



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FARKLI ASİTLİKTE PEYNİR ALTI SUYU
KULLANILARAK ÜRETİLEN TOZLARIN
YAPISAL ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN
BELİRLENMESİ

Beyza KAMANLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Beyza KAMANLI tarafından hazırlanan “Farklı Asitlikte Peynir Altı Suyu Üretilen Tozların Yapısal Özelliklerindeki Değişimin Belirlenmesi” adlı tez çalışması 04/10/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Danışman

Doç. Dr. Durmuş SERT

Üye

Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet KILINÇ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Beyza KAMANLI

Tarih: 04/10/2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ASİTLİKTE PEYNİR ALTI SUYU KULLANILARAK ÜRETİLEN TOZLARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ

Beyza KAMANLI

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Durmuş SERT

2024, 47 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Durmuş SERT

Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet KILINÇ

Peynir altı suyu (PAS), sütün organik asit ya da peynir mayası ile pıhtılaştırılarak ortaya çıkan pıhtının yağsız veya tam yağlı yapıdaki süttten ayrıştırılmasından sonra geriye kalan ve içeriğindeki riboflavinden dolayı sarı ya da yeşilimsi sıvıya denmektedir. PAS, laktoglobülin, laktoalbumin, serum proteinleri ile birlikte farklı miktarlarda vitamin, yağ, laktoz ve mineral maddeler içerdiğinden dolayı süt endüstrisinde besin değeri yüksek yan ürünler arasındadır. Bu tez çalışmasında farklı asitliklerde ki PAS kullanılarak üretilen tozların yapısal özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi, numunelerde asitten kaynaklı meydana gelen reolojik değişikliklerin kaydedilmesi hedeflenmiştir. Fizikokimyasal, biyokimyasal, fonksiyonel ve partikül dağılım özellikleri ayrı ayrı incelenmiştir. Fizikokimyasal analiz olarak yağ, renk, protein analizleri yapılmıştır. Tesktürel anlamda dağılıbilirlik, ıslanabilirlik, çözünebilirlik, partikül büyüklüğü ölçümleri yapılmıştır. Yapılan araştırmalar ve elde edilen veriler sonucunda pH ve kalsiyumun doğru orantılı olduğu, peynirin üretim aşamalarından öğütme sırasında düşük pH'ın daha sert bir peynir elde edilmesine, tuzlama sırasında ki düşük pH'ın ise daha yüksek miktarda tuz emilimine yol açtığı, asitliğin peynirin karakteristik lezzetinin ve dokusunun oluşumuna katkı sağladığı gözlemlenmiştir. Bu anlamda pH'ın süt ürünleri üretiminde önemli bir kontrol parametresi olduğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asitlik, ürün kalitesi, peynir altı suyu, süt yan ürünleri

ABSTRACT

MS

DETERMINATION OF THE CHANGE IN THE STRUCTURAL PROPERTIES OF POWDERS PRODUCED FROM WHEY DIFFERENT ACIDITY

Beyza KAMANLI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN FOOD ENGINEERING

Advisor: Assoc. Doç. Dr. Durmuş SERT

2024, 47 Pages

Jury

Advisor Assoc. Doç. Dr. Durmuş SERT

Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR

Dr. Lecturer Mehmet KILINÇ

Whey, is called the yellow or greenish liquid that remains after the coagulation of milk with organic acid or rennet is separated from skim or full-fat milk, and is due to the riboflavin it contains. Whey is among the by-products with high nutritional value in the dairy industry because it contains different amounts of vitamins, fat, lactose and mineral substances along with lactoglobulin, lactoalbumin, serum proteins. In this thesis study, it is aimed to examine the changes in the structural properties of powders produced using whey at different acidities and to record the rheological changes caused by acid in the samples. Physicochemical, biochemical, functional and particle dispersion properties were examined separately. Fat, color and protein analyzes were performed as physicochemical analysis. Textural dispersibility, wettability, solubility and particle size measurements were made. As a result of the research and data obtained, pH and calcium are directly proportional, low pH during rinding during the production stages of cheese leads to a harder cheese, low pH during salting leads to a higher amount of salt absorption, acidity is the characteristic flavor of cheese. It has been observed that it contributes to the formation of tissue. In this sense, it has been emphasized that pH is an important control parameter in dairy product production.

Keywords: Acidity, milk by-products, product quality, whey

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü desteği sağlayan, tez konumun belirlenmesi ve hazırlanmasında yardım ve desteğini esirgemeyen sayın danışman hocam Doç. Dr. Durmuş Sert' e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam boyunca her türlü yardımda bulunan, çalışmam için gerekli imkânları sağlayan Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Lisansüstü arkadaşlarıma ve bölümümüzde görevli kıymetli hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beyza KAMANLI
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Peynir Altı Suyu.....	3
2.1.1. Peynir altı suyu bileşimi ve fonksiyonel özellikleri.....	5
2.2. Peynir Altı Suyu Tozu	7
2.3. Peynir Altı Suyu Üretimi	8
2.3.1. Elektrodializ Yöntemi	8
2.3.2. İyon değişim yöntemi.....	9
2.3.3. Nanofiltrasyon yöntemi.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Ambalaj materyali.....	12
3.2. Yöntem	12
3.2.1. Peynir altı suyu tozu örneklerinin üretimi	12
3.2.2. Farklı asitlikteki peynir altı suyu tozlarına uygulanan analizler	13
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	22
4.1. Farklı Asit Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	22
4.1.1. Farklı asit derecesine sahip peynir altı tozlarının Ph miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	22
4.1.2. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının asitlik miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	22
4.1.3. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının tuz miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	23
4.1.4. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kül miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	23
4.1.5. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının yağ miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	23
4.1.6. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının protein miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	24
4.1.7. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının nem miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	24
4.1.8. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının su aktivitesi miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	25
4.1.9. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının renk değerlerinde meydana gelen değişimin sonuçları ve tartışma.....	25

4.2. Farklı Asit Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Fonksiyonel Özelliklerine Ait Sonuçlar	26
4.2.1. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının gevşek yığın yoğunluğun ait sonuçlar ve tartışmalar	26
4.2.2. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının sıkıştırılmış yığın yoğunluğuna değerlerine ait sonuçlar ve tartışma	27
4.2.3. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının dağılıbilirlik değerlerine ait sonuçlar ve tartışma	27
4.2.4. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının ıslanabilirlik değerine ait sonuçlar ve tartışma	27
4.2.5. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının köpük oluşturma ve köpük stabilitesine ait sonuçlar ve tartışma	27
4.2.6. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının çözünabilirlik özelliklerine ait sonuçlar ve tartışma	28
4.3. Farklı Asit Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Toz Akış Özelliklerine Ait Sonuçlar ve Tartışma	28
4.3.1. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kekleşme özelliklerinde meydana gelen değişim sonuçları ve tartışma.....	28
4.3.2. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kohezyon özelliklerinde meydana gelen değişim sonuçları ve tartışma.....	29
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	31
5.1. Sonuçlar	31
5.2. Öneriler	31
6. KAYNAKLAR.....	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat derece
Aw	: Su aktivitesi
D ₁₀	: %10 kümülatif yüzdeye denk gelen boyut
D _{3,2}	: Yüzey ağırlıklı ortalama
D _{4,3}	: Hacimsel ortalama çap
D ₅₀	: Hacime dayalı medyan
D ₉₀	: %90 kümülatif yüzdeye denk gelen boyut
Dk	: Dakika
G	: Gram
Kg	: Kilogram
L	: Litre
ml	: Mililitre
a*	: (a+) kırmızı ve (a-) yeşil renk değeri
b*	: (b+) sarı ve (b-) mavi renk değeri
L*	: (0) siyah ve (100) beyaz renk değeri
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
s	: Saniye
µm	: Mikrometre
N	: Newton
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
N	: Normalite
NaOH	: Sodyum hidroksit
Na	: Sodyum
Ca	: Kalsiyum
K	: Potasyum
P	: Fosfor
Mg	: Magnezyum
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
S	: Kükürt
B	: Bor
Cu	: Bakır

Kısaltmalar

WPC	: Peynir altı suyu konsantresi
WPI	: Peynir altı suyu izolatu
DC	: Doğru akım
NF	: Nanofiltrasyon
AOAC	: Association of Official Analytical Chemists
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
GYI	: Gevşek yığın yoğunluğu
SYI	: Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu
DPST	: Demineralize peynir altı suyu tozu
HAO	: Hacim ağırlıklı ortalama
LA	: Laktik asit
KM	: Kuru madde
TGK	: Türk Gıda Kodeksi

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünya nüfusunun artmasıyla doğru orantılı olarak yaşam koşulları da değişiklikler göstermektedir. Değişen şartlar beslenme üzerinde de etkili olup, gıda teknolojisi önemli bir parametre haline gelmiştir. Artan nüfus ile besin taleplerini karşılayabilmek için pratik hazırlanabilen, uzun raf ömrüne sahip, az işlenmiş, fonksiyonel özellikleri olan ve zamandan tasarruf sağlanan ürünlerin geliştirilmesi son dönem çalışmalarına konu olmaktadır.

İnsan beslenmesinde büyük oranda öneme sahip olan süt dünyada her gün artan nüfus ile ihtiyaçlarının karşılanması için endüstriyel alanda büyük gelişmeler sağlamıştır. İçerisinde yer alan besin maddelerinin tamamının değerlendirilmesi için geleneksel süt ürünleri yanı sıra fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş birçok süt ürünleri geliştirilmiştir (Yerlikaya ve ark., 2010; Cemiloğlu, 2019).

Süt, içerdiği besin maddeleri sayesinde dengeli ve günlük beslenme bakımından önem arz etmektedir (Ocak ve Önder, 2014). İnsan yaşamının her aşamasında gerekli olan süt, kalsiyum, demir, C vitamini ve fosfor dışında mikro ve makro besin maddeleri için iyi bir kaynak özelliği sağlamaktadır. Özellikle gebelik-emziliklik, çocukluk ve yaşlılık dönemlerinde kemik sağlığı açısından çok önemli olan sütün; obezite, kanser, hipertansiyon gibi kronik hastalıklarla ilişkisini gösteren araştırmalar olduğu da görülmektedir ve bu yönde gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar da artış gözükmektedir.

Süt ve süt ürünlerinde yer alan süt proteinleri, fonksiyonel özelliklerinden büyük öneme sahip kaynaklardan biridir. Canlılarda büyüme ve gelişmenin sağlanması için proteinler temel öğelerdir. Süt proteinlerinin yaklaşık %20'sini bulandıran peynir altı suyu suları peynir üretimi aşamasında elde edilen önemli yan üründür (Yerlikaya ve ark., 2010; Cemiloğlu, 2019).

