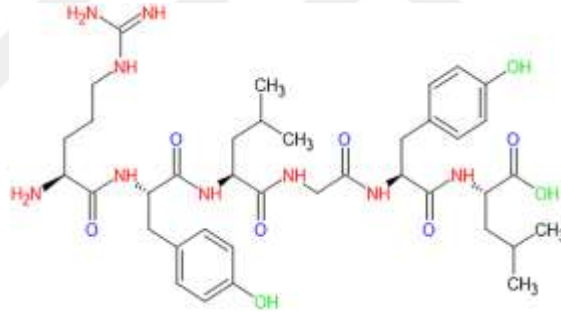
Çizelge 2.2 Bazı Peynir Çeşitlerinin Ortalama Yağ ve Protein Oranları (Üçüncü, 2008)

Peynir Çeşidi	Yağ Oranı			
	Kurumadde Oranı (%)	Kurumaddede Yağ (%)	Mutlak (%)	Protein Oranı (%)
Parmesan	69,0	35,0	26,0	37,5
Emmental	64,0	45,0	30,0	28,9
Cheddar	63,0	50,0	32,4	25,4
Edam/Gouda	54,0	45,0	25,4	24,1
Tilsit	54,0	45,0	25,4	24,1
Brie	48,0	50,0	25,5	21,1
Camembert	46,0	45,0	21,8	21,0
Limburg	47,0	40,0	19,7	23,2
Romadur	43,0	30,0	14,1	24,8
Feta	37,0	40,0	16,0	18,4
Cottage	20,0	20,0	5,0	10,0
Taze Tip Peynir	25,0	40,0	10,3	9,0

Peynirin doku ve tat gibi karakteristik özelliklerinin oluşmasında en önemli faktörlerin başında yağ içeriği gelmektedir. Peynirin yağ içeriği peynire işlenecek olan sütün yağ oranı ile doğrudan bağlantılıdır ve çoğu zaman tüketiciler süt yağının peynirin duysal kalitesine etkisinden dolayı genellikle tam yağlı peynirleri tercih etmektedirler. Yağ içeriği hem peynirin tekstür özelliklerini etkilerken, hem de olgunlaşma sırasında lipaz enzimi tarafından serbest yağ asitlerine parçalanan yağ molekülleri peynirin karakteristik aromasının oluşmasında da oldukça önemli bir yere sahiptir. Oluşan bu kısa, orta ve uzun zincirli yağ asitleri yağın vücutta daha kolay sindirilebilmesini sağlarken, aynı zamanda hem enerji kaynağı olarak kullanılır hem de yağda çözünebilir proteinlerin vücutta emiliminin sağlanması açısından önemli bir işlevi yerine getirir (Boran, 2012; Drake et al, 2010; Mistry, 2001; Erdoğan vd., 2012).

Peyniri günlük beslenmede mutlaka alınması gereken önemli bir gıda maddesi haline getiren bileşini, biyolojik olarak yüksek öneme sahip olan protein içeriğidir. Peynirde bulunan protein oranı öncelikle sütün içerdiği protein oranına bağlı olmakla birlikte, üretim basamakları ve depolama koşulları da peynirin protein içeriğini etkileyen diğer önemli parametrelerdir. Bu bağlamda, farklı peynirlerin protein oranı 5 ile 30 arasında değişkenlik göstermektedir (Guinee, 2003; Soodam and Guinee, 2018, Ganesan et al, 2012).

Peynirde bulunan en önemli protein süttten gelen kazein proteindir (Özdemir ve Özcan, 2019). Kazein diğer proteinler gibi yapıtaş olarak karbon, hidrojen, oksijen, azot ve kükürt elementlerini içermesinin yanı sıra, diğer proteinlerden farklı olarak fosfor elementi de içermektedir (Şekil 2.1). Kazein doğada sadece sütte bulunur ve sütün enzim veya asit ile koagüle olarak peynir yapısını kazanmasını sağlayan en önemli bileşenidir (Kruif and Holt, 2003; Koçak, 1987; Mulvihill and Fox, 1990).



Şekil 2.1 Kazein Proteininin Kimyasal Yapısı (Dhasmana et al, 2021)

Peynir, kazeinin yanı sıra eser miktarda serum proteini, peptit ve amino asitte içermektedir (Özdemir ve Özcan, 2019; Tuncel, 2005). Peynir üretimi ve olgunlaşması esnasında kullanılan starter kültür ve mayaların enzimleri peptitlerin parçalanmasını sağlayarak serbest aminoasitlerin oluşmasını sağlar ve bu amino asitlerin birçoğu vücudumuz tarafından sentezlenmeyen, vücudumuzda hücre yapımı, onarımı ve enfeksiyonlara karşı mücadelede gibi önemli metabolitik süreçlerde kullanılan esansiyel aminoasitlerdir (Gonzales et al, 1991).

Peynirin besin içeriği karbonhidrat bakımından incelendiğinde, peynirin karbonhidrat açısından zengin bir ürün grubu olmadığı anlaşılmaktadır. Sütte bulunan laktozun çok büyük bir kısmı peynir üretimi esnasında peynir altı suyuyla birlikte uzaklaşmaktadır. Sütte kalan küçük miktardaki laktoz ise olgunlaşma

esasinda laktik aside ve aroma maddelerine dönüşmektedir (Ertekin ve Seydim, 2009; Özcan vd., 2020). Bu açıdan bakıldığında peynirin bir karbonhidrat kaynağı olmadığı anlaşılmaktadır ve bu sebeple peynir diyet menülerinde sıklıkla kullanılan bir gıda maddesi olmuştur. Aynı zamanda bu düşük miktardaki laktoz miktarı, peynirin ve diğer fermente süt ürünlerinin laktoz intoleransına sahip bireylerin tüketmesi için uygun bir süt ürünü olduğunu göstermektedir (Demirgöl ve Sağdıç, 2018; Savcı, 2020).

Çizelge 2.3 Farklı Tip Peynir Çeşitlerine Ait Ortalama Mineral ve Vitamin İçerikleri (Üçüncü, 2008)

Peynir Çeşidi	Miktar (mg/100 g)				
	Kalsiyum	Fosfor	Sodyum	Potasyum	Magnezyum
Parmesan	1300	850	1200	100	44
Cheddar	760	500	640	90	30
Emmental	1080	730	250	90	43
Edam/Gouda	800	600	800	100	40
Tilsit	800	500	750	100	40
Mozerella	400	340	450	100	16
Camembert	350	300	930	150	20
Cottage	80	140	380	75	8
Yağsız Taze Peynir	90	190	30	120	9

Peynir Çeşitleri	Miktar (100 gramda)						
	A (mg)	B1 (µg)	B2 (mg)	B6 (µg)	B12 (µg)	Folik Asit (µg)	Tokoferol (mg)
Emmental	0,33	35	0,3	105	2,7	12	0,9
Cheddar	0,36	35	0,4	75	1	16	1
Edam/Gouda	0,21	35	0,35	70	1,9	25	0,7
Tilsit	0,25	45	0,35	65	2,3	16	0,8
Mavi Küflü P.	0,4	36	0,5	100	1,2	45	0,9
Camembert/Brie	0,3	40	0,52	150	1,8	60	0,7
Cottage	0,08	28	0,24	55	1	15	0,2

Peynir ayrıca iyi bir vitamin ve mineral kaynağıdır (Çizelge 2.3). Peynir içerdiği yağ miktarı ile doğru orantılı olarak yağda çözünen vitaminler olan A, D, E ve K vitaminlerini içermektedir. Bu vitaminler bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi açısından oldukça önemli görevler üstlenmektedir. Yağda çözünen vitaminlerin yanı sıra peynir, suda çözünen vitamin grubuna dahil olan B grubu vitaminleri B2, B6 ve B12 açısından da oldukça zengin bir süt ürünüdür.

Ayrıca peynir yüksek miktarda kalsiyum ve fosfor içererek mineral madde bakımından da zengin bir gıda ürünüdür. Peynirdeki kalsiyum ve fosfor her yaştan tüketicinin kemik ve diş sağlığı için önemlidir ve günlük alınması gereken miktarın yüksek bir kısmını karşılamaktadır (Walther et al, 2008, Üçüncü, 2008, Stancher and Zonta, 1983).

2.2.3 Peynir Üretimi

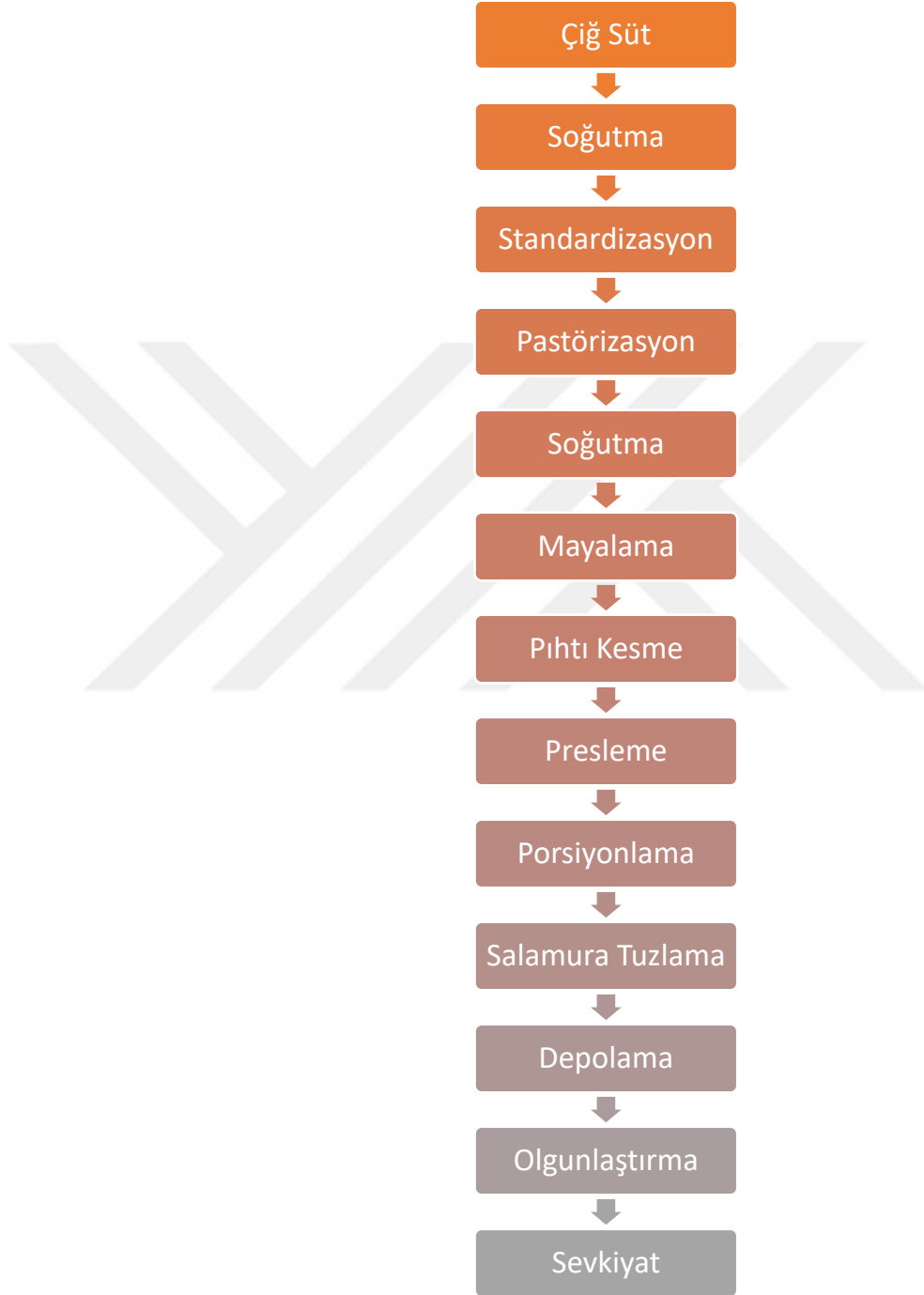
Antik zamanlardan beri kullanılan bir üretim prosesi olan peynir üretim prosesi, günümüzde artan talep ile doğru orantılı olarak hala geliştirilmekte olup endüstriyel üretimlerde ve gastronomi içerisinde bir sanat haline gelen butik üretimler ile her damak zevkine hitap edebilecek duyuşsal karaktere sahip, farklı özelliklere ve besin içeriğine sahip peynirlerin üretiminin gerçekleştirilebilmesini sağlar.

Sütün daha dayanıklı ve sevkiyatı kolay bir forma dönüştürülmesi gerekliliği sonucu keşfedilen peynir, zamanla birçok kültür tarafından bir gıda işleme prosesine dönüştürülerek, günümüzde üzerinde profesyonel olarak çalışılan bir üretim tekniği halini almıştır ve milyarlarca dolarlık bir pazar hacmine sahiptir. Üretimi gerçekleştirilen en önemli süt ürünlerinden birisini olup, dünya üzerinde elde edilen sütün yaklaşık olarak 4'te 1'i peynire işlenmektedir (Shahbandeh, 2020). Keşfedilmesinden günümüze kadar hem mutfakların vazgeçilmez bir lezzeti haline gelmiştir hem de geçmişte birçok dini ritüellerde bile kullanılan kutsal bir gıda maddesi olan peynirin üretimi 2021 yılında 21 milyon metrik tona ulaşmıştır (Shahbandeh, 2022).

Peynir süte oranla hacim olarak çok daha az yer kaplaması ve süte oranla daha dayanıklı bir gıda maddesi olmasından dolayı çok uzak yerlere dahi ticareti yapılabilen bir gıda maddesi olmasının yanı sıra, modern ve antik insan midesi tarafından sindirilmesi zor bir şeker olan laktozu süte oranla daha az içirme özelliği ile de daha çok tercih edilen bir süt ürünü olmuştur. Peynir üretim prosesi esnasında sütün içerdiği laktozun neredeyse tamamına yakını peynir altı suyu ile uzaklaşmakta ve böylece peyniri süte göre daha kolay sindirilebilir bir gıda formuna dönüştürmüş olmaktadır (Demirgöl ve Sağdıç, 2018; Savcı, 2020).

İnsanoğlunun keşfettiği en eski süt ürünlerinden birisi olan peynirin günümüzde üretimi gerçekleştirilen binlerce çeşidi ve bu çeşitlere bağlı olarak da

farklı teknolojik ve geleneksel üretim teknikleri bulunmaktadır. Birçok farklı peynir türüne özgü çok özel peynir üretim teknikleri olmasına rağmen peynir üretim sürecinin temel basamakları genel olarak benzer süreçlerden oluşmaktadır. Peynir üretim basamaklarının genel basamakları Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

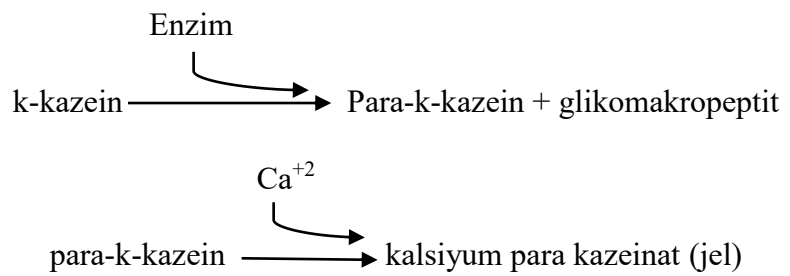


Şekil 2.2 Peynir Üretimi Temel Basamakları

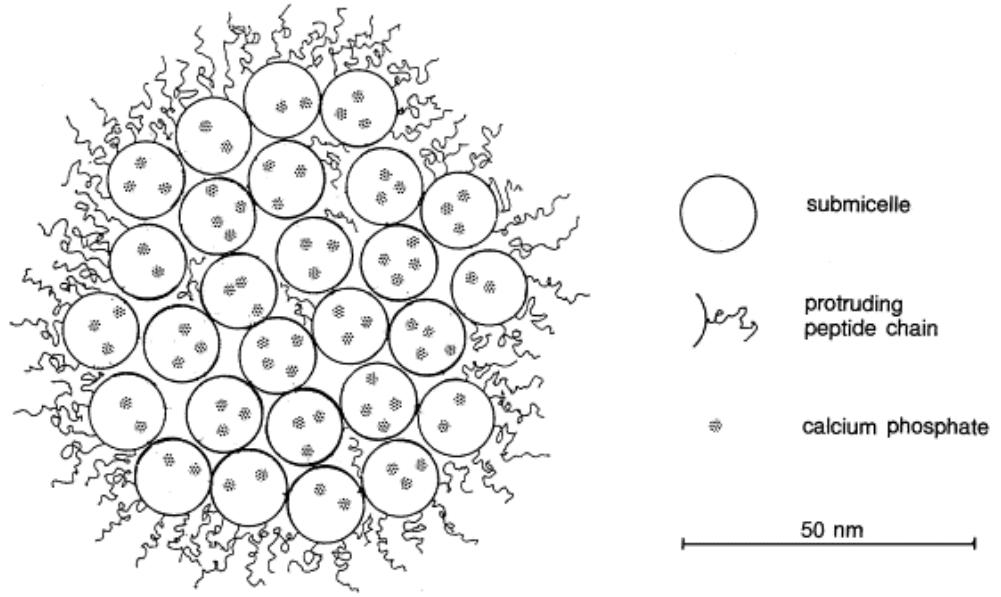
Bu basamaklar içinde tüm peynir proseslerinde süttten peynirin üretilebilmesini sağlayan ana basamak pıhtılaşma basamağıdır. Pıhtılaşma işlemi,

süt içerisinde bulunan ana protein fraksiyonu olan kazeinin asit veya enzim ilavesi ile stabilizasyonunun bozulması ve böylece sütün sıvı halden jel faza geçmesidir (Li and Zhao, 2019; McMahon and Brown, 1984; Özcan ve Özdemir, 2019). Geleneksel peynir üretiminde jelleşme işleminin gerçekleşmesi amacıyla yaygın olarak buzağı rennin ve pepsin enzimlerini içeren renneti kullanılmaktaydı (Madadlou et al, 2005; Moschopoulou, 2011). Günümüzde ise pıhtılaşma basamağının gerçekleşmesi amacıyla sığır renneti kullanan üreticilerin olmasının yanı sıra, çoğu üretici peynir üretiminin çok fazla olması ve buna karşılık buzağı sayısındaki yetersizlik, fiyatının yüksek olması, Hindistan vb. ülkelerde buzağı kesilmesinin yasak olması ve çevreci grupların baskıları sonucu diğer rennet çeşitlerine yönelmiştir. Günümüzde sığır renneti yerine yaygın olarak gen teknolojisi yardımı ile üretilen *Escherichia coli*, *Kluyveromyces lactis*, *Aspergillus niger* vb. bakteriyolojik suşlardan elde edilen kimozenler, *Rhizomucor miehei*, *Rhizomucor pusillus*, *Cryphonectria parasitica* gibi mantar türlerinden elde edilen proteinazlar ve bunların yanında tavuk ve domuz rennetleri ve incir, papain gibi bitkilerin kök, sap, meyve, çiçek gibi kısımlarından elde edilen bitkisel pıhtılaştırıcılar kullanılmaktadır (Çakmakçı vd., 2017; Roseiro et al, 2003; Eroğlu ve Özcan, 2018).

Rennin enzimi ile kazein misellerinin pıhtılaşması iki farklı tepkime sonucu açığa çıkmaktadır.



İki farklı tepkimenin sonucunda kazein kalsiyum ile kompleks oluşturarak süt içerisinde koloidal halde bulunan proteinlerin stabilizasyonunun bozulmasına ve böylece proteinlerin itici kuvvetinin azalıp kümeleşmesi sonucu pıhtı yapısının oluşmasını sağlar (Şekil 2.3) (Metin, 1996, Guinee and Wilkinson, 1992).



Şekil 2.3 Kazein Misellerinin Oldukça Şematik Olan Gösterimi (Walstra, 1999)

Peynirin pıhtılaşma basamağı neredeyse tüm peynir üretim basamaklarının ortak noktası olmasına karşın, peynirin türüne özel diğer üretim basamaklarının sayısı ve koşulları oldukça değişiklik göstererek peynire kendi karakteristik özelliklerini kazandırmaktadır. Örneğin ülkemizde oldukça yaygın olarak üretimi ve tüketimi gerçekleştirilen peynir türlerinden birisi olan kaşar peynirin üretimi, geleneksel peynir üretim basamaklarına ek olarak telemenin haşlanması ve yoğurulması gibi ek basamaklar içermektedir (Karaman ve Akbulut, 2006; Demir, 2016). Bu ek basamaklar kaşar peynire hafif esnek olan yapısını yapısını ve ısı altında erime özelliğini kazandırır. Dünyaca ünlü olan gravyer peyniri ise uzun süre yoğurulma ve mayalanma süreçlerine ek uzun depolama sürecinde belirli aralıklar ile döndürülme işlemine tabi tutularak içerisindeki gaz oluşumuna sebep olan kültürlerin vasıtasıyla karakteristik özelliği olan delikli yapısını kazanması sağlanır (Kamber vd., 2008; Çetinkaya and Öz, 2019).

Peynir üretimi sonucu peynirin yanı sıra açığa çıkan diğer bir önemli yan ürün ise önemi son yıllarda daha iyi anlaşılan ve birçok gıda üretiminde zengin içeriği sayesinde yıllardır hammadde olarak kullanılan peynir altı suyudur.

2.3 Peyniraltı Suyu

Peynir altı suyu, peynir yapımı sırasında pıhtı kesimi işleminden sonra geleneksel süzme tekniği ile ya da diğer teknolojik yöntemler kullanılarak pıhtıdan uzaklaştırılan, riboflavin (B2) kaynaklı sarı-yeşilimsi bir rente olan (Şekil

2.4), zengin besin içeriğine sahip önemli bir sütçülük yan ürünü olarak tanımlanmaktadır. (Smithers, 2008; TGKY, 2015; Özcan ve Delikanlı, 2011). Peynirin türüne göre değişmekle birlikte genel olarak peynir üretimine giren sütün yaklaşık olarak %75-80'i peyniraltı suyu olarak ayrılmaktadır (Dinçoğlu ve Ardiç, 2012). Ayrıca peyniraltı suyu sütün besin içeriğinin yaklaşık olarak %55'ini içermektedir.



Şekil 2.4 Mayalanma Sonrası Pıhtıdan Ayrılan Peynir Altı Suyu

Peyniraltı suyu sahip olduğu laktoz, süt yağı, protein, amino asitler, mineral maddeler ve vitaminler ile oldukça zengin bir besin bileşimine sahiptir. Bu zengin içeriği sayesinde günümüzde bir atık olarak değerlendirilmemekte, çeşitli teknolojik arıtım proseslerine tabi tutularak birçok farklı sektörde kullanılan bir hammadde konumuna yükselmiştir (Yüksel, 2019; Zandona et al, 2021).

Peyniraltı suyunun kimyasal kompozisyonunu ve diğer fonksiyonel özelliklerini belirleyen birçok parametre bulunmaktadır. Bunlar arasında peynir üretiminde kullanılan sütün çeşidi (inek, koyun, manda), mevsimsel özellikler, hayvanın beslenmesi alışkanlıkları, hastalık ve gebelik süreci ve peynir üretim sürecinde uygulanan sıcaklığa, pıhtının parçalanma biçimine ve peynirin asit veya enzim yardımıyla pıhtılaştırılmasına bağlı olarak değişmektedir (Jeličić et al, 2008; Yerlikaya vd., 2010).

Peynir üretimi esnasında pıhtının asit yardımı ile veya enzim yardımı ile pıhtılaşması sonucu birbirinden farklı bileşimlere ve özelliklere sahip iki farklı türde peynir altı suyu açığa çıkmaktadır.

2.3.1 Peyniraltı Suyu Çeşitleri ve Kimyasal Kompozisyonları

Peyniraltı suyu, kazeinin koagüle edilme tipine göre tatlı ve ekşi peyniraltı suyu olmak üzere iki çeşide ayrılmaktadır. Peynir üretim sürecinde pıhtılaştırma işlemi eğer asit yardımı ile gerçekleşiyor ise oluşan peyniraltı suyu “ekşi peyniraltı suyu” veya “asit peyniraltı suyu” olarak adlandırılırken, eğer pıhtılaşma işlemi enzimler yardımı ile gerçekleştiriliyor ise oluşan peyniraltı suyu “tatlı peyniraltı suyu” veya “maya peyniraltı suyu” olarak adlandırılmaktadır (Alsaed et al., 2013; Królczyk et al., 2016; Güzeler vd., 2017).

Peynirin farklı oluşum süreçleri sonucunda oluşan bu iki farklı peynir altı suyundan asit yardımı ile pıhtılaştırılan peynir altı suyunun pH’ı maksimum 5,1 iken, enzim yardımı ile pıhtılaştırılan telemeden ayrılan peynir altı suyunun pH’ı minimum 6,2’dir. İki farklı peynir altı suyunun pH dereceleri yanında bileşimleri de birbirinden farklılık göstermektedir (Çizelge 2.4) (Tsakali et al., 2010).

Çizelge 2.4 Tatlı ve Ekşi Peynir Altı Sularının Bileşimlerinin Karşılaştırılması
(Tsakali et al., 2010)

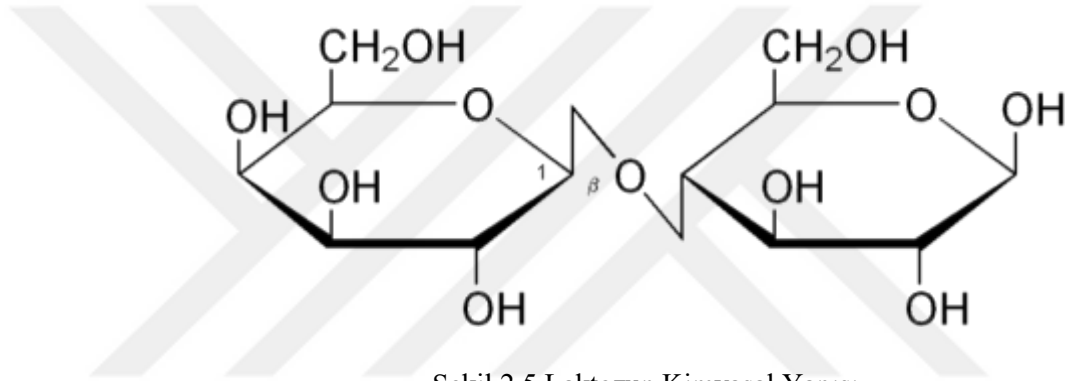
	Tatlı Peynir Altı Suyu	Ekşi Peynir Altı Suyu
Su	93,0 - 94,0	94,0 - 95,0
Kuru Madde	6,0 - 6,5	5,0 - 6,0
Laktoz	4,5 - 5,0	3,8 - 4,3
Laktik Asit	İz Element	Min 0,8
Total Protein	0,8 - 1,0	0,8 - 1,0
PAS Proteini	0,6 - 0,65	0,6 - 0,65
Sitrik Asit	0,1	0,1
Toplam Mineral	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7
Kalsiyum	0,04 - 0,06	0,12 - 0,16
Fosfat	0,1 - 0,3	0,2 - 0,45
Laktat	0,2	0,2
Klorür	0,1	0,1
pH	6,4 - 6,2	4,6 - 5,1

Yukarıdaki tabloda gözlendiği üzere birbirine oldukça yakın değerlere sahip olmasına karşın tatlı ve ekşi peynir altı suyu bileşimleri birbirinden farklılık göstermektedir. Dünya genelinde peynir üretiminde kazeinin pıhtılaştırılması genel olarak enzim yardımı ile gerçekleştirilmektedir, bu nedenle açığa çıkan peynir altı suyunun çoğu genellikle tatlı peynir altı suyu olmaktadır.

Peyniraltı suyu birçok farklı bileşen içererek zengin bir kimyasal kompozisyona sahiptir ancak peynir altı suyunu endüstride önemli bir hammadde olmasını sağlayan bileşenleri laktoz ve peynir altı suyu proteinleridir.

2.3.1.1 Laktoz

Laktoz (4-O-β-D-Galactopyranosyl-D-galactopyranose) doğada yüksek oranda sadece sütte bulunan ve bu sebepten dolayı süt şekeri olarak adlandırılan, D-glikoz ve D-galaktoz monosakkaritlerinden oluşan bir disakkarittir (Şekil 2.5). Süt çeşitlerine göre farklılık göstermekle birlikte genel olarak sütte 4,5-5 % v/v arasında bulunan laktozun moleküler çapı 0.00067-0.001 µm ve yoğunlu 20°C’de 1.54 -1.59 g/ml’dir (Holsinger, 1988; Demirhan, 2007; Fox, 2009)



Şekil 2.5 Laktozun Kimyasal Yapısı

Yeni doğan yavrunun beslenmesi için gerekli karbonhidratı sağlayan ve probiyotik özelliğe sahip olan laktoz, ince bağırsaktaki epitelyum hücreleri tarafından salgılanan laktaz enzimi tarafından kendini oluşturan glikoz ve galaktoz alt birimlerine hidrolize olmaktadır. Açığa çıkan glikoz genellikle enerji kaynağı olarak kullanılırken, galaktoz bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde, hücreler arası iletişimde ve nörolojik gelişimde görev almaktadır. Bu sebepten dolayı yeni doğan yavrunun gelişimi için son derece önemli bir moleküldür (Romero et al., 2019; Akal ve Yetişemeyen, 2020).

Bebeğin süttten kesilmesi ile birlikte yetişkinliğe geçen sürede laktaz aktivitesi zamanla düşerek yetişkin bireylerde laktozun sindiriminde azalmaya neden olurken, bazı yetişkinlerde ise laktaz aktivitesinin korunduğu ve bu sayede süt ürünlerini kolayca tüketebildiği belirlenmiştir. Dünya geneline bakıldığında, Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinde popülasyonun yaklaşık %5-15’i, Afrika,

Asya ve Güney Amerika popülasyonunun ise yaklaşık olarak %50-90'ı laktoz intoleransına sahiptir (Oak ve Jha, 2019).

Peynir üretimi esnasında sütün içerisinde bulunan laktozun neredeyse tamamının peyniraltı suyu vasıtasıyla uzaklaştığı bilinmektedir. Peyniraltı suyunun içerdiği bu yüksek laktoz konsantrasyonu, onun suyun oksijen dengesini bozarak su yaşamını olumsuz etkilemesini ve önemli çevre sorunlarına sebebiyet vermesine neden olmaktadır. Bu sebeple süt sektörünün gelişmiş olduğu bazı ülkelerde arıtımı gerçekleştirilmeyen peynir altı sularının doğaya verilmesi yasaklanmış ve belirli teknolojik işlemlerden geçirilerek tekrar değerli ürünlere dönüştürülmesi sağlanmıştır. (Tarakçı ve Küçüköner, 2005; de Souza et al., 2010, Harju, 2001).

Yüksek laktoz içeriği sayesinde önemli bir laktoz hammaddesi olan peyniraltı suyundan ters osmozlu filtrasyon yöntemi kullanılarak yaklaşık olarak 40kg/ton laktoz elde edilebilmektedir. Yeteri kadar laktozundan arındırılan peynir altı suyunun Biyolojik Oksijen Gereksiniminin (BOD) %85 – 90 civarında azaldığı gözlemlenmiştir. Böylece hem laktoz atık bir maddeden geri kazandırılarak ekonomiye katkı sağlar hem de peyniraltı suyunun çevre kirleticiliği önemli ölçüde azaltılabilir (de Souza et al., 2010).

2.3.1.2 Süt Yağı

Peyniraltı suyu, peynire işlenen sütün yağının bir miktarının pıhtılaşma sonrasında peyniraltı suyuna kaçmasından dolayı yaklaşık olarak % 0,3-0,6 arasında değişen oranlarda süt yağı içermektedir. Süt yağı oldukça değerli bir süt bileşeni olup birçok sektörde yaygın olarak kullanılmakta ve en fazla işlenmesi gerçekleştirilen ve sütün en pahalı olan bileşenlerinin başında gelmektedir (Barlowska et al., 2009; Kasaai, 2005; Himmetağaoğlu vd., 2019, Dinçoğlu ve ardıç, 2012).

Süt yağı, su emülsiyonu içinde globüller halinde bulunmaktadır ve bu globüller oldukça zengin ve karmaşık bir yağ asidi kompozisyonuna sahiptir. Süt yağ kompozisyonu ile 400'ün üzerinde yağ asidinin tanımlaması gerçekleştirilmiştir (Büyükbeşe vd., 2016; Pădureț, 2021). Süt yağ asitleri kompozisyonu, sütün kaynağı, hayvanın genetik yapısı, beslenme, mevsimsel değişimler vb. birçok parametreden etkilenmektedir ancak genel olarak bu

kompozisyonun yaklaşık olarak %97-98'lik kısmını trigliseridler, %0,2-1,0 kısmını fosfolipidler,, %0,22-0,41 kısmını serbest steroller ve geri kalan kısmını serbest yağ asitleri ve yağda eriyen vitaminler (A, D, E, K) oluşturmaktadır (Tomaino et al., 2001 Feng et al., 2004; Topniko et al., 2019).

Süt yağı vücudumuzda enerji eldesi başta olmak üzere birçok metabolitik süreçte kullanılmasının yanısıra zengin yağ asidi kompozisyonu içerisinde bulunan konjuge linoleik asit, sifingomiyelin, bütirik asit, miristik asit gibi özel bileşenler içermesinden dolayı ve yağda eriyen vitaminlerin vücuda alınmasında önemli rol oynadığı için sağlık açısından da oldukça önemli bir süt bileşenidir (Büyükbeşe vd., 2014; Contarini and Povololo, 2013; Parodi, 1997).

2.3.1.3 Peynir Altı Suyu Proteinleri

Peynir altı suyu proteinleri, peynir üretimi sırasında açığa çıkan peyniraltı suyunun zengin besin kompozisyonu içerisinde yer alan ve günümüzde peynir altı suyunun teknolojik olarak önemli bir hammadde konumuna gelmesini sağlayan en önemli bileşenleridir. Her biri farklı moleküler ağırlığa, farklı fonksiyonel özelliklere ve farklı biyolojik aktiviteye sahip olan bu proteinler asidik/bazik ve hidrofobik/hidrofilik amino asitlerinden oluşan globüler proteinlerdir (Wijayanti et al., 2014; Madureira, 2007; Özen ve Kılıç, 2007).

Yüksek besin değerine sahip peynir altı suyu proteinleri, major ve minor proteinler olmak üzere iki farklı grup altında sınıflandırılmıştır. Majör peynir altı suyu proteinleri toplam peynir altı suyu proteinlerinin yaklaşık olarak %70-80'ini oluşturan β - laktoglobülin, α - laktalbümin, serum albümin, immünglobülinler ve glikomakropeptidlerdir. Toplam peynir altı suyu proteinlerinin geri kalanını oluşturan minör peynir altı suyu proteinleri ise, laktoperoksidaz, laktoferrin, mikroglobulin, lizozim, insulin benzeri büyüme faktörü, γ - globülinler ve diğer birkaç küçük proteinden oluşmaktadır (Bayram, 2007; Pihlanto et al., 2003; Yalcin, 2006). Peyniraltı suyunu oluşturan bu zengin protein içeriği, lisolösin, L-lösin ve L-valin gibi kısa zincirli aminoasitleri yüksek konsantrasyonda içermenin yanısıra, sistein ve metiyonin gibi sülfür içeren aminoasitleri içermesi ile de diğer protein kaynaklarının çoğundan daha üstün bir esansiyel aminoasit kaynağı olma özelliği taşımaktadır (De Wit, 1998; Karagözlü ve bayarar, 2004).

Peynir altı suyu içerisinde bulunan konsantrasyonları, peynire işlenen sütün çeşidi ve peynire uygulanan teknolojik işlemler gibi birçok faktöre bağlı olarak değişen major ve minor proteinlerin konsantrasyonu Çizelge 2.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.5 Peynir Altı Suyu Proteinleri ve Konsantrasyonları (Minj and Anand, 2020; Babour et al., 1984)

	Peynir Altı Suyu Proteini	Konsantrasyon (g/L)
Major	β - Lactoglobulin	1,3
	α -lactalbumin	1,2
	Serum Albumin	0,4
	Immunoglobulinler	0,7
	Glikomakropeptitler	1,2
Minör	Laktoperoksidaz	0,03
	Laktoferri	0,1
	Lizozim	0.00058

Süt proteinlerinin yaklaşık olarak %10-15'ini oluşturan ve peynir altı suyu proteinleri arasında %50-60 ile en yüksek konsantrasyona sahip olan β -Laktoglobulin, sistein amino asiti bakımından zengin bir proteindir (Papiz et al., 1986, Gür vd., 2010). Birçok farklı varyantı bulunan β -laktoglobulinin en yaygın olarak bulunan iki varyantı A ve B varyantlarıdır. Bu varyantların her ikisi de 162 amino asit içerir ancak 64. ve 118. pozisyonlarında iki aminoasit ile farklılık göstermektedirler (Mensi et al., 2013). Globüler yapıdaki bu protein midedeki asitlere ve proteolitik enzimlere karşı oldukça stabil bir davranış sergilemektedir (Gür vd., 2010). Retinole karşı oldukça yüksek afiniteye sahip olan β -laktoglobulin, retinolün inekten buzağıya taşınmasında görev alarak önemli bir biyolojik fonksiyonu yerine getirmektedir. Ancak bu biyolojik fonksiyonun bebekler için etkisi az olduğu için β -laktoglobulin insan sütünde oldukça az miktarda bulunmaktadır (Pérez and Calvo, 1995; Gür vd., 2010, Pervaiz and Brew, 1985).

Peynir altı suyunda bulunan bir diğer önemli protein olan α -Laktalbumin, süt proteinlerinin yaklaşık %2-5'ini oluştururken peynir altı suyu proteinlerinin %15'ini oluşturmaktadır. Kısa zincirli aminoasitlerin iyi bir kaynağı olan ve A,B,C olmak üzere 3 farklı genetik varyasyona sahip olan bu protein 123 amino asitten oluşmaktadır ve meme bezlerinde laktozun sentezlenmesi sırasında koenzim olarak

görev almaktadır (Permyakov and Berliner, 2020; Stanciuc and Rapeanu, 2010). Anne sütündeki proteine yapı ve kompozisyon açısından benzediği için gıda sanayisinde bebek mamalarının formülasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır (Besler, 2001, Layman et al., 2018).

İmmünoglobulinler peynir altı suyunda Ig A, Ig E, Ig M ve Ig G'nin fraksiyonları şeklinde bulunmaktadır. Peynir altı suyu proteinlerinin bu önemli grubu yetişkinlerde bağışıklık sistemini desteklerken, bebekler için pasif immunitenin sağlanmasında görevlidir. Yüksek sistein içeriğine sahip serum albumin ise karaciğerde glutatyon üretiminde rol almakla birlikte, β -laktoglobulin ile birlikte yağ asitlerinin ve lipidlerin bağlanması görevlidir (Marshall, 2004; Al-Mashikhi and Nakai, 1987). Çok yönlü biyolojik fonksiyona sahip bir diğer protein olan laktoferrin, demir bağlayıcı bir protein olup antimikrobiyal, antifungal ve antiviral özellik göstermektedir (Ndiaye et al., 2010). Ayrıca kemik ana hücrelerinin gelişiminde rol oynayan laktoferrin kemik gelişimini desteklemektedir ve yararlı bağırsak bakterilerinin gelişiminde etkilidir. Patojen mikroorganizmaları yok etme özelliğinden dolayı birçok farklı sektörde kendine kullanım alanı bulan laktoperoksidaz, antioksidan özelliğe sahip bir diğer önemli peynir altı suyu proteindir (Trybek et al., 2016; El-Loly and Mahfouz, 2011). Sütün bileşiminde bulunan proteinlerin hidrolizi sonucu oluşan önemli bir protein olan glikomaktopeptit, peynir altı suyu bileşiminde bulunan ve vücutta trombosit artışının önlenmesi, probiyotik bakteri florasının düzenlenmesi gibi önemli işlevleri yerine getiren diğer bir protein fraksiyonudur (El-salam, 2010, Jauregui et al., 2018).

Peyniraltı proteinlerinin sahip olduğu biyolojik aktivitelerinin yanı sıra gıda endüstrisinde kullanılmalarını sağlayan Çizelge 2.6'da gösterilen birçok fonksiyonel özelliğide de sahiptirler. Peyniraltı suyu proteinlerinin gıda endüstrisinde en fazla kullanıldığı alan sporcu gıdaları, diyet gıdalar, fırıncılık ürünleri ve süt ürünlerinin proteince zenginleştirilmesidir. Bunun yanı sıra peyniraltı suyu proteinleri birçok üründe aminoasit içeriğini arttırma, viskoziteyi geliştirme, jel oluşturma, çözünürlüğü arttırma, tekstür iyileştirme ve su absorpsiyonunu arttırma gibi birçok farklı amaç için başta gıda endüstrisi olmak üzere ilaç, yem, kozmetik sanayisinde kullanılmaktadır (Jovanovic et al., 2005; De Wit, 1998; Kumar et al., 2018; Luo and Wang, 2016, Tsakali et al, 2010).

Peynir Altı Suyu Proteini	Moleküler Ağırlık (kDa)	Amino Asit Sayısı	İzoelektrik Noktası	Denatürasyon Sıcaklığı (oC)	Biyolojik Fonksiyonları
β- Lactoglobulin	18,3	162	5,2	71,9	Retinol palmitat, yağ asitleri, D vitamini ve kolesterol taşınması, Pasif bağışıklığın transferi, fosfor metabolizmasının düzenlenmesi
α-lactalbumin	14,2	123	4,8	64,3	Kanserin önlenmesi, laktoz sentezi, stres kaynaklı hastalıkların tedavisi, immonomodulator, Ca taşıyıcı
Sığır Serum Albumin	66,4	583	4,7 - 4,9	72,0 - 74,0	Yağ asitleri taşıyıcısı, antioksidan, antitumör fonksiyon, kanserin önlenmesi
Immunoglobulinler	25-70		5,5 - 6,8		İmmün sistem koruyucu, antimikrobiyal, antifungal, opioid aktivite
Glikomakropeptitler	6,7	64	4	80	Antiviral, enterotoksin bağlayıcı, bifidojenik
Laktoperoksidaz	78,5	612	9,2	70	Antimikrobiyal, immun olmayan savunma sisteminin parçası
Laktoferrin	80	700	8,0 - 8,5	63,0 - 90,0	Antibakteriyel, antifungal, antiviral, antioksidan, immunomodulator, demir bağlayıcı, antikanserojen, antiinflamatuvar, yararlı bakterilerin gelişimini teşvik edici
Lizozim	14 - 15	129	11	75	Antimikrobiyal

Çizelge 2.6 Peynir Altı Suyu Proteinleri Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyolojik Fonksiyonları (Minj and Anand, 2020; Madureira et al., 2007, Koksall et al., 2016; Gajda and Bugla-Płoskońska, 2014; Ahmed and Ramaswamy, 2003; Wu et al, 2015; Sharma et al., 2013; Gür vd., 2010; LaChair et al., 20

Peyniraltı suyunun laktoz, yağ, protein ve diğer besin öğelerinden oluşan zengin kompozisyonu ve dünya çapında çok yüksek miktarlarda üretilmesi onu arıtımı gerçekleştirilmediği ve doğrudan doğaya verilemesi durumunda halinde önemli çevre sorunlarına neden olabilecek bir problem haline getirmektedir.

2.3.2 Peyniraltı Suyunun Çevreye Zararları ve Arıtımı

Dünya genelinde artan nüfus ile birlikte toplam peyniraltı suyu üretiminin gün geçtikçe arttığı ve günümüzde toplam peyniraltı suyu üretiminin yaklaşık olarak 25 milyon ton/yıl olduğu düşünüldüğünde, peyniraltı suyunun arıtımı çevre üzerinde yarattığı tehlike de gün geçtikçe artmaktadır (Fox et al., 2017). Süt sektörünün gelişim gösterdiği ülkelerin dışındaki çoğu ülkede hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmayan PAS'daki organik maddeler fermentasyona uğrayarak önemli düzeyde çevre kirliliğine neden olabilecek bileşenleri oluşturmakta ve döküldüğü sulardaki ve topraktaki biyolojik denge için önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Sebastián-Nicolás et al., 2020; Spalatel, 2012).

Peynir altı suyu biyolojik oksijen (BOD) ve kimyasal oksijen gereksinimi yüksek bir atıktır. Biyolojik oksijen gereksinimi, atık sulardaki indirgenmiş maddelerin oksidasyonu için mikroorganizmalar tarafından kullanılan çözünmüş oksijenin miktarını göstermektedir ve peynir altı suyu ortalama 30000-45000 mg/L değeri ile oldukça yüksek bir biyolojik oksijen gereksinimine sahiptir (Prazeres et al., 2012; Geerdink et al., 2017). Kimyasal oksijen gereksinimi ise sudaki yükseltgenbilir maddelerin kimyasal yolla oksitlenmeleri için gerekli oksijen miktarını tanımlamaktadır ve kimyasal oksijen gereksinimi biyolojik yolla ayrışmayan maddeleri de içerdiğinden değer olarak her zaman biyolojik oksijen gereksiniminden yüksektir (Boyles, 1997; Geerdink et al., 2017). Peynir altı suyunun kimyasal oksijen gereksimi 60000-80000 mg/L arasında değişmektedir (Carvalho et al., 2013; Prazeres et al., 2012).

Sahip olduğu yüksek BOD ve COD değerlerinden görüldüğü üzere çevre kirleticiliği yüksek olan peynir altı suyunun kimi ülkelerde arıtımı gerçekleştirilmeden doğaya ve kanalizasyona bırakılması yasaklanmıştır. Geri dönüşümü gerçekleştirilerek birçok farklı ürünün eldesinde kullanılan ve böylece sahip olduğu organik ve inorganik madde yükünden bir nebze olsun kurtulan

peyniraltı suyu daha az kirletici bir atık haline gelerek çevre için daha az tehlike oluşturmaktadır (Pesta et al., 2007; Carvalho et al., 2013).

Gelişen teknoloji ile birlikte peynir altı suyunun berteraf edilmesinin ve ürünlerin yapısında kullanmanın birçok yolu bulunmaktadır. Kullanılmak istenen amaca, elde edilmek istenilen ürüne ve maliyete göre çöktürme, yüzdürme, ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon, nanofiltrasyon, membran filtrasyon, kromatografi ve sprey kurutma, konsantre etme, aerobik ve anaerobik arıtım, elektrokoagülasyon vb. prosesler peyniraltı suyunun arıtımı ve peynir altı suyundan ürün eldesi için yaygın olarak kullanılan proseslere örnek olarak gösterilebilir (Macwan et al., 2016; Marwaha and Kennedy, 1988, pesta et al., 2007).

2.3.3 Peynir Altı Suyunun Kullanım Alanları

Peynir altı suyu ve türevleri (PAS protein konsantresi, PAS protein izolatu, laktoz oranı düşük PAS, demineralize PAS, hidrolize PAS vb.) geçmişte sadece sıvı olarak dar bir kullanım alanına sahipken gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde, hem doğal olarak hem de çeşitli arıtım işlemlerine tabi tutulup çeşitli ürünlere dönüştürülerek gıda sektörü başta olmak üzere ilaç, kimya, biyoteknoloji, yem, ziraat, plastik, enerji gibi birçok farklı alanda kendine kullanım alanı bulmuştur (Ergün Demir and Eseceli, 2020, Jovanović et al., 2005; Božanić et al., 2014; Ertürk ve Özgen, 2021; Demir, 2020).

İlaç sanayisinde ise peynir altı suyu protein, biyokütle, enzim, riboflavin, vitamin, etil alkol, laktik asit, giberalik asit, karotenoid, gliserol vb. birçok ürünün biyoteknolojik ve kimyasal yolla üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır (Tsakali et al., 2010, Spalatelu, 2012).

İçeriğinde bulunan laktozun çeşitli mikroorganizmalar tarafından parçalanarak kullanılmasından dolayı yüksek verimde etanol üretiminde substrat olarak kullanılabilen peyniraltı suyu (Zafar and Owais, 2006), ayrıca dünya çapında yüksek hacim üretiminden dolayı biyobütanol, biyometan, biyodizel, H₂ ve CH₄ üretiminde de kullanılarak fosil yakıtlara alternattif olarak kullanılacak biyoyakıtların ve biyoenerjinin üretiminde gelecek vadede bir hammadde olarak dikkatleri üzerine çekmektedir (Antonelli et al.,2016; Sebastián-Nicolás et al., 2020).

Hayvan besiciliğinde de kendisine oldukça geniş bir yer edinen peynir altı suyu hem sıvı olarak doğrudan veya seyreltilerek hayvana içirilebilmekte hem de kaba yemlerin yapısına katılarak besicilikte kullanılabilir. Yüksek besin içeriğine sahip peynir altı suyunun karıştırıldığı yemlerin lezzetini ve sindirilebilirliğini arttırdığı, aynı zamanda yüksek aminoasit içeriğinden dolayı yavru hayvanların anne sütünden katı gıdaya geçiş döneminde bağışıklığı arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca B vitamin bakımından da zengin olan peynir altı suyu civcivlerin beslenmesinde de tercih edilen bir katkı maddesi olmuştur (Yüksel vd., 2019; Ryan and Walsh, 2016).

Son dönemde dikkatleri üzerine çeken ve peynir altı suyunun hammadde olarak kullanıldığı bir diğer önemli alan ise polisakkarit ve biyoplastik üretimidir. Peynir altı suyunun *Bacillus megaterium*, *Streptococcus thermophiles*, *Xanthomonas campestris* vb. spesifik mikroorganizmalar için substrat olarak kullanıldığı bazı çalışmalarda polihidroksialkanoatlar ve polihidroksibutiratlar gibi biyoplastiklerin ve Xanthan gum ve eksopolisakkaritler gibi polisakkaritlerin üretiminde oldukça başarılı sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir (Ahmad et al., 2019). Üretilen bu biyoplastikler ve polisakkaritler çevre dostu özellik sergilemekte, tıbbi amaçlı ve gıda ile temas için uygun özellikler taşımaktadır (Sharma and Luvinov, 2013; Ryan and Walsh, 2016; Jones et al., 2015).

Peynir altı suyunun ve türevlerinin oldukça yaygın olarak kullanıldığı nemli bir alan ise gıda ensütrisidir. Gıda endüstrisinde ürünlerin protein içeriğini arttırma, laktoz eldesi, kıvam arttırıcı, yağ ikamesi, tekstür özelliklerinin iyileştirilmesi, su tutma kapasitesinin arttırılması gibi birçok amaç doğrultusunda fırıncılık, süt endüstrisi, et ve et ürünleri endüstrisi, sebze meyve endüstrisi ve dondurulmuş ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca diyet ve sporcu içecekleri ve barların üretimi de peynir altı suyu ve türevlerinin kendine kullanım alanı bulduğu en önemli gıda alanlarından birisidir (Çelik, 2020, Królczyk et al., 2016 Huffman and Barros Ferreira, 2011; Dinçoğlu ve Ardiç, 2012; Sharma, 2019; Özcan ve Delikanlı, 2011; Mete, 2012).

Süt endüstrisi yukarıda sayılan gıda endüstrileri arasında peynir altı suyunun en çok kullanıldığı gıda endüstrisidir. Peynir altı suyu ve bileşenlerinin fabrikadan çıkmadan kendisine kullanım alanı bulması ile süt ve süt ürünlerinin protein

içeriğini arttırma, süt ürünlerinde tekstür iyileştirmesi ve yapı kazanmasını sağlama, diyet ürünlerde yağ ikamesi olarak kullanılarak duyuusal iyileştirme sağlama, fabrikanın arıtım maliyetlerini düşürme gibi birçok önemli avantaj sunmaktadır (Demir, 2020; Mollea et al., 2013).

Yapılan araştırmalar sonucu fark edilen peynir altı suyu ve bileşenlerinin sağladığı yapı iyileştirilmesi, duyuusal özelliklerinin geliştirilmesi, daha uzun süre muhafaza edilebilmesi ve maliyet avantajı gibi birçok avantaj günümüzde gıda katkı maddeleri tarafından da sağlanmakta ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.4 Gıda Katkı Maddeleri

Gıda katkı maddesi; tüketime sunulan veya sunulacak olan gıdaların üretim, işlenme, hazırlama, ambalajlama, taşınma ve/veya depolanması sırasında gıdaya ilave edilen, besleyici değeri çok az olan veya olmayan, genellikle tek başına gıda olarak tüketilmeyen, gıda hammaddesi veya yardımcı maddesi olarak kullanılmayan, gıda maddesinin tat, koku, görünüş, yapı ve diğer özelliklerini istenilen duruma getirmek, korumak, veya istenmeyen değişikliklere engel olmak amacıyla kullanılan maddelerdir (Smith and Hong-Shum, 2011; Boğa and Binokay, 2010; Sun and Wang, 2017; Karatepe ve Ekerbiçer, 2017, TGKY., 2013).

Günümüzde birçok farklı işlenmiş gıdanın üretiminde yaygın olarak kullanım alanına sahip olan gıda katkı maddelerinin tarihi insanlık tarihi kadar eskiye dayanmaktadır. Kullanımı bilinen en eski gıda katkı maddeleri etin yapısının bozulmasını önlemek ve tat vermek amacıyla kullanılan tuz ve odun tütsüsüdür (Yörük ve Danyer, 2016). Çok daha sonraları birçok gıda boyası gıdaların renginin daha iyi görünmesini sağlamak amacıyla gıdalarda kullanılmaya başlanmıştır. Ortaçağ'a gelindiğinde ise tuz ve odun tütsüsünün yanısıra et ürünlerine nitrat eklenerek botulizm engellenmeye çalışılmış ve ayrıca nitrat eklenmesinin etlerin renginin daha iyi görünmesini sağladığı fark edilmiştir. Günümüzde artan nüfus ve buna bağlı olarak gıda talebinin artması, artan rekabetle birlikte daha kaliteli, lezzetli ve uzun raf ömürlü gıdaların elde edilmesi gerekliliği, tüketici tercihlerinin ve zevklerinin değişmesi vb. birçok faktör sonucunda birçok farklı gıdada yaklaşık 6000 civarı gıda katkı maddesi kullanılmaktadır (Yörük ve Danyer, 2016; Smith and Hong-Shum, 2011).

Gıda endüstrisi tarafından yaygın olarak kullanılan ve katkıları yadsınamaz derecede önemli olan gıda katkı maddelerinin kullanımı ve sağlık üzerine etkileri konusu günümüzde halen devam eden bir tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Gıda katkı maddelerinin sağlık üzerine oluşturabileceği olumsuz etkilerin önlenmesi, bu amaç doğrultusunda tüm bilimsel çalışmaların yapılabilmesi ve gıdalarda kullanımının sınırlandırılması amacı ile FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) ve WHO (Dünya sağlık örgütü) tarafından Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu (Codex Alimentarius Commission – CAC) altında Gıda Katkı Maddeleri Uzmanlar Komitesi (Joint Expert Committee on Food Additives – JECFA) oluşturulmuştur. Sadece JECFA tarafından güvenlik değerlendirmesine tabi tutularak tüketiciler için kayda değer bir sağlık riski oluşturmadığı tespit edilen gıda katkı maddeleri gıda endüstrisinde kullanılabilmekte ve tüketiciler tarafından tüketilebilmektedir. JECFA tarafından oluşturulan gıda katkı maddelerinin kullanımına yönelik kodeks standartları uluslararası gıda ticareti standartlarının belirlenmesinde referans olarak kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra ABD (FDA), Yeni Zelanda ve Avustralya (ANZFA) gibi bazı ülkeler gıda katkı maddelerinin kullanılabilirliğini ve standartlarını kendi gıda otoriteleri tarafından belirlemektedir. Türkiye’de ise gıda katkı maddelerinin kullanımı “Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği” mevzuatları tarafından uluslararası standartlar dikkate alınarak düzenlenmekte ve yasal limitler belirlenmektedir (FAO and WHO, 2016, Atman, 2004; Eroğlu and Ayaz, 2018).

Avrupa Birliği ülkelerinde kullanımına izin verilen doğal veya sentetik her gıda katkı maddesinin tanımlamalarının yapılabilmesi, karışıklığın önlenmesi, tüketicilere bilgi verilmesi ve izlenebilirliğin sağlanması amacıyla bir E koduna sahiptir. E kodu Avrupa Birliğini (Europe) temsil eden bir E harfi ve üç rakamlı bir sayıdan oluşmaktadır. E kodu, gıda katkı maddesinin No Observed Advers Effect Level (NOEL – Hiçbir Yan Etkinin Görülmediği Konsantrasyon) ya da Acceptable Daily Intake (ADI – Kabul Edilebilir Günlük Alım) değerlerinin belirlenmiş ve güvenli kullanım koşullarının bilindiğini göstermektedir (Boğa ve Binokay, 2010; Sezgin and Ayyıldız, 2017).

Gıda katkı maddeleri kullanım amaçlarına, ait oldukları madde grubuna, elde edildiği kaynağa ve üretiminde kullanıldığı gıdaya göre belirli sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır (Laganà et al, 2017). Günümüzde gıda katkı

maddelerinin sınıflandırılmasında en yaygın olarak kullanılan sınıflandırma türü kullanım amaçlarına göre sınıflandırmadır (Şekil 2.6).

Gıda katkı maddeleri et ve et ürünleri, işlenmiş sebze ve meyve ürünleri, bitkisel ve hayvansal yağ ürünleri, öğütülmüş tahıl ürünleri, fırıncılık ürünleri, şekerlemeler vb. birçok gıda endüstrisinde farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır (Gültekin, 2014; Branen et al., 2001). Günümüzde gıda katkı maddelerinin kendisine kullanım alanı bulduğu önemli gıda endüstrilerinden birisi ise oldukça geniş ürün grubu yelpazesine sahip olan ve dış etkenlere karşı oldukça dayanıksız bir ürün grubu olan peynir endüstridir.



Şekil 2.6 Gıda Katkı Maddelerinin Kullanım Amacına Göre Sınıflandırılması

2.4.1 Gıda Katkı Maddelerinin Peynir Endüstrisinde Kullanımı

Birbirinden oldukça farklı karakteristik özelliklere sahip peynirlerin üretiminde farklı amaçlar doğrultusunda kullanım alanına sahip olan gıda katkı maddeleri peynir üretiminde genel olarak antimikrobiyal, antioksidan, stabilize edici, renk iyileştirme, aroma verme, parlak görünüm sağlama, yağ ikamesi olma,

su tutma kapasitesini arttırma vb. birçok özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır (Yıldırım vd., 2008; Öztürkcan, 2017 Mania et al, 2018).

Peynir endüstrisinde karşılaşılan en önemli problemlerden birisi, özellikle taze peynir kategorisinde bulunan ve yüksek nem oranına sahip olan peynirlerin üretimi sırasında mikrobiyolojik kontaminasyona maruz kalması veya uzak noktara sevkiyatı sırasında gerçekleşen ambalaj deformasyonu gibi istenmeyen durumlar sonucunda ürünlerde mikrobiyolojik üremenin gerçekleşmesidir. Mikrobiyolojik problemler peynir endüstrisinde karşılaşılan, üreticinin en çok maliyet kaybına uğradığı ve ürünün kalitesini doğrudan etkileyerek tüketici kaybına neden olan problemlerin başında gelmektedir. Mikrobiyolojik problemlerin ortadan kaldırılması ve peynirlerin sevkiyatı ve raf ömrü boyunca istenilen mikrobiyolojik kalitelerini koruyabilmeleri amacıyla peynir endüstrisi günümüzde yaygın olarak antimikrobiyal özelliğe sahip gıda katkı maddelerini kullanmaktadır.

2.4.1.1 Peynir Endüstrisinde Kullanılan Antimikrobiyal Gıda Katkı Maddeleri

2.4.1.1.1 Sorbik Asit ve Sorbatlar (E200 – E203)

Sorbik asit ($\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCOOH}$) doğada doğal olarak üvez ağacı ve meyvelerinde lakton formunda bolca bulunan, 6 karbona sahip α , β doymamış monokarboksilik asit zincirli organik bir asittir (Stopforth and Kudron, 2020). Hafif asidik tat ve kokusuz forma sahip olan sorbik asit suda 0,15g/100 ml çözünürlüğü ile oldukça düşük bir çözünürlüğe sahiptir. Bu nedenle sorbik asit piyasada yüksek çözünürlüğe sahip, toz ve granül şeklinde sorbat adı verilen potasyum, kalsiyum, sodyum tuzları şeklinde bulunmaktadır (Kıvanç, 1989; Stopforth and Kudron, 2020 1985; Öztekin, 1983; Stopforth et al, 2005).

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğine göre sorbatlar peynir endüstrisinde taze peynirler, eritme peynirler, sebze ve meyve içeren peynirler ve olgunlaştırılmış peynirlerin üretiminde maksimum 1000 mg/L konsantrasyonda kullanılabilmektedir (TGKY, 2013). Olgunlaştırılmış peynirlerde genellikle olgunlaştırma aşamasında peynir yüzeyine daldırma veya püskürtme şeklinde uygulanan sorbatlar, taze peynirlerde ise peynir pıhtısına toz formda

eklenerek mikroorganizmalara karşı oldukça etkili bir şekilde koruma sağlamaktadır (Alan ve Öksüztepe, 2020; Üçüncü, 1980).

2.4.1.1.2 Nisin (E234)

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA; Food and Drug Administration) tarafından gıdalarda kullanımı Genel Olarak Güvenilir Kabul Edilen (GRAS; Generally Recognized As Safe) olarak kabul gören nisin, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*'in 40 a yakın suşu tarafından üretilen ve karmaşık bir protein yapısında olan antimikrobiyal etkinlik gösteren bir maddedir (Cheigh and Pyun, 2005; De Arauz et al., 2009). Maya, küf ve gram negative bakterilere karşı etkili olmamasına rağmen birçok gram (+) bakteriye karşı etkili olduğu bilinen nisin, günümüzde gıda sanayisinde sütlerde, peynirlerde, konserve ürünlerde, soslarda ve diyet ürünlerinde yaygın olarak kullanılan bir gıda katkı maddesidir (Hampikyan ve Çolak, 2007).