Yüzyıllarca peynir üretiminde sorunlu yan ürün olarak görülen peynir altı suyu, süt hacminin %90'nının genellikle peynir altı suyu olarak salması sebebi ile önemsiz bir yan ürün olmadığı ayrıca yüksek oranda biyokimyasal oksijen içermesi ile güçlü bir kirletici madde olduğu kabul edilmiştir. Böylece günümüzde değerli bir kaynak olarak birçok ürünün elde edildiği yan üründür.

Uluslararası alanda son yirmi yıl içerisinde peynir altı suyu kullanımında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Peynir altı suyu eskiden yalnızca sıvı formda veya geleneksel yöntemlerle elde edilerek kullanılmıştır. Teknoloji ile konsantre etme, kurutma veya

fermentasyonla peynir altı suyu bileşenleri izole edilerek farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Bakırcı ve Kavaz., 2006).

İçerdiği bileşenler bakımından oldukça zengin ürün olan peynir altı suyu β -laktoglobülin ve α -laktalbümin gibi serum proteinleri, eser miktarda süt yağı, laktoz, mineral maddeler ve vitaminler içerir (Kurt, 1990; Cemiloğlu, 2019). Protein içeriklerinin zengin olması sebebi önceki dönemlerde atık olarak görülen peynir altı suyu, besin ve fonksiyonel değeri keşfedildikten sonra gıda sektöründe çeşitli alanlarda yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Türk Gıda Kodeksi (TGK) peynir tebliğine göre peynir altı suyu tozu; pıhtıdan ayrılan peynir altı suyundan suyun uzaklaştırılmasıyla elde edilen ve son ürünlerdeki nem içeriğinin ağırlıkça en fazla %5 oranında olduğu toz ürün olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2014b).

İngilizcede “Whey”, Fransızca’da “Lactoserum”, Almanca’da “Molke” olarak isimlendirilen peynir altı suyu içecekleri, peynir altı suyunun yanı sıra konsantre peynir altı suyu, peynir altı suyu tozu, peynir altı suyu protein izolatı, üretimi, laktozu azaltılmış ve asit peynir altı suyu, çeşitli saf proteinlerin üretiminde kullanılmaktadır (Yerlikaya ve ark., 2010).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Peynir Altı Suyu

Peynir altı suyu, süt teknolojisi alanında oldukça öneme sahip bir yan üründür. Sütün peynire işlenmesi aşamasından sonra ortaya çıkan sarımtırak-yeşil renkteki sıvı veya peynir üretiminde kazeinin ve yağın pıhtı şeklinde uzaklaşmasından sonra elde edilen ürün peynir altı suyu olarak tanımlanmaktadır (Dinçoğlu ve Ardıç, 2012).

Peynir altı suyu tatlı peynir altı suyu, orta asitli peynir altı suyu ve asit peynir altı suyu olarak ayrılabilir.

1.Tatlı Peynir Altı Suyu: düşük asitlik seviyesinde kimozinle pıhtılaştırılmış peynirden elde edilen peynir altı suyudur. Titre edilebilir asitlik %0,10-0,2, Ph 5,8-6,6.

2.Orta asitli peynir altı suyu: süzme peynir veya ricotta gibi taze asitli peynir üretiminden elde edilir. Titre asitlik %0,20-0,40, Ph 5,0-5,8.

3.Asit peynir altı suyu: taze asitli peynir çeşitlerinden bazıları ve mineral asitlerin ilavesiyle kazein peynir altı suyunu içermektedir. Titre edilebilir asitlik %0,40'ın üzerinde, Ph 5,0 altındadır (Zadow, 2003).

Peynir çeşitlerine ve sütün işlenmesine göre bir ton sütten 150-200 kg peynir ve 800-850 kg yan ürün peynir altı suyu elde edilmektedir (Mehri, 2020). Dünya çapında peynir altı suyu üretimi, peynir altı suyunun teleme ayırma işlemi aşamasında ortaya çıkan yan ürün olarak üretilen peynir miktarına göre belirlenir. Böylece, dünyada peynir üretiminde yıllık %2'lik büyüme meydana gelmesi ile peynir altı suyu üretimi de peynir üretimine bağlı bir artış izlemektedir. Dünyada peynir altı suyu üretimi 2010 yılında yaklaşık 145 milyon ton iken, 2018 yılında yaklaşık 180 milyon ton olarak artış göstermiştir (Kelly, 2022).

Peynir retimi prosesinde kullanılan teknikler sütün pastrizeasyon metodu, kuru madde miktarı, kültür veya natural peynir üretimi, pıhtılaştırma sırasında kullanılan maya, asit miktar ve kalitesi, oluşan pıhtının parçalanma şekli, pıhtılaşma sıcaklığı peynir altı suyu miktarını etkiler (Mete, 2012; Cemiloğlu, 2019).

Elde edilen peynir altı sularının %90 dan fazla miktarı su içermektedir. Kuru madde miktarı ise %6 civarındadır (İçier, 2022). İçerdiği bileşenler bakımından oldukça zengin ürün olan peynir altı suyu β -laktoglobülin ve α -laktalbümin gibi serum proteinleri, eser miktarda süt yağı, laktoz, mineral maddeler ve vitaminler içerir (Kurt, 1990; Cemiloğlu, 2019). 3000 yıl önce sütün taşınması ve depolanması için buzağı midesi

kullanılırken peynir altı suyunun keşfedildiği düşünülmektedir. Buzağının midesinde katıksız halde bulunan rennet (kimozin) enzimi ile sütün taşınması veya depolanması sırasında pıhtılaşarak peynir ile peynir altı suyu olduğu gözlemlenmiştir.

Türk Gıda Kodeksi peynir tebliğine göre peynir altı suyu (PAS); pıhtı kesimi sonrasında pıhtıdan ayrılan ve teleme dışında kalan içerisinde bulunan riboflavinden dolayı yeşilimsi sarımsı renkli, yarı şeffaf yapıda sıvı olarak tanımlanması yapılmıştır (Evren ve ark., 2011). Peynir altı suyu süt teknolojisinin en önemli yan ürünlerinden birisidir. Peynirin yapılma şekline bağlı olarak değişiklik göstermesinin yanında, peynir yapımında kullanılmış olan sütün yaklaşık %70 ile 90'ı peynirin suyunda kalmaktadır.

PAS, farklı düzeylerde serum proteinleri (albümin, globülin), laktoz, vitaminler, mineraller (çinko, fosfor, kalsiyum, magnezyum vs.), kül, K₂O ve P₂O₅ içermektedir (Kurt, 1990). Ayrıca laktoperoksidaz ve laktoferrin gibi minör bileşenlerle beraber bir miktar süt yağı da peynir altı suyunun içeriğinde bulunmaktadır. PAS, yüksek oranda zincirli dallı amino asit (lösin, izölösün ve valin) bileşimine sahiptir ve bu da peynir altı suyunun insan sağlığı üzerinde son derece faydalı olabileceğini ortaya koymaktadır. PAS'da bulunan bileşenlerin, özellikle peynir altı suyu proteinlerinin birçok sağlık problemine karşı faydalı olduğu bilinmektedir. Özellikle bazı kanser tipleri, kas zayıflığı, astım, bağışıklık sistemi zayıflığı, 4 kan şekeri seviyesi, yüksek tansiyon, yaraların iyileşmemesi, hepatit ve kron hastalığı gibi sağlık problemleri üzerinde etkin olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Yerlikaya ve ark., 2010). PAS proteinleri esansiyel amino asitler bakımından zengin ve biyolojik değeri yüksek proteinler olduğu bilinmektedir. PAS proteini serum proteinleri bakımından da zengindir. Antioksidan, antibakteriyel, antitümör, antihipertansif, antiviral ve hipolipidemik bir ajan iş özelliği bulunmaktadır (Rezende ve ark., 2014; Bilal and Altınar, 2017). Süt endüstrisinde peynir üretiminde üç ana atık su ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi peynir üretiminde ortaya çıkan peynir altı suyu, ikincisi çökelek/süzme peynir üretiminde ortaya çıkan ikinci peynir altı suyu ve üçüncüsü ise peynir altı suyunun fraksiyonlarını içeren yıkama suyudur. Peynir altı suyu içerdiği bileşenlerden dolayı yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) değerine sahiptir. Bu sebeple yüksek kirletici bir ürün olarak bilinmektedir. Bu kirliliği azaltmak için ise herhangi bir ön işlemten geçmeden çevreye atık olarak bırakılması yasaklanmıştır. Ayrıca PAS'ın çevreye atılması da yararlı etken maddelerinden dolayı israf olarak görülmektedir. Son zamanlarda PAS'ın yüksek değerlilikte olmasının sebebi olarak görülmektedir. Ülkemizde bir atık olarak görülen peynir altı suyu, süt endüstrisi gelişmiş olan ülkelerde atık olarak kullanılmasının

önlenmesiyle ekonomik olarak değerlendirme, çevreye vereceği zararı azaltma ve bileşiminde bulunan yüksek değerdeki proteinlerinden dolayı beslenme ürünlerinde yan ürün yerine hammadde olarak kullanılma başlanmıştır. Peynir altı suyunun birçok değerlendirme yöntemi vardır. Teknolojinin gelişmesi ile atık ürün olmaktan çıkan PAS birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Peynir altı suyu keşfedildiği ilk dönemlerde tedavi amaçlı kullanılmıştır. Günümüze baktığımızda PAS ve ürünleri gıda sanayisinin çeşitli ürünlerinde bileşen olarak kullanılmaya başlanmıştır. Peynir altı suyundan elde edilen ürünler, genellikle kuru ve toz formda, sporcu takviyeleri, fırıncılık ürünleri sağlık ve süt ve et endüstrisi gibi birçok alanlarda gıda reçetelerinde bileşen olarak çok fazla kullanılmaktadır.

2.1.1. Peynir altı suyu bileşimi ve fonksiyonel özellikleri

Peynir altı suyu kimyasal, fiziksel, fonksiyonel açıdan yüksek ve proteinlerce zengindir. Hem beslenme bakımından önemli olması ile birlikte aminoasitlerinde denge kaynağı olması sebebi ile önem arz etmektedir (Yerlikaya ve ark., 2010). Peynir altı suyunun bileşim ve özellikleri peynir üretimi sırasında kullanılan sütün bileşimine ve kalitesine, pıhtılaştırma işleminde kullanılan asit miktarı ya da maya kalitesine, peynirin yapım tekniğine, pıhtılaştırmanın süresi ile sıcaklığına, oluşan pıhtılaşmanın parçalama şekli ve benzeri birçok etkenler nedeniyle farklılıklar göstermektedir. PAS kullanılan sütün kuru madde miktarının yaklaşık yarısını ve B vitaminlerinin çoğunu, süt şekeri laktozun tamamına yakını ve proteinlerin ortalama olarak 1/5'ini içermektedir. Aynı zamanda çok miktarda riboflavin, kabalamin ve folik asitte içeriğinde bulunmaktadır. Peynir suyunun bileşimin yaklaşık %6.96 süt kuru maddesinden oluşmaktadır. Kuru maddenin %0.36'sı yağ, %0.84 protein, %5.76 laktoz ve tuzları, %0.2 laktik asit içerir. (Dinçoğlu ve ark.,2012). Bileşenlerin süte bağlı (inek, koyun, keçi) değişiklik göstermesi yanında peynir altı suyunun tipine (ekşi ve tatlı), hayvanın beslenmesine, mevsime ve işlenme şekillerine göre de etkilenir. Peynir altı suyunun ortalama bileşimi Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Peynir altı suyu bileşimi (Prazeres ve ark., 2012)

Bileşenler	Peynir Altı Suyundaki Miktarı
Su	%93.0-94.0
Yağ	%0.06-0.5
Protein	%0.6-1.1
Süt şekeri (laktoz)	%4.5-6.0
Mineral	%0.8-1.0

Peynir altı suyunda yer alan proteinler farklı biyolojik aktivite ve farklı moleküler ağırlıklara sahip minör ve majör proteinlerden oluşmaktadır. Majör peynir altı suyu grubu toplam PAS proteininin %70-80'ini oluşturan β - laktoglobülin ve α - laktalbuminden oluşur. Minör peynir altı suyu ise; kan serum albümini, immunoglobulinler, glokomakropeptidler, fosfolipoproteinler, transferrin, laktoferin ve yüskse oranda biyoaktif faktörleri ile enzimleri içermektedir (Karagözlü ve ark., 2004; Dinçoğluve ark., 2012). Peynir altı suyu proteinleri bileşimi Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Peynir altı suyu proteinlerinin bileşimi (Dinçoğlu ve ark., 2012)

Protein	Konsantrasyon (g/L süt)
β -Laktoglobulin	3.2
α -Laktalbumin	1.2
Immunoglobulin	0.8
Kan Serum Albumini	0.4
Laktoferrin	0.2
Laktoperoksidaz	0.03
Proteaz-pepton	≥ 1

Farklı işleme teknikleri kullanılarak peynir altı suyu protein tozu, peynir altı protein konsantresi (WPC) ve peynir altı suyu protein izolatı (WPI) olmak üzere peynir altı suyu protein çeşitleri elde edilmektedir. Peynir altı suyu protein tozu gıda sanayinde birçok kullanım alanına sahiptir (Güzeler ve ark., 2017). Peynir altı suyu konsantresi (WPC) %20-40 oranında protein, laktoz, mineral ve yağ içermektedir. Peynir altı suyu protein izolatları (WPI) %90-95 oranlarında protein içermektedir. En saf peynir altı suyu

protein çeşitlerindedir. Çeşitli filtreleme işlemi uygulanarak üretim sağlandığı için filtreleme işlemi aşamasında laktozun tamamına yakın kısmı kaybolmaktadır. Laktoz intoleransı olan insanlar için rahatlıkla kullanılabilir. Yüksek miktarda protein içermesi ve saf proteine sahip olması ise WPC'den daha pahalı olmasına sebep olmaktadır (Cemiloğlu, 2019).

Peynir altı suyunun çok büyük kısmı ülkemizde üretimden sonra dışarıya atılmaktadır. Değerlendirilmeden dışarıya atılan peynir altı suyu tozu ile yaklaşık 60330 ton laktoz, 12340 ton protein, 12340 ton yağ ve 6856 ton mineral maddenin atıldığı bildirilmektedir. Ekonomik bakımdan peynir altı suyunun değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Yüksel ve ark., 2019). Peynir altı suyu; dondurma, yoğurt, şekerlemeler, çikolatalar, fırın ürünleri, alkolsüz içecekler, salata sosları, mayonez, et ürünleri (sosis türü), hayvan beslenme, yenilebilir film kaplamalı ambalaj malzemelerinin üretimleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Evren ve ark., 2011; Yüksel ve ark., 2019). Günümüzde en çok peynir altı suyu ABD ve AB ülkelerinde işlenmektedir ve üretilen ürünlerin % 90'ını peynir altı suyu tozları oluşturmaktadır (Yıldırım ve güzeler., 2013).

2.2. Peynir Altı Suyu Tozu

Peynir altı suyu tozu; peynir altı suyu içerisinde yer alan nemin %50'sinin vakum ile uzaklaştırıldıktan sonra, koyulaştırılmış peynir altı suyunda yer alan kuru madde miktarının %95 oranına kadar vals veya püskürtme yöntemiyle uzaklaştırılması sonucu elde edilir (Anonim, 2014a; Yüksel ve ark., 2019). Peynir altı suyu tozları yüksek oranda laktoz ve protein içermeleri sebebiyle depolama aşamasında meydana gelen maillard reaksiyonları sonucunda organoleptik, besleyici ve fonksiyonel özellikleri değişir (Hafıza,2000). Peynir altı suyundan; peynir altı suyu tozu, laktozu alınmış peynir altı suyu tozu, yağca zenginleştirilmiş peynir altı suyu tozu, deproteinize edilmiş peynir altı suyu tozları gibi çeşitli toz ürünler üretilmektedir. (Küçüköner, 2011; Yıldırım ve Güzeler., 2013). Peynir altı suyu tozu genellikle hazır çorbalar, soslar, çerez kaplamaları, kekler, bebek mamaları, tuzlu bisküviler, tuzlu çeşniler ve cipslerde kullanılmaktadır. PAS kullanımı, gıdaların besin değerini artırması, çeşitli gıda üretim proseslerine uyum sağladıkları için ve raf ömrü uzun gıdalarda fayda sağladıkları için kullanılmaktadırlar (Ertürk ve Özgen., 2021).

Peynir altı suyunun beslenme ve sağlık açısından etkileri araştırmacılar tarafından incelendiğinde; öncelikle fareler üzerinde çalışılarak biyolojik ve fizyolojik değişimler, performans değişiklikleri, kas glikojen seviyelerinde ölçümler ile peynir altı suyu proteinleri ve aminoasitlerin etkileri incelenmiştir. Sonrasında ise teknolojinin gelişmesi

ile insanlarda meydana gelen çeşitli hastalıklarda oluşturdukları etkileri tespit edilmiştir (Morifuji ve ark.,2005; Dinçoğlu ve ark., 2012).

Peynir altı suları hayvan beslenmesinde ise; hayvana direk içirilmek ile ya da hayvan yemleri içerisine katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Kuru madde miktarının az olması nedeniyle süt inekleri günde en fazla 50-70 kg yani 35-40 litre yaklaşık peynir altı suyu içebilmektedirler. Peynir altı suyu B grubu vitaminlerince zengin olması sebebi ile civcivlerin beslenmesinde de kullanılmaktadır (Yüksel ve ark., 2019).

Peynir altı suyu tarım alanında içerdiği proteinlerin antiviral, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Peynir altı suyu üzerine yapılan çalışmalarda bazı bitki virüsleri üzerinde inhibitör etkisinin olduğu ve bu antiviral etki sebebinin ise peynir altı suyu proteinleri alakalı olabileceği bildirilmiştir (Macwan ve ark., 2016; Yüksel ve ark., 2019).

2.3.Peynir Altı Suyu Üretimi

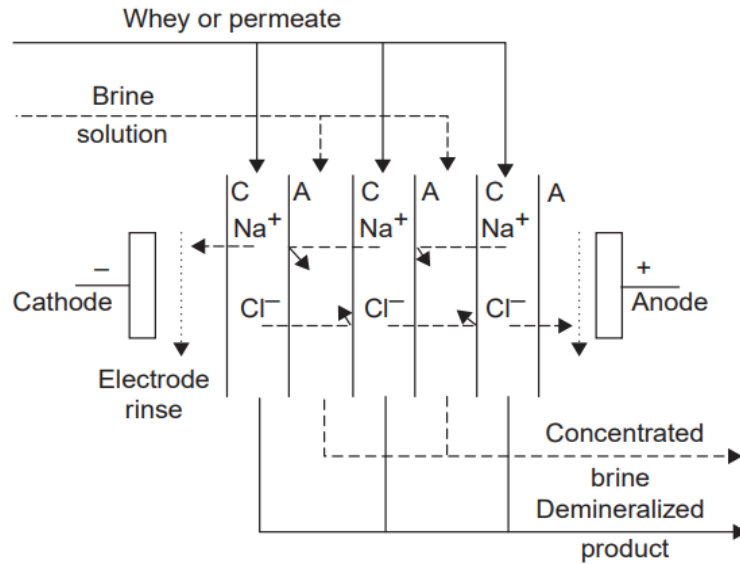
Peynir altı suyu %8-10 oranlarında mineral içermektedir. Higroskopik olmayan peynir altı suyu tozu elde etmek ve içerik açısından peynir altı suyu tozunu bazı gıdalara uygun forma dönüştürmek için mineral içeriğinin azaltılması gerekmektedir (Gernigon ve ark.,2011).

Peynir altı suyunun tuz konsantrasyonlarının yüksek olmasından dolayı, peynir altı suyunun beslenme sebepleriyle birlikte teknolojik bakımdan da ilgi çekmektedir. Depolanabilir peynir altı suyu tozu üretmek için, yoğun enerjili sprey kurutma yoluyla toz formuna getirilmektedir. Peynir altı suyu konsantreleri raf ömürlerinin uzun olması ile peynir altı suyu tozları için enerji bakımından verimli ve çevre dostu olabilmektedirler (Marx ve ark., 2019). Gıda alanında peynir altı suyu üretimi işlemi kritik ve önemli bir aşamadır. Son yıllarda özellikle peynir altı suyu proteinlerinin farklı membran yöntemleri uygulanarak izolasyon ve konsantre edilmesi yönünde çalışmalar artmıştır (Gülseven, 2016). Peynir altı suyu tozu üretmek için iyon değişimi, elektrodiyaliz, nanofiltrasyon, ters ozmoz ve mikrofiltrasyon yöntemleri kullanılabilir.

2.3.1.Elektrodiyaliz Yöntemi

Elektrodiyaliz yöntemi iyonların taşınması olarak tanımlanır. Yarı geçirgen membranlar aracılığı ile uygulanan elektrik alanın sebep olduğu kuvvet DC gerilim kaynağıdır. Elektrodiyaliz de kullanılan membranların anyon ve kation değişimleri mineral içeriğini azaltabilecek formdadır. Örneğin deniz suyu ve peynir altı suyu gibi sıvı haller için elektrodiyaliz ünitesinin şematik gösterimi Şekil 2.1'de verilmiştir. Membranlar kation ve anyon değişimleri ile ayrılmış yaklaşık 1 mm aralıklar ile

yerleştirilmiş birkaç bölmeden oluşmaktadır. Elektrotlar içeren bölmeler her elektrot çifti arasında 200 kadar hücre çifti bulundurur. Hücrelerin her iki ucunda elektrot yığınının içerisinden geçtiği farklı durulama kanalları yer almaktadır. Kimyasal saldırılara karşı elektrotları korumak için ayrı asitli bir akım sirkülasyonu sağlanmaktadır (Burling, 2002).