Gıda sanayisindeki kullanım serüvenine peynirler ile başlayan nisin, peynir sektöründe özellikle gaz oluşumuna sebep olarak bozulmaya neden olan *Clostridium* türleri üzerine oldukça etkilidir (Shin et al., 2016). Nisin ayrıca peynir bozulmalarında önemli bir gram (+) bakteri grubu *Listeria* türlerine karşıda oldukça etkilidir (Kondrotiene, 2018). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğine göre olgunlaştırılmış peynirlerde maksimum 12,5 mg/kg, nem oranı yüksek taze türü peynirlerde ise 10mg/kg konsantrasyonda kullanılmaktadır (TGKY, 2013).

2.4.1.1.3 Benzoik Asit (E210)

Doğal olarak ham karanfil, tarçın ve kuru erik gibi bazı gıda ürünlerinde bulunan benzoik asit (C_6H_5COOH), küf ve mayalara karşı gösterdiği antimikrobiyal etki sayesinde günümüzde gıda endüstrisi tarafından yaygın olarak kullanılan bir gıda katkı maddesidir (Öztürkcan ve Acar, 2017; Çakır, 2011).

Düşük maliyeti, ürünlere kolay eklenmesi, renksiz olması ve gıdaların tadını etkilememesi gibi birçok fonksiyonel özelliği sayesinde tüm dünyada gıda katkı maddesi olarak yaygın olarak kabul gören bir gıda katkı maddesi olan benzoik asit sudaki çözünürlüğünün oldukça düşük olmasından dolayı gıda endüstrisinde yaygın olarak sodyum tuzu formunda kullanılmaktadır. Düşük pH'da (<4)

koruyucu etkisinin artmasından dolayı asidik gıdaların korunması başta olmak üzere meyve suları, alkolsüz içecekler, reçel, jöle ve marmelatlar, turşu, zeytin, fırın ürünleri, peynir endüstrisi, süt tozu, ketçap mayonez gibi soslar, şekerler ve dondurulmuş ürünler gibi birçok gıda ürününde de korunmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Maki and Takeda, 200; Del Olmo et al., 2017; Çakır, 2011).

Uygun miktarlarda tüketildiğinde vücutta birikim göstermeyerek idrar yardımıyla atılan ve gıdalarda kullanımı GRAS olarak kabul edilen benzoik asit, peynir endüstrisinde 2000 mg/ml konsantrasyonda kullanılmasına izin verilen bir gıda katkı maddesi olmasına rağmen, peynir dışındaki süt ürünlerinde kullanımı Türk Gıda Kodeksi tarafından yasaklanmıştır (TGKY, 2013).

2.4.1.2 Peynir Endüstrisinde Kullanılan Stabilizer Gıda Katkı Maddeleri

2.4.1.2.1 Aljinat (E401)

β -D-mannuronik asit (M) ve α -L-gluronik asit (G) alt birimlerinden oluşan aljinat, kahverengi deniz yosunlarının hücre duvarlarından ve bazı toprak bakterilerinden elde edilen düşük maliyetli, biyouyumlu, biyobozunur gibi özelliklere sahip olan polimer yapıdaki bir gıda katkı maddesidir (Takka ve Acartürk, 1998). Genellikle ticari olarak kalsiyum, sodyum, magnezyum ve potasyum tuzları formunda kendisine ticari olarak kullanım alanı bulan aljinat, su tutma, jelleştirme, viskozite arttırma, tekstür iyileştirme ve emülsifiye etme gibi özelliklerinden dolayı günümüzde gıda, ilaç ve kozmetik sanayisi başta olmak üzere birçok farklı endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır (Lee and Mooney, 2012; Hecht and Srebnik, 2016; Özbek ve Güzeler, 2019).

Elde edilme yöntemine göre farklı moleküler boyutlara, polimerizasyon derecesine ve fonksiyonel özelliklere sahip olan aljinat tuzlarının jelleştirici ajan olarak kullanılabilmelerini sağlayan ana özelliği, uygun koşullar altında toprak alkali metaller olan Ca^{+2} , Ba^{+2} , Sr^{+2} gibi çift değerlikli katyonlar veya Al^{+3} ve Fe^{+3} gibi üç değerlikli metal iyonları ile birleşerek hidrojel oluşturma yeteneğine sahip olmasıdır (Chaturvedi et al., 2019). Katyonlar ile bağ kurabilme, sert jel oluşturma ve diğer tüm fonksiyonel biyolojik ve kimyasal özellikleri aljinat ve tuzlarının gıda endüstrisinde makarna, fırıncılık ürünleri, dondurma, dondurulmuş ürünler, süt ve süt ürünleri, meyve sebze endüstrisi gibi birçok farklı alanda uzun yıllardır

kullanılan bir gıda katkı maddesi olmasını sağlamıştır (Guo et al., 2020; Gheorghita Puscaselu, 2020).

2.4.1.2.2 Karregen (E 407)

Gigartinaceae ve Soliericeae gibi kırmızı deniz makroalglerinden sıcak suyla ekstraksiyonu ile elde edilen kompleks bir polisakkarit olan karragenan, D-galaktopiranozil ünitelerinin linear zincirlerinden ve hidroksil gruplarıyla esterleşmiş sülfat gruplarından oluşmaktadır (Necas and Bartosikova, 2013). Yapısında bulunan sülfat gruplarının sayısına göre kappa, lamda ve iota olmak üzere 3 farklı forma sahip olan karragenan, jelleştirici ve kıvam verici ajan olarak gıda endüstrisinde fırıncılık, et ve balık ürünleri, süt ve süt ürünleri, meyve sebze ürünleri, salata sosları, şekerlemeler ve alkollü ve alkolsüz içecek üretimi gibi birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılan gıda katkı maddelerinden birisidir (De Ruiter and Rudolph, 1997; Weiner, 2014; Necas and Bartosikova, 2013; Pacheco-Quito et al., 2020).

Organik çözücülerde çözünmeyen, buna karşılık sıcak su ve sıcak sütte kolaylıkla çözünebilen bir forma sahip olan karragenan, jelleştirici, emülgatör ve stabilizatör amacıyla 0,005-2,0% konsantrasyonlarda başta peynir olmak üzere süt ve süt ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (İlter vd., 2016; Hansen, 1994). Ayrıca karragenan katıldığı peynirin su tutma kapasitesini arttırarak raf ömrü boyunca peynir altı suyunun ayrılmasını da önlemektedir (Błaszak et al., 2018).

2.4.1.2.3 Pektin (E440)

Pektin tüm bitkilerin yapısında bulunan, bitkinin büyümesinde, gelişmesinde önemli rol oynayan ve bitkinin dayanıklılığının, esnekliğinin korunmasına yardımcı olan bitki hücre duvarı polisakkaritidir. Tanımlanmış bir yapıya sahip olmayan pektin, çeşitli faktörlere ve elde edildiği kaynağa göre değişmekle birlikte genel olarak 100-1000 sakkarit biriminden oluşmaktadır ve bu yapı zincir benzeri bir konfigürasyon göstermektedir (Sriamornsak, 2003; Thakur et al., 1997). Karmaşık yapısı sayesinde oldukça farklı biyolojik ve fizyolojik fonksiyonlara sahip olan pektin, gıda endüstrisinden kozmetik endüstrisine kadar birçok farklı alanlarda kullanım alanına sahiptir (Arslan, 1994).

Gıda endüstrisinde meyve suları, pastacılık ürünleri ve şekerlemeler, et ürünleri, süt ve süt ürünleri gibi çeşitli gıdalarda stabilizatör, emülgatör, jelleştirici ve koyulaştırıcı gıda katkı maddesi olarak kullanılan pektin, düşük pH'da süt ve süt ürünlerinde bulunan kazein ile kompleks oluşturarak yapıyı koruyan bir hidrokolloid olarak görev almaktadır. Özellikle peynirlerde nem içeriğinin, dokunun ve erime özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla tek başına veya diğer stabilizatörle ile kullanılmaktadır (Arslan, 1994; Özbek ve Güzeler, 2019).

2.4.1.2.4 Ksantan Gum (E415)

Gıda, ilaç, tarım, tekstil, kozmetik, kağıt, boya, enerji endüstrileri gibi birçok farklı alanda kullanılan bir diğer stabilizatörlerden birisi olan ksantan gum, D-glukoz, D-mannoz, D-glukoronik asit ve pürivik asit içeren, anyonik özellik gösteren bir heteropolisakkarittir. *Xanthomonas campestris*'in aerobik fermentasyonu ile üretilen ksantan gum, hem soğuk suda hem sıcak suda kolaylıkla çözünmesi, kararlı olması, donma/çözünme olaylarından sonra yapısını koruyabilmesi, yüksek su tutma kapasitesine sahip olması ve düşük konsantrasyonlarda kullanıldığında bile etkin bir viskoziteye sahip olması gibi özellikleri ile gıda endüstrisinde fırıncılık ve pasta ürünleri, salata ve tatlı sosları, içecekler, et endüstrisi, süt endüstrisi, toz ürünlerin üretimi ve dondurulmuş ürünlerin üretimi gibi birçok farklı alanda farklı amaçlar doğrultusunda kullanılan bir gıda katkı maddesidir (García-Ochoa et al., 2000; Patel et al., 2020; Demirci, 2020; Katzbauer, 1998; Sanderson, 1981).

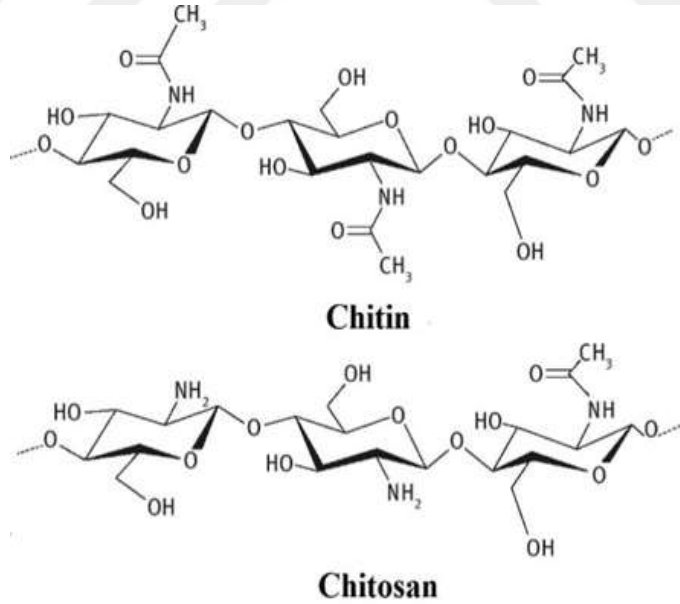
Endüstriyel ölçekte üretilen ilk mikrobiyal polimerlerden birisi olan ksantan gum, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanıldığı en önemli endüstrilerden birisi süt endüstrisidir. Yüksek su tutma kapasitesine sahip olmasından dolayı taze peynir grubu ürünlerde raf ömrü boyunca peynir altı suyunun ayrılmasının engellenmesi, donma çözünme gibi sevkiyat ve depolama sırasında oluşabilen problemlerde peynirin kalitesini koruması, tat değişimlerine oldukça hassas olan peynirin tadını etkilememesi, asidik salamura suyunda bile etkinliğini koruyabilmesi gibi pek çok özelliği onu peynir endüstrisinde kullanılan vazgeçilmez bir stabilizatör haline getirmiştir (Altun ve Tunçtürk, 2020; Nateghi et al., 2012).

Farklı amaçlar doğrultusunda kullanılan tüm bu gıda katkı maddeleri gibi günümüzde insan vücudu üzerindeki yan etkileri hala araştırma aşamasında olan, farklı endüstrilerde birçok farklı amaç doğrultusunda kullanılan, tek başına tüketilebilen ancak gıdalara eklenmesine henüz izin verilmeyen birçok farklı bileşen bulunmaktadır.

Son dönemde araştırmacıların ilgisini çeken ve birçok biyolojik, fonksiyonel özelliği ile çok çeşitli alanlarda kullanım olanağı sunan bileşenlerden birisi de kitosandır.

2.5 Kitosan

Kitosan $[(C_6H_{11}NO_4)_n (C_8H_{13}NO_4)_m]$, ilk kez Bradconnot tarafından 1811 yılında mantarlardan keşfedilen ve doğada selülozdan sonra ikinci en fazla bulunan biyopolimer olan kitinin, kısmen veya tamamen deasetilasyonu sonucu elde edilen, D-glukozamin ve N-asetil-D-glukozamin monomerlerinin β -(1,4) bağı ile bağlanması sonucu oluşan düz zincirli ve antimikrobiyal özellik gösteren bir heteropolisakkarittir (Şekil 2.7) (Irastorza et al., 2021; Mesgari et al., 2021; Priyadarshi and Rhim, 2020; Hafsa et al., 2021; Wang et al., 2020).



Şekil 2.7 Kitin ve Kitosanın Yapısı

1954 yılında Prof. C. Rouget tarafından kitinin potasyum hidroksit ile kaynatılarak farklı derecelerde deasetilasyona uğratılması ile elde edilen kitosan, beyaz veya sedefli, pul veya toz halinde olabilen kokusuz bir kopolimerdir.

Kitosanın deasetilasyon derecesi, toplam birim sayısına göre deasetillenen N-asetil-D-glukozamin birimlerinin sayısını göstermektedir. Deasetilasyon derecesi %50 mol'ün üzerinde ise elde edilen ürün kitosan olarak adlandırılmaktadır ve kitine göre birçok üstün fonksiyonel özellik göstermektedir (Kostag and El Seoud, 2021; Yıldız ve Yangılar, 2014; Bakshi et al., 2020; Riegger et al., 2018).

2.5.1 Kitosanın Fonksiyonel Özellikleri

Kitosanın fonksiyonel özellikleri üzerinde en belirleyici etkiye sahip olan faktörlerin başında molekül ağırlığı gelmektedir ve kitosanın kaynağı, deasetilasyon derecesi ve elde edilme yöntemi gibi birçok farklı değişkene bağlı olmakla birlikte 50-2000 kDa arasında değişmektedir (Bakshi et al., 2020). Moleküler ağırlıktaki bu değişiklik kitosanın vizkozitesini, çözünürlüğünü, farklı moleküller üzerindeki absorpsiyonunu, elastikiyetini, kristal boyutunu ve morfolojik özelliklerini etkilemektedir. Örneğin kitosanın moleküler ağırlığındaki artış, molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağlarının sayısının artmasından dolayı kitosanın çözünürlüğünde azalmaya neden olmaktadır (Wang et al, 2020; Bakshi et al., 2020).

Selüloz, dekstran, pektin, alginik asit, agar-agar, nişasta ve polisakkaritler doğada nötr veya asidik formda bulunurken, kitosan doğadaki tek alkali polisakkarit özellikteki bileşiktir (Wang et al., 2020). Bunun yanı sıra kitosan molekülü amino grupları, birincil ve ikincil hidroksil grupları olmak üzere üç tip reaktif fonksiyonel grup içermektedir. Bu fonksiyonel gruplar üzerindeki pozitif yükler kitosan'ı pozitif yüklü tek doğal polisakkarit haline getirerek (Riegger et al, 2018), kitosanın lipidler, proteinler, DNA (deoksiribonükleik asit) ve hücreler gibi negatif yüklü biyomoleküllerle etkileşime girmesine izin vermektedir (Rajabi et al., 2021).

Kitosanın hammaddesi olan kitin suda, organik asitlerde ve fizyolojik solüsyonlarda çözünmezken (Hafsa et al., 2021), kitosan hidroklorik asit, fosforik asit, laktik asit, propiyonik asit, süksinik asit, asetik asit, tartarik asit gibi bazı inorganik ve organik asitlerde ($pH < 7$) ve uzun süre karıştırıldığında ise sitrik asitte ve formik asitte çözünebilmektedir (Kostag et al., 2021; Rajabi et al., 2021; Bakshi et al., 2020). Kitosanın yapısındaki amino grupları, sulu çözeltideki

hidrojen protonları ile birleşerek kitosanı pozitif yüklü bir polielektrolit haline getirmekte ve oluşan katyonlar kitosan molekülleri arasındaki orijinal hidrojen bağlarını yok ederek kitosanı çözünür hale getirmektedir (Riegger et al., 2018; Wang et al., 2020).

Kitosanın fonksiyonel özellikleri üzerinde son derece önemli bir etkiye sahip olan bir diğer önemli özelliği ise deasetilasyon derecesidir. Ticari olarak temin edilebilen kitosan genellikle %40 ile %98 arasında bir deasetilasyon derecesine sahiptir. Kitosanın amin grubu içeriğini arttırmak ve daha yüksek deasetilasyon derecesi elde etmek için kitosan tekrar tekrar alkaline işleme tabi tutulabilmektedir. Deasetilasyon derecesinin artması, moleküller arası etkileşimlerin azalması nedeniyle kitosan zincirinin esnekliğinin ve kitosanın çözünürlüğünün artmasını sağlamaktadır. Daha düşük bir deasetilasyon derecesi ise, daha güçlü moleküller arası etkileşim nedeniyle katı bir zincire ve daha düşük çözünürlüğe neden olmaktadır (Riegger et al., 2018).



Şekil 2.8 Kitosanın Fonksiyonel Özellikleri

Kitosanın sahip olduğu elektrostatik, hidrofobik ve hidrojen bağı gibi etkileşimler onun çapraz bağı hidrojel oluşturma kabiliyetine sahip olmasını sağlamaktadır. Bu elde edilen kitosan jelleri çeşitli formülasyon ve şekillerde (toz, küre, tablet, film, sürger, fiber vb.) hazırlanabilir ve bu sayede kitosan biyoyumlu kompozit materyallerin üretilmesi, ilaç salınım sistemleri, yenilebilir gıda kaplamaları gibi birçok farklı alanda kullanılabilecek bir bileşik olarak görülmektedir (Ünal, 2016; Hoare and Kohane, 2008).

Kitosan moleküllerinin birçok endüstride kullanım için potansiyel bir bileşik olarak görülmesinin altında yatan bir diğer önemli özelliğı ise kitosanın gram pozitif, gram negative bakteriler, mantarların birçok türü ve küflere karşı oldukça etkili bir antimikrobiyal etkiye sahip olmasıdır (Goy et al., 2009; Zheng and Zhu, 2003). Bu antimikrobiyal etki kitosanın çeşidi, molekül ağırlığı, deasetilasyon derecesi, ortam sıcaklığı ve pH'ı gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Yıldırım et al., 2015; Holappa et al., 2006). Daha yüksek konsantrasyon ve deasetilasyon derecesine sahip olan kitosanın antimikrobiyal etkisi de daha fazla olmaktadır. Kitosanın mikrobiyal etki mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte, pozitif yüklü kitosan moleküllerinin negative yüklü hücre membranına bağlanarak fonksiyonunu bozması, intraselüler içeriğın dışarı sızmasını teşfik etmesi, besin elementlerinin hücre içine girişini engellemesi, şelat yapıcı ajan olarak rol oynayarak iz elementlere bağlanması ve bu sayede mikrobiyal gelişme ve toksin üretiminin önüne geçmesi, suya bağlanarak enzimleri inhibe etmesi, DNA ile bağlanarak mRNA sentezini engelleyerek üretimi durdurması gibi birçok farklı teori ortaya atılmıştır. Farklı mekanizmalar ile etki gösteren bu güçlü ve geniş antimikrobiyal etkisi onu küf, maya ve bakterilere karşı potansiyel bir gıda koruyucusu olabilmesini sağlamaktadır (Bostan vd., 2007; Kurt ve Zorba, 2005; Roller, 2003).

Tüm bu özellikler kitosanı eşsiz bir bileşik haline getirerek birçok farklı alandaki araştırmaların odak noktası haline gelmesini sağlamaktadır (Salama, 2021; Begum et al., 2021; Rajabi et al., 2021; Hafsa et al., 2021; Wang et al., 2020; Bakshi et al., 2020; Riegger et al., 2018).

2.5.2 Kitosan Üretimi

Kitosanın hammaddesi olan kitin, doğada yaklaşık 100 milyar tonluk bir hacimle kabuklular, yumuşakçalar, böcekler, mantarlar ve diğer canlılar tarafından doğal olarak üretilen bir polimerdir. Bu canlılar arasında kitosanın ticari olarak üretilmesine en uygun olan kaynak kabuklu atıklarıdır. Kabuklu deniz canlılarının işlenmesi sırasında atık olarak ortaya çıkan başları, kabukları ve kuyrukları gibi yenmeyen parçaları kitosan üretimi için yaygın olarak kullanılan kaynaklardır (Mohanta et al., 2001; Fernandez et al., 2020).

Deniz kabuklularının atıkları (baş, kuyruk ve kabuk) mevsime ve türe göre değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık olarak %15-40 oranında kitin içermektedir. Yapıda bulunan bu kitin proteinler, lipidler, mineral maddeler ve pigmentlerle kompleks halinde bulunur. Bu nedenle kitin elde edebilmek için bu istenmeyen bileşiklerin birçok aşamadan oluşan ön işlemlerle ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir (Pighinelli et al., 2019; Usman et al., 2016; Özel and Elibol, 2021; Joseph et al., 2021).

Kitinin ekstraksiyon işlemi deproteinizasyon, demineralizasyon ve renk giderme olmak üzere 3 ana aşamadan oluşmaktadır. Bu 3 ana basamak ile kitinin ekstraksiyonu kimyasal ve biyolojik olmak üzere iki farklı yöntemle yapılabilmektedir (Özel and Elibol, 2021; El Knidri et al., 2018).

2.5.2.1 Kimyasal Yöntem ile Kitin Üretimi

Kitin elde etmenin ilk basamağı hammaddede bulunan protein içeriğinin ortadan kaldırılmasını sağlayan deproteinizasyon basamağıdır. Bu basamakta proteinlerin uzaklaştırılması için NaOH, KOH gibi alkali solüsyonlar kullanılmaktadır. Ticari olarak kitin üretiminde 90-95°C sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi bu adım genellikle yaygın olarak kullanılan çözeltilerdir. Bu aşamada kullanılan çözeltinin sıcaklığı iyi kontrol gerektirmektedir çünkü çok yüksek sıcaklıktaki alkali solüsyon uygulaması hammaddenin depolimerizasyonuna neden olabileceği gibi vizkozite gibi, bazı özelliklerini de etkilemektedir (Wang et al., 2020, Hamed et al., 2016; El Knidri et al., 2018; Özel and Elibol, 2021; Joseph et al., 2021).

Deproteinizasyon aşamasından sonra kabuktaki kalsiyum fosfat, kalsiyum karbonat ve diğer inorganik maddelerin uzaklaştırılması amacıyla demineralizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlem genellikle sülfürik asit, nitrik asit, formik asit, asetik asit ve hidroklorik asit gibi asitler kullanılarak gerçekleştirilir. Seyreltik hidroklorik asit, yüksek performansı nedeniyle demineralizasyon işlemi için en çok tercih edilen asittir (Hamed et al., 2016; Özel and Elibol, 2021; Joseph et al., 2021).

Üründe bulunan renk yabancı madde varlığının en belirgin indikatörlerinden birisidir. Daha saf bir kitin elde etmek amacıyla demineralizasyon basamağından sonra gerçekleştirilen işlem renk giderme işlemidir. Renk giderme işleminin esas amacı daha beyaz bir ürün elde etmektir ve bu aşamada astaksantin ve β -karoten gibi pigmentleri kabuktan çıkarmak için çeşitli çözücüler kullanılır. Sodyum hipoklorit, aseton veya hidrojen peroksit gibi çözücüler ticari olarak kitin üretiminden çok tercih edilen çözücülerdir (Özel and Elibol, 2021; Joseph et al., 2021; Hamed et al., 2016).

Kimyasal yöntem ile kitin eldesi, kısa işlem süresi nedeniyle kitosanın ticari üretiminde en çok tercih edilen yöntemdir. Ancak kimyasal kitosan üretiminin birçok dezavantajı vardır. Kimyasal yöntemin dezavantajları arasında ise çevre kirliliğine neden olan yüksek miktarda asit ve baz kullanımı, ısıtma işlemi nedeniyle yüksek enerji tüketimi, kitinin fizikokimyasal özelliklerinin değişerek elde edilen kitinin kalitesinin düşmesidir. Ayrıca kimyasal yöntemle yan ürün olarak elde edilen protein ve mineral maddeler insan ve hayvan gıda takviyelerinde kullanılmayacak kadar çok zarar görmektedir. Bu nedenlerle biyolojik kitin ekstraksiyonu kimyasal yöntemle önemli bir alternatif olarak dikkatleri üzerine çekmektedir (Hamed et al., 2016; Özel and Elibol, 2021).

2.5.2.2. Biyolojik Yöntem ile Kitin Üretimi

Biyolojik yöntem ile kitin üretiminde, kimyasal yöntemlerde kullanılan asit ve bazlar yerine enzimler, metabolitler, organik asitler gibi mikroorganizmalar tarafından üretilen fermentasyon ürünleri kullanılmaktadır (Tasar et al., 2016; Özel and Elibol, 2021; Joseph et al., 2021; El Knidri et al., 2018).

Biyolojik yöntem ile deproteinizasyon genellikle proteaz üreten *Lactobacillus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *P. maltophilia*, *Bacillus subtilis* ve *B.*

licheniformis gibi bakteriler kullanılarak proteinlerin elimine edilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Deproteinizasyon aşamasından sonra uygulanan demineralizasyon basamağı ise çeşitli mikrobiyal suşlar tarafından üretilen laktik asit ve asetik asit gibi organik asitler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Üretilen laktik asit, kalsiyum karbonat ile birleşerek kalsiyum laktat oluşmasına ve bu sayede uzaklaştırılabilmesini sağlar. Bu amaç doğrultusunda demineralizasyon aşamasında genellikle *L. paracasei*, *L. plantarum* ve *L. helveticus* gibi *Lactobacillus* türleri kullanılmaktadır. Deklorasyon işlemi ise organik çözücüler veya aseton ile yapılır (Kou et al., 2021; Tasar et al. 2016; Hamed et al., 2016).

Biyolojik yöntem ile kitin eldesinde gerçekleştirilen demineralizasyon ve deproteinizasyon adımları aynı fermentasyon kültürü içinde ortak kültürler kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Bu amaçla yapılan çalışmalarda *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* ve *Exiguobacterium acetylum* gibi farklı laktik veya laktik olmayan bakteri türleri kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Hamed et al., 2016).

Biyolojik kitosan ekstraksiyonu yöntemi, kimyasal yöntemle kıyasla birçok avantaja sahiptir. Biyolojik kitosan ekstraksiyonu, kimyasal yöntemle göre daha çevre dostu olması, düşük enerjili ve düşük maliyetli bir süreç olması, düşük solvent tüketimi ve tekrarlanabilir kalite gibi birçok avantaja sahiptir. Ayrıca biyolojik yöntemle elde edilen proteinler ve mineraller insan ve hayvan takviyelerinde kullanılabilir (Casadidio et al., 2019; Pal et al., 2014; Joseph et al., 2021). Ancak ham kaynaktan mineral ve proteinlerin uzaklaştırılmasında kimyasal yöntemle kıyasla biyolojik yöntemler yetersiz kalmaktadır. Ayrıca elde edilen ürünler mikrobiyal kontaminasyona daha duyarlıdır ve çoğu biyolojik yöntem laboratuvar ölçeğiyle sınırlı kalmaktadır (Casadio et al., 2019; Özel and Elibol 2021).

2.5.2.3 Deasetilasyon

Deproteinizasyon, demineralizasyon ve renk giderme işlemleri sonucu elde edilen kitinden kitosan elde etmek amacıyla asetil gruplarının (COCH_3) uzaklaştırılması aşamasını içeren deasetilasyon adı verilen son bir basamak daha gerçekleştirilmektedir. Kitinin deasetilasyon yoluyla kitosan'a dönüştürülmesi

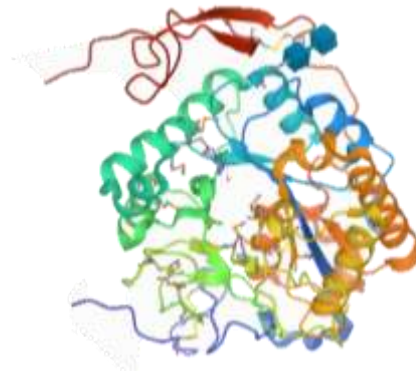
alkali yöntem ve enzimatik yöntem olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilebilmektedir.

Alkali yönteminde kitin, ısıtılmış ve %40-50 konsantrasyona sahip NaOH gibi konsantre bir alkali solüsyon ile muamele edilerek deasetillenmektedir. Alkali muameleleri asetil gruplarını hidrolize ederek N-asetil-d-glukozamin birimlerini serbest -NH₂ grupları ile d-glukozamin birimlerine dönüştürmektedir (He et al., 2016; Nemtsev et al., 2002; Hamed et al., 2016).

Bu reaksiyon sonucu alkali çözeltinin reaksiyon sıcaklığına, süresine ve konsantrasyonuna bağlı olarak farklı deasetilasyon derecelerine sahip kitosonlar elde edilmektedir.

Alkali yöntem ile gerçekleştirilen deasetilasyon işlemi sonucunda düşük kaliteli kitosan elde edilmekte ve yöntem önemli miktarda enerji gerektirerek, çevre kirliliğine neden olmaktadır (Tsaih et al., 2003) Bu nedenle kitin deasetilasyonu için alkali yöntemine alternatif olarak enzimatik yöntem dikkatleri üzerine çekmiştir.

Enzimatik yöntemde kitin, 1970 yılında *Mucor rouxii* mantarından ekstrakte edilen deasetilaz enzimi ile muamele edilerek deasetillenmektedir (Grifoll-Romero et al., 2018). Birçok farklı böcek türünde de keşfedilen bu enzimin (Şekil 2.9) *Serratia* sp ve *Bacillus* sp gibi bakteriler tarafından da üretildiği keşfedilmiştir.

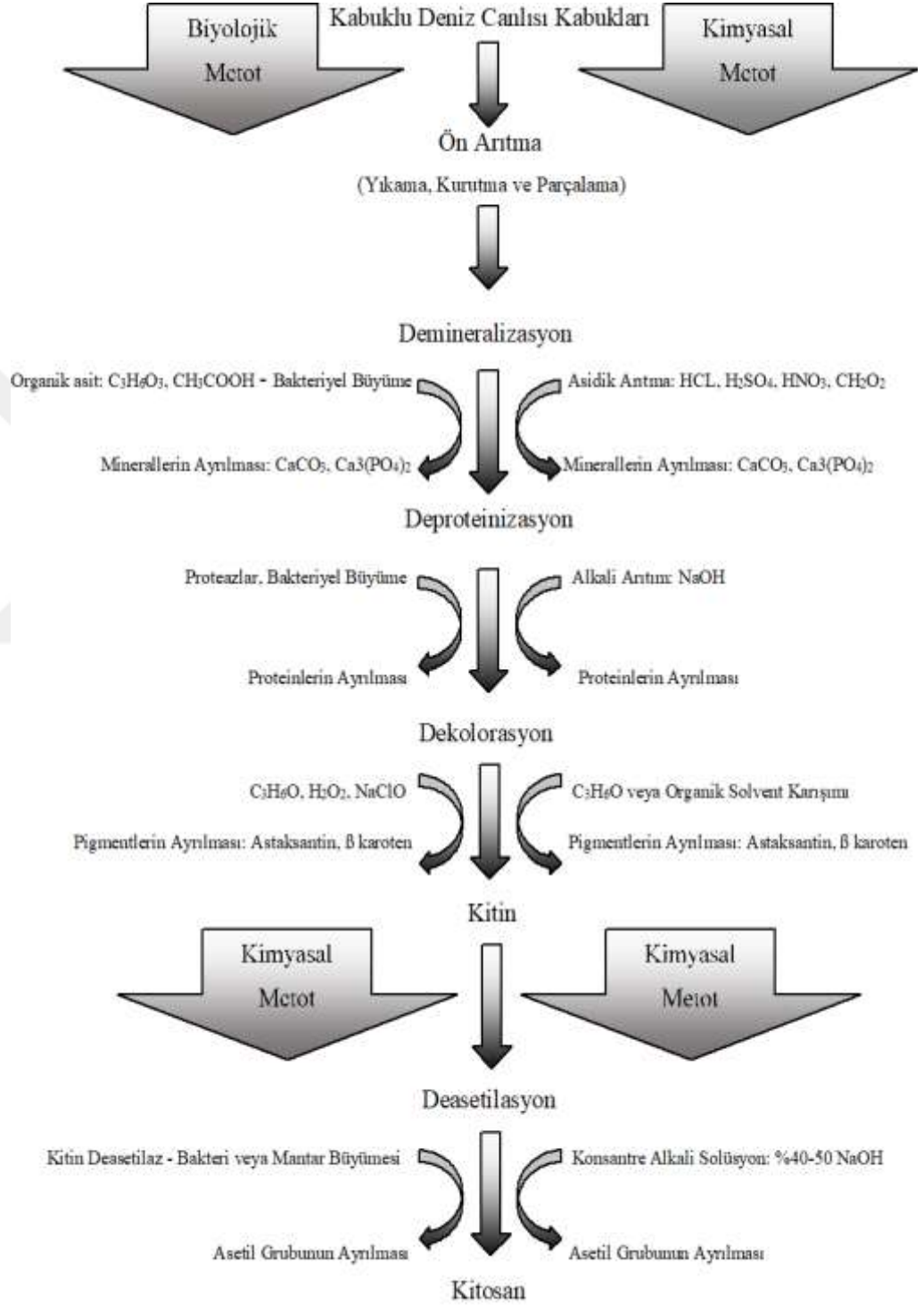


Şekil 2.9 Böcek Kitin Deasetilaz Enziminin Üç Boyutlu Modellemesi

Kitinin enzimatik yöntemle deasetilasyonu çevre kirliliğine neden olmamakla birlikte, alkali yöntemine göre düşük verim, düşük enzim aktivitesi ve

karmaşık fermantasyon gereksinimleri gibi çözülmesi gereken problemleri içermektedir (Martinou et al., 1995; Tsigos et al., 2000).

Şekil 2.10'da kitosanın biyolojik ve kimyasal yöntemle üretimi, kullanılan kimyasallar ve yöntemler gösterilmektedir.



Şekil 2.10 Kitosanın Biyolojik ve Kimyasal Üretimi Akış Şeması

2.5.3 Kitosanın Kullanım Alanları

Son yıllara kadar endüstride oldukça dar bir kullanım alanına sahip olan kitosan sahip olduğu zengin özelliklerin keşfedilmesi ve yapılan araştırmaların endüstride uygulamaya konulması ile birlikte birçok farklı sektörde farklı amaçlar doğrultusunda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Biyomedikal, gıda, kozmetik, tarım, kağıt, tekstil, arıtım ve eczacılık endüstrilerinde kendisine uygulama alanı bulan kitosan, yoğun olarak devam eden araştırmalar ile daha birçok farklı alanda da umut vadeden bir polimerdir. Şekil 2.11’de kitosanın farklı endüstrilerdeki kullanım amacı gösterilmiştir.



Gıda	• Gıda Koruyucusu • Emülsifiye Edici Ajan • Diyet Maddesi
İlaç ve Medikal	• Doku Mühendisliği • İlaç Salınım Sistemleri • Gen Taşıyıcı • Biyokataliz Sistem
Kağıt	• Mukavemet arttırıcı • Bariyer Özelliği
Su Arıtma	• Ağır Metaller • Anyonik Boyalar • Organik Bileşenler
Kozmetik	• Stabilizatörler • Emülsifiye Ediciler
Tarım	• Biyopestisit Ajanı • Bitki Büyüme Hızlandırıcı

Tablo 2.11 Kitosanın Farklı Endüstrilerde Kullanım amaçları
(Farhadihosseinabadi et al., 2019)

2.5.3.1 Kitosanın Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Kitosan sahip olduğu antimikrobiyal özelliği, toksik olmaması, antioksidan etkiye sahip olması, esmerleşme reaksiyonunu inhibe etmesi, pozitif yüke sahip olması, emülsiyon oluşturma, yenilebilir film oluşturma, nem tutma, kıvam

arttırma, yağ bağlama vb. birçok fonksiyonel özelliği sayesinde gıda endüstrisinde dikkatleri üzerine çekerek gelecek vadeden ingredientler arasında görülmektedir (Manigandan et al., 2018; Agulló, 2003).

Diyet kullanımı için ABD, FDA, AB ve K-FDA tarafından onaylanan kitosan, genellikle güvenli bir bileşik (GRAS) olarak kabul edilmektedir ve uzun yıllardır kore ve japonya'da gıda katkı maddesi olarak kullanımı yasaldır. Vücutta tamamen emilebilen zararsız ürünlere (amino şekerler) yavaş yavaş parçalanabilen biyouyumlu bir malzeme olan kitosan, insanlarda bağıl LD50 1.33 g/gün/kg olarak belirlenmiş ve günde 3-6 g kitosan kullanımının herhangi bir yan etkisinin olmadığı klinik olarak kanıtlanmıştır (Riegger et al., 2018).

Kitosanın gıda endüstrisinde başlıca kullanım sebebi düşük dozda bile antifungal, antibakteriyel, antiviral etkiye sahip bir bileşik olarak, depolama, sevkiyat ve raf ömrü boyunca çeşitli şekilllerde mikrobiyal bozulmaya maruz kalan gıda ürünlerinde mikrobiyolojik koruma sağlamasıdır. Et ve et ürünleri, meyve sebze ve süt ürünleri üzerine yapılan birçok çalışmada kitosanın *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas fragi* vb. gibi bakteri suşlarının ve küf ve mayanın gelişimini engelleyerek gıdada istenmeyen mikrobiyolojik gelişimi baskıladığı ve böylece ürünün raf ömrünün uzatılmasında olumlu etki yaptığı gözlemlenmiştir (Yıldız ve Yangılar, 2014).

Açık renkli meyve ve sebzelerde (elma, armut, patates vb.) gözlemlenen ve üründe kalitesel bir problem olan esmerleşme reaksiyonlarının önlenmesinde de kitosan ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiş ve oldukça olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu meyve ve sebzelerde bulunan o-kinonların PPO enzimi katalizörlüğünde hidroksilasyonu ve oksidasyonu sonucu gerçekleşen esmerleşme reaksiyonlarına PPO enzimini inaktive ederek ve yüzeyde film katmanı oluşturarak etki ettiği belirlenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda kitosanın, fenolik maddeler bakımından zengin olan beyaz şarap üretiminde polifenollerin uzaklaştırılmasında ve elma ve armut suyundan yapılan meyve sularında esmerleşme reaksiyonlarının engellenmesinde pozitif yüke sahip olmasının avantajı ile olumlu etki gösterdiği bildirilmiştir ve içecek endüstrisinde de kullanılabilirliği kanıtlanmıştır (Cheah et al., 1997; Kurt ve Zorba, 2005; Duan et al., 2019).

Yüksek konsantrasyonda doymamış yağ asitlerini içeren gıdaların lipid oksidasyonuna karşı oldukça hassas olduğu ve bu oksidatif bozulmanın gıdanın renk, tat, tekstür ve besin değerlerinde istenmeyen değişimlere neden olduğu bilinmektedir. Antioksidan etkisi bulunan kitosanın, eklendiği sucuk, sosis gibi et ürünlerinde oksidatif bozulmanın belirtisi olan tiyobarbiturik asit (TBA) oluşumunda %40-70 azaltma sağladığı belirlenmiştir. Kitosanın oksidasyonu engelleme mekanizmasının, depolama sürecinde ette bulunan hemoproteinlerden ortama salınan serbest metalleri bağlaması sonucu engellediği düşünülmektedir (Gökmen, 2010; Küçükaya, 2018).

Kitosanın sindirim enzimleri tarafından hidrolize edilmemesi ve yüksek su bağlama yeteneği ile bitkisel diyetetik liflere benzer özellik göstermesi, yağ moleküllerine bağlanarak bağırsaklardaki emilimini azaltması ve böylece kilo kaybını desteklemesi, bağırsak hareketlerini destekleyerek sindirimi düzenlemesi, bağırsak mikroflorasını desteklemesi, plazma kolesterolü ve trigliserid seviyesini düşürmesi gibi özellikleri onu diyet ürünlerinde de yaygın olarak kullanılan bir bileşik haline gelmesini sağlamıştır (Razdan and Petterson, 1994; Yıldız ve Yangılar, 2014; Han et al., 1999).

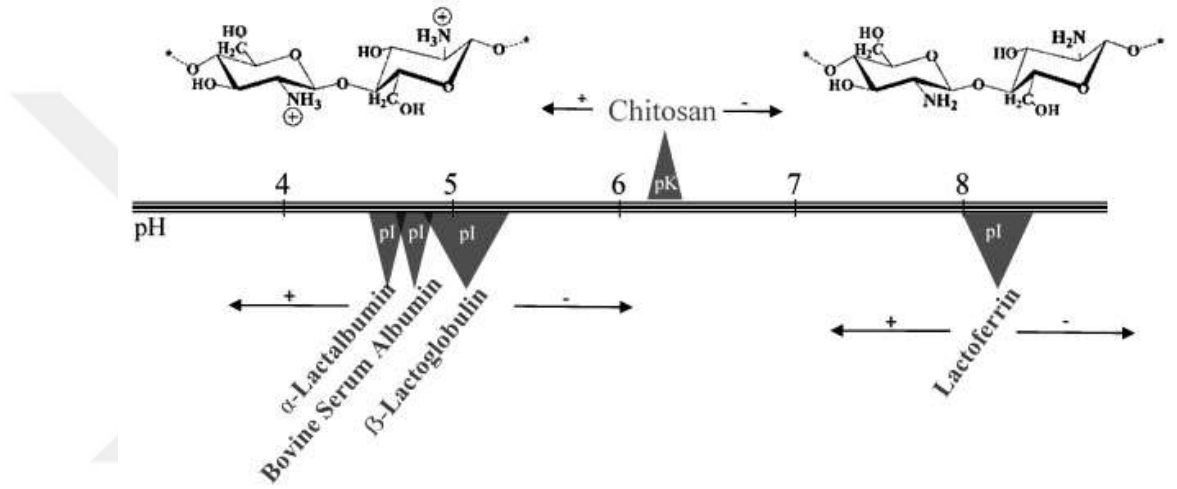
Mikrobiyolojik olarak oldukça hassas bir ürün grubu olan süt ve süt ürünlerinde ise kitosan kullanımının gerekliliği gün geçtikçe önem kazanmakta ve yapılan çalışmaların sayısı hızla artmaktadır.

2.5.3.1.1. Kitosanın Süt ve Süt ürünleri Endüstrisindeki Kullanımı

2.5.3.1.1.1 Protein Ekstraksiyonu

Süt, süt ürünleri ve peynir altı suyu gibi süt endüstrisi yan ürünleri protein açısından oldukça zengin içeriğe sahip ürünlerdir (Rocha-Mendoza et al., 2021; Daniloski et al., 2021; García-Burgos, 2020; Kandyliş, 2021). Süt, kazein (α -s1 kazein, α -s2, kazein, β -kazein ve k-kazein) (Nascimento et al., 2020; Liang and Luo, 2020) ve peynir altı suyu proteinleri (α -laktalbümin, β -laktoglobulin, sığır serum albümini, immünoglobulinler laktoferrin, laktoperoksidaz ve glikomakropeptid) olmak üzere iki farklı protein fraksiyonuna sahiptir (Wu et al., 2021; Setiowita et al., 2020). Peynir üretimi sırasında kazein pıhtılaşarak peynirin yapısını oluştururken, peynir altı suyu proteinleri peynir altı suyu ile birlikte uzaklaşmaktadır. Peynir altı suyunda bulunan proteinler süt endüstrisi ve birçok

farklı gıda endüstrisinde kullanılan önemli bileşenler oldukları için, peynir altı suyundan proteinlerin uzaklaştırılması son derece önemli bir proses basamağıdır. Proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin bozulmadan elde edilebilmesi için günümüzde birçok farklı filtrasyon ve çöktürme yöntemi kullanılmaktadır (Wen-Qiong et al., 2019). Son dönemde yapılan çalışmalar ucuz ve hızlı bir teknik olması, sağlığı olumsuz etkileyen bileşenlerin açığa çıkmasını engellemesi vb. özellikleri ile kitosanın protein ekstraksiyon yöntemlerine alternatif bir yöntem olarak peynir altı suyu proteinlerinin ekstraksiyonunda kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 2.12 pH'nın Kitosan ve Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Yüklerine Etkisi

Kitosan ve peynir altı suyu sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikleri sayesinde belirli koşullar altında kompleks oluşturarak peynir altı suyundan proteinlerin ekstraksiyonunu sağlamaktadır. Peynir altı suyu proteinleri, belirli bir pH aralığında farklı izoelektrik noktalara sahiptir. Örneğin, β-laktoglobulin, α-laktalbumin ve sığır serum albumini, sırasıyla 4.9-5.4, 4.6 ve 4.8 izoelektrik noktalarına sahiptir (Şekil 2.12) (Carter et al., 2020; Ramos et al., 2017). Bu izoelektrik noktaların altında negatif yüke sahip olan peynir altı suyu proteinleri, sınırlı bir pH aralığında katyonik kitosan ile kompleks oluşturur ve ortamdan uzaklaştırılabilir (Farmerie et al., 2021). Örneğin, peynir altı suyuna farklı oranlarda (1.9-3 mg/ml) kitosan ilavesi ile yapılan bir çalışmada, β laktoglobulinin seçici olarak uzaklaştırılması izoelektrik nokta prensibine göre gerçekleştirilmiştir (Casal et al., 2006). Yapılan başka bir çalışmada ise, sülfanilik asit ile modifiye

edilmiş kitosan mini küreleri kullanılarak peynir altı suyundan %70 saflıkta laktoferrin proteini başarılı bir şekilde elde edilmiştir (Hirsch et al., 2020).

2.5.3.1.1.2 Ambalaj Filmi ve Kaplama

Kitosan sahip olduğu antimikrobiyal özelliği sayesinde, zengin besin içeriği sayesinde depolama ve sevkiyat sırasında mikrobiyal üremeye oldukça açık olan süt ve süt ürünlerinin korunmasında kullanım alanına sahip bileşenlerden birisidir. Süt ve süt ürünlerinin duyuusal ve mikrobiyolojik özelliklerinin tüketiciye ulaşana dek korunmasında kullanılabilecek olan ambalajların ve yenilebilir film kaplamaların üretilmesinde kullanım potansiyeli taşıyan kitosan, son yıllarda bu alanda bilimsel araştırma yapan araştırmacıların ilgisini de üzerine çekmektedir.

Zhang ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada, kitosan ve prosiyanidin içeren kompozit filmler peynir paketlemesinde kullanılmış ve peynirde *Escherichia coli* ve *Aspergillus niger*'e karşı antimikrobiyal aktiviteyi sırasıyla %20.0 ve %30.4 oranında arttırdığı gözlemlenmiştir (Zhang et al., 2021). Kitosan ile Bir başka çalışmada ise, moringa yağı içeren kitosan nanopartikülleri ile gömülü Jelatin nanolifleri, peynir üzerinde herhangi bir duyuusal problem neden olmadan, *L. monocytogenes* ve *S. aureus*'a karşı farklı sıcaklıklarda yüksek antimikrobiyal aktivite göstererek peynir ambalaj materyali olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Lin et al., 2019).

Kitosan ile ilgili peynirler üzerinde sadece ambalaj olarak değil kaplama olarak da birçok çalışma yapılmıştır. Nabulsi ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada, çinko nanoparçacıkları içeren kitosan kaplamanın, beyaz salamura peynir üzerindeki *E. coli* O157:H7'nin başlangıç sayılarını 4-10 °C'de 28 günlük bir süre içinde önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir (Al-Nabulsi et al., 2020). Youssef ve arkadaşları tarafından 2016 yılında yapılan bir çalışmada ise kitosan, karboksi metil selüloz ve çinko oksit nanoparçacıkları kullanılarak peynir kaplama için bir film oluşturulmuş ve bu filmin gram pozitif (*Staphylococcus aureus*), gram negatif (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*) bakterilere ve mantarlara (*Candida albicans*) karşı iyi antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir (Youssef et al., 2016). Kitosan kaplamalar üzerine yapılan bir diğer çalışmada ise, Roselle kaliks özünü dayalı kitosan/guar zamkı/çinko oksitten oluşan biyonanokompozitler üretilmiş ve Çiğ peynirde kaplama malzemesi olarak

kullanılmıştır. %3 RE-ZnO içeren bu biyonanokompozit film, ham peynir yüzeylerini maya, küf ve diğer bakteri üremelerinden yaklaşık üç ay korumuştur (El-Sayed et al., 2020).

2.5.3.1.1.3 Hayvancılık

Süt ürünlerinin kalitesi, sütün türü, bileşimi ve mikrobiyolojik yükü, ürünün üretim yöntemi, saklama koşulları gibi birçok farklı faktöre bağlı olarak değişmektedir (Rocchetti et al., 2021; Goetsch et al., 2011). Tüm bu faktörler arasında süt ve süt ürünlerinin kalitesini doğrudan etkileyen, sütün işleme parametrelerini ve işleneceği ürünü belirleyen en önemli faktör sütün sahip olduğu mikrobiyolojik yüküdür. Bu nedenle, işlenmek üzere fabrikaya gelmeden önce çiftlikte çiğ sütün mikrobiyolojik kalitesini artırmak ve sütün işlemeye alınincaya kadar koruma amacıyla çiftçiler, süt kooperatifleri ve süt işletmeleri tarafından uygulanan birçok farklı zaman alıcı ve pahalı arıtma ve depolama yöntemleri kullanılmaktadır. Son zamanlarda zaman alıcı ve yüksek maliyete sahip yöntemlere alternatif olarak sütün mikrobiyolojik kalitesini koruyan birçok ucuz, kolay kullanıma sahip teknik üzerinde çalışılmaktadır.



Şekil 2.13 Mastitis'e karşı kullanılan bir teknik olan Teat Dip tekniği

Mastitis gibi hastalıkların önlenmesi sütün mikrobiyolojik kalitesinin arttırılmasını sağlayan oldukça önemli bir koruyucu önlemdir. Hastalıklardan korunmak için meme ucu daldırma gibi birçok farklı yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhang et al., 2021; Morril et al., 2019; Orellano et al., 2019). Mastitisin önlenmesi için meme başı daldırma (Teat Dip – Şekil 2.13) solüsyonları üzerinde yapılan bir çalışmada, providin iyot solüsyonuna farklı moleküler ağırlıktaki kitosan eklenmiş ve mastitise neden olan altı farklı bakteriye karşı test edilmiştir. Sonuç olarak, 50 kDa moleküler ağırlığa sahip %1 kitosan içeriğine sahip solüsyonun *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* ve

Escherichia fergusonii üzerinde kitosan ilave edilmeyen solüsyona kıyasla maksimum antibakteriyel etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir (Zhang et al., 2021). Mastitise neden olan başlıca bakterilerden biri olan stafilokok üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise, ters misel yöntemiyle kitosan nanoparçacıkları üretilmiş ve bu nanoparçacıkların antibakteriyel etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak elde edilen kitosan nanoparçacıklarının sığır hücrelerinin canlılığını etkilemeden bakteriyolojik film oluşumunu engelleyerek mastitisin önlenmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir (Orellano et al., 2019).

Zheng ve arkadaşları tarafından sütün verimliliği üzerine yapılan bir başka çalışmada ise, kitosan'ın inek beslemede besin takviyesi olarak kullanılması ile lineer olarak süt verimini, süt proteinini ve laktoz verimini arttırdığı, oksidatif stres ve hastalıklara neden olan serbest radikallerin oluşumunu ise azalttığı gözlemlenmiştir (Zheng et al., 2021).

2.5.3.1.1.4 Süt Endüstrisi Atık Sularının Arıtılması

Süt endüstrisi peynir, tereyağı, dondurma, yoğurt, süt üretimi ve bu ürünlerin paketlenmesi sonucu yüksek miktarda karbonhidrat, protein, gres veya yağ içeren atık su oluşturmaktadır. Bu yüksek organik içerik atık suyun yüksek KOİ, BOİ ve bulanıklığa sahip olmasına neden olmaktadır (Kaur, 2021; Zylka et al., 2021). Bu sebeple bu atık suların canlıların yaşamını etkilememesi ve ekosisteme zarar vermemesi için iyi bir arıtım prosesine tabi tutulması gerekmektedir.

Süt Endüstrisi atık sularının arıtımı için elektropihtılaştırma, fitoremediasyon, aerobik ve anaerobik arıtım, elektrokimyasal prosesler gibi farklı arıtım yöntemleri kullanılmaktadır (Chandra et al., 2018; Kaur, 2021; Sandoval and Salazar, 2021). Bu yöntemlerin birçoğu oldukça etkili prosesler olmalarına rağmen pahalı proseslerdir ve sentetik kimyasalların kullanımını gerektirmektedir (Sandoval and Salazar, 2021). Bu nedenle son yıllarda süt endüstrisi atık sularının arıtımı için geleneksel proseslere nazaran daha ucuz, doğal, biyolojik olarak parçalanabilen ve verimli arıtım sağlayan biyopolimer alternatifler üzerine odaklanılmaktadır (Hussain et al., 2021; Amadu et al., 2021). Kitosan bu özellikleri iyi bir şekilde sağlayan en iyi biyopolimerlerden birisidir. Bu yüzden süt endüstrisi atık sularının arıtılması amacıyla kitosan iyi bir koagülasyon ve

flokülasyon ajanı olarak gösterilmektedir (Pal et al., 2021, Geetha Devi et al., 2012; Iber et al., 2021).

2013 yılında yapılan bir çalışmada, düşük moleküler ağırlıklı (MW 20 kDa) kitosan kullanılarak süt endüstrisi atık sularında arıtım gerçekleştirilmiştir. Optimum konsantrasyon olarak belirlenen 150mg/L miktarda, COD %79, bulanıklık %93 ve TSS miktarı da %73 azaltılmıştır (Geetha Devi et al., 2012). Muniz ve arkadaşları tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise pH 5 de 73,34 mg/L kitosanın süt endüstrisi atık sularında %77,5 KOİ azılımı %97,6 bulanıklık azalımını sağladığı belirlenmiştir (Muniz et al., 2020).

2.5.3.1.1.5 Süt Ürünleri Üretimi

Kitosan, süt endüstrisi ürünleri ile ilgili gerçekleştirilen birçok çalışmada antioksidant, antimikrobiyal, pıhtılaştırıcı özelliği, toksik olmama vb. birçok özelliği sayesinde farklı amaçlarda kullanılmıştır (Zedan et al., 2021; Akgün et al., 2020; Tan et al., 2018). 2021 yılında Zedan ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek moleküler ağırlıklı kitosan ve tarragon essential oil farklı oranlarda yoğurda eklenmiştir ve raf ömrü, kıvam ve hidrasyon üzerindeki etkisi araştırılmıştır. %6 oranındaki kitosan eklenmesi fizikokimyasal (asitlik ve pH), kıvam ve mikrobiyal ve antifungal etki açısından en iyi sonuçları vermiştir. Bununla birlikte %2 kitosan içeren numuneler ise duyuşal değerlendirmede en yüksek puanı almıştır (Zedan et al., 2021). Akgün ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yapılan bir diğer çalışmada ise, kitosan vişne ekstraktlarını kaplama materyali olarak kullanılmış ve karıştırılmış tip yoğurda eklenmiştir. Kitosanla kaplanmış vişne ekstraktları fenolik konsantrasyonunun dondurularak kurutulmuş vişne ekstraktlarına göre daha uzun süre stabil kalabildikleri gözlemlenmiştir (Tan et al., 2018). Kitosanın kaplama materyali olarak kullanıldığı bir diğer çalışma ise dondurma üzerinde yapılmıştır. Probiyotik özelliğe sahip *Lactobacillus rhamnosus* ve *Lactobacillus casei* aljinat kitosan ile kapsüllenmiş ve canlılıklarını koruması sağlanmıştır. Elde edilen veriler mikrokapsüllenmiş hücrelerin donmuş depolamada ve simüle edilmiş gastrointestinal koşullarda serbest hücrelere göre hücre kaybını azalttığını göstermiştir (De Farias et al., 2019).

2.6 Tezin Amacı

Bu tezin amacı farklı fonksiyonel özelliklere sahip potansiyel bir gıda katkı maddesi olan kitosanın peynir üretimi esnasında kullanılması ile peyniraltı suyuna kaçan protein ve yağ moleküllerinin azaltılarak peynirin besin içeriğinin artırılması, peynir altı suyunun organik yükünün azaltılarak çevreye daha az zararlı bir yan ürün haline getirilmesinin sağlanması ve kitosanın antimikrobiyal özelliğinden yararlanarak peynirin farklı sıcaklıklardaki istenmeyen mikrobiyolojik gelişiminin azaltılarak daha dayanıklı bir ürün elde edilmesinin sağlanmasıdır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması süresinde peynir üretimi ve analizlerin gerçekleştirilmesi için kullanılan malzemeler, kimyasallar ve cihazlar bu bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1 Kitosan Çözeltisinin Hazırlanması

Peynir üretiminde farklı konsantrasyonlarda kitosan kullanılacağı için hazırlanan kitosan çözeltileri arasında herhangi bir fark olmaması için tek bir %2'lik kitosan stok çözelti hazırlanmış ve tüm peynir örneklerine bu stok çözeltisinden hesaplamalar yapılarak gerekli miktarlarda kullanılmıştır.

%2'lik kitosan çözeltisinin hazırlanması amacı ile, özellikleri çizelge 3.1'de verilen Aldrich marka orta molekül ağırlığa sahip kitosan hassas terazide 20 g tartılmış ve 1 L'lik shot şişesi içeresine aktarılmıştır. Toz kitosan üzerine 1 litre %1'lik asetik asit (CH_3COOH) çözeltisi eklenerek 1 gece boyunca 200 rpm de 40°C'de karışmaya bırakılmıştır. Karıştırma sonunda yüksek vizkoziteye sahip tamamen çözünmüş %2'lik kitosan çözeltisinin içerisinde oluşan kabarcıklardan ve safsızlıklardan arındırılması amacı ile kullanılacak olan miktar 50 ml'lik falkon şişelerine aktarılarak 2000 rpm'de 2 dk santrifüjleme işlemine tabii tutulmuştur.

Çizelge 3.1 Peynir Üretiminde Kullanılan Kitosanın Özellikleri

Peynir Üretiminde Kullanılan Kitosanın Özellikleri	
Marka	Aldrich
GBF No	448877
Cas No	9012-76-4
Görünüm/Fiziksel Hali	Toz
Erime Noktası	102,5 °C
Bağıl Yoğunluk	1 g/cm ³
LD50 Oral - Sıçan	> 10.000 mg/kg
Moleküler Ağırlık	Orta Molekül Ağırlık
Kanserojenite	% 0.1 ya da daha büyük oranda bulunan bu ürünün hiçbir içeriği IARC tarafından muhtemel, olası veya onaylanmış kanserojen olarak tanımlanmamıştır.

3.2 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Üretimi

İçerisine farklı konsantrasyonlarda kitosan eklemenin peynir üretimi, peynirin fonksiyonel özellikleri, besin bileşimi, raf ömrü ve peynir altı suyunun

kimyasal kompozisyonu üzerine etkisini gözlemlemek amacıyla daha önce kitosan ve peyniraltı suyu ile yapılan araştırmalardan yola çıkılarak 0, 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4 mg/ml olacak şekilde 7 farklı konsantrasyonda kitosan eklenmesi kararlaştırılmıştır. Örnek hacimleri 200 ml olarak belirlenmiştir. Şekil 3.1’de manyetik karıştırıcı üzerinde mayalanmak için hazırlanan sütler gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Manyetik Karıştırıcı Üzerinde Peynir Yapımı için Hazırlanan Sütler

Çalışmada Pınar marka pastörize edilmiş tam yağlı inek sütü kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 3.2’de kullanılan sütün besin ögeleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Peynir Üretiminde Kullanılan Sütün Besin Ögeleri Kompozisyonu

Enerji ve Besin Ögeleri	100 ml için	100 ml için %RA*
Enerji (kJ/kcal)	250/60	%3
Yağ (g)	3,3	%5
-Doymuş Yağ (g)	2,1	%11
Karbonhidrat (g)	4,5	%2
-Şekerler (g)	4,5	%5
Protein (g)	3,0	%6
Tuz (g)	0	%0
Mineraller	% BRD**	
Kalsiyum (mg)	120	%15

*RA: Ortalama bir yetişkinin Referans Alım değeri

** BRD: Beslenme Referans Değeri

-

Çalışma hacmi olarak belirlenen 200 ml süt mezür yardımı ile ölçülerek behere aktarılmış ve ısıtıcılı manyetik karıştırıcı üzerinde 200 rpm’de karıştırılarak mayalama sıcaklığı olan 35°C’ye getirilmiştir. Termometre ölçülerek sıcaklığı 35°C sıcaklığa ulaştığı belirlenen sütün içerisine maya eklenmesinden

önce pıhtı oluşum sürecinin kısaltılması ve sıkı bir pıhtı elde etmek amacıyla 0,25 mg/L konsantrasyonda CaCl_2 (Kalsiyum Klorür) ilavesi gerçekleştirilmiş ve CaCl_2 'nin tamamen çözünmesini sağlamak amacıyla 800 rpm'de 15 dk karıştırılmıştır.

CaCl_2 'nin tamamen çözünmesinden sonra otomatik pipet yardımı ile daha önceden kuvveti hesaplanan peynir mayasından 200 ml için 0,3 ml eklenerek, içerisine peynir mayası eklenmiş süt örneği cam baget yardımı ile hafifçe karıştırılmış ve 35°C etüv içerisinde 3 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Pıhtılaşma işleminin sonunda pıhtı pirinç tanesi boyuna kadar parçalanmıştır.

Farklı konsantrasyonlardaki kitosanın peynir üretimine etkisinin gözlemlenmesi amacıyla Çizelge 3.3'te gösterilen miktarlardaki kitosan solüsyonları peynirin pıhtılaşma süresi boyunca enzim aktivitesinin ve pıhtılaşma prosesinin etkilenmemesi amacıyla inokülasyon süresi sonunda, pıhtı kesimi gerçekleştirilmiş ancak peynir altı suyundan ayrılmamış pıhtı içerisine eklenmiştir. Kitosanın peynir altı suyundaki organik bileşenlerle iyi bir şekilde etkileşime geçebilmesi ve peynir içerisine hapsedebilmesi amacıyla kitosan eklenen pıhtı örnekleri 600 rpm'de 15 dk boyunca karıştırılmıştır. Karıştırmanın sonucunda elde edilen pıhtıdan peyniraltı suyunun ayrılmasını sağlamak amacıyla 50 ml'lik falkonlara aktarılan karışım 4200 rpm'de 2 dk boyunca santrifüjleme işlemine tabii tutulmuştur.