Şekil 2.1. Elektrodializ Yığınının Şematik Planı

Elektrodializ yığınınında yer alan alternatif hücreler sırasıyla konsantrasyon ve seyreltme hücreleri şeklinde işlev görmektedirler. Peynir altı suyu seyreltme hücrelerinde ve %5 tuzlu su taşıyıcı solüsyonu konsantrasyon hücrelerinde dolaştırılır. Şekil 1’de gösterildiği gibi doğru akım (DC) hücreler boyunca uygulandığında katyonlar katoda ve anyonlar anoda göç etmeye çalışmaktadır. Hücreler arasında serbest geçiş tamamen mümkün olmamaktadır çünkü zarlar iyonlara karşı bariyer görevi görmektedir. Anyonlar anyon zarından geçebilir fakat katyon zarı tarafından geçemez ve katyonlar katyon zarından geçerken anyon zarından geçememektedirler. Peynir altı suyu hücrelerindeki iyonların bitmesinde net etkidir. Böylece peynir altı suyu, kül miktarına göre, yığında kalma zamanına, akım yoğunluğuna ve akış viskozitesi tarafından belirlenen miktarda asidite edilir. Elektrodializ ünitesi sürekli veya kesikli şekilde çalıştırılmaktadırlar. %70’in üzerinde asitlik için genellikle kesikli sistem kullanılmaktadır (Burling, 2002).

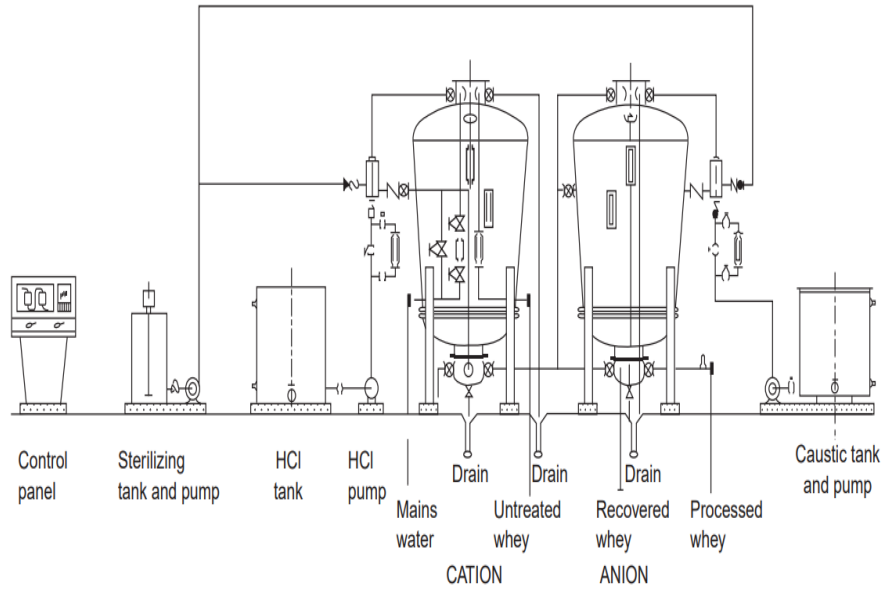
2.3.2. İyon değişim yöntemi

İyon değişim yöntemine ait peynir altı suyu prosesi Şekil 2.2’ de verilmektedir. H-formunda yüklü şekilde peynir altı suyu katyon değiştiriciye girer ve serbest baz

formunda zayıf baz anyon değiştiricisi içerisinde anyon değişimi devam etmektedir. Sodyum hidroksit (ya da amonyak) ve seyreltik hidroklorik asit ile yenilenir ve iyon değiştirme kolonları durulanır. İyon değiştirme ünitesinde yer alan akış program adımları;

1. Tükenme (katyon değiştiricinin hacmi yatak hacmi olarak ifade edilir ve rejenerasyon döngüsü başına 10 ± 15 yatak hacminde peynir altı suyu işlenebilmektedir.)
2. Rejenerasyon
3. Sütunlardan su ile peynir altı suyunun yer değiştirmesi
4. Geri itme
5. Rejenerasyon solüsyonu ile temas geçme
6. Su ile durulama.

Döngü süresi yaklaşık 6 saat, 2 saat tükenme ve 4 saat yenilenmedir. Bu yöntem rejenerasyon kimyasallarının tüketimini $\%30\pm 40$ 'a kadar azaltmaktadır (Burling, 2002).



Şekil 2.2. İyon Değiştirme Yöntemi Şematik Planı

2.3.3. Nanofiltrasyon yöntemi

Nanofiltrasyon, ters ozmoz ve ultrafiltrasyon arasında basınç ile çalışan sistemdir. Bazen serbest veya sızdıran ters ozmoz olarak da isimlendirilir. Çalışma basıncı tipik olarak 2 ± 3 MPa'dır. Moleküller için özellikle Na, K ve Cl gibi tek değerlik yüklü iyonlar için ayırma alanı 10 ± 100 da moleküler aralıkta yer almaktadır. Membran ayırma özelliği geniş kapsamda, iyonların zayıf dielektrik sabiti olan alanlardan kaçınmasına sebep olan membranda yer alan elektrostatik kuvvetler tarafından belirlenir. Karboksil grupları

mebranda yer alırlar ve Na ve K'in zardan geçmesine izin verirken Ca^{2+} gibi iki değerlikli iyonları tutarak ayırma işlemi için önemlidirler. Aksine, yeni nanofiltrasyon (NF) membran türleri, özellikle laktoz olmak üzere organik moleküllerin kaybı iyileştirilmiştir. Ayrıca laktik asit ve asetik asit gibi organik asitler, membrandan geniş kapsamda geçerek peynir altı suyunun asidinin giderilmesine olarak tanır. Membran tarafından asitlerin karşılık gelen tuzları kuvvetli şekilde tutulur. Bu sebeple asitlik etkisi tek değerli iyonların uzaklaştırılması ile sınırlıdır (Burling, 2002).



3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Peynir altı suyu tozu üretiminde kullanılan hammaddeler Enka Süt A.Ş'den temin edilmiştir. Kullanılan hammaddelerden peynir altı suyu tozları endüstriyel peynir altı suyu tozu üretim prosesine göre üretilmiştir.

3.1.1. Ambalaj materyali

Nem ve oksijen geçirgenliği az, üç kat kraft kaplı polietilen torba ambalaj materyali olarak kullanımı sağlanmıştır. Böylece kullanılan bu ambalaj materyali ile depolama aşamasında peynir altı suyu tozlarının nem çekmesi ve oksijen ile okside olması minimum düzeyde olmaktadır. Peynir altı suyu tozlarının ambalajlanmasında genellikle polietilen iç torba üzeri üç kat graft kağıt torbalar kullanılmaktadır. Böylece optimum depolama koşullarında maximum 12 ay depolanabilmektedir. Üretilen peynir altı suyu tozlarının paketlenmesinde 500 g alabilecek boyutlarda ambalaj kullanılmıştır.

3.2.Yöntem

3.2.1. Peynir altı suyu tozu örneklerinin üretimi

Peynir altı suyu tozu üretim aşaması Şekil 3.1'de verilmiştir. Üretiminde kullanılan peynir altı suyu tozları öncelikle kantara gelerek transfer pompası ile peynir altı suyu kabul tankına aktarılmıştır. Sonrasında tekrar transfer pompası ile klarifikatöre, depolama tankına ve transfer pompası ile pastörizasyon bölümüne gönderilme işlemi sağlanmıştır. Pastörize işlemi uygulana gelen peynir altı suyu tozları seperatör işlemine tabi tutulduktan sonra depolama tankı ve transfer pompası ile fitrasyon bölümüne gönderilmiştir. Filtrasyon ünitesinde ultrafiltrasyon cihazında işlem gören tozlar depolama tankına aktarılmış ve sonrasında transfer pompası ile filtrasyon sistemi, depolama tankı olarak geçiş sağlamıştır. Filtrasyon ünitesinden çıkan peynir altı suyu tozları koyulaştırma ve kurutma işlemlerinin olduğu üniteye sırası ile vakum evaporatörü, kristalizasyon tankı, transfer pompası ve püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuştur. Sonrasında ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon aşamalarından geçiş sağlayarak elde edilen nihai ürün paketlenme ünitesine gönderilmiştir.



Şekil 3.1. Peynir altı suyu tozu üretim alış şeması

3.2.2. Farklı asitlikteki peynir altı suyu tozlarına uygulanan analizler

3.2.3.1. Fizikokimyasal analizler

3.2.3.1.1. Nem

Peynir altı suyu tozlarının nem oranının belirlenebilmesi adına, kullanılan kurutma kapları etüvde kurutma işlemi uygulanarak desikatörde soğutma uygulanmış ve daraları alınmıştır. Sonrasında darası alınmış kurutma kapları içerisine yaklaşık 3 g peynir

altı suyu tozları ve kontrol grubu peynir altı suyu tartımı yapılarak 102 ± 2 ° C etüvde 3 saat bekletme işlemi yapılmıştır. Örnekler işlem sonunda etüvden alınarak desikatörde oda sıcaklığına düşüş sağlayana kadar soğutulup sonrasında tartılma işlemi olmuştur. Peynir altı suyu tozlarının % nem oranı aşağıda yer alan formüle göre hesaplama işlemi yapılmıştır (GEA,2006a).

$$\% \text{ Nem} = \frac{b-c}{b-a} \times 100$$

a: Kurutma kabının darası (g)

b: Kurutma kabı + örnek (g)

c: Kurutma kabı+ kurutulmuş toz örnek (g)

3.2.3.1.2. Titrasyon asitliği

Kontrol grubu peynir altı suyu tozu 100 ml deiyonize suda çözdürüldükten sonra 6 g örnek üzerine 0.5 ml fenolftalein indikatörü damlatılmıştır ve 0.1 N sodyum hidroksit (NaOH) ile kalıcı hafif pembe renk oluşumu sağlanana kadar titre edilir. % titrasyon asitliği değerleri aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (GEA, 2006b).

$$\% \text{ Titrasyon asitlik} = \frac{ml \times N \times 90 \times 100}{V \times 100}$$

ml: Harcanan 0.1 N NaOH (ml)

N: NaOH normalitesi

V: Titrasyonda kullanılan örnek (ml)

3.2.3.1.3. Kül

Peynir altı suyu tozlarının ve peynir altı suyunun kül içerikleri için porselen krozeler öncelikle sabit tartıma getirilmesi için yakılmış ve oda sıcaklığında desikatörde soğutulduktan sonra darası alınmıştır. Darası alınan krozelere 1-5g peynir altı suyu numune alınarak tartılıp 525 °C kül fırınında karbon içermeyene kadar yakılmıştır. Yakma işlemi sonunda örnekler alınarak desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulularak tartma işlemi yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları aşağıda belirtilen formül ile % kül olarak hesaplama yapılmıştır (GEA, 2004).

$$\% \text{ Kül} = \frac{a-b}{c-b} \times 100$$

a: Krozenin darası + yanmış örnek (g)

b: Krozenin darası (g)

c: Krozenin darası + örnek (g)

3.2.3.1.4. Su aktivitesi

Peynir altı suyu tozlarının ve kontrol grubu örneğinin su aktivitesi (aw) değerleri Novasina LabTouch-aw cihazı (Lachen, Novasina AG, İsviçre) ile ölçülmüştür.