Çizelge 3.3 200 ml Çalışma Hacmi İçerisine Eklenmesi Gereken %2'lik Kitosan Solüsyonu Miktarı

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Çalışma Hacmi (ml)	Kitosan Konsantrasyonu (%)	Eklenmesi Gereken Kitosan Solüsyonu (ml)
0	200	2	0
0,25	200	2	2,5
0,5	200	2	5
1	200	2	10
2	200	2	20
3	200	2	30
4	200	2	40

Elde edilen peynir altı suyu ve peynirde gerekli analizlerin yapılabilmesi amacıyla peynir altı suyu ve peynir örnekleri 50 ml'lik falkonlarda +4°C'de saklanmıştır.

3.3. Peyniraltı Suyunda Gerçekleştirilen Analizler

3.3.1 Bulanıklılık (Turbidite) Ölçümü

Peynir üretimi sonucu elde edilen peynir altı sularında bulanıklığa neden olan yağ, askıda pıhtı ve diğer maddelerin yoğunluğu farklı kitosan oranlarına göre değişmektedir. Elde edilen peyniraltı sularının optik yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla alt üst edilen falkonlardan 2 ml peyniraltı suyu otomatik pipet yardımı ile alınarak spektrofotometre küvetlerine aktarılmış ve 660 nm dalga boyunda UV-vis spektrofotometre (Optizen POP, MECASYS) ile ölçüm gerçekleştirilmiştir (Casal et al., 2006).

Absorbans değerinin 1'in üzerinde olduğu durumlarda, daha doğru sonuçlar alabilmek adına peynir altı suyunda seyreltmeler yapılarak ölçümler tekrarlanmıştır.

3.3.2 Kuru Ağırlık Analizi

Peynir altı suyunun kuru ağırlığının belirlenmesi amacı ile termogravimetrik prensibe göre çalışan nem nayin cihazı (METTLER TOLEDO – HR83) kullanılmıştır. 10 ml peynir altı suyu otomatik pipet yardımı ile cihazın darası alınan kurutma kabına yerleştirilmiştir ve 102 °C de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi sonucunda elde edilen kuru ağırlık miktarı % cinsinden cihazın göstergesinden okunmuştur.

3.3.3 Süzülme Süresi ve Pıhtı Eldesi Analizi

Kitosanın peynir üretiminde kullanılması, onun peyniraltı suyundaki negatif yüke sahip organik molekülleri peynirin içerisine hapsedilebilmesini sağlamanın yanı sıra, stabilizör gıda katkı maddesi görevi üstlenerek kazein pıhtılarının birbirine daha hızlı ve sıkı bir şekilde tutunmasını sağlamaktadır. Kitosanın bu özelliği, kazein pıhtılarının peyniraltı suyundan daha kolay ayrılmasını sağlayarak daha az organik yüke sahip peyniraltı suyunun peniyden daha hızlı uzaklaştırılmasını sağlamaktadır.

Farklı oranlarda kitosan ilavesinin pıhtı birleşmesine etkisinin ve bu doğrultuda peyniraltı suyu ayrımını ne derecede kolaylaştırdığının belirlenmesi amacıyla; elde edilen pıhtı + peynir altı suyu karışımları huni içerisine

yerleştirilmiş filtre kağıdından geçirilerek mezüre aktarılmış ve 50 ml peynir altı suyu elde edilesiye kadar geçen süre kronometre yardımıyla belirlenmiştir.

Pıhtı eldesi analizi santrifüjlenerek peynir altı suyundan ayrılması sağlanan peynir pıhtısının hacmi ölçülerek eşit kuvvet uygulandığında peynir pıhtısının peyniraltı suyundan ayrılması için gereken süre ve enerji gerekliliği için yorum yapılabilmesini sağlayacaktır. Bunun için 4200 rpm’de 2 dk boyunca santrifüjlenen pıhtı, peyniraltı suyundan ayrılarak hacim ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3.3.4 Titre Edilebilir Asitlik Analizi

Asetik asit içerisinde çözdürülerek peynir içersine eklenen kitosanın peyniraltı suyunun asitlik değerini ne kadar değiştirdiğinin belirlenmesi amacıyla titre edilebilir asitlik analizi gerçekleştirilmiştir.

Peyniraltı suyundan mezür yardımı ile 25 ml örnek alınarak erlene aktarılmıştır. İçerisine 1 ml fenolftalein indikatörü damlatılmış ve karışım 0,1 N NaOH ile açık pembe renk kalıcı olarak gözlemleninceye dek (5 sn) titre edimiştir. Titrasyon sırasında harcanan NaOH miktarı büretten okunmuştur. Sonuç % laktik asit cinsinden aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Harcanan 1 ml 0,1N NaOH miktarı, 0,009 g laktik aside eş değerdir.) (TSE, 2002; Cebeci, 2020).

$$\text{Asitlik (Laktik Asit Cinsinden)} = \frac{(V \times N \times 0,009)}{m} \times 100$$

V: Titrasyonda harcanan alkali miktarı (ml).

N: Alkalinin normalitesi.

m: Örnek miktarı (ml).

3.3.5 pH Analizi

Farklı konsantrasyonlarda kitosan ilave edilen peynir örneklerinden elde edilen peyniraltı sularının pH değişimlerinin belirlenebilmesi amacıyla pH analizi gerçekleştirilmiştir.

Peynir altı suyu örneklerinin pH ölçümü için Hanna HI 2210 pH/C pH metre kullanılmıştır. Peyniraltı suyu örnekleri behere aktarılmış ve sıcaklık ölçümleri yapılarak oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. pH ölçümü için prop örneğin içerisine daldırılmış ve okunan değer sabitleninceye kadar beklenmiştir. Her örneğin ölçümü sırasında pH metrenin probunun ucu saf sudan geçirilmiştir ve paraleller arasında pH metre kalibre edilmiştir. (TSE, 2002; Cebeci, 2020)

3.3.6 Laktoz Analizi

Laktoz sütte bulunan tek karbonhidrattır ve laktoz tayini sonucu sütteki toplam karbonhidratın belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Peynir altı suyunda laktoz tayini yapılmasının amacı farklı konsantrasyonlarda kitosan ilavesinin peyniraltı suyu ile kaçan laktozun ne kadarlık bir kısmının peynirin içerisine hapsedilebildiğinin belirlenmesidir.

3.3.6.1 Kimyasalların Hazırlanması

Carrez I Çözeltisi: 150 gr potasyum ferrosiyanür [$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$] damıtık suda çözülerek 1 litreye tamamlanmıştır.

Carrez II Çözeltisi: 300 g çinkosülfat [$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$] damıtık suda çözülerek litreye tamamlanmıştır.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi: 0,25 N

Fenolftalein Çözeltisi: 0.2 g fenolftalein %95'lik 100 ml etil alkolde çözdürülmüştür.

Fehling I Çözeltisi: 69,278 g bakır sülfat [$CuSO_4 \cdot 5H_2O$] tartılır ve damıtık suda çözüldükten sonra litreye tamamlanmıştır. Çözelti katlı bir filtreden süzülerek sıkıca kapanan bir şişede muhafaza edilmiştir.

Fehling II Çözeltisi: 346 g sodyum-potasyum tartarat [$C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$] ve 102 g sodyum hidroksit [$NaOH$] ayrı ayrı tartılıp damıtık suda çözüldükten sonra birleştirip litreye tamamlanmıştır. İki gün kendi haline bırakıldıktan sonra filtre edilmiştir ve bir şişede muhafaza edilmiştir.

3.3.6.2 Peyniraltı Suyunun Laktoz Analizi

Analize başlamadan önce peynir altı suyu numunesi 20°C'ye ısıtılıp özenle karıştırılmıştır. Analizde kullanılacak olan 1,2 µm cam mikrofiber filtreler 60°C etüvde 1 gece bekletilmiş ve arkasından desikatörde soğutulularak hassas terazide daraları alınmıştır. Filtre kâğıdı Cu₂O'in hızlı filtrasyonu için vakum süzme setine yerleştirilmiştir.

Örneğin Durultulması

1 ml peynir altı suyu 100 ml'lik balon jojeye tam olarak tartılmıştır ve tartım sonucu tam olarak not edilmiştir. Tartımı gerçekleştirilen peynir altı suyu üzerine 60 ml kadar damıtık su ilave edilmiştir. Karışım üzerine 2 ml Carrez-I ve 2 ml Carrez-II çözeltisi ilave edilmiştir ve balon içeriği çok iyi bir şekilde karıştırılmıştır. Karışım içerisine 0,5 ml fenoltalein indikatörü ilave edilmiştir ve 0,25 NaOH ile nötrlenmiştir. Nötrleme işleminden sonra karışım balon çizgisine kadar damıtık su ile tamamlanmıştır ve kuru bir filtre kağıdından geçirilerek durultma işlemi tamamlanmıştır.

Cu₂O'in Çökertilmesi

250 ml'lik beher içerisine 25 ml Fehling-I, 25 ml Fehling-II çözeltisi ve 60 ml damıtık su eklenmiştir. Elde edilen karışım ısıtıcı üzerinde kaynayana kadar sabit sıcaklıkta ısıtılmıştır ve kaynama başlamasından sonra durultularak hazırlanan filtrattan mezür yardımı ile 40 ml kaynayan sıvı üzerine ilave edilmiştir. Elde edilen karışımın yeniden kaynamaya başladığı an tespit edilerek 6 dk süreyle kaynaması devam ettirilmiştir. 6. dk sonunda beher ısıtıcı üzerinden alınarak sıcak bir şekilde, daha önce hazırlanan ve darası alınan filtre kağıdından vakum pompa yardımı ile hızlı bir şekilde süzülerek ayrılmıştır. Filtre kâğıdı filtre edilen sıvı hacmi kadar su ile yıkanmıştır ve bütün kimyasal kalıntıların uzaklaştırılması sağlanmıştır. Daha sonra filtre kâğıdı 10 ml etil alkol (C₂H₅OH) ve 10 ml dietil eter ile son kez yıkanmıştır.

Filtre kâğıdı 80°C'lik etüvde 30 dk süreyle kurutulmuştur ve desikatöre alınarak tartım odası sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra hassas terazide ağırlığı ölçülerek tam olarak tartılarak kaydedilmiştir. Sondaki tartım ile filter kağıdının darası arasındaki fark hesaplanmış ve CuO₂ miktarı belirlenmiştir. Bu miktara

karşılık gelen laktoz miktarı çizelgeden okunarak aşağıdaki formülde yerine konulmuş ve peynir altı suyu örneğindeki laktoz belirlenmiştir.

$$\text{Laktoz (mg/100 g)} = \frac{\text{Örnekteki Laktoz Miktarı (mg)} \times 100}{\text{Tartılan Örnek Miktarı (g)}}$$

3.3.7 Kjeldahl Yöntemi ile Toplam Azot Analizi

Peyniraltı suyunda bulunan toplam azot miktarı Kjeldahl yöntemi tespit edilmiş ve bulunan toplam azot miktarı 6.38 faktörü ile çarpılarak örneğin protein konsantrasyonu hesaplanmıştır (Cemiloğlu, 2019, Metin 2009).

Peyniraltı suyu örneğinden 1 g tartılarak kjeldahl tüpüne aktarılmış ve üzerine 2 tane kjeldahl katalizör tableti, 25 ml konsantre H₂SO₄ ve 5 ml H₂O₂ ilave edilerek yakma ünitesine yerleştirilmiştir. Kjeldahl tüpündeki örnek sabit sıcaklıkta kaynatılarak ve berraklaştırıldıktan sonra soğutularak destilasyon cihazına alınmıştır. Destilasyon cihazına alınan numune %40'lık NaOH'u otomatik olarak numunedeki H₂SO₄ miktarına göre kendisi ilave etmiştir. 20 g/L konsantrasyona sahip borik çözeltisinden 25 ml ve 5-7 damla mix indikatör 250 ml'lik erlen içerisinde karıştırılmış ve elde edilen gül kurusu rengindeki karışım destilasyon cihazının destilat toplama kısmına yerleştirilmiştir. Borik asit içinde toplanan amonyak, 0,1 N HCl ile baştaki gül kurusu renk gözlemlene kadar titre edilir ve HCl sarfıyatı kaydedilmiştir. Aynı işlem örnek kullanılmadan da gerçekleştirilerek HCL sarfıyatı kaydedilmiştir. Örnekteki toplam azot miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\%N = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times F \times 0,14}{m} \times 100$$

- V₀ = Tanık Denemede Harcanan HCL Miktarı (ml)
- V₁ = Örnek İçin Harcanan HCL Miktarı (ml)
- N = Titrasyonda Kullanılan Çözeltinin Normalitesi
- m = Tartılan Örnek Miktarı (g)
- F = HCL Çözeltisinin Faktörü

Daha sonra % azot olarak elde edilen değer protein çevirme faktörü (süt ve süt ürünleri için 6.38) ile çarpılarak % protein değeri elde edilmiştir.

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ Azot} \times \text{Protein evirme Faktörü}$$

3.3.8 Gerber Yöntemi ile Yağ Analizi

Peynir altı suyunda yağ tayini, Gerber yöntemi ile süt btirometreleri kullanarak gerçekleştirilmiştir. Süt btirometresi içerisine sırasıyla 10 ml sülfürik asit, 11 ml örnek ve 1 ml amil alkol ($C_5H_{11}OH$) konulmuştur. Peynir altı suyunun sülfürik asit (H_2SO_4) zerine ilavesi btirometrenin camına dokundurularak çok yavaş bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Bütirometrenin tıpası takılmadan önce tıpanın btirometrede temas edeceği yüzeyi temizlenmiş ve tıpa kapatılmıştır. Btirometre içerisindeki karışım koyu mor renge dönüşene dek btirometre altüst edilmiş ve asidin peynir altı suyunu yakması sağlanmıştır. Btirometreler 1100 rpm de 5 dakika boyunca Gerber santrifüjünde santrifüj edilmiş ve btirometre sklasından örneğin içerdiği yağ miktarı okunarak örneğin % yağ miktarını belirlemiştir (Metin, 2009).

3.4 Peynirde Gerçekleştirilen Analizler

3.4.1 Kuru Ağırlık Analizi

Peynir altı suyunun kuru ağırlığının belirlenmesi amacı ile termogravimetrik prensibe göre çalışan nem nayın cihazı (METTLER TOLEDO – HR83) kullanılmıştır. 10 g peynir rneği darası alınan kurutma kabına yerleştirilmiş ve 102 C de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi sonucunda peynirin kuru ağırlık miktarı % cinsinden cihazın göstergesinden okunmuştur

3.4.2 pH Analizi

Peynir rneklerinin pH'larının belirlenebilmesi için Hanna HI 2210 pH/C pH metre kullanılmıştır. Peynir rneklerinin sıcaklığının oda koşullarına gelmesi için birkaç saat dışarıda bekletilmiş ve belirli aralıklar ile sıcaklık ölçümleri yapılarak oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. pH ölçümü için pH metre probunun ucu 50 ml'lik falkon içerisinde bulunan örneğin içerisine daldırılmış ve okunan değer sabitleninceye kadar beklenmiştir. Her rneğin ölçümü sırasında pH metrenin probunun ucu saf sudan geçirilmiştir. Paralel örneklerin ölçümleri arasında pH metre kalibre edilmiştir.

3.4.3 Titre Edilebilir Asitlik Analizi

Peynir örneği iyice ezilerek karıştırılmış ve elde edilen homojen peynir karışımından 250 ml'lik beher içerisine 10 g olacak şekilde 0,1 mg hassasiyetle tartılmıştır. Peynir örneği üzerine 40°C 105 ml damıtık su azar azar ilave edilerek cam baget yardımı bulamaç haline gelinceye dek karıştırılmıştır. Elde edilen karışım filtre kağıdından geçilerek süzölmüş ve süzöntü içerisinde 25 ml örnek beher içerisine alınmıştır. Karışım üzerine 1 ml fenolftalein indikatörü ilave edilmiş ve 0,1 N NaOH ile 30 sn kalıcı hafif pembe renk oluşuncaya dek titre edilmiştir. Titrasyon sırasında harcanan NaOH miktarı büretten okunarak aşağıdaki formülde yerine konularak peynir örneğinin titre edilebilir asitlik değeri laktik asit cinsinden elde edilmiştir (Koçak vd., 1988).

$$\text{Asitlik (Laktik Asit Cinsinden)} = \frac{(V \times 0,009) \times 100}{2,5}$$

V: Titrasyonda harcanan alkali miktarı (ml).

N: Alkalinin normalitesi.

m: Örnek miktarı (ml).

3.4.4 Gerber Yöntemi ile Yağ Analizi

Peynir örneklerinin yağ miktarı Gerber yöntemine göre % olarak belirlenmiştir (Metin, 2009).

3.4.5 Kjeldahl Yöntemi ile Toplam Azot Analizi

Peynirde bulunan toplam azot miktarı Kjeldahl yöntemi tespit edilmiş ve bulunan toplam azot miktarı 6.38 faktörü ile çarpılarak örneğin protein konsantrasyonu hesaplanmıştır (Lynch et al., 2002, Metin, 2009).

3.4.6 Mikrobiyolojik Analiz (Küf ve Maya Sayımı)

Sade ve farklı oranlarda kitosan eklenmiş peynir örneklerinin raf ömrü boyunca mikrobiyolojik yükünün tespiti amacıyla küf ve maya sayımı gerçekleştirilmiştir. (Gliguem et al., 2021).

Antimikrobiyal özelliğe sahip olan kitosanın peynirin raf ömrü üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek amacıyla 0 mg/ml, 0,5 mg/ml, 2 mg/ml ve 4 mg/ml

olmak üzere 4 farklı peynir örneği kullanılmıştır ve peynir örnekleri üç farklı sıcaklıkta (4, 14 ve 24 °C) 15 gün süre ile saklanmıştır. Küf ve maya sayımı için 0.gün (üretim günü), 4. gün, 8. gün, 12. gün ve 15. günler olmak üzere her 4 günde bir analize tabii tutulmuştur.

3.4.6.1 Kullanılan Çözeltiler ve Besiyeleri

Tamponlanmış Peptonlu Su

10 g pepton, 5 g sodyum klorür (NaCl), 9 g disodium fosfat (Na₂HPO₄) ve 1,5 g dipotasyum fosfat (K₂HPO₄) hassas terazide tartılarak, 250 ml su içerisinde çözündürülmüş ve daha sonra elde edilen çözelti mezür yardımı ile 1 litreye tamalanmıştır.

Patato Dextrose Agar (PDA)

Kabukları soyulmuş ve küp şeklinde doğranmış 200 g patates hassas terazide tartılarak beherde aktarılmış ve 1 litre distile suda kaynatılmaya dek yüksek sıcaklıkta manyetik karıştırıcı üzerinde karıştırılmıştır. Kaynama başladıktan sonra 20 dk boyunca düşük sıcaklıkta kaynaması sürdürülmüştür. 20 dakika sonunda patates suyu tülbent bezi yardımı ile süzülerek mezüre aktarılmış ve buharlaşan kısım distile su ile tamamlanmıştır. 20 g/L glikoz hassas terazide tartılarak eklenmiş ve çözünme tamamlandıktan sonra pH 5,5-5,6'ya ayarlanmıştır.

pH ayarlandıktan sonra 1,5g/L olacak şekilde Agar Agar tartılarak karışıma eklenmiş ve manyetik karıştırıcı üzerinde bir süre karıştırıldıktan sonra, 121°C-15 dk boyunca otoklavda sterilize edilmiştir. Elde edilen PDA içerisine bakteri gelişiminin engellenmesi amacıyla sterilizasyon sonrasında 15 mg/L konsantrasyonda gentamisin eklenmiştir.

Otoklavlandıktan sonra 40-45°C'ye soğuyan PDA, steril petrilerin içerisine dökülerek soğumaya bırakılmış ve kullanıma dek +4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3.4.6.2 Küf ve Maya Sayımı

Peynir örneklerinden 10'ar gram steril falkon içerisine tartılmış ve üzerine 90 ml peptonlu su ile tamamlanarak 1/10 oranında homojenize edilmiştir.

Elde edilen karışımdan steril kabin içerisinde, bek alevi yanında 0,1 ml alınarak PDA üzerine yayma plak yöntemiyle ekilmiş ve 25°C’de 5 gün inkübasyona bırakıl ve 5. Gün sonunda küf maya sayımı gerçekleştirilmiştir. Küf ve maya sayımı kolaylaştırmak amacıyla 8., 12. ve 15. günlerde 1/10 ve 1/50 oranında seyreltmeler gerçekleştirilerek ekim yapılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Peynir Altı Suyu Analiz Sonuçları

4.1.1 Bulanıklılık (Turbidite) Ölçüm Sonuçları

Farklı kitosan oranları ile muamele edilmiş peynirlerden elde edilen peyniraltı suları, içerdikleri yağ ve askıda katı madde oranının değişmesinden dolayı farklı turbidite değerleri elde edilmiştir ve Çizelge 4.1’de verilmiştir.

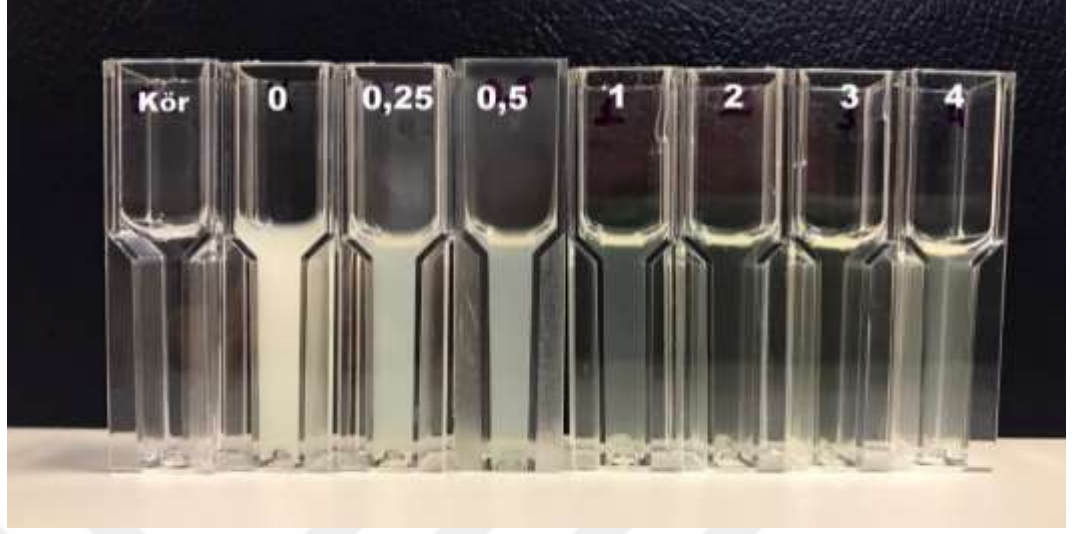
Çizelge 4.1 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerinden Elde Edilen Peyniraltı Sularının Optik Yoğunlukları (FNU)

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peynir Altı Suyu Bulanıklılık			
	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel	Ortalama
0	2,466	1,813	2,242	2,174
0,25	0,873	0,645	0,687	0,735
0,5	0,561	0,488	0,526	0,525
1	0,195	0,241	0,188	0,208
2	0,158	0,200	0,178	0,179
3	0,069	0,011	0,045	0,042
4	0,283	0,170	0,212	0,222

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi peynir yapımında kullanılan kitosan konsantrasyonunun artması 3 mg/ml konsantrasyon kadar peyniraltı suyunun optik yoğunluğunun azalmasını sağlamıştır. Optik yoğunluğun azalması yağ, askıda katı madde vb. organik maddelerin kitosan tarafından tutularak peynir içerisine hapsedilmesi ile mümkün olmaktadır. Bununla birlikte 4mg/ml kitosan konsantrasyonuna sahip peynirden elde edilen peyniraltı suyu örneklerinde optik yoğunluğun artış göstermesi, organik polimerlerde aşırı dozdan dolayı kaynaklanan tipik bir fenomendir (Casal et al., 2006).

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi 3 mg/ml konsantrasyona sahip peyniraltı suyu diğer konsantrasyonlar ile karşılaştırıldığında optik yoğunluğunda gözle görünür bir azalma gözlemlenmiştir. 3 mg/ml konsantrasyona sahip peynirden elde edilen peyniraltı suyu örneklerinin optik yoğunluğu, hiç kitosan içermeyen sade peynir

örneklerinden elde edilen peyniraltı suyunun optik yoğunluğuna göre %97-98 oranında daha düşük elde edilmiştir.



Şekil 4.1 Farklı Konsantrasyonda Kitosan İlavesine Tabii Tutulmuş Peynirlerden Elde Edilen Peynir Altı Sularının Optik Yoğunlukları

4.1.2 Kuru Madde Analiz Sonuçları

Kitosanın sahip olduğu doğal pozitif yük, onun elektrostik çekim kuvvetinin etkisiyle negatif yüke sahip moleküller ile bağ oluşturmaya olanak tanımaktadır.

Kitosanın bu özelliğinden yararlanılarak peyniraltı suyunun sahip olduğu negatif yüke sahip organik maddelerin (yağ asitleri, proteinler, askıda katı maddeler vb.), pozitif yüke sahip kitosan molekülü tarafından tutularak pıhtılaşma sonrası peyniraltı suyundan alınarak peynir içerisine katılması ve böylece ayrılan peyniraltı suyunun organik madde yükünün azalırken, peynirin besin içeriğinin artması beklenmiştir.

Farklı oranlarda kitosan ilavesinin peynir altı suyunun kuru madde içeriğine etkisinin gözlemlenmesi amacıyla 3 paralel olacak şekilde termogravimetrik prensibe göre gerçekleştirilen peynir altı suyu kuru madde analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilerek Üretilmiş Peynirden Elde Edilen Peynir Altı Suyu Örneklerinin Kuru Madde ve Nem Değişimleri

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peyniraltı Suyu Kuru Madde ve Nem Oranları (%)							
	I. Paralel		II. Paralel		III. Paralel		Ortalama	
	Km	Nem	Km	Nem	Km	Nem	Km	Nem
0	7,69	92,31	7,65	92,35	7,65	92,35	7,66	92,34
0,25	7,6	92,4	7,07	92,93	7,49	92,51	7,39	92,61
0,5	7,16	92,84	7,14	92,86	7,22	92,78	7,17	92,83
1	6,49	93,51	6,73	93,27	7,1	92,9	6,77	93,23
2	6,14	93,86	6,31	93,69	6,44	93,56	6,30	93,70
3	5,86	94,14	5,97	94,03	5,66	94,34	5,83	94,17
4	6,04	93,96	6,1	93,9	5,66	94,34	5,93	94,07

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi peynir üretiminde kullanılan kitosan konsantrasyonunun artmasıyla peyniraltı suyundaki % kuru madde oranının doğru orantılı olarak azaldığı gözlemlenmiştir. Kitosan eklenmeyen peynirden elde edilen peyniraltı suyuna oranla 3 mg/ml kitosan eklenmiş peynirden elde edilen peyniraltı suyundaki kuru madde oranının yaklaşık olarak %20-23 azaldığı belirlenmiştir.

4.1.3 Süzülme Süresi ve Pıhtı Eldesi Analiz Sonuçları

Farklı oranlarda kitosan ilavesinin peynir pıhtı birleşmesini ne derece arttırdığı ve bu sayede peyniraltı suyunun peynirden ayrılmasını ne derece kolaylaştırdığının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen süzülme süresi analizinin sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelgede görüldüğü gibi peynir üretimi esnasında kullanılan kitosan konsantrasyonunun artması 3 mg/ml konsantrasyona kadar peyniraltı suyunun peynirden ayrılma süresini yaklaşık olarak %95 oranında kısalttığını gözlemlenmiştir. Peynir üretimi sırasında 4 mg/ml konsantrasyonda kitosan kullanımının ise restabilizasyondan dolayı stabilize edici özelliğinin bir miktar azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.3 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerden Peyniraltı Suyu Ayrılma Süreleri (sn)

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peyniraltı Suyu Süzülme Süresi (sn)			
	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel	Ortalama
0	1422	1316	1256	1331,33
0,25	456	512	435	467,67
0,5	245	364	322	310,33
1	177	212	178	189,00
2	63	112	75	83,33
3	41	75	62	59,33
4	136	169	142	149,00

Peyniraltı suyunun 3 mg/ml kitosan eklenmiş peynirden daha hızlı ayrılmasının pıhtı bütünlüğünü artırarak peyniraltı suyundan ayrılmasını kolaylaştırmanın yanısıra, peyniraltı suyunun daha az miktarda organik madde, özellikle askıda katı madde içermesinden dolayı düştüğü de düşünülmektedir.

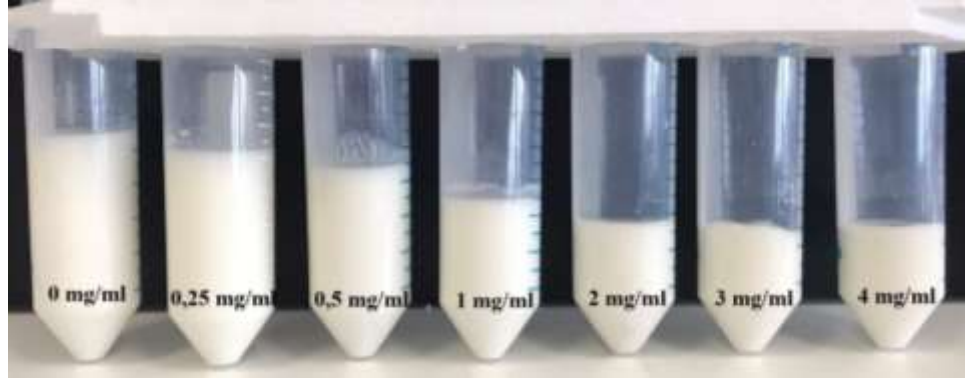
Kitosanın stabilize edici özelliğinin anlaşılabilmesi amacıyla gerçekleştirilen bir diğer analiz olan santrifüj ile ayırma işleminde elde edilen peyniraltı suyunun ayrılması ve elde edilen pıhtı miktarı (ml) sonuçları çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Santrifügasyon Sonrası Peynir Pıhtısı Eldesi (ml)

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peynir Pıhtısı Oluşumu (ml)			
	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel	Ortalama
0	27,5	28	27	27,50
0,25	26	25	25	25,33
0,5	22,5	22,5	20	21,67
1	17,5	17,5	16	17,00
2	15	16	14	15,00
3	12,5	12,5	12,5	12,50
4	12,5	12,5	12,5	12,50

Santrifügasyon sonrası artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak daha sıkı bir pıhtı eldesi elde edildiği ve peyniraltı suyunun ayırımının kolaylaştığı belirlenmiştir. Şekil 4.2'de görüldüğü üzere kitosan eklenmemiş peynirin santrifüj işlemi sonrasında peynir pıhtısı ile peyniraltı suyunun 3-4 mg/ml kitosan eklenmiş

peynire göre daha az ayrıldığı ve bu nedenle daha sıvı bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2 Santrifüj Sonrası Peyniraltı Suyu Ayrılma Oranları ve Oluşan Peynir Pıhtısı Miktarı

Bu sonuç kitosanın kazein misellerinin birleşerek peynir pıhtısının oluşumu sırasında iyi bir stabilizör gıda katkı maddesi görevi görerek, ticari peynir üretimi sırasında peyniraltı suyunu uzaklaştırması amacıyla kullanılan seperasyon aşamasını kolaylaştırıp dah kısa sürede daha sıkı pıhtı elde edilmesini sağlayarak yüksek enerji tasarrufu sağlayacağı yorumu yapılabilir.