3.2.3.1.5. Protein

Peynir altı suyu tozlarının azot içerikleri Kjeldahly yöntemiyle belirlenmiştir (AOAC, 2005). Asit peynir altı suyu tozları ve 1 g peynir altı suyu tozu Kjeldahl tüplerine tartılmış ve tüp içerisine 2 adet Kjeldahl tableti ilave edilerek, 10 ml H₂SO₄ üzerlerine konulmuştur ve gaz çıkışı bitene kadar (10-15 dk) bekletilmişlerdir. Sonrasında örnekler 400-420°C sıcaklıkta berraklaşma işlemi olana kadar yakılmıştır. Yakılan örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Soğutulan tüpler üzerine 50 ml saf su ve 50 ml %40'lık NaOH ilave edilip distile edilmişlerdir. Distilat 50 ml %4'lük borik asit üzerine toplanmıştır. Distilat 0.1 N HCl ile titre edilmiştir. Örneklerin % protein içeriği toplama azota bağlı olarak aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$\%Azot = \frac{(vörnek - vşahit)}{mörnek \times 1000}$$

vörnek - vşahit; örnek ve şahit için harcanan HCl hacmini,

Mörnek; örnek ağırlığını ifade etmektedir.

$$\% Protein = Azot (\%) \times 6.38$$

3.2.3.1.6. Ph

Peynir altı suyu tozlarının kuru madde (KM) oranı %10 olacak şekilde saf su içerisinde çözdürülme işlemi yapılmıştır. Standart tampon çözeltileri (pH 4.01 VE 7.01; WTW) kullanılarak kalibre edilmiştir. Sonrasında çözdürülen örneklerin pH ölçümleri Sentix 42 elektrotlu el tipi bir pH-metre (WTW pH 3110, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3.1.7. Renk analizleri

Peynir altı suyu tozları ve kontrol grubu peynir altı suyunun renk analizleri Chroma Meter CR-400 (Minolta, Osaka, Japonya) kullanılıp okunmuştur. Cihaz analiz öncesinde referans tablası ile kalibre edilmiş ve 50 mm çapındaki petri kabına örnekler düzgün şekilde yerleştirilip renk analizi yapılmıştır. A* (kırmızılık) ve b* (sarılık) ve l* (parlaklık) değerleri CIELAB renk aralığına göre hesaplanmıştır (Francis, 1998).

3.2.3.1.8. Yiğın yoğunluğu

Peynir altı suyu tozlarının tozlarının kütle yoğunluğu 1 g asit peynir altı suyu tozu, 5 ml' lik cam dereceli silindire serbestçe dökülerek peynir altı suyu tozlarının gevşek kütle yoğunluğu belirlenmiştir. 14 ±2 mm yükseklikte tekrar tekrar vurularak örneklerden ölçümler alınmış böylece sıkıştırılmış kütle yoğunluğu belirlenmiştir. Sonraki ölçümlerde hacimler arası önemsiz bir fark gözlenene kadar devam edilmiştir. Böylece kütle yoğunluğu hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılmıştır (Caparino ve ark., 2012).

$$\text{Gevşekyığınyogunlugu} = \frac{\text{Tozağırlığı}(g)}{\text{Tozhacmi}(cm_3)}$$

$$\text{Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu} = \frac{\text{Tozağırlığı}(g)}{\text{Sıkıştırılmış tozhacmi}(cm^3)}$$

3.2.3.1.9. Yağ

Peynir altı suyu tozlarının ve kontrol grubunun yağ içeriklerinin belirlenmesinde Teichert süt tozu bütirometreleri kullanılmıştır. Bütirometrelere 2.5 g peynir altı suyu toz ve kontrol örneği konularak yoğunluğu 1.816 g/ml H₂SO₄ (sülfürik asit), 8 ml saf su, ve 1ml amil alkol ilave edilmiştir. Bütirometreler tıpa ile kapatılıp 15 dk Gerber santrifüjünde (Funke Gerber, Almanya) santrifüjlenmişlerdir. Peynir altı suyu tozlarının % yağ miktarları bütirometre skalasından okunarak belirlenmiştir (GEA, 2004).

3.2.3.2. Fonksiyonel özelliklerin belirlenmesine yönelik analizler

3.2.3.2.1. Köpük hacmi ve köpük stabilitesi

Peynir altı suyu tozlarının ve kontrol grubu örneğinin köpük stabilitesi ve köpük hacimlerinin belirlenmesi için 10 g peynir altı suyu tozu 100 ml 20 °C sıcaklıkta su içerisinde çözdürülmüştür. Ultraturax (T 25, IKA WERKE, Almanya) ile 15800 rpm’de 30 s karıştırılıp köpük elde edilmiş sonrasında 250 ml’lik ölçülü silindir içerisine dökülerek toplam hacimleri ölçülmüştür. Köpük oluşturma kapasiteleri toplam hacim belirlenerek yüzde olarak hesaplanma yapılmıştır.

Toplam köpük hacminin %50’sinin azalması için geçen zaman (saniye) olarak belirlenerek köpük stabilitesi elde edilmiştir (Zouari ve ark., 2021).

3.2.3.2.2. Dağılılabirlik

Kontrol örneği ve peynir altı suyu tozlarının dağılılabirlik sonuçları için, 250 ml’lik behere 20±2 °C sıcaklıkta 100 ml su koyularak 10 g örneklerden eklenmiştir. Behere ilave edilen örnekler sonrasında ilave edilir edilmez kronometreye basılıp spatül yardımı ile 15 saniyede 25 ileri geri hareketler yapılarak karıştırılma işlemi yapılmıştır. 15 s sonunda 150 µm ’lik metal elek yardımı ile süzölmüştür. Elde edilen süzöntünün kuru maddesinin belirlenmesi için 105 °C’ de 4 saat kurutulmuşlardır. Dağılılabirlikleri belirlenmiş olup aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Schuck ve ark., 2012).

$$\text{Dağılılabirlik (\%)} = \frac{(100+a) \times KM}{a \times \left(\frac{100-b}{100}\right)}$$

KM: Rekonstitüe sütün elekten geçtikten sonraki kuru madde içeriği (%)

a: Kullanılan süt tozu miktarı (g)

0 b: Süt tozunun nem oranı (%)

3.2.3.2.3. Islanabilirlik

1 g peynir altı suyu tozu ve peynir altı suyu tozu 20 °C 10 ml damıtılmış su yüzeyinde yok olması için geçen sürenin saniye cinsinden belirlenmesi ile elde edilmiştir (Fuchs ve ark.,2006).

3.2.3.2.4. Çözünebilirlik

Çözünebilirlik indeksi GEA Niro Metodu No. A 3'e göre belirlenmiştir (GEA, 2006). 6 gram peynir altı suyu tozu 100 mL 24 ± 0.2 C suda çözülmüştür. Ardından, sulandırılmış peynir altı suyu 1100xg'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüjün ardından, çözünebilirlik indeksi 50 mL sulandırılmış tozdan konik santrifüj tüplerinde mililitre çökelti olarak elde edilmiştir.

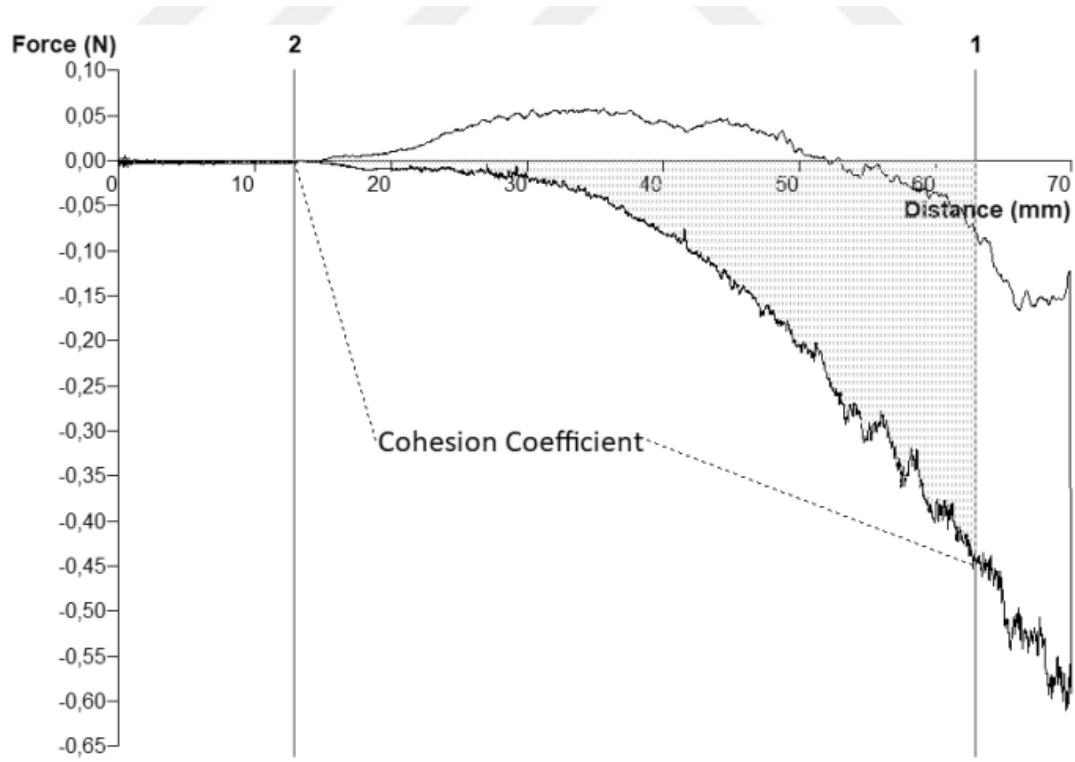
3.2.3.4.5. Tekstürel Analiz

Peynir altı suyu tozlarının ve kontrol örneğinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi için 10 g örneklerden tartılarak oda sıcaklığında olan 100 ml su içerisinde rekonstitüe edilmişlerdir. Sonrasında TAXTPlus Texture Analyzer (Stable Microsystems, UK) cihazında A/BE probundan yardım alınıp analiz edilmiştir. Uygulanan bu analiz ile örneklerin viskozite indeksi (g.s), sertlik (g), yapışkanlık (g) ve kıvam (g.s) değerlerinin tespit edilmesi sağlanmıştır.