Stabilizör gıda katkı maddelerinin diğer bir kullanım amacı; peynirin depolanması sırasında istenmeyen bir durum olan peyniraltı suyunun pıhtıdan ayrılmasının önlenmesidir. Yüksek su tutma kapasitesine sahip olan kitosanın depolama esnasında peynir içerisinde bulunan peynir altı suyunun ayrılmasını önleyerek, peyirin peyniraltı suyunu salmadan kalitesel özelliklerinin depolama sırasında da korunmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

4.1.4 pH Analizi Sonuçları

Peynir üretiminde kullanılan sütün pH'ı, pıhtılaşma işleminden sonra ölçülen pH ve farkı oranlarda kitosan eklenmesinden sonra peynir pıhtısı ve peyniraltı suyunun pH değerleri çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere peynir üretiminde kullanılacak olan sütün pH değeri 6,53-6,54 olarak ölçülmüştür ve tebliğ değerlerine uygun olduğu görülmüştür. Sütün mayalanarak peynir pıhtısının elde edilmesinden sonraki pH ise 6,42-6,44 aralığında ölçülmüştür ve pıhtılaşma işlemi enzim yardımı gerçekleştirildiği için elde edilen pH değerleri uygun olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilen Peynirin Üretimi Esnasındaki pH Değerleri

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	pH Değerleri		
	Süt pH	Mayalanmadan Sonraki pH	Kitosan Eklenmesinden Sonraki pH
0	6,53	6,42	6,36
0,25	6,53	6,44	6,20
0,5	6,54	6,44	6,11
1	6,53	6,42	6,08
2	6,54	6,43	5,86
3	6,53	6,43	5,67
4	6,53	6,42	5,61

Farklı oranlarda kitosan ilavesinden sonra artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak pıhtının pH değerlerinde düşme gözlemlenmiştir. Elde edilen karışımın pH seviyesindeki bu düşüş, kitosanın içerisinde çözdürüldüğü asetik asitten kaynaklanmaktadır. Peynir üretim proseslerinde her peynir türünün hammadde, üretim basamakları ve depolanma koşullarından kaynaklı farklı pH aralıklarına sahip olduğu düşünüldüğünde elde edilen örneklerdeki pH farklılığının önemsiz olduğu düşünülmektedir.

4.1.5 Titre Edilebilir Asitlik Analizi Sonuçları

Farklı oranlarda kitosan kullanımı sonucu açığa çıkan peyniraltı sularının titre edilebilir asitlik değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Peyniraltı Suyu Titre Edilebilir Asitlik Değerleri

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Titre Edilebilir Asitlik Değeri (Laktik Asit Cinsinden)			
	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel	Ortalama
0	0,1012	0,1026	0,1008	0,1015
0,25	0,117	0,1152	0,1174	0,1165
0,5	0,1206	0,1217	0,1206	0,1210
1	0,1519	0,1512	0,1523	0,1518
2	0,1606	0,1613	0,1642	0,1620
3	0,1757	0,1771	0,1724	0,1751
4	0,1962	0,2002	0,1987	0,1984

Peyniraltı suyunda elde edilen titre edilebilir asitlik değerlerinin 0,10 ile 0,19 değerleri arasında değiştiği ve peynir üretimi esnasında kullanılan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak, artan kitosan konsantrasyonu ile titre edilebilir asitlik değerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın kitosanın içerisinde çözdürüldüğü asetik asidin peyniraltı suyunun ayrılması sırasında peyniraltı suyu ile birlikte ayrılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.6 Laktoz Analizi Sonuçları

Aşağıdaki Çizelge 4.7’de peynir üretimi sırasında eklenen kitosan miktarının peynir altı suyundaki laktoz oranı üzerindeki etkisini göstermektedir.

Tablo 4.7 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilerek Üretilmiş Peynirden Elde Edilen Peynir Altı Suyu Örneklerinin Laktoz Oranları

Kitosan Oranı	Filtre Kağıdı Darası (mg)	Filtre Kağıdı + CuO ₂ (mg)	CuO ₂ (mg)	Laktoz (mg)	Laktoz / 100g Peynir Altı Suyu (mg)
I. Paralel					
0 mg/ml	260	567,6	307,6	202,3	5045,89
0,25 mg/ml	247,8	556,8	309	203,7	5028,13
0,5 mg/ml	275,9	582	306,1	201,6	5008,49
1 mg/ml	259,2	557,7	298,5	196	4890,6
2 mg/ml	267,4	557,6	290,2	190,5	4706,95
3 mg/ml	264,4	536,4	272	178,2	4413,9
4 mg/ml	271,4	542,6	271,2	177,5	4420,5
II. Paralel					
0 mg/ml	98,1	424,9	326,8	218	5351,68
0,25 mg/ml	89,3	397,4	308,1	203	5018,88
0,5 mg/ml	90,3	400,3	310	204,4	5101,37
1 mg/ml	90,4	397,1	306,7	202,3	5000
2 mg/ml	96,1	389,8	293,7	193,3	4766,53
3 mg/ml	97,4	365,1	267,7	175,4	4344,63
4 mg/ml	96,9	381,8	284,9	187,1	4626,97
III. Paralel					
0 mg/ml	98,5	419,4	320,9	212,3	5272,17
0,25 mg/ml	89,8	415,1	325,3	215,2	5256,37
0,5 mg/ml	90,6	406,1	315,5	208,3	5179,94
1 mg/ml	89,9	404,4	314,5	207	5089,19
2 mg/ml	89,2	390,7	301,5	198,4	4867,23
3 mg/ml	97,7	368,6	270,9	177,5	4357,19
4 mg/ml	97,5	379,7	282,2	185	4588,11

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi eklenen kitosan miktarının artması ile birlikte peynir altı suyundaki laktoz oranında 3 mh/ml’ye kadar azalma meydana gelmektedir. Eklenen 3 mg/ml kitosan konsantrasyonu peynir altı suyundaki laktoz oranının yaklaşık olarak %15-20 oranında azalmasını sağlamıştır.

Peyniraltı suyunun yüksek kimyasal oksijen gereksinimine sahip bir atık olmasında önemli bir bileşen ve sütteki tek şeker olan laktoz oranının düşmesi, peynir altı suyunu doğa için daha az zararlı bir atık hale gelmesini sağlamaktadır.

4.1.7 Gerber Yöntemiyle Yağ Analizi Sonuçları

Peyniraltı suyunda gerber yöntemiyle yapılan yağ analizi sonuçları Tablo 4.8 ‘da verilmiştir.

Tablo 4.8 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilerek Üretilmiş Peynirden Elde Edilen Peynir Altı Suyu Örneklerinin toplam Yağ Oranları

Peyniraltı Suyu Yağ Oranı (g/100 ml)				
Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	I.Paralel	II. Paralel	III. Paralel	Ortalama
0	0,38	0,36	0,39	0,38
0,25	0,15	0,14	0,18	0,16
0,5	0,07	0,06	0,07	0,07
1	0,05	0,05	0,05	0,05
2	0,05	0,05	0,05	0,05
3	0,05	0,05	0,05	0,05
4	0,05	0,05	0,05	0,05

Yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere 0,25 mg/ml kitosan eklenmesi peynir altı suyunda bulunan toplam yağın yaklaşık olarak yarısını uzaklaştırdığı görülmektedir. 0,5 mg/ml kitosan eklenmesi peyniraltı suyunda bulunan toplam yağı yaklaşık olarak %85-90 oranında azalttığı belirlenmiştir. 0,5 mg/ml’den daha fazla kitosan konsantrasyonunun peynir altı suyunda bulunan yağ miktarı üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir.

4.1.8 Kjeldahl Yöntemiyle Toplam Azot Tayini Sonuçları

Kjeldahl yöntemi göre peyniraltı suyunda gerçekleştirilen protein analizi sonuçlarına göre, kitosan eklenmeden üretilen peyniraltı sularından belirlenen protein konsantrasyonu 0,73-0,78 g/100 ml olup, literatürdeki değerler ile uyushmaktadır. Peynir içersine eklenen kitosan konsantrasyonunun artması ile kitosanın sahip olduğu pozitif yük sayesinde, negatif yüke sahip peyniraltı suyu proteinleri ile etkileşime girerek peyniraltı suyundaki protein konsantrasyonunun doğru orantılı olarak azalmasını sağlamıştır.

Kjeldahl yöntemine göre peyniraltı suyunda gerçekleştirilen protein analizi sonuçları Çizelge 4.9’de verilmiştir.

Çizelge 4.9 Farklı Oranlarda Kitosan Eklenerek Üretilmiş Peynirlerden Elde Edilen Peyniraltı Sularının Protein Konsantrasyonları (g/100 ml)

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peyniraltı Suyu Protein Konsantrasyonu (g/100ml)		
	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel
0	0,73	0,78	0,75
0,25	0,58	0,62	0,61
0,5	0,56	0,55	0,56
1	0,51	0,49	0,52
2	0,42	0,43	0,4
3	0,34	0,32	0,33
4	0,39	0,38	0,38

Peynir üretimi sırasında 3 mg/ml konsantrasyonda kitosan kullanımı peynir altı suyu protein konsantrasyonunu en fazla protein azaltımını sağlayan konsantrasyon olup peyniraltı suyundaki protein konsantrasyonunun ortalama 0,33 g/100 ml konsantrasyona kadar düşürölmesini sağlamıştır. Yaklaşık 0,40-0,45 mg/100 ml peyniraltı suyu protein kitosan ile etkileşime girerek peyniraltı suyundan uzaklaşarak peynirin yapısını kazandırılmıştır.

Çizelge 4.10’da artan kitosan konsantrasyonuna bağılı olarak peyniraltı suyundaki protein miktarındaki azalma gösterilmiştir. Peynir üretimi esnasında 3 mg/ml konsantrasyonda kitosan takviyesi peyniraltı suyundaki protein konsantrasyonunda %50-60 azalma sağlamıştır.

Çizelge 4.10 Değişen Kitosan Konsantrasyonuna Göre Peyniraltı Suyundaki Protein Konsantrasyonu ve Gerçekleşen % Azalma

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	PAS Protein Konsantrasyonu (g/100 ml)	% Azalma
0	0,753	
0,25	0,603	19,91
0,5	0,557	26,11
1	0,507	32,74
2	0,417	44,69
3	0,330	56,19
4	0,383	49,12

1 kg peynir üretimi sonrasında peynir türlerine göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak 9 litre peyniraltı suyu açığa çıktığı düşünüldüğünde 0,45 mg/100 ml peyniraltı suyu kazanımı 1 kilogram peynirde yaklaşık olarak 40 g protein artışı sağlayacağı düşünülmektedir.

4.2 Peynirde Gerçekleştirilen Analizlerin Sonuçları

4.2.1 Kuru Madde ve Nem Analizi Sonuçları

Farklı oranlarda kitosan ilave edilmiş peynirlerin kuru madde ve nem analiz sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Kuru Madde ve Nem Analiz Sonuçları

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Penir Kuru Madde ve Nem Oranları (%)							
	I. Paralel		II. Paralel		III. Paralel		Ortalama	
	Km	Nem	Km	Nem	Km	Nem	Km	Nem
0	15,7	84,3	14,9	85,1	15,3	84,7	15,30	84,70
0,25	16,5	83,5	17,1	82,9	16,5	83,5	16,68	83,32
0,5	19,4	80,6	19,9	80,1	19,8	80,2	19,68	80,32
1	22,1	77,9	21,9	78,1	23,1	77	22,37	77,63
2	33,3	66,7	33,2	66,9	33,7	66,3	33,37	66,63
3	47,2	52,8	46,7	53,3	47,4	52,6	47,11	52,89
4	36,2	63,9	35,8	64,2	35,8	64,2	35,93	64,08

Çizelge 4.11’de görüldüğü üzere kitosan ilavesi peynir pıhtısından peyniraltı suyunun daha kolay bir şekilde ayrımını sağlayarak daha az nem oranına sahip peynir pıhtısının elde edilebilmesini sağlamaktadır. Aynı işleme tabii tutulmuş peynirlerin kuru madde oranları karşılaştırıldığında 3 mg/ml kitosan konsantrasyonuna sahip peynir örneklerinin kuru madde oranlarının yaklaşık olarak % 31-32 daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak daha düşük nem oranına sahip peynirlerin daha kolay elde edilebilmesinin sağlanması, hem ticari peynir üretimi esnasında düşük nem oranına sahip peynirlerin üretiminde yüksek enerji verimliliği sağlarken hem de kitosan eklenmiş peynirlerin düşük nem oranına sahip olduğu için daha uzun depolama ömrüne sahip olmasını sağlayabileceği düşünülebilir.

4.2.2 pH Analizi Sonuçları

Farklı oranlarda kitosan ilave edilmesinin ve peynir altı suyunun ayrılmasından sonra peynirde ve peyniraltı sularında gerçekleştirilen pH analizi sonuçları Çizelge 4.12’deki gibidir.

Çizelge 4.12 Farklı Kitosan Oranlarına Sahip Peynirlerin ve PAS pH Değerleri

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peynir ve Peyniraltı Suyu pH Değerleri							
	I. Paralel		II. Paralel		III. Paralel		Ortalama	
	Peynir	PAS	Peynir	PAS	Peynir	PAS	Peynir	PAS
0	6,53	6,41	6,5	6,39	6,51	6,37	6,51	6,39
0,25	6,44	6,34	6,42	6,3	6,4	6,31	6,42	6,32
0,5	6,37	6,23	6,36	6,22	6,37	6,23	6,37	6,23
1	6,27	6,11	6,24	6,12	6,24	6,09	6,25	6,11
2	6,03	5,89	6,08	5,91	6	5,87	6,04	5,89
3	5,94	5,79	5,92	5,72	5,92	5,73	5,93	5,75
4	5,81	5,67	5,82	5,61	5,81	5,58	5,81	5,62

Diğer analizlerde de görüldüğü üzere peynir ve peyniraltı suları pH değerleri artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak azalmaktadır.

Peynirin ve peyniraltı suyunda belirlenen pH seviyesindeki bu düşüş, kitosanın içerisinde çözdürüldüğü asetik asitten kaynaklanmaktadır. Peynir üretim

proseslerinde her peynir türünün hammadde, üretim basamakları ve depolanma koşullarından kaynaklı farklı pH aralıklarına sahip olduğu düşünüldüğünde artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak gözlemlenen pH düşüşünün önemsiz olduğu düşünülmekte ve düşük pH'ın patojenik mikroorganizmaların üremesi için elverişli bir ortam olmadığı için mikrobiyolojik açıdan koruma sağlayacağı düşünülmektedir.

4.2.3 Titre Edilebilir Asitlik Tayini Sonuçları

Farklı oranlarda kitosan ilave edilmiş peynirlerin titre edilebilir asitlik değerleri çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Titre Edilebilir Asitlik Değerleri

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peynir Titre Edilebilir Asitlik Değeri (Laktik Asit Cinsinden)		
	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel
0	0,108	0,108	0,1008
0,25	0,1152	0,1188	0,1152
0,5	0,126	0,1296	0,1296
1	0,1476	0,1548	0,1512
2	0,1872	0,18	0,1872
3	0,2196	0,2088	0,216
4	0,2412	0,2304	0,2484

Çizelge 4.13'te görüldüğü gibi farklı oranlarda kitosan ilave edilmiş peynirlerin asitlik değerleri yaklaşık olarak 0,1 ile 0,24 arasında değişmektedir. Artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak artan asitlik değeri peynirin bozulması ve patojenik mikroorganizmaların büyümesini kontrol etmeye ve önlemeye yardımcı olacağı düşünülmektedir.

4.2.4 Gerber Yöntemiyle Yağ Analizi Sonuçları

Gerber yöntemine göre yapılan peynirde yağ analizi sonuçları çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Yağ Oranları

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peynirde Yağ Miktarı (%)			
	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel	Ortalama
0	10,46	10,32	10,42	10,40
0,25	12,53	12,48	12,55	12,52
0,5	13,25	13,2	13,28	13,24
1	13,12	13,18	13,3	13,20
2	13,32	13,35	13,29	13,32
3	13,29	13,34	13,41	13,35
4	13,35	13,35	13,32	13,34

Çizelge 4.14’te görüldüğü üzere kitosan eklenmeyen peynirlerin yağ oranı yaklaşık olarak 10,4/100 g olarak analiz edilmiştir. Artan kitosan konsantrasyonu ile birlikte peynirdeki yağ oranının 13,3-13,4/100 g değerlerine çıktığı tespit edilmiştir. Peynirde elde edilen yağ oranı değerleri peyniraltı suyundan uzaklaştırılan yağ değerleri ile de uygunluk göstermektedir. Böylece elde edilen sonuç kitosanın peyniraltı suyuna kaçan süt yağının peynir içerisine aktarılmasında kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.14’e göre, 0,5 mg/ml kitosan konsantrasyonunun peyniraltı suyunda bulunan yağ oranının neredeyse tamamını uzaklaştırmaya yeterek peynir içerisine kazandırılmasını sağladığını, bu konsantrasyondan sonraki kitosan eklemesinin peynirin yağ oranının arttırılmasında herhangi bir işlevinin olmadığı yorumu yapılabilir.

Peynirde lezzet profilinin oluşmasında en önemli bileşenlerden birisi olan süt yağının kitosan eklenmesi ile yaklaşık olarak %3 artması sağlanmış ve 1 kilogram peynirin yapımı sırasında yaklaşık olarak 9 kilogram peyniraltı suyu açığa çıktığı düşünüldüğünde 30 gram yağın peynir bileşimine eklenerek süt yağı açısından daha zengin bir peynir elde edilmesini sağladığı görülmektedir.

0,5 mg/ml konsantrasyona kadar olan kitosan eklenmesinin süt içerisinde öncelikle süt yağı ile etkileşime girdiği ve daha yüksek kitosan konsantrasyonlarının peynir altı suyu proteinlerinin tutulmasında görev aldığı düşünülmektedir.

4.2.5 Kjeldahl Yöntemiyle Toplam Azot Analizi Sonuçları

Kjeldahl yöntemine göre peynirde gerçekleştirilen pretein analizi sonuçları Çizelge 4.15’te verilmiştir.

Çizelge 4.15 Değişen Kitosan Konsantrasyonlarına Göre Peynirde Belirlenen Protein Konsantrasyonları

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peyniraltı Suyu Protein Konsantrasyonu (g/100ml)		
	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel
0	9,74	9,66	9,58
0,25	10,14	10,56	10,62
0,5	10,86	11,45	11,39
1	11,42	11,81	11,62
2	11,96	12,89	12,09
3	13,37	13,52	13,56
4	12,53	13,07	12,75

Kitosan eklenmeyen peynirlerde belirlenen protein konsantrasyonu yaklaşık olarak 9,60 g/100g olarak belirlenmiştir. Artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak peynirde belirlenen protein oranının da arttığı belirlenmiştir. Peynir üretimi sırasında maksimum protein artışının 3 mg/ml oranında kitosan eklenmesi sonucu elde edildiği ve elde edilen değerlerin peyniraltı suyundan ayrılan protein konsantrasyonu ile uyduğu gözlemlenmektedir. Peynir üretimi sırasında 3 mg/ml kitosan eklenmesinin peynirdeki protein oranının yaklaşık olarak %39-40 artış ile 13,4-13,5 oranlarına çıkmasını sağladığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.16 Değişen Kitosan Konsantrasyonlarına Göre Peynirde Belirlenen Ortalama Protein Konsantrasyonları ve % Artış

Kitosan Konsantrasyonu (mg/ml)	Peyniraltı Suyu Protein Konsantrasyonu (g/100ml)	% Artış
0	9,660	
0,25	10,440	8,07
0,5	11,233	16,28
1	11,617	20,25
2	12,313	27,46
3	13,483	39,57
4	12,783	32,33

Çizelge 4.16’te görüldüğü üzere 3 mg/ml kitosan konsantrasyonu 1 kilogram peynir için yaklaşık olarak 38 gram protein artışı sağladığı görülmektedir.

4.2.6 Küf ve Maya Sayımı Sonuçları

Farklı sıcaklıklarda (5, 15 ve 25°C) muhafaza edilen farklı kitosan konsantrasyonlarına sahip peynirlerin 15 günlük mikrobiyolojik gelişimleri (Küf ve Maya) Tablo 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Farklı Kitosan Konsantrasyonlarına Sahip Peynir Örneklerinin Farklı Sıcaklıklardaki Küf ve Maya Sayısı Değişimleri

4°C	Depolama Süresi (Gün)				
	0	3	7	11	15
Küf ve Maya (CFU/g)					
0	0	0	46	110	267
0,5	0	0	2	76	88
2	0	0	1	42	64
4	0	0	0	28	43
14°C	Depolama Süresi (Gün)				
	0	3	7	11	15
Küf ve Maya (CFU/g)					
0	0	316	5265	5450	5545
0,5	0	63	2295	2980	3140
2	0	0	136	562	618
4	0	0	61	190	452
24°C	Depolama Süresi (Gün)				
	0	3	7	11	15
Küf ve Maya (CFU/g)					
0	0	541	5550	6020	5780
0,5	0	96	1900	2860	3415
2	0	7	740	1140	2430
4	0	2	140	816	1239

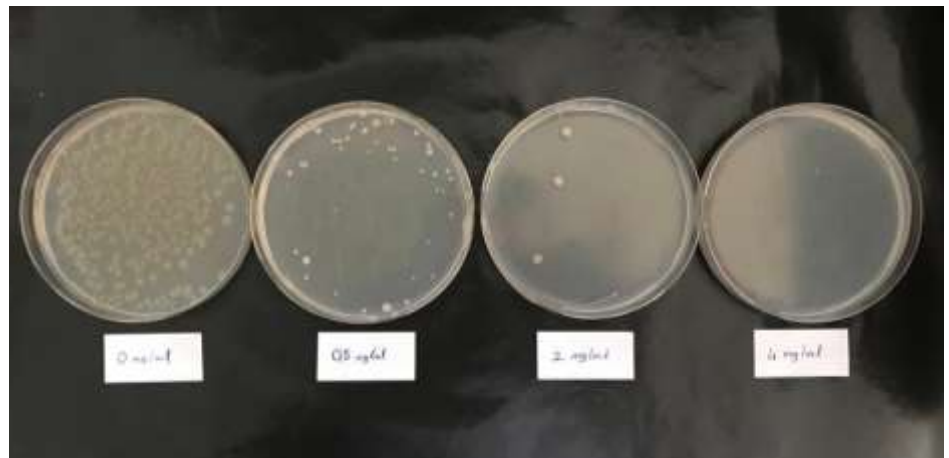
Tablo 4.17’da görüldüğü üzere peynir içersine eklenen kitosan konsantrasyonunun arttırılması, peynirin raf ömrü boyunca farklı sıcaklıklarda gözlemlenen küf ve maya sayısında belirgin bir şekilde azalmaya neden olarak koruyucu etki gösterdiği belirlenmiştir.

Elde edilen küf ve maya sayımlarının $1/T$ ve $\ln A$ grafikleri çizilerek hız sabiti ve korelasyon katsayıları elde edilmiştir ve elde edilen değerler Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Farklı Oranlarda Kitosan İlave Edilmiş Peynirlerin Farklı Depolama Sıcaklıklarındaki Hız Sabitleri ve Korelasyon Katsayıları

Küf ve Maya Sayısı (1. Derece)	Kitosan Oranı (mg/ml)	Sıcaklık (°C)	Hız Sabiti (K)	Korelasyon Katsayısı (R^2)
	0	4	0,049	0,9957
		15	0,0824	0,9383
		25	0,0989	0,9396
	0,5	4	0,0174	0,9223
		15	0,0625	0,9624
		25	0,0716	0,9859
	2	4	0,0166	0,9504
		15	0,0444	0,9336
		25	0,0454	0,9874
	4	4	0,0185	0,9556
		15	0,0385	0,9837
		25	0,041	0,9947

Beklendiği gibi, bir depolama sıcaklığındaki artış, farklı oranlarda kitosan içeren peynir örneklerinin mikrobiyolojik gelişimi hız sabitinin (k) (eğri eğimi) artışına neden olmuştur. Bu sonuç, kitosan takviyesinin mikrobiyolojik gelişimi yavaşlattığını ve depolama sırasında peynirin mikrobiyolojik kalitesini arttırdığının bir göstergesidir.



Şekil 4.3 Farklı Kitosan Konsantrasyonuna Sahip Peynir Örneklerinin 24°C’deki Küf ve Maya Gelişimi



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı konsantrasyonlarda (0, 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4 mg/ml) kitosan eklenmesinin peynir altı suyundaki organik madde yükü, peynir bileşimi ve raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır.

Peyniraltı suyunda gerçekleştirilen analizler sonucunda artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak peyniraltı suyunun bulanıklılık, pH, kuru madde, laktoz, yağ ve protein konsantrasyonunda azalma gözlemlenirken, titre edilebilir asitlik değerinde artış gözlemlenmiştir. Peyniraltı suyundan kitosan yardımıyla tutulan protein ve yağın ne kadarının peynirin yapısına kazandırıldığının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen kuru madde, protein ve yağ analizi sonuçları, artan kitosan konsantrasyonuna bağlı olarak peynirin protein ve yağ oranının arttığı belirlenmiştir. 4 mg/ml konsantrasyonda kitosan ilavesinin peynirin yağ içeriğinin %28-30 artmasını sağlayarak %10,4'ten %13,35'e çıkardığı belirlenmiştir. Aynı şekilde 4 mg/ml konsantrasyonda kitosan ilavesinin peynirin protein içeriğini %40 artış ile %9,6'dan %13,48'e yükselttiği belirlenmiştir.

Kitosan ilavesinin peynirin raf ömrüne etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı sıcaklıklarda (4, 14, 24 °C) gerçekleştirilen küf ve maya sayımı ile peynirin 15 gün boyunca 3 gün aralıklarla küf ve maya sayımı gerçekleştirilmiş ve kitosan ilavesinin 3 farklı depolama koşulunda da peynirin küf ve maya sayısında azalma sağladığı belirlenmiştir. 4 mg/ml kitosan ilavesinin hiç kitosan ilave edilmemiş peynire göre, peynirin küf ve maya yükünü 5780 CFU/g'dan 1239 CFU/g'a düşürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca artan kitosan konsantrasyonu ile peynirin pH değerinin düştüğü ve bu sayede mikrobiyolojik açıdan oldukça hassas bir ürün olan peynirde düşük pH sayesinde patojen bakteri gelişiminin azalacağı yorumu yapılabilir.

Tez çalışması sonuçlarından yola çıkarak denebilir ki; kitosanın peynir üretiminde gıda katkı maddesi olarak kullanılması hem peyniraltı suyuna kaçan askıda katı madde, yağ ve protein gibi organik maddelerin azaltılmasını sağlayarak peyniraltı suyunun kimyasal oksijen gereksiniminin düşmesine, hem de kitosan ile yakalanan organik maddelerin peynirin içeriğine katılmasıyla daha zengin besin içeriğine sahip peynirin elde edilmesini sağlamıştır. Aynı zamanda

kitosan, kazein pıhtılarının daha iyi bir şekilde birleşmesini sağlayarak peyniraltı suyunun peynir pıhtısından ayrımını kolaylaştırmakta ve bu sayede ticari peynir üretiminde peyniraltı suyunun pıhtıdan uzaklaştırılması için gereken enerji maliyetini düşüreceği öngörülmektedir. Stabilizör etkisinin yanısıra kitosanın antimikrobiyal etkisinin de peynirde küf ve maya gelişimini engelayarak eklendiği peyniri mikrobiyolojik açıdan daha dayanıklı bir gıda maddesi haline getirdiği söylenebilmektedir.

Literatürde bulunan çalışmalara bakıldığında peynir endüstrisinde kitosan ile ilgili yapılan çalışmaların genellikle protein ekstraksiyonu, ambalaj film ve yenilebilir kaplama, atık su arıtımı vb. alanlarda gerçekleştirildiğini, peynir üretim prosesinde gıda katkı maddesi olarak kitosanın kullanıldığı bir çalışmanın hiç bulunmadığı belirlenmiş ve yapılan bu tez çalışması ile bu alandaki eksikliğin giderilmesi sağlanacaktır.

Bu tezin sonuçları göz önüne alınarak gelecekte yapılacak olan çalışmalarda, farklı moleküler boyut, deasetilasyon derecesi ve çözünme özelliklerine sahip olan kitosanların peynir üretiminde kullanılmasının etkileri araştırılabilir. Yüksek su tutma kapasitesine sahip olan peynirin depolanması sırasında önemli bir kalite kusuru olarak görülen peynir altı suyu salımının ne derece engelleyeceği de diğer bir araştırma konusu olarak dikkatleri üzerine çekmektedir. Bunun yanısıra kitosanın peynir endüstrisinde kullanımı, peynirin depolanması sırasında lipidlerin hidrolitik ve enzimatik hidrolizasyonu sonucunda serbest hale geçen kısa zincirli yağ asitleri oluşumunu ve buna bağlı olarak ransit tat oluşumunu ne derece engelleyeceği potansiyeli araştırılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Afzal, A., Mahmood, M. S., Hussain, I., & Akhtar, M. (2011).** Adulteration and microbiological quality of milk (a review) . *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(12), 1195-1202.
- Agulló, E., Rodríguez, M. S., Ramos, V., & Albertengo, L. (2003).** Present and future role of chitin and chitosan in food. *Macromolecular bioscience*, 3(10), 521-530.
- Ahmad, T., Aadil, R. M., Ahmed, H., ur Rahman, U., Soares, B. C., Souza, S. L., ... & Cruz, A. G. (2019).** Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 361-372.
- Ahmed, J., & Ramaswamy, H. S. (2003).** Effect of high-hydrostatic pressure and temperature on rheological characteristics of glycomacropeptide. *Journal of Dairy Science*, 86(5), 1535-1540.
- Akal, C., & Yetişemiyen, A. (2020).** Probiyotik ve Prebiyotik Tüketiminin laktoz intoleransı üzerine etkileri. *GIDA/The Journal of FOOD*, 45(2).
- Akgün, D., Gültekin-Özgüven, M., Yüce-tepe, A., Altın, G., Gibis, M., Weiss, J., & Özçelik, B. (2020).** Stirred-type yoghurt incorporated with sour cherry extract in chitosan-coated liposomes. *Food Hydrocolloids*, 101, 105532.
- Alan, S., & Öksüztepe, G. (2020).** Gıda Katkı Maddeleri ve Süt Endüstrisinde Kullanılan Antimikrobiyaller. *Bozok Veterinary Sciences*, 1(1-2), 44-50.
- Alirezalu, K., Munekata, P. E., Parniakov, O., Barba, F. J., Witt, J., Toepfl, S., ... & Lorenzo, J. M. (2020).** Pulsed electric field and mild heating for milk processing: a review on recent advances. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 16-24.
- Al-Mashikhi, S. A., & Nakai, S. (1987).** Isolation of bovine immunoglobulins and lactoferrin from whey proteins by gel filtration techniques. *Journal of dairy science*, 70(12), 2486-2492.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Almena-Aliste, M., & Mietton, B. (2014). Cheese classification, characterization, and categorization: a global perspective. *Microbiology spectrum*, 2(1), 2-1.

Al-Nabulsi, A., Osaili, T., Sawalha, A., Olaimat, A. N., Albiss, B. A., Mehyar, G., ... & Holley, R. (2020). Antimicrobial activity of chitosan coating containing ZnO nanoparticles against *E. coli* O157: H7 on the surface of white brined cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 334, 108838.

Alsaed, A., & Ahmad, R., & Aldoomy, H., & El-Qader, S., & Saleh, D., & Sakejha, H., & Mustafa, L. (2013). Characterization, Concentration and Utilization of Sweet and Acid Whey. *Pakistan Journal of Nutrition*. 12. 10.3923/pjn.2013.172.177.

Altun, İ., & Tunçtürk, Y. (2020). Peynir altı suyunda üretilen ekzopolisakkaritlerin stabilizatör olarak kullanımının dondurmanın bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1), 166-179.

Amadu, A. A., Qiu, S., Ge, S., Addico, G. N. D., Ameka, G. K., Yu, Z., ... & Wang, S. (2021). A review of biopolymer (Poly- β -hydroxybutyrate) synthesis in microbes cultivated on wastewater. *Science of the Total Environment*, 756, 143729.

Antonelli, J., Lindino, C. A., De Azevedo, J. C. R., De Souza, S. N. M., Cremonez, P. A., & Rossi, E. (2016). Biogas production by the anaerobic digestion of whey. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(3), 463-467.

Arslan, N. (1994). Pektinin fizikokimyasal özellikleri, üretimi ve gıdalarda kullanımı. *Gıda*, 19(3).

Asüd, 2022, Sütün tarihi,
<http://www.asuder.org.tr/sut-ve-sut-urunleri/sut/sutuntarihi/> (Erişim tarihi: 5 Mart 2022).

Atman, Ü. C. (2004). Gıda katkı maddeleri ve gıda kontrolü. *Sted*, 13(3), 86-88.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ayar, A., Akın, N., Sert, D. (2006).** Bazı Peynir Çeşitlerinin Mineral Kompozisyonu ve Beslenme Yönünden Önemi, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu
- Bakshi, P. S., Selvakumar, D., Kadirvelu, K., & Kumar, N. S. (2020).** Chitosan as an environment friendly biomaterial—a review on recent modifications and applications. *International journal of biological macromolecules*, 150, 1072-1083.
- Barbour, E. K., Nabbut, N. H., Frerichs, W. M., & Al-Nakhli, H. M. (1984).** Inhibition of pathogenic bacteria by camel's milk: relation to whey lysozyme and stage of lactation. *Journal of Food Protection*, 47(11), 838-840.
- Barłowska, J., Grodzicki, T., Topyła, B., & Litwińczuk, Z. (2009).** Physicochemical properties of milk fat from three breeds of cows during summer and winter feeding. *Archives Animal Breeding*, 52(4), 356-363.
- Bayram, T. (2007).** *Süt Serumu Proteinlerinin Peynir altı Suyundan Elde Edilmesi* (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Begum, S., Yuhana, N. Y., Saleh, N. M., Kamarudin, N. H. N., & Sulong, A. B. (2021).** Review of chitosan composite as a heavy metal adsorbent: Material preparation and properties. *Carbohydrate polymers*, 259, 117613.
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009).** Milk and dairy products. *Food chemistry*, 498-545.
- Besler, M. (2001).** Determination of allergens in foods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 20(11), 662-672.
- Błaszak, B., Gozdecka, G., & Shyichuk, A. (2018).** Carrageenan as a functional additive in the production of cheese and cheese-like products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(2), 107-116.
- Boğa, A., & Binokay, S. (2010).** Gıda katkı maddeleri ve sağlığımıza etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 19(3), 141-154.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Boran, O. S. (2012).** *Yağı azaltılmış eritme peyniri üretiminde inülin kullanımıyla peynirin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi* (Master's thesis, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bostan, K., Aldemir, T., Aydın, A. (2007).** Kitosan ve antimikrobiyal aktivitesi. *Türk Mikrobiyol Cem. Derg.*, 37 (2) : 118-127.
- Boyles, W. (1997).** Chemical oxygen demand. *Technical information series, Booklet,(9)*, 24.
- Božanić, R., Barukčić, I., & Lisak, K. (2014).** Possibilities of whey utilisation. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(7), 7.
- Branen, A. L., Davidson, P. M., Salminen, S., & Thorngate, J. (Eds.). (2001).** *Food additives*. CRC Press.
- Büyükbeşe, D., Emre, E. E., & Kaya, A. (2014).** Properties of Milk Fat and Its Fractions. *Caucasian Journal of Science*, 1(1), 51-61.
- Carter, B. G., Foegeding, E. A., & Drake, M. A. (2020).** Invited review: Astringency in whey protein beverages. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 5793-5804.
- Carvalho, F., Prazeres, A. R., & Rivas, J. (2013).** Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the total environment*, 445, 385-396.
- Casadidio, C., Peregrina, D. V., Gigliobianco, M. R., Deng, S., Censi, R., & Di Martino, P. (2019).** Chitin and chitosans: Characteristics, eco-friendly processes, and applications in cosmetic science. *Marine drugs*, 17(6), 369.
- Casal, E., Montilla, A., Moreno, F. J., Olano, A., & Corzo, N. (2006).** Use of chitosan for selective removal of β -lactoglobulin from whey. *Journal of Dairy Science*, 89(5), 1384-1389.
- Cebeci, Ç. (2020).** Farklı süt kombinasyonlarının süt reçeli üzerine etkisi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Cetinkaya, A., & Öz, F. (2019). Composition and microbiological analysis for quality evaluation of Kars Gravyer cheese: influence of ripening period. *Food Science and Technology*, 39, 1052-1058.

Cemiloğlu, M. (2019). Peynir Altı Suyundan Farklı Tekniklerle Protein Konsantresi Ürünlerin Eldesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

Chandra, R., Castillo-Zacarias, C., Delgado, P., & Parra-Saldívar, R. (2018). A biorefinery approach for dairy wastewater treatment and product recovery towards establishing a biorefinery complexity index. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1184-1196.

Chatellier, V. (2017). International, European and French trade in dairy products: trends and competitive dynamics. *INRA Productions Animales*, 17(5), 143-162.

Chaturvedi, K., Ganguly, K., More, U. A., Reddy, K. R., Dugge, T., Naik, B., ... & Noolvi, M. N. (2019). Sodium alginate in drug delivery and biomedical areas. In *Natural polysaccharides in drug delivery and biomedical applications* (pp. 59-100). Academic Press.

Cheah, L. H., Page, B. B. C., & Shepherd, R. (1997). Chitosan coating for inhibition of sclerotinia rot of carrots.

Cheigh, C. I., & Pyun, Y. R. (2005). Nisin biosynthesis and its properties. *Biotechnology letters*, 27(21), 1641-1648.

Claeys WL, Cardoen S, Daube G, De Block J, Dewettinck K, Dierick K. (2013). Raw or heated cow milk consumption: review of risks and benefits. *Food Control* 31: 251– 262.

Contarini, G., & Povolo, M. (2013). Phospholipids in milk fat: composition, biological and technological significance, and analytical strategies. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(2), 2808-2831.

Çakır, R. (2011). Bazı gıda ürünlerinde sorbik asit ve benzoik asit varlığının tespiti.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Çakmakçı, S., Cantürk, A., & Çakır, Y. (2017). Peynir üretimi için sütü pıhtılaştıran enzimlere genel bir bakış ve güncel gelişmeler. *Akademik Gıda*, 15(4), 396-408.

Çelik, K. (Ed.). (2020). *Peynir altı suyu ürünlerinin: Gıda endüstrisinde kullanımı*. Tudás Alapítvány.

Daniloski, D., Cunha, N. M., McCarthy, N. A., O'Callaghan, T. F., McParland, S., & Vasiljevic, T. (2021). Health-related outcomes of genetic polymorphism of bovine β -casein variants: A systematic review of randomised controlled trials. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 233-248.

De Arauz, L. J., Jozala, A. F., Mazzola, P. G., & Penna, T. C. V. (2009). Nisin biotechnological production and application: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 20(3-4), 146-154.

De Farias, T. G. S., Ladislau, H. F. L., Stamford, T. C. M., Medeiros, J. A. C., Soares, B. L. M., Arnaud, T. M. S., & Stamford, T. L. M. (2019). Viabilities of *Lactobacillus rhamnosus* ASCC 290 and *Lactobacillus casei* ATCC 334 (in free form or encapsulated with calcium alginate-chitosan) in yellow mombin ice cream. *LWT*, 100, 391-396.

De Kruif, C. G., & Holt, C. (2003). Casein micelle structure, functions and interactions. In *Advanced dairy chemistry—1 proteins* (pp. 233-276). Springer, Boston, MA.

De Ruiter, G. A., & Rudolph, B. (1997). Carrageenan biotechnology. *Trends in Food Science & Technology*, 8(12), 389-395.

De Souza, R. R., Bergamasco, R., da Costa, S. C., Feng, X., Faria, S. H. B., & Gimenes, M. L. (2010). Recovery and purification of lactose from whey. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 49(11), 1137-1143.

De Wit, J. N. (1998). Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *Journal of dairy science*, 81(3), 597-608.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Del Olmo, A., Calzada, J., & Nuñez, M. (2017). Benzoic acid and its derivatives as naturally occurring compounds in foods and as additives: Uses, exposure, and controversy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 3084-3103.

Demir, E. (Ed.). (2020). *Peynir altı suyu ve değerlendirme yöntemleri*. Tudás Alapítvány.

Demir, M. (2016). Coğrafi İşaret Örneği Olarak Kars Kaşar Peynirinin Üretimi ve Dağılımı. *Kafkas Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 61-81.

Demirci, A. Ş. (2010). Xanthomonas campestris kullanılarak pirinç kepeğinden ksantan gam üretimi.

Demirci, M. (1978). Çiğ Süt Kalitesine Etkili Olan Faktörler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(4).

Demirgöl, F., & Sağdıç, O. (2018). Fermente süt ürünlerinin insan sağlığına etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (13), 45-53.

Demirhan, E. (2007). Peynir altı suyundan elde edilen laktozun enzimatik hidrolizinin incelenmesi ve modellenmesi.

Dhasmana, S., Das, S., & Shrivastava, S. (2021). Potential nutraceuticals from the casein fraction of goat's milk. *Journal of Food Biochemistry*, e13982.

Dinçoğlu, A. H., & Ardic, M. (2012). Peynir altı suyunun beslenmemizdeki önemi ve kullanım olanakları. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(1), 54-60.

Doruk, İ. (2018). *Farklı proses tekniklerinin eritme peyniri yapımında ürün kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi* (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).

Drake, M. A., Miracle, R. E., & McMahon, D. J. (2010). Influence of fat on flavour and flavour development in cheddar cheese. *Australian journal of dairy technology*, 65(3), 195.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Duan, C., Meng, X., Meng, J., Khan, M. I. H., Dai, L., Khan, A., & Ni, Y. (2019). Chitosan as a preservative for fruits and vegetables: a review on chemistry and antimicrobial properties. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 4(1), 11-21.

Echarri, P., Bermudez, G., Morillas (2012). Alpha-Lactalbumin as an ingredient of infant formula. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 62(1), 6-14.

El Knidri, H., Belaabed, R., Addaou, A., Laajeb, A., & Lahsini, A. (2018). Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan. *International journal of biological macromolecules*, 120, 1181-1189.

El-Diam, M. N., & El-Zubeir, I. E. M. (2010). Chemical composition of processed cheese using Sudanese white cheese. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 5, 31-37.

El-Loly, M. M., & Mahfouz, M. B. (2011). Lactoferrin in Relation to Biological Functions and Applications: A. *International Journal of Dairy Science*, 6(2), 79-111.

El-Salam, M. H. A. (2010). Separation of casein glycomacropeptide from whey: methods of potential industrial application. *International Journal of Dairy Science*, 5(3), 234-240.

El-Sayed, S. M., El-Sayed, H. S., Ibrahim, O. A., & Youssef, A. M. (2020). Rational design of chitosan/guar gum/zinc oxide bionanocomposites based on Roselle calyx extract for Ras cheese coating. *Carbohydrate polymers*, 239, 116234.

Enb, A., Abou Donia, M. A., Abd-Rabou, N. S., Abou-Arab, A. A. K., & El-Senaity, M. H. (2009). Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. *Global Veterinaria*, 3(3), 268-275.

Erdoğan, A., Baran, A., & Atasever, M. (2012). Peynirde mikrobiyel lipolizin oluşumu ve lezzet gelişimine katkısı. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 7(3), 211-219.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ergün Demir, D., & Eseceli, H. (2020).** 7. Areas of usage for whey. *Whey Every Aspect*, 113.
- Eroğlu, E. İ., & Ayaz, A. (2018).** Gıda katkı maddelerinin sağlık üzerine etkileri: risk değerlendirme. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 46(3), 311-319.
- Eroğlu, E., & Özcan, T. (2018).** Sütün enzimatik koagülasyonu ve peynir üretiminde bitkisel pıhtılaştırıcılar.
- Ertekin, B., & Seydim, Z. (2009).** Laktoz, sitrat ve lipit metabolizmalarının peynirde lezzet bileşenlerinin oluşumuna etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1), 97-104.
- Ertürk, E., & Özgen, (2021).** İ. Peynir Altı Suyunun Önemi Ve Kullanım Alanları
- FAO., & WHO Expert Committee on Food Additives. (2006).** *Safety evaluation of certain food additives*. World Health Organization.
- Farhadihosseinabadi, B., Zarebkohan, A., Eftekhary, M., Heiat, M., Moosazadeh Moghaddam, M., & Gholipourmalekabadi, M. (2019).** Crosstalk between chitosan and cell signaling pathways. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 76(14), 2697-2718.
- Farkye, N. Y. (2004).** Cheese technology. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 91-98.
- Farmerie, L., Rustandi, R. R., Loughney, J. W., & Dawod, M. (2021).** Recent advances in isoelectric focusing of proteins and peptides. *Journal of Chromatography A*, 1651, 462274.
- Feng, S., Lock, A. L., & Garnsworthy, P. C. (2004).** A rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. *Journal of dairy science*, 87(11), 3785-3788.
- Fernandez, R., Bonardd, S., Algar, I., Barandiaran, I., Kortaberria, G., Gutierrez, J., & Tercjak, A. (2020).** Photo-active chitosan-based hybrid films. *European Polymer Journal*, 122, 109373.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Foroutan, A., Guo, A. C., Vazquez-Fresno, R., Lipfert, M., Zhang, L., Zheng, J., ... & Wishart, D. S. (2019). Chemical composition of commercial cow's milk. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(17), 4897-4914.

Fox, P. F. (1993). Cheese: an overview. In *Cheese: chemistry, physics and microbiology* (pp. 1-36). Springer, Boston, MA.

Fox, P. F. (2009). Lactose: Chemistry and properties. In *Advanced dairy chemistry* (pp. 1-15). Springer, New York, NY.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017). Cheese: historical aspects. In *Fundamentals of cheese science* (pp. 1-10). Springer, Boston, MA.

Fox, P. F., McSweeney, P. L., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (Eds.). (2004). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1: General Aspects*. Elsevier.

Fusco, V., Chieffi, D., Fanelli, F., Logrieco, A. F., Cho, G. S., Kabisch, J., ... & Franz, C. M. (2020). Microbial quality and safety of milk and milk products in the 21st century. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 2013-2049.

Gajda, E., & Bugla-Płoskońska, G. (2014). Lysozyme--occurrence in nature, biological properties and possible applications. *Postepy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej (Online)*, 68, 1501-1515.

Ganesan, P., & Kwak, H., & Hong, Y. (2012). Nutritional Benefits in Cheese. In: *Cheese: Types, Nutrition and Consumption*, pp. 269-289

Garcia-Ochoa, F., Santos, V. E., Casas, J. A., & Gómez, E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology advances*, 18(7), 549-579.

García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J., Díaz-Castro, J., & López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72, 104059.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Geerdink, R. B., van den Hurk, R. S., & Epema, O. J. (2017). Chemical oxygen demand: Historical perspectives and future challenges. *Analytica Chimica Acta*, 961, 1-11.

Geetha Devi, M., Dumaran, J. J., & Feroz, S. (2012). Dairy wastewater treatment using low molecular weight crab shell chitosan. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series E*, 93(1), 9-14.

Gheorghita Puscaselu, R., Lobiuc, A., Dimian, M., & Covasa, M. (2020). Alginate: From food industry to biomedical applications and management of metabolic disorders. *Polymers*, 12(10), 2417.

Gliguem, H., Ben Hassine, D., Ben Haj Said, L., Ben Tekaya, I., Rahmani, R., & Bellagha, S. (2021). Supplementation of Double Cream Cheese with *Allium roseum*: Effects on Quality Improvement and Shelf-Life Extension. *Foods*, 10(6), 1276.

Gobbetti, M., Neviani, E., & Fox, P. (2018). Classification of Cheese. In *The Cheeses of Italy: Science and Technology* (pp. 55-60). Springer, Cham.

Goetsch, A. L., Zeng, S. S., & Gipson, T. A. (2011). Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*, 101(1-3), 55-63.

González de Llano, D., Carmen Polo, M., Ramos, M., & Martín-Alvarez, P. (1991). Free and total amino acids in the non-protein fraction of an artisan blue cheese during ripening. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 193(6), 529-532.

Goy, R. C., Britto, D. D., & Assis, O. B. (2009). A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros*, 19(3), 241-247.

Gökmen, M. (2010). Türk sucuğu üretiminde kitosan kullanımı ve kalite üzerine etkileri.

Grifoll-Romero, L., Pascual, S., Aragunde, H., Biarnés, X., & Planas, A. (2018). Chitin deacetylases: structures, specificities, and biotech applications. *Polymers*, 10(4), 352.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Guinee T.P., and Wilkinson, M.G. (1992). Rennet Coagulation and Coagulants in Cheese Manufacture. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 45 (4): 94-104.

Guinee, T. P. (2003). Role of protein in cheese and cheese products. In *Advanced dairy chemistry—1 proteins* (pp. 1083-1174). Springer, Boston, MA.

Gunasekaran, S., & Ak, M. M. (2002). *Cheese rheology and texture*. CRC press.

Guo, X., Wang, Y., Qin, Y., Shen, P., & Peng, Q. (2020). Structures, properties and application of alginic acid: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 618-628.

Gül, H. (1987). İstanbul İl Sınırları İçinde Tüketilen Süt ve Süt Ürünlerinin Halk Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi

Gültekin, F. (2014). *Fark Etmeden Yediklerimiz: GIDA KATKI MADDELERİ* (Vol. 3). Server İletişim.

Gür, F., Güzel, M., Öncül, N., Yıldırım, Z., & Yıldırım, M. (2010). Süt serum proteinleri ve türevlerinin biyolojik ve fizyolojik aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 8(1), 23-31.

Güzeler, N., Esmek, E. M., & Kalender, M. (2017). Peyniraltı suyu ve peyniraltı suyunun içecek sektöründe değerlendirilme olanakları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(2), 27-36.

Hafsa, J., Smach, M. A., Mrid, R. B., Sobeh, M., Majdoub, H., & Yasri, A. (2021). Functional properties of chitosan derivatives obtained through Maillard reaction: A novel promising food preservative. *Food Chemistry*, 349, 129072.

Hamed, I., Özogul, F., & Regenstein, J. M. (2016). Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in food science & technology*, 48, 40-50.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hampikyan, H., & Çolak, H. (2007).** Nisin ve gıdalardaki antimikrobiyal etkisi. *TSK Koruyucu HekimlikBülteni*, 6(2).
- Han, L. K., Kimura, Y., & Okuda, H. (1999).** Reduction in fat storage during chitin-chitosan treatment in mice fed a high-fat diet. *International Journal of Obesity*, 23(2), 174-179.
- Hansen, P. M. T. (1994).** Food hydrocolloids in the dairy industry. In *Food hydrocolloids* (pp. 211-224). Springer, Boston, MA.
- Harju, M. (2001).** Milk sugars and minerals as ingredients. *International journal of dairy technology*, 54(2), 61-63.
- He, X., Li, K., Xing, R., Liu, S., Hu, L., & Li, P. (2016).** The production of fully deacetylated chitosan by compression method. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42(1), 75-81.
- Hecht, H., & Srebnik, S. (2016).** Structural characterization of sodium alginate and calcium alginate. *Biomacromolecules*, 17(6), 2160-2167.
- Himmetağaoğlu, A. B., Erbay, Z., & Mustafa, Ç. A. M. (2019).** Süt yağının toza dönüştürülmesi ve krema tozu. *Akademik Gıda*, 17(1), 72-80.
- Hirsch, D. B., Álvarez, L. M. M., Urtasun, N., Baieli, M. F., Lázaro-Martínez, J. M., Glisoni, R. J., ... & Wolman, F. J. (2020).** Lactoferrin purification and whey protein isolate recovery from cheese whey using chitosan mini-spheres. *International Dairy Journal*, 109, 104764.
- Hoare T.R., Kohane D.S. (2008).** Hydrogels in drug delivery: progress and challenges, *Polymer*, 49: 1993-2007
- Holappa, J., Hjálmarsdóttir, M., Másson, M., Rúnarsson, Ö., Asplund, T., Soininen, P., ... & Järvinen, T. (2006).** Antimicrobial activity of chitosan N-betainates. *Carbohydrate Polymers*, 65(1), 114-118.
- Holsinger, V. H. (1988).** Lactose. In *Fundamentals of dairy chemistry* (pp. 279-342). Springer, Boston, MA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Huffman, L. M., & de Barros Ferreira, L. (2011). Whey-based ingredients. *Dairy ingredients for food processing*, 1, 179-198.

Hussain, F., Shah, S. Z., Ahmad, H., Abubshait, S. A., Abubshait, H. A., Laref, A., ... & Iqbal, M. (2021). Microalgae an ecofriendly and sustainable wastewater treatment option: Biomass application in biofuel and bio-fertilizer production. A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110603.

Iber, B. T., Okomoda, V. T., Rozaimah, S. A., & Kasan, N. A. (2021). Eco-friendly approaches to aquaculture wastewater treatment: Assessment of natural coagulants vis-a-vis chitosan. *Bioresource Technology Reports*, 15, 100702.

Irastorza, A., Zarandona, I., Andonegi, M., Guerrero, P., & de la Caba, K. (2021). The versatility of collagen and chitosan: From food to biomedical applications. *Food Hydrocolloids*, 116, 106633.

İlter, I., AKYIL, S., Mehmet, K. O. Ç., & Kaymak-Ertekin, F. (2016). Alglerden elde edilen stabilize edici maddeler. *Akademik Gıda*, 14(3), 315-321.

Jalilzadeh, A., Tunçtürk, Y., & Hesari, J. (2015). Extension shelf life of cheese: A review. *International Journal of Dairy Science*, 10(2), 44-60.

Jauregui-Rincón, J., Salinas-Miralles, E., Chávez-Vela, N., & Jiménez-Vargas, M. (2018). Glycomacropeptide: Biological Activities and Uses. In *Whey-Biological Properties and Alternative Uses*. IntechOpen.

Jeličić I, Božanić R, Tratnik L. (2008). Whey-based beverages-a new generation of dairy products. *Mljekarstvo*, 58 (3): 257-274.

Jilo, K. (2016). Medicinal values of camel milk. *International Journal of Veterinary Science and Research*, 2(1), 018-025.

Jones, A., Mandal, A., & Sharma, S. (2015). Protein-based bioplastics and their antibacterial potential. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(18).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Joseph, S. M., Krishnamoorthy, S., Paranthaman, R., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2021). A review on source-specific chemistry, functionality, and applications of chitin and chitosan. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100036.

Jovanović, S., Barać, M., & Maćej, O. (2005). Whey proteins-properties and possibility of application. *Mljekarstvo*, 55(3), 215-233.

Kahraman, E. (2016). İçme Sütü Tüketim Alışkanlıkları ve Marka Seçiciliğinde Etkili Faktörlerin Analizi: İzmir İli Örneği, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi

Kamber, U. (2015). Traditional Turkey cheeses and their classification. *Van Veterinary Journal*, 26(3), 161-171.

Kamber, U., Elmalı, M., & Yaman, H. (2008). Microbiological and chemical properties of gravier cheeses. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 3(1), 1-7.

Kandylis, P., Dimitrellou, D., & Moschakis, T. (2021). Recent applications of grapes and their derivatives in dairy products. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 696-711.

Karagözlü, C., & Bayarer, M. (2004). Peyniraltı suyu proteinlerinin fonksiyonel özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2).

Karaman, A. D., & Akbulut, N. (2006). Kaşar peynirinin raf ömrünün arttırılması üzerine bir araştırma. *Türkiye*, 9, 24-26.

Karatepe, T. U., & Ekerbiçer, H. Ç. (2017). Gıda katkı maddeleri. *Sakarya Tıp Dergisi*, 7(4), 164-167.

Kart, Ç., & Demircan, V. (2014). Dünyada ve Türkiye’de Süt ve Süt Ürünleri Üretimi, Tüketimi ve Ticaretindeki Gelişmeler, *Akademik Gıda*, 12(1), 78-96

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özek, K. (2015).** Süt sığırlarında süt kompozisyonunu etkileyen faktörler ve besleme-süt kompozisyonu ilişkisi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 4(2), 37-45.
- Katzbauer, B. (1998).** Properties and applications of xanthan gum. *Polymer degradation and Stability*, 59(1-3), 81-84.
- Kaur, N. (2021).** Different treatment techniques of dairy wastewater. *Groundwater for Sustainable Development*, 14, 100640.
- Kıvanç, M. (1989).** Gıda Koruyucusu Olarak Sorbik Asit ve Tuzları: I Genel Özellikleri. *Gıda*, 14(5).
- Kindstedt, P. S. (2012).** Cheese and Culture. A History of Cheese and Its Place in Western Civilization. Chelsea Green Publ., White River Jct.
- Kindstedt, P. S. (2017).** The history of cheese. *Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics*, 1-19.
- Koçak, C. (1987).** Kazein Misellerinin Yapısı, Kompozisyonu ve Stabilitesi. *Gıda*, 12(1).
- Koçak, C., Gürsel, A., Ergül, E., & Gürsoy, A. (1988).** Beyaz Peynirde Titrasyon Asitliğinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. *Gıda*, 13(5).
- Koksal, Z., Gulcin, I., & Ozdemir, H. (2016).** An important milk enzyme: lactoperoxidase. *Milk proteins-from structure to biological properties and health aspects*.
- Kondrotiene, K., Kasnauskyte, N., Serniene, L., Gölz, G., Alter, T., Kaskoniene, V., ... & Malakauskas, M. (2018).** Characterization and application of newly isolated nisin producing *Lactococcus lactis* strains for control of *Listeria monocytogenes* growth in fresh cheese. *LWT*, 87, 507-514.
- Kosikowski, F. V. (1979).** Whey utilization and whey products. *Journal of Dairy Science*, 62(7), 1149-1160.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kostag, M., & El Seoud, O. A. (2021).** Sustainable biomaterials based on cellulose, chitin and chitosan composites-A review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100079.
- Kou, S. G., Peters, L. M., & Mucalo, M. R. (2021).** Chitosan: A review of sources and preparation methods. *International Journal of Biological Macromolecules*, 169, 85-94.
- Królczyk, J. B., Dawidziuk, T., Janiszewska-Turak, E., & Solowiej, B. (2016).** Use of whey and whey preparations in the food industry-a review. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 66(3), 157.
- Kumar, R., Chauhan, S. K., Shinde, G., Subramanian, V., & Nadanasabapathi, S. (2018).** Whey Proteins: A potential ingredient for food industry-A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 37(4), 283-290.
- Kurt, Ş., Zorba, Ö. (2005)** Kitin (Chitin), Kitosan (Chitosan) ve türevlerinin gıdalarda kullanım olanakları, *Gıda*, 30 (6): 371-378.
- Küçükaya, S. (2018).** Kitosan-uçucu yağ ile kaplanmış sucuklarda fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değişimler (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- LaClair, C. E., Ney, D. M., MacLeod, E. L., & Etzel, M. R. (2009).** Purification and use of glycomacropeptide for nutritional management of phenylketonuria. *Journal of Food Science*, 74(4), E199-E206.
- Laganà, P., Avventuroso, E., Romano, G., Gioffré, M. E., Patanè, P., Parisi, S., ... & Delia, S. (2017).** Classification and technological purposes of food additives: the European point of view. In *Chemistry and hygiene of food additives* (pp. 1-21). Springer, Cham.
- Layman, D. K., Lönnnerdal, B., & Fernstrom, J. D. (2018).** Applications for α -lactalbumin in human nutrition. *Nutrition reviews*, 76(6), 444-460.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Lee, K. Y., & Mooney, D. J. (2012). Alginate: properties and biomedical applications. *Progress in polymer science*, 37(1), 106-126.

Leschber, C. (2018). On the Etymology of Dairy Terminology. *Balkan and South Slavic Enclaves in Italy: Languages, Dialects and Identities*, 289.

Li, Q., & Zhao, Z. (2019). Acid and rennet-induced coagulation behavior of casein micelles with modified structure. *Food chemistry*, 291, 231-238.

Liang, L. I., & Luo, Y. (2020). Casein and pectin: Structures, interactions, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 391-403.

Lin, L., Gu, Y., & Cui, H. (2019). Moringa oil/chitosan nanoparticles embedded gelatin nanofibers for food packaging against *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* on cheese. *Food packaging and shelf life*, 19, 86-93.

Luo, Y., & Wang, T. (2016). Pharmaceutical and cosmetic applications of protein by-products. In *Protein byproducts* (pp. 147-160). Academic Press.

Lynch, J. M., Barbano, D. M., Fleming, J. R. (2002). Determination of the total nitrogen content of hard, semihard, and processed cheese by the Kjeldahl method: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85(2), 445-455.

Macwan, S. R., Dabhi, B. K., Parmar, S. C., & Aparnathi, K. D. (2016). Whey and its utilization. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(8), 134-155.

Madadlou, A., Khosroshahi, A., & Mousavi, M. E. (2005). Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian white cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science*, 88(9), 3052-3062.

Madureira, A. R., Pereira, C. I., Gomes, A. M., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2007). Bovine whey proteins—Overview on their main biological properties. *Food Research International*, 40(10), 1197-1211.

Maki, T., & Takeda, K. (2000). Benzoic acid and derivatives. *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*, 3.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Malin, E. L., & Tunick, M. H. (Eds.). (2013). *Chemistry of structure-function relationships in cheese* (Vol. 367). Springer Science & Business Media.