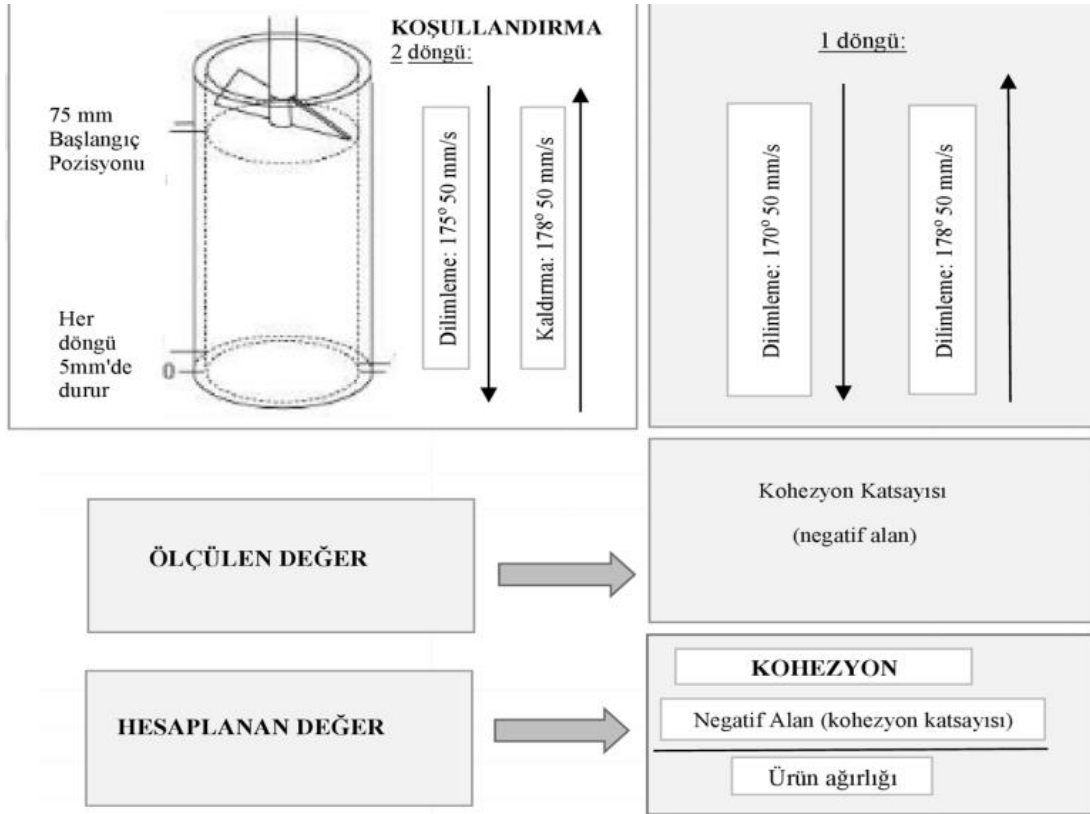
3.2.3.4.6. Kohezyon

Kohezyon analizi iki koşullandırma döngüsü ile başlamıştır. Koşullandırma döngülerinden sonra peynir altı suyu tozu ve peynir altı suyu tozlarının kohezyon özellikleri 50 mm/s hız ve 170° aı ile bıçağın toz kolonundan aşağı yönde ve 50 mm/s hız ve 178° aı ile toz kolonlarından yukarı yönde hareketleri ile kohezyon analizi belirlenmiştir. Aşağı ve yukarı yönde hareketler ile dilimleme hareketi kullanılarak sıkıştırma etkisi minimize edilmiştir. Kohezyon döngüsünün yukarı yönde hareketi tozu kaldırarak silindir tabanında olan tozun kuvveti belirlenmiştir. Belirlenen bu kuvvet kohezyon katsayısının belirlenmesinde kullanılmıştır. Kuvvet-konum grafiğinin negatif alanından kohezyon katsayısı elde edilmiştir. Kohezyon indeksi, kohezyon katsayısı örnek ağırlığa bölünerek elde edilmiştir. Kohezyon analizine örnek kuvvet-konum grafiği Şekil 3.2'de, Şematik gösterimi de Şekil 3.3'de gösterilmiştir (Mercan, 2019).

$$\text{Kohezyon indeksi} = \frac{\text{kohezyon katsayısı}}{\text{örnekağırlığı}}$$



Şekil 3.2. Peynir altı suyu tozlarının kohezyon analizi için örnek bir kuvvet-konum grafiği

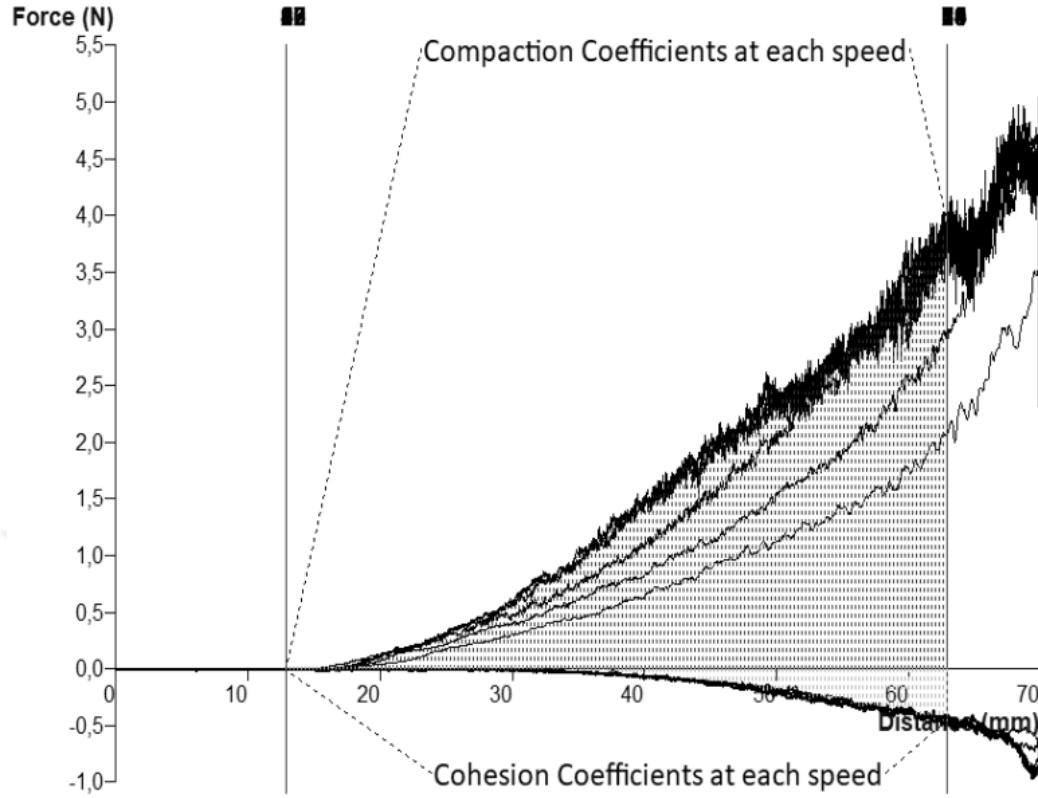


Şekil 3.3. Kohezyon analizinin şematik gösterimi

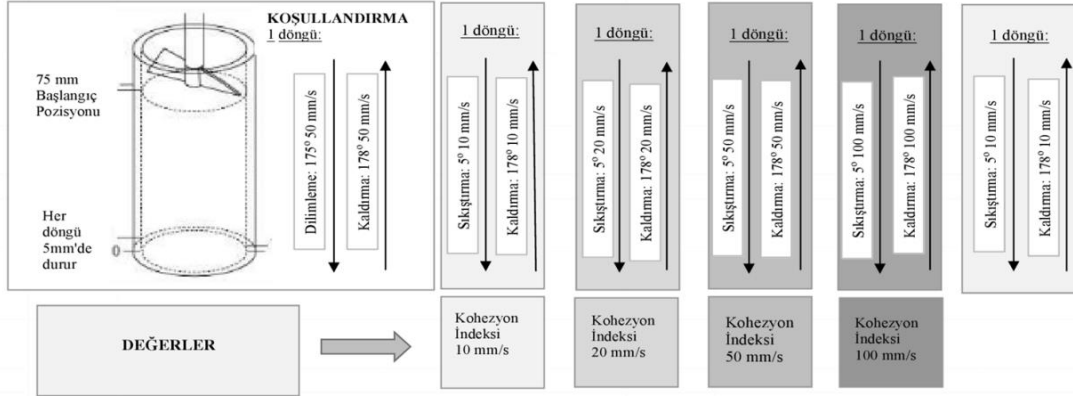
3.2.3.4.7. Dört hızda kohezyon analizi

Standart kohezyon ve hıza bağlı toz akış özellikleri analizlerinden değişiklikler yapılarak bu analiz oluşturulmuştur. Tozların direnci, döngünün yukarı doğru hareketinde dört farklı hız ile kontrollü akışta toz örneklerin direnci ölçülmektedir. Dört hız ile kohezyon analizi; 1 koşullandırma döngüsünü takiben her iki yönde aynı hızlarda 50 mm/s hız ile 1 döngü, 50 mm/s hızda 1 döngü, 100 mm/s hız ile 1 döngü ve 10 mm/s hız ile 1 döngü şeklinde meydana gelmektedir. Aşağı yönde bölümleri (5°'lik sıkıştırma hareketi) döngülerin tozları sıkıştırmıştır. Döngünün yukarı yönde (178°'de kaldırma hareketi) olanı ise kaldırma hareketi oluşturmuştur. Böylece 10,20,50 ve 100 mm/s'lik dört farklı hızlar ile kohezyon indeksi kohezyon katsayısının örneklerin ağırlıklarına bölünmesi sonucu hesaplanmıştır. Kuvvet-konum grafiği Şekil 3.4'de dört hızda kohezyon analizi için, analize ait şematik gösterim ise Şekil 3.5'de verilmiştir (Mercan, 2019).