Mania, I., Delgado, A. M., Barone, C., & Parisi, S. (2018). Food Additives in Cheese Substitutes. In *Traceability in the Dairy Industry in Europe* (pp. 109-117). Springer, Cham.

Manigandan, V., Karthik, R., Ramachandran, S., & Rajagopal, S. (2018). Chitosan applications in food industry. In *Biopolymers for food design* (pp. 469-491). Academic Press.

Marshall, N. D. (2004). Therapeutic applications of whey protein. *Alternative medicine review*, 9(2), 136-156.

Martinou, A., Kafetzopoulos, D., & Bouriotis, V. (1995). Chitin deacetylation by enzymatic means: monitoring of deacetylation processes. *Carbohydrate Research*, 273(2), 235-242.

Marwaha, S. S., & Kennedy, J. F. (1988). Whey—pollution problem and potential utilization. *International journal of food science & technology*, 23(4), 323-336.

McMahon, D. J., & Brown, R. J. (1984). Enzymic coagulation of casein micelles: a review. *Journal of Dairy Science*, 67(5), 919-929.

McSweeney, P. L., Ottogalli, G., & Fox, P. F. (2017). Diversity and classification of cheese varieties: an overview. *Cheese*, 781-808.

MEB. (2019). Süt ve Ürünleri Teknolojisi, Mesleki ve Teknik Eğitim Müdürlüğü, Milli Eğitim Müdürlüğü, Ankara

Mehta, B. M. (2015). Chemical composition of milk and milk products. *Handbook of food chemistry*, 511-553.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Mensi, A., Choiset, Y., Rabesona, H., Haertlé, T., Borel, P., & Chobert, J. M. (2013). Interactions of β -lactoglobulin variants A and B with vitamin A. Competitive binding of retinoids and carotenoids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(17), 4114-4119.

Mesgari, M., Aalami, A. H., & Sahebkar, A. (2021). Antimicrobial activities of chitosan/titanium dioxide composites as a biological nanolayer for food preservation: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 176, 530-539.

Mete, H. (2012). Peynir Altı Suyu'nun Ekmekçilikte Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi

Metin, M. (1996). Süt Teknolojisi. I Bölüm. Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 33, 623 s.

Metin, M., (2009). Süt ve Mamulleri Analiz Yöntemleri, Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler, Ege Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Yayınları No: 24

Minj, S., & Anand, S. (2020). Whey proteins and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*, 1(3), 233-258.

Mistry, V. V. (2001). Low fat cheese technology. *International dairy journal*, 11(4-7), 413-422.

Mohanta, R. N., Subramanian, S., & Nirmale, A. V. (2001). Use versatility of Chitin and Chitosan—A review. *Agricultural Reviews*, 22(1), 41-46.

Mollea, C., Marmo, L., & Bosco, F. (2013). Valorisation of cheese whey, a by-product from the dairy industry. In *Food industry*. IntechOpen.

Morrill, K. M., Smith, J. S., Dann, H. M., Gauthier, H. M., & Ballard, C. S. (2019). Evaluation of powdered 0.5% chlorhexidine acetate-based postmilking teat dip compared with a foamed 1% iodine-based postmilking teat dip under cold weather conditions in northern New York. *Journal of dairy science*, 102(3), 2507-2514.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Moschopoulou, E. (2011). Characteristics of rennet and other enzymes from small ruminants used in cheese production. *Small Ruminant Research*, 101(1-3), 188-195.

Mulvihill, D. M., & Fox, P. F.(1990). Casein. In *Food gels* (pp. 121-173). Springer, Dordrecht.

Muniz, G. L., Borges, A. C., da Silva, T. C. F., Batista, R. O., & de Castro, S. R. (2020). Chemically enhanced primary treatment of dairy wastewater using chitosan obtained from shrimp wastes: optimization using a Doehlert matrix design. *Environmental Technology*, 1-18.

Nascimento, L. G. L., Casanova, F., Silva, N. F. N., de Carvalho Teixeira, A. V. N., & de Carvalho, A. F. (2020). Casein-based hydrogels: A mini-review. *Food Chemistry*, 314, 126063.

Nateghi, L., Roohinejad, S., Totosaus, A., Rahmani, A., Tajabadi, N., Meimandipour, A., ... & Manap, M. Y. A. (2012). Physicochemical and textural properties of reduced fat Cheddar cheese formulated with xanthan gum and/or sodium caseinate as fat replacers. *J. Food Agr. Environ*, 10, 59-63.

Ndiaye, N., Pouliot, Y., Saucier, L., Beaulieu, L., & Bazinet, L. (2010). Electroseparation of bovine lactoferrin from model and whey solutions. *Separation and purification technology*, 74(1), 93-99.

Necas, J., & Bartosikova, L. (2013). Carrageenan: a review. *Veterinarni medicina*, 58(4).

Nemtsev, S. V., Gamzazade, A. I., Rogozhin, S. V., Bykova, V. M., & Bykov, V. P. (2002). Deacetylation of chitin under homogeneous conditions. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 38(6), 521-526.

Nickerson, S. C. (1995). Milk production: Factors affecting milk composition. In *Milk quality* (pp. 3-24). Springer, Boston, MA.

Nickerson, T. A. (1960). Chemical composition of milk. *Journal of Dairy Science*, 43(5), 598-606.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Okur, Ö. D., & Seydim, Z. G. (2006). Kazeinin Yapısal ve Fizikokimyasal Özellikleri. *Akademik Gıda*, 4(6), 11-14.

Olson, N. F. (1979). Cheese. In *Microbial technology* (pp. 39-77). Academic Press.

Orellano, M. S., Isaac, P., Breser, M. L., Bohl, L. P., Conesa, A., Falcone, R. D., & Porporatto, C. (2019). Chitosan nanoparticles enhance the antibacterial activity of the native polymer against bovine mastitis pathogens. *Carbohydrate polymers*, 213, 1-9.

Özbek, Ç. Güzeler, N. (2019). Peynir Üretiminde Stabilizatör Kullanım, 2. International Mediterranean Symposium, 23-25 Mayıs, Mersin

Özcan, T., & Delikanlı, B. (2011). Gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde peynir altı suyu protein katkılarının fonksiyonel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 77-88.

Özcan, Y., Artık, N., & Aloğlu, H. Ş. (2020). Farklı Starter Kültür Kullanımının Beyaz peynirlerin Olgunlaşma Süresince Laktoz Değişimlerine Etkisi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 71-83.

Özdemir, T., & Özcan, T. (2019). Süt ürünlerinin mikro yapısının oluşumunda süt proteinlerinin önemi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 355-374.

Özel, N., & Elibol, M. (2021). A review on the potential uses of deep eutectic solvents in chitin and chitosan related processes. *Carbohydrate Polymers*, 262, 117942.

Özen, A. E., & Kılıç, M. (2007). Peynir altı suyundan elde edilen serum proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 45-49.

Öztekin, L. Peynirlerin Muhafazasında Sorbik Asit ve Tuzlarının Kullanılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1-2).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Öztürkcan, A., & Acar, S. (2017). Yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal gıda katkı maddeleri ile ilgili genel bir değerlendirme. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, (1), 1-17.

Pacheco-Quito, E. M., Ruiz-Caro, R., & Veiga, M. D. (2020). Carrageenan: drug delivery systems and other biomedical applications. *Marine Drugs*, 18(11), 583.

Pal, J., Verma, H. O., Munka, V. K., Maurya, S. K., Roy, D., & Kumar, J. (2014). Biological method of chitin extraction from shrimp waste an eco-friendly low cost technology and its advanced application. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(6), 104-107.

Pal, P., Pal, A., Nakashima, K., & Yadav, B. K. (2021). Applications of chitosan in environmental remediation: A review. *Chemosphere*, 266, 128934.

Papademas, P., & Bintsis, T. (Eds.). (2017). *Global cheesemaking technology: cheese quality and characteristics*. John Wiley & Sons.

Papiz, M.Z., Sawyer, L., Eliopoulos, E.E., North, A.C., Findlay, J.B., Sivaprosadaro, R., Jones, T.A., Newcomer, M.E., Kraulis, P.J. (1986). The structure of β -lactoglobulin and its similarity to plasma retinolbinding protein. *Nature (Lond.)* 324: 383-385

Pastorino, A. J., Hansen, C. L., & McMahon, D. J. (2003). Effect of pH on the chemical composition and structure-function relationships of Cheddar cheese. *Journal of dairy science*, 86(9), 2751-2760.

Patel, J., Maji, B., Moorthy, N. H. N., & Maiti, S. (2020). Xanthan gum derivatives: Review of synthesis, properties and diverse applications. *RSC Advances*, 10(45), 27103-27136.

Pérez, M. D., & Calvo, M. (1995). Interaction of β -lactoglobulin with retinol and fatty acids and its role as a possible biological function for this protein: a review. *Journal of dairy science*, 78(5), 978-988.

Permyakov, E. A., & Berliner, L. J. (2000). α -Lactalbumin: structure and function. *FEBS letters*, 473(3), 269-274.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Pervaiz, S., & Brew, K. (1985). Homology of β -lactoglobulin, serum retinol-binding protein, and protein HC. *Science*, 228(4697), 335-337.

Pesta, G., Meyer-Pittroff, R., & Russ, W. (2007). Utilization of whey. In *Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry* (pp. 193-207). Springer, Boston, MA.

Picot-Allain, M. C. N., Ramasawmy, B., & Emmambux, M. N. (2020). Extraction, characterisation, and application of pectin from tropical and sub-tropical fruits: a review. *Food Reviews International*, 1-31.

Pighinelli, L., Broquá, J., Zanin, B. G., Flach, A. M., Mallmann, C., Taborda, F. G. D., ... & Dias, R. J. S. P. (2019). Methods of chitin production a short review. *Am. J. Biomed. Sci. Res*, 3(4), 307-314.

Pihlanto A, Korhonen H. (2003). Taylor SL Ed, Bioactive peptides and proteins. *Advances in Food and Nutrition Research*, Elsevier, San Diego; 47: 175-276

Prazeres, A. R., Carvalho, F., & Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. *Journal of environmental management*, 110, 48-68.

Preininger, C., Klimant, I., & Wolfbeis, O. S. (1994). Optical fiber sensor for biological oxygen demand. *Analytical Chemistry*, 66(11), 1841-1846.

Priyadarshi, R., & Rhim, J. W. (2020). Chitosan-based biodegradable functional films for food packaging applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 62, 102346.

Rajabi, M., McConnell, M., Cabral, J., & Ali, M. A. (2021). Chitosan hydrogels in 3D printing for biomedical applications. *Carbohydrate Polymers*, 260, 117768.

Ramanauskas, R. (2009). Classification of cheese. *Food Chemistry and Technology (Maisto Chemija ir Technologija)*, 43(2), 80-87.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ramos, O. L., Pereira, R. N., Martins, A., Rodrigues, R., Fucinos, C., Teixeira, J. A., ... & Vicente, A. A. (2017). Design of whey protein nanostructures for incorporation and release of nutraceutical compounds in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(7), 1377-1393.

Razdan, A., & Pettersson, D. (1994). Effect of chitin and chitosan on nutrient digestibility and plasma lipid concentrations in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 72(2), 277-288.

Riegger, B. R., Bäurer, B., Mirzayeva, A., Tovar, G. E., & Bach, M. (2018). A systematic approach of chitosan nanoparticle preparation via emulsion crosslinking as potential adsorbent in wastewater treatment. *Carbohydrate polymers*, 180, 46-54.

Rocchetti, G., & O'Callaghan, T. F. (2021). Application of metabolomics to assess milk quality and traceability. *Current Opinion in Food Science*, 40, 168-178.

Rocha-Mendoza, D., Kosmerl, E., Krentz, A., Zhang, L., Badiger, S., Miyagusuku-Cruzado, G., ... & García-Cano, I. (2021). Invited review: Acid whey trends and health benefits. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 1262-1275.

Roller, S. (2003). Chitosan: New food preservative or laboratory curiosity. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. Press.

Romero-Velarde, E., Delgado-Franco, D., García-Gutiérrez, M., Gurrola-Díaz, C., Larrosa-Haro, A., Montijo-Barrios, E., ... & Geurts, J. (2019). The importance of lactose in the human diet: Outcomes of a Mexican Consensus Meeting. *Nutrients*, 11(11), 2737.

Roseiro, L. B., Barbosa, M., Ames, J. M., & Wilbey, R. A. (2003). Cheesemaking with vegetable coagulants—the use of *Cynara L.* for the production of ovine milk cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 56(2), 76-85.

Ryan, M. P., & Walsh, G. (2016). The biotechnological potential of whey. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15(3), 479-498.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Salama, A. (2021). Recent progress in preparation and applications of chitosan/calcium phosphate composite materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 178, 240-252.

Sanderson, G. R. (1981). Applications of xanthan gum. *British polymer journal*, 13(2), 71-75.

Sandoval, M. A., & Salazar, R. (2021). Electrochemical treatment of slaughterhouse and dairy wastewater: Toward making a sustainable process. *Current Opinion in Electrochemistry*, 26, 100662.

Sarkar, S. (2015). Microbiological considerations: pasteurized milk. *International Journal of Dairy Science*, 10(5), 206-218.

Sarkar, S. (2016). Microbiological safety concerns of raw milk. *Safety*, 24, 1-7.

Savci, E. N. (2020). *İstanbuldaki bir Vakıf Üniversitesi öğrencilerinin süt ve fermente süt ürünleri tüketiminin laktoz intoleransı ile ilişkisi* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Sebastián-Nicolás, J. L., González-Olivares, L. G., Vázquez-Rodríguez, G. A., Lucho-Constantino, C. A., Castañeda-Ovando, A., & Cruz-Guerrero, A. E. (2020). Valorization of whey using a biorefinery. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 14(5), 1010-1027.

Setiowati, A. D., Wijaya, W., & Van der Meeren, P. (2020). Whey protein-polysaccharide conjugates obtained via dry heat treatment to improve the heat stability of whey protein stabilized emulsions. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 150-161.

Sezgin, A. C., & Ayyıldız, S. (2017). Food additives: Colorants. *Science within Food: Up-to-Date Advances on Research and Educational Ideas*.

Shadbolt, N. M., & Apparao, D. (2016). Factors Influencing the Dairy Trade from New Zealand. *EVERY GENERATION NEEDS ITS LEADERS.*, 241.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Shahbandeh, M., (2020). Global cheese production 2015-2021, <https://www.statista.com/statistics/1120911/cheese-production-worldwide/> (Erişim Tarihi: 06.03.2022)

Shahbandeh, M., (2020). Global dairy production growth in 2010-2017, <https://www.statista.com/statistics/754881/growth-in-the-production-volume-of-dairy-products-worldwide/> (Erişim Tarihi: 06.03.2022)

Sharma, R. (2019). Whey proteins in functional foods. In *Whey proteins* (pp. 637-663). Academic Press.

Sharma, R., Rajput, Y. S., & Mann, B. (2013). Chemical and functional properties of glycomacropeptide (GMP) and its role in the detection of cheese whey adulteration in milk: a review. *Dairy science & technology*, 93(1), 21-43.

Sharma, S., & Luzinov, I. (2013). Whey based binary bioplastics. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 404-410.

Shin, J. M., Gwak, J. W., Kamarajan, P., Fenno, J. C., Rickard, A. H., & Kapila, Y. L. (2016). Biomedical applications of nisin. *Journal of applied microbiology*, 120(6), 1449-1465.

Smith, J., & Hong-Shum, L. (2011). *Food additives data book*. John Wiley & Sons.

Smithers, G. W. (2008). Whey and whey proteins—from ‘gutter-to-gold’. *International dairy journal*, 18(7), 695-704.

Soodam, K., & Guinee, T. P. (2018). The case for milk protein standardisation using membrane filtration for improving cheese consistency and quality. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2), 277-291.

Spalatelu, C. (2012). Biotechnological valorisation of whey. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 10, 1.

Sriamornsak, P. (2003). Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. *Silpakorn University International Journal*, 3(1-2), 206-228.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Stancher, B., & Zonta, F. (1983). [High performance liquid chromatography (HPLC) of fat-soluble vitamins in cheese. A new method for determining total biological activity of vitamin A and E]. [Italian]. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*.

Stanciuc, N., & Rapeanu, G. (2010). An overview of bovine [alpha]-lactalbumin structure and functionality. *The Annals of the University of Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI. Food Technology*, 34(2), 82.

Stopforth, J. D., Sofos, J. N., & Busta, F. F. (2005). Sorbic acid and sorbates. *Food Science and Technology-New York- Marcel Dekker*, 145, 49.

Stopforth, J., & Kudron, T. (2020). Sorbic Acid and Sorbates. In *Antimicrobials in Food* (pp. 89-132). CRC Press.

Suliman, A. M. E., Ali, R. A. M., & Razig, K. A. A. (2012). Production and effect of storage in the chemical composition of Mozzarella cheese. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2(3), 21-26.

Sun, B., & Wang, J. (2017). Food additives. *Food Safety in China: Science, Technology, Management and Regulation*, 186-200.

Takka, S., & Acartürk, F. (1998). Aljinik Asit ve Tuzlarının Eczacılıkta Kullanımı, *FABAD J, Phann, Sci.*, 23, 17-27

Tan, P. Y., Tan, T. B., Chang, H. W., Tey, B. T., Chan, E. S., Lai, O. M., ... & Tan, C. P. (2018). Effects of storage and yogurt matrix on the stability of tocotrienols encapsulated in chitosan-alginate microcapsules. *Food chemistry*, 241, 79-85.

Tarakçı, Z., & Küçüköner, E. (2005). Laktoz, laktoz türevleri ve gıda sanayinde kullanımı. *Gıda*, 30(4), 261-267.

Tasar, O. C., Erdal, S., & Taskin, M. (2016). Chitosan production by psychrotolerant *Rhizopus oryzae* in non-sterile open fermentation conditions. *International journal of biological macromolecules*, 89, 428-433.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Terin, M. (2014).** Dünya Süt ve Süt Ürünleri Üretim, Tüketim, Fiyat ve Ticaretindeki Gelişmeler, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der., 4(3): 53-63
- TGKY. (2013).** Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, T.C Resmi Gazete Sayısı: 28693
- TGKY. (2015).** Peynir Tebliği, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Tebliğ No:2015/6, T.C Resmi Gazete Sayısı: 29261
- Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., & Rao, M. A. (1997).** Chemistry and uses of pectin—a review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37(1), 47-73.
- Tomaino, R. M., Parker, J. D., & Larick, D. K. (2001).** Analysis of free fatty acids in whey products by solid-phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3993-3998.
- Topnikova, E. V., Mordvinova, V. A., Sviridenko, G. M., & Danilova, E. S. (2019).** Study of fatty acid composition of milk for cheese production. *Food systems*, 2(4), 34-37.
- Trybek, G., Metlerski, M., Szumilas, K., Aniko-Włodarczyk, M., Preuss, O., Grocholewicz, K., & Wiszniewska, B. (2016).** The biological properties of lactoferrin. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 15, 15-25.
- Tsaih, M. L., & Chen, R. H. (2003).** The effect of reaction time and temperature during heterogenous alkali deacetylation on degree of deacetylation and molecular weight of resulting chitosan. *Journal of applied polymer science*, 88(13), 2917-2923.
- Tsakali, E., Petrotos, K., D'Allessandro, A., & Goulas, P. (2010).** A review on whey composition and the methods used for its utilization for food and pharmaceutical products. In *Proc. 6th Int. Conf. Simul. Modelling Food Bioind* (pp. 195-201).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tsigos, I., Martinou, A., Kafetzopoulos, D., & Bouriotis, V. (2000).** Chitin deacetylases: new, versatile tools in biotechnology. *Trends in biotechnology*, 18(7), 305-312.
- Tuncel, N. B. (2005).** Süt ve Ürünlerindeki Protein Fraksiyonlarının Kapiler Elektroforez CE İle Belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 3(3), 8-11.
- Türk Standartları Enstitüsü, (1990).** Süt ve İşlem Görmüş Süt Ürünleri, Gerber Metodu ile Sütte Yağ Tayini. (TS 8189). Ankara
- Türk Standartları Enstitüsü, (2002).** Süt ve İşlem Görmüş Süt Ürünleri, Çiğ İnek Sütü Standardı. (TS 1018). Ankara
- Usman, A., Zia, K. M., Zuber, M., Tabasum, S., Rehman, S., & Zia, F. (2016).** Chitin and chitosan based polyurethanes: A review of recent advances and prospective biomedical applications. *International journal of biological macromolecules*, 86, 630-645.
- Üçüncü, M. (2008).** A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi, Cilt 1, Ege Üniversitesi, İzmir
- Üçüncü, M., (1980).** Peynircilikte Sorbik Asit ve Sorbatların Kullanım Olanakları, *Gıda*, 5(4), 80-87
- Ünal, M. (2016).** *Kitosan esaslı yeni doğal hidrojellerin sentezi ve ilaç salınım sistemi uygulamalarında kullanımı* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ünal, R. N., & Besler, H. T. (2008).** Beslenmede sütün önemi. *Sağlık Bakanlığı Yayın*, 727.
- Walstra, P. (1999).** Casein sub-micelles: do they exist?. *International Dairy Journal*, 9(3-6), 189-192.
- Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., & Wehrmüller, K. (2008).** Cheese in nutrition and health. *Dairy Science and Technology*, 88(4-5), 389-405.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wang, W., Xue, C., & Mao, X. (2020). Chitosan: Structural modification, biological activity and application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 4532-4546.

Weiner, M. L. (2014). Food additive carrageenan: Part II: A critical review of carrageenan in vivo safety studies. *Critical reviews in toxicology*, 44(3), 244-269.

Wen-Qiong, W., Yun-Chao, W., Xiao-Feng, Z., Rui-Xia, G., & Mao-Lin, L. (2019). Whey protein membrane processing methods and membrane fouling mechanism analysis. *Food Chemistry*, 289, 468-481.

Widyastuti, Y., & Febrisiantosa, A. (2013). Milk and Different Types of Milk Products. *Advances in food science and nutrition*, Volume 2, 49-68.

Wijayanti, H. B., Bansal, N., & Deeth, H. C. (2014). Stability of whey proteins during thermal processing: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 13(6), 1235-1251.

Wiley, A. S. (2007). The globalization of cow's milk production and consumption: Biocultural perspectives. *Ecology of Food and Nutrition*, 46(3-4), 281-312.

Wu, G., Hui, X., Gong, X., Tran, K. N., Stipkovits, L., Mohan, M. S., & Brennan, C. S. (2021). Functionalization of bovine whey proteins by dietary phenolics from molecular-level fabrications and mixture-level combinations. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 107-119.

Wu, H., Cao, D., Liu, T., Zhao, J., Hu, X., & Li, N. (2015). Purification and characterization of recombinant human lysozyme from eggs of transgenic chickens. *PloS one*, 10(12), e0146032.

Yalcin, A. S. (2006). Emerging therapeutic potential of whey proteins and peptides. *Current pharmaceutical design*, 12(13), 1637-1643.

Yerlikaya, O., & Karagözlü, C. (2008). İnsan Beslenmesinde İnek Sütü. *Türkiye*, 10, 805-808.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yerlikaya, O., Kımık, Ö., & Akbulut, N. (2010). Peyniraltı Suyunun Fonksiyonel Özellikleri ve Peyniraltı Suyu Kullanılarak Üretilen Yeni Nesil Sür Ürünleri. *GIDA/The Journal of FOOD*, 35(4).

Yıldırım, İ., Duranoğlu, S., & Koyuncu, İ. (2008). Peynir muhafazasında kullanılan bazı antimikrobiyal katkı maddeleri. *Türkiye, 10*, 21-23.

Yıldırım, Z., Öncül, N., & Yıldırım, M. (2015). Kitosan ve antimikrobiyal özellikleri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 19-36.

Yıldız, P. O., & Yangılar, F. (2014). Gıda endüstrisinde kitosanın kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 30(3), 198-206.

Youssef, A. M., El-Sayed, S. M., El-Sayed, H. S., Salama, H. H., & Dufresne, A. (2016). Enhancement of Egyptian soft white cheese shelf life using a novel chitosan/carboxymethyl cellulose/zinc oxide bionanocomposite film. *Carbohydrate polymers*, 151, 9-19.

Yörük, N. G., & Danyer, E. (2016). Gıda katkı maddeleri genel bilgiler ve tanımlar. *Türkiye Klinikleri Dergisi*, 2(2), 1-10.

Yüksel, M., Yüksel, A. K., & Ürüsan, H. (2019). Peynir altı suyunun çeşitli özellikleri ve kullanım olanakları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 114-125.

Zafar, S., & Owais, M. (2006). Ethanol production from crude whey by *Kluyveromyces marxianus*. *Biochemical engineering journal*, 27(3), 295-298.

Zandona, E., Blažić, M., & Režek Jambrak, A. (2021). Whey utilization: Sustainable uses and environmental Approach. *Food Technology and Biotechnology*, 59(2), 147-161.

Zedan, H., Hosseini, S. M., & Mohammadi, A. (2021). The effect of tarragon (*Artemisia dracunculus*) essential oil and high molecular weight Chitosan on sensory properties and shelf life of yogurt. *LWT*, 147, 111613.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zhang, H. M., Jiang, H. R., Chen, D. J., Shen, Z. L., Mao, Y. J., Liang, Y. S., & Yang, Z. P. (2021). Evaluation of a povidone-iodine and chitosan-based barrier teat dip in the prevention of mastitis in dairy cows. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(6), 1615-1625.

Zhang, L., Zhang, Z., Chen, Y., Ma, X., & Xia, M. (2021). Chitosan and procyanidin composite films with high antioxidant activity and pH responsivity for cheese packaging. *Food Chemistry*, 338, 128013.

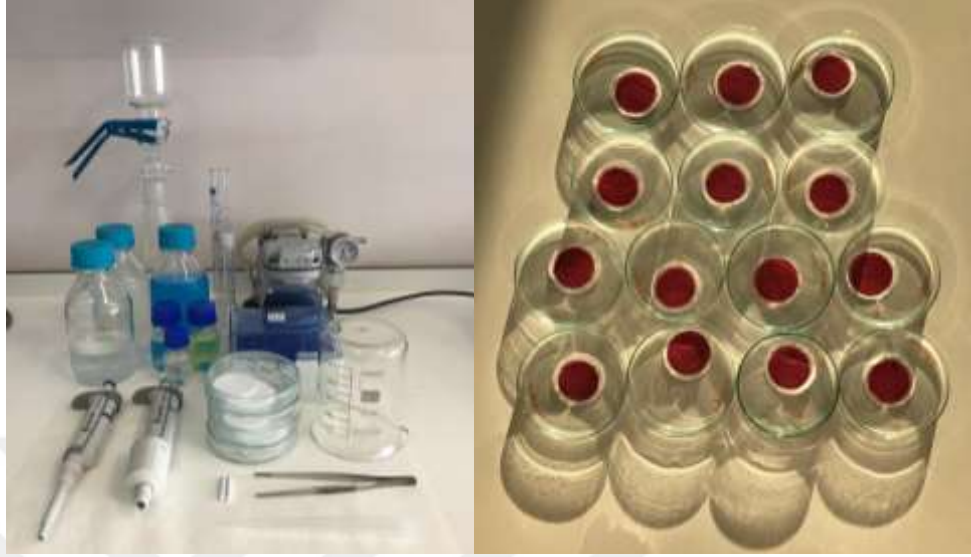
Zheng, L. Y., & Zhu, J. F. (2003). Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. *Carbohydrate polymers*, 54(4), 527-530.

Zheng, Y. G., Zhang, B. Q., Qi, J. Y., Zhao, Y. L., Guo, X. Y., Shi, B. L., & Yan, S. M. (2021). Dietary supplementation of chitosan affects milk performance, markers of inflammatory response and antioxidant status in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 277, 114952.

Żylka, R., Karolinczak, B., & Dąbrowski, W. (2021). Structure and indicators of electric energy consumption in dairy wastewater treatment plant. *Science of the Total Environment*, 782, 146599.



EKLER



Laktoz Tayini Düzeneği ve Filtrelerde Elde Edilen CuO_2 Kalıntıları



Gerber Yöntemiyle Peyir Altın Suyu Yağ Tayini Düzeneği



Yağ Tayininde Kullanılan Funke Gerber Santrifüjü



Analizlerin Gerçekleştirildiği Kjeldahl Protein Cihazı



Termogravimetrik prensibe göre Çalışan Kuru Ağırlık Cihazı



TEŞEKKÜR

Tez Çalışmanın yürütülmesi sırasında bilimsel bilgi birikimi ile beni yönlendiren ve bu zorlu süreçte manevi desteği ile yanımda olan tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Murat ELİBOL'a, tezimin her aşamasında bana yardımcı olan Dr. Hülya KUDUĞ CEYLAN'a, eğitim hayatım boyunca beni bıkmadan maddi manevi destekleyen babam Coşkun MEYDAN'a, bunaldığım zaman bir telefon kadar uzağımda olan annem Hülya MEYDAN'a, Hayatım boyunca hep desteklerini hissettiğim ablalarım İpek YURTTAŞ VE Çiçek OKAY'a, yoğun çalışmalarım boyunca sabırla beni desteklediği için nişanlım Nida TATLI'ya, akademik hayatın stresinden uzaklaşmamı sağladıkları için Göze BECEREN ve Kardelen KALMAZ'a, tez yazım aşamasında iş yükümü azaltarak bana destek olan Pınar Süt Kalite Güvence Ekibine teşekkürlerimi sunarım.



ÖZGEÇMİŞ

Öğrenim Bilgileri

2019/Halen, Yüksek Lisans: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyomühendislik Anabilim Dalı

- Tez Konusu: Peynir Üretim Proseslerinde Kitosan Kullanımı
- Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat ELİBOL

2015/2019, Lisans, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Biyomühendislik Bölümü

Not Ortalaması: 3.25/4.00

Tez Konusu: Heterotrofik Mikroalg *Schizochytrium sp.*'den Biyojenik
Nanopartikül Üretimi

2016/2020, Lisans, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda
Mühendisliği

Not Ortalaması: 3.07/4.00

İş Denevimi

2021/Halen, Kalite Güvence Mühendisi, Pınar Süt Mamülleri Sanayii A.Ş.

Proje

117M052, Mikroalglerden Biyojenik Nanopartiküllerin Sentezlenmesi,
Optimizasyonu ve Biyoteknolojide Kullanım Potansiyelinin Araştırılması, 1001 –

Araştırma, Burslu, ARDEB, MAG – Mühendislik Araştırma Destek Grubu, Proje Başlangıç Bitiş Tarihleri: 01.09.2017 – 01.03.2020

Kluyveromyces lactis Maya Hücrelerinden Laboratuvar Ölçekte Vasküler Endotelyal Büyüme Faktörü (VEGF) Üretiminin Optimizasyonu, VEGF Spesifik ELISA ve Biyosensör Esaslı Tanı Kitlerinin Geliştirilmesi, Araştırma, Burslu – ÖNAP

Eserler

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında (proceedings) Basılan Bildiriler

T. MUTAF, G. ÇALIŞKAN, C. MEYDAN, M. ELİBOL, Biogenic Nanoparticle Synthesis Using Marine Alga *Schizochytrium* sp. Sözlü Sunum, International Conference on Medical and Biological Engineering (CMBEBIH 2019), 16-18 Mayıs 2019.