$$\text{Herhızdaki kohezyon indeksi} = \frac{\text{Herhızdaki kohezyon katsayısı}}{\text{örnek ağırlığı}}$$



Şekil 3.4. Süt tozlarının dört hızda kohezyon analizi için örnek bir kuvvet-konum grafiği



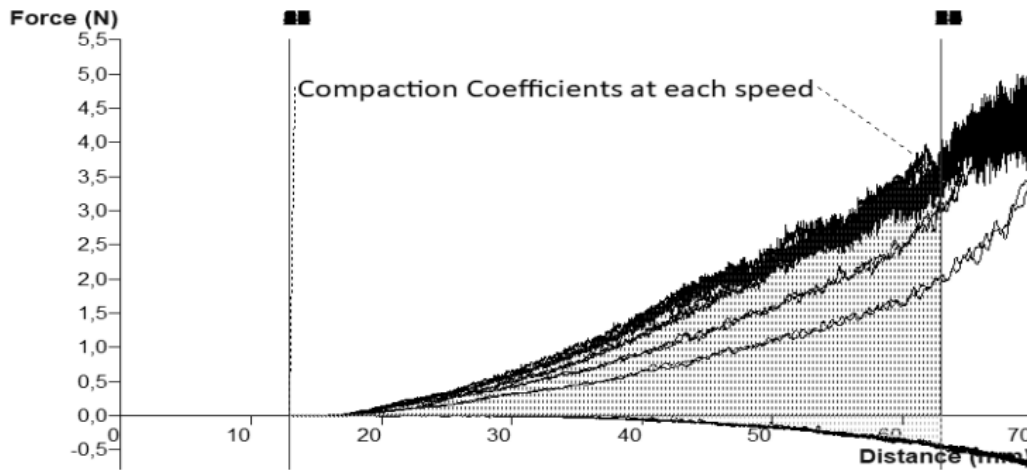
Şekil 3.5. Dört hızda kohezyon analizinin şematik gösterimi

3.2.3.4.8. Hıza bağlı toz akış özellikleri

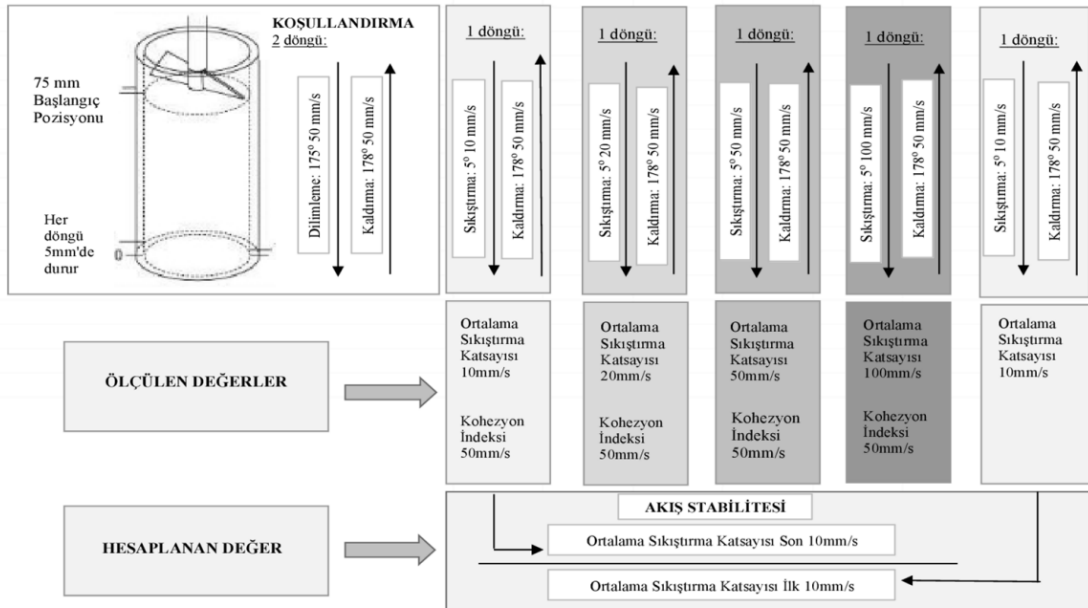
Peynir altı suyu tozlarının hıza bağlı toz akış analizinde 2 koşullandırma döngüsü kullanılmıştır. Kullanılan koşullandırma döngülerinden sonra 10,20,50 ve 100 mm/s'ler ile artan hızlarda 2 döngüden oluşan 5 set ve akabinde 2 döngü 10 mm/s hız ile çalışma son bulmuştur. İlk iki döngü 5° açı ile 10 mm/s hız da aşağı yönde ve 178° açı ve 50 mm/s hız ile yukarı yönde hareketleri gerçekleşmiştir. Sonra olan 2 döngü de aynı yöntem ile gerçekleşirken döngünün aşağı olan hareketi 20 mm/s hızda olmuştur. Döngülerin sonunda hız 50 mm/s'ye yükselirken sonra olan iki döngüde ise hız 100 mm/s şeklinde

gerçekleşmiştir. 10 mm/s hız ise son iki döngü için belirlenmiştir. Tüm döngülerde 50 mm/s yukarı yönlü hız olacak şekilde gerçekleşmiştir. Aşağı yönde olan hareket ile peynir altı suyu tozlarını sıkıştırmış, yukarı yönde hareket ile de kaldırma etkisi sağlamıştır. Bu analizde kuvvet-konum grafiğinin (Şekil 3.6) pozitif alanı iki döngünün her hız için ortalaması ve hızlar için sıkıştırma katsayısı (Mn.m) şeklinde verilmiştir. Grafiğin ilk 10 mm'de negatif alan, 50 mm/s'de ise kohezyon katsayısı (Mn.m) gösterilmektedir. Aşağıda yer alan formül ile akış stabilitesi hesaplanmıştır. Analize ait şematik gösterim ise Şekil 3.6'da gösterilmiştir (Mercan, 2019).

$$\text{Akışstabilitesi} = \frac{\text{Son 10 mm/s hızdaki ortalama sıkıştırma katsayısı}}{\text{İlk 10 mm/s hızdaki ortalama sıkıştırma katsayısı}}$$



Şekil 3.6. Süt tozlarının hıza bağlı toz akış özellikleri analizi için örnek bir kuvvet-konum grafiği



Şekil 3.7. Hıza bağlı toz akış özellikleri analizinin şematik gösterimi

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Asit Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.1.1. Farklı asit derecesine sahip peynir altı tozlarının Ph miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Farklı asit işlemine tabi tutulmuş peynir altı suyu tozları örneklerinin pH oranlarına ait meydana gelen değişim Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre peynir altı suyu tozunda en düşük peynir pH 6.0 olarak bulunmuştur. Asitlik oranlarında meydana gelen artış sonucu peynir altı suyu tozlarının pH değerlerinde yükselme olduğu belirlenmiştir. En yüksek pH oranına ise WP-6.40 asit işlem görmüş peynir altı suyu tozu 6.37 değerinde olduğu tespit edilmiştir. Örnekler arasında genel durumu bakıldığında 0,37 birimlik bir farklılık tespit edilmiştir.

Peynir altı suyunda yer alan pH aynı zamanda laktoz moleküllerinin kristalizasyon davranışının belirlenmesinde önemli bir etkidir (Holsinger, 1997).

Çizelge 4.1. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının fizikokimyasal analiz sonuçları

Örnek	Ph	%LA	Tuz	Kül	Yağ	Protein	Nem	Su Aktivitesi
WP-6.00	6,00±0,01d	0,115±0,003a	1,83±0,003d	5,12±0,003c	0,5±0,0ns	10,52±0,003b	3,69±0,002a	0,427±0,004a
WP-6.10	6,11±0,001c	0,108±0,003ab	2,04±0,001c	5,19±0,001c	0,5±0,00	10,88±0,004a	3,58±0,004a	0,413±0,006ab
WP-6.20	6,19±0,001b	0,091±0,009bc	2,18±0,004b	5,34±0,004b	0,5±0,00	10,41±0,001b	3,41±0,001b	0,396±0,006bc
WP-6.40	6,37±0,001a	0,085±0,004c	2,58±0,003a	5,62±0,004a	0,5±0,00	10,74±0,008a	3,13±0,004c	0,382±0,003c

Ortalama veriler(n=3); Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılık gösterir (P<0.05); ns: istatistik açıdan önemsiz

4.1.2. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının asitlik miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Asit işlem görmüş peynir altı suyu tozlarının % laktik asit değerlerine bakıldığında 0.085-0.115 LA aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Asit işlemleri uygulandıkça ise laktik asit oranlarında azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. En yüksek LA değeri WP-6.00 örneğinde 0.115 değerini gösterirken en düşük LA değeri

WP-6.40 örneğinde 0.085 değeri ölçülmüştür. Sonuçlara bakıldığında asit değerinin LA değeri kalite değeri açısından etkin bir rol oynadığı gözlemlenmektedir.

Peynir altı suyu tozlarında asit ve minerallerin var olması laktozun suda çözünmesini etkilemektedir (Bhargava ve Jelen, 1996). Asitler, özellikle laktozun davranışını düzenlemekte olan pH'a etki etmektedir (Holsinger, 1997). Peynir altı suyu tozlarında yer alan laktik asit ve kalsiyum genellikle topaklanmaya sebep olur ve peynir altı suyu tozunun kalitesinin düşük olmasına sebep olmaktadır (Nickerson ve ark., 1974).

4.1.3. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının tuz miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Peynir altı suyu tozlarında tuz oranlarında oluşan değişim Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan örneklerde ki tuz oranlarına bakıldığında WP-6.40 grubunun 2.58 ile en yüksek değere sahip olduğu, asit oranlarının artması ile peynir altı suyu tozlarında yer alan tuz oranlarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Farklı asit oranlarına sahip peynir altı suyu tozları kıyaslandığında en düşük tuz oranı WP-6.00'da 1.83 olarak, en yüksek tuz oranı WP-6.40'da 2.58 olarak gözlemlenmiştir. Asit miktarındaki 0.37 birimlik değişim tuz oranında yaklaşık iki katı orandan farklılık göstererek 0.75 birimlik bir artışa sebebiyet vermiştir.

4.1.4. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kül miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Asit işlemi görmüş peynir altı suyu tozlarında kül oranlarında ki değişim Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kül miktarının asit miktarı arttıkça arttığı görülmüştür. En yüksek kül miktarı WP-6.00 5.62 iken en düşük kül miktarı WP-6.40'da 5.12 çıkmıştır. Kül miktarı asit işlemi görmüş peynir altı suyu tozlarında 5.12 ile 5.62 arasında değişim göstermektedir. WP-6.10'da 5.19, WP-6.20'de ise 5.34 değerlerinde olduğu tespit edilmiştir.

4.1.5. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının yağ miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Mineral işlemi görmüş asidik peynir altı suyu tozlarının yağ miktarlarında olan değişimler için Çizelge 4.1'e bakıldığında istatistiksel açıdan önemsiz olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama olarak 0.5 değeri ölçüm yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının fizikokimyasal analiz sonuçları

Örnek	pH	%LA	Tuz	Kül	Yağ	Protein	Nem	Su Aktivitesi
WP-6.00	6,00±0,01d	0,115±0,003a	1,83±0,03d	5,12±0,03c	0,5±0,0ns	10,52±0,03b	3,69±0,02a	0,427±0,004a
WP-6.10	6,11±0,01c	0,108±0,003ab	2,04±0,01c	5,19±0,01c	0,5±0,00	10,88±0,04a	3,58±0,04a	0,413±0,006ab
WP-6.20	6,19±0,01b	0,091±0,009bc	2,18±0,04b	5,34±0,04b	0,5±0,00	10,41±0,01b	3,41±0,01b	0,396±0,006bc
WP-6.40	6,37±0,01a	0,085±0,004c	2,58±0,03a	5,62±0,04a	0,5±0,00	10,74±0,08a	3,13±0,04c	0,382±0,003c

4.1.6. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının protein miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Peynir altı suyu tozları %11-14.5 aralığında protein içeriğine sahiplerdir (İçier, 2022).

Çizelge 4.1’de verilen sonuçlardan WP-6.10 grubu peynir altı suyu tozuna bakıldığında 10.88 ile en yüksek protein içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Asit işlem görmüş peynir altı suyu tozlarında protein oranları 10.52 ile 10.88 arasında değişiklik göstermiştir.

4.1.7. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının nem miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Türk Gıda Kodeksi peynir tebliğine göre peynir altı suyu tozu; peynir altı suyundan suyun uzaklaştırılması sonucu ile elde edilen ve son üründe yer alan nem içeriğinin ağırlıkça en fazla %5 oranında olduğu ürün şeklinde tanımlanmaktadır (TGK, 2015). Nem tutma kapasitesini peynir altı suyu tozlarında birçok faktör etkilemektedir. Çizelge 4.1’de elde edilen sonuçlar verilmektedir. Çalışmada kullanılan peynir altı suyu tozu örneklerinde WP-6.00 3.69, WP-6.10 3.58, WP-6.20 3.41, WP-6.40 3.13 değerleri saptanmıştır. Yapılan çalışmada peynir altı suyu tozlarında ki asit miktarı arttıkça nem oranında düşme olduğu saptanmıştır. Asitlik ve nem içeriği arasında ters orantılı bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

4.1.8. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının su aktivitesi miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Çizelge 4.1’de verilen sonuçlar incelendiğinde kullanılan örneklerin su aktivitesi değerleri 0.382 ile 0.427 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Su aktivitesi değeri en yüksek 0.427 ile WP-6.00 örneğinde, en düşük ise WP-6.40 0.382 saptanmıştır. Peynir altı suyu tozlarının su aktivitesine dair yapılan çalışmada asitlik arttıkça su aktivitesinde düşüş meydana geldiği belirlenmiştir. Asitliğin 0.37 birim değişmesi neticesinde su aktivitesinde de 0,45 birimlik bir değişiklik söz konusu olmuştur.

4.1.9. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının renk değerlerinde meydana gelen değişimin sonuçları ve tartışma

Tüketicilerin tüketim sağlamadan önce kalite kriteri olarak belirleyen iki parametresi gıdanın rengi ve görünümüdür. Gıda endüstrisinde kalite kontrolünün gelişmesi bakımından, herhangi gıdanın ayrıntılı ve doğru şekilde belirlemek için L^* , a^* , b^* renk analiz sistemi oldukça önemlidir. L^* değeri (0-100) parlaklığı, a^* değeri (-120-120) yeşilden kırmızıya, b^* değeri (-120-120) mavilikten sarılığa renk değişimlerini ifade etmektedir (Esen, 2017).

L^* değeri parlaklığın ölçüsüdür ve farklı asitliğe sahip peynir altı suyu tozlarının L^* renk değişimleri Çizelge 4.2’de gösterilmektedir. L^* değerleri WP-6.00 97,40; WP-6.10 98,72; WP-6.20 99,32; WP 6.40 99,77 olduğu gözlemlenmiştir. Farklı oranlarda asit artma işleminin uygulanması ile peynir altı suyu tozlarının parlaklık değerleri de artmıştır.

a^* renk değeri yeşilliği (a^-) ve kırmızılığı (a^+) belirtmektedir. Kullanılan örneklerin a^* değerlerindeki değişimler aşağıda yer alan Çizelge 4.2’de verilmiştir. En düşük a^* değeri -8,74 ile WP-6.00 grubunda bulunurken, en yüksek a^* değeri -8.28 ile WP-6.40 peynir altı suyu tozunda tespit edilmiştir. Asit işlemlerinde oran arttıkça a^* değerinde azalma gözlemlenmiştir.

b^* renk değeri maviliği (b^-) ve sarılığını (b^+) belirtmektedir. Üretilen farklı asit işlemine sahip peynir altı suyu tozlarında a^* renk değeri değişimi çizelge 4.4’de gösterilmiştir. WP-6.40 grubu örneğinde b^* değeri 18.92 ile en düşük gözlemlenmiştir. WP-6.00 grubu ile b^* değeri 21.24 olarak en yüksek belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının renk değerlerine ait analiz sonuçları

ÖRNEK	RENK		
	L	A	b
WP-6.00	97,40±0,31d	-8,74±0,03c	21,24±0,14a
WP-6.10	98,72±0,02c	-8,69±0,06c	20,28±0,13b
WP-6.20	99,32±0,14b	-8,47±0,13b	19,62±0,10c
WP-6.40	99,77±0,03a	-8,28±0,05a	18,92±0,12c

4.2. Farklı Asit Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Fonksiyonel Özelliklerine Ait Sonuçlar

4.2.1. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının gevşek yığın yoğunluğunun ait sonuçlar ve tartışmalar

Farklı asit işlemine sahip peynir altı suyu tozlarında gevşek yığın yoğunluğu (GY) değerindeki değişim Çizelge 4.3’de verilmiştir. Gevşek yığın yoğunluğu 0.406 ile 0.445 arasında değişiklik göstermiştir. Kütle yoğunluğu ticari, ekonomik ve işlevsel açıdan önemli kalite özelliklerinden biridir. Yığın yoğunlukları paketleme, depolama ve nakliye ücretlerine etkisi olması sebebi ile ekonomik açıdan önemlidir (Sharma ve ark., 2012; Kara, 2021). Kütle yoğunluğu konsantrenin özellikleri olan havalandırma, köpürme kapasitesi, ısıl işlem ve viskoziteden; kurutma havasının giriş ve çıkış hava sıcaklığından; pas tozunun özellikleri olan partikül boyut dağılımı ve nemden etkilenmektedir (Schuck ve ark., 2012; Kara, 2021).

Çizelge 4.3. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının fonksiyonel özelliklerine ait analiz sonuçları

ÖRNEK	Gevşek Kütle Yoğunluğu (g cm ⁻³)	Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu (g cm ⁻³)	Dağılımlılık	Islanabilirlik	Köpürme Kapasitesi (%)	Köpük Stabilitesi (sec)	Çözünmezlik İndeksi (%)
WP-6.00	0,445±0,008ns	0,628±0,018ns	46±3a	65±4b	41±1c	109±3b	0.6±0.0b
WP-6.10	0,432±0,048	0,600±0,014	44±1ab	78±3ab	45±1c	118±6b	0.7±0.0b
WP-6.20	0,423±0,009	0,589±0,015	38±1bc	108±16a	54±1b	165±16a	0.7±0.0b
WP-6.40	0,406±0,006	0,569±0,016	32±1c	112±6a	76±1a	168±6a	0.9±0.1a

Ortalama veriler(n=3); Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılık gösterir (P<0.05); ns: istatistik açıdan önemsiz

4.2.2. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının sıkıştırılmış yığın yoğunluğuna değerlerine ait sonuçlar ve tartışma

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (SYY) Çizelge 4.3’de verildiği üzere farklı asit işlem görmüş peynir altı suyu tozlarında 0.569-0.628 aralığında bulunmuştur. İstatistiki açıdan farklı asit işlemi görmüş örneklerden elde edilen değerler önemsiz görülmüştür.

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu belirli şartlar altında toz hacmine vurulması ile veya titreştirilmesi aşamasından sonra meydana gelen yığın yoğunluğu olarak kabul edilmiştir. Bu çalışma sonucunda istatistiki açıdan önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

4.2.3. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının dağılılırlık değerlerine ait sonuçlar ve tartışma

Asidik peynir altı suyu tozu örneklerinde dağılılırlık oranlarındaki değişim Çizelge 4.3’de verilmiştir. En yüksek dağılılırlık oranı 46 ile WP-6.00 grubu örneği olan peynir altı suyu tozlarında belirlenmiştir. WP-6.10 44; WP-6.20 38 olarak bulunmuştur. En düşük dağılılırlık 32 ile WP-6.40 asit peynir altı suyu tozunda tespit edilmiştir.

Su içerisinde hafifçe karıştırılarak dağıtılan tozun tek tek parçacıklara ayrılması endüstride önemlidir. Dağılılırlık özellikleri iyi olan tozların ıslana bilirlikleri iyidir ve ince parçacıkların olmaması durumunda topaklanmaktadırlar (Schuck ve ark., 2012; Kara,2021).

Peynir altı suyu tozlarında kuru madde miktarlarının dağılılırlık üzerine etkisi olacağı düşünülürken dağılılırlık oranlarında azalma olması durumunda işlevsellik kaybına neden olacağı düşünülmektedir.

4.2.4. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının ıslanabilirlik değerine ait sonuçlar ve tartışma

Farklı asit işlemlerine sahip peynir altı suyu tozlarının ıslana bilirliklerindeki değişim Çizelge 4.3’ da gösterilmiştir. Peynir altı suyu tozlarının ıslanabilirliği saniye (s) cinsinden verilmiştir. En yüksek ıslanabilirlik süresi WP-6.40 112 s, en düşük ıslanabilirlik süresi WP-6.00 65 s olduğu tespit edilmiştir.

Islanabilirlik de tüm bu aşamalar içerisinde esas etken tozun partikül yüzeyi ile su arasındaki ilişkisidir (Kim ve ark., 2002; Kara, 2021).

4.2.5. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının köpük oluşturma ve köpük stabilitesine ait sonuçlar ve tartışma

Üretilen numunelerin köpük oluşturma kapasitesine ait sonuçlar % olarak çizelge 4.3’ de verilmiştir. WP-6.40 örneğinde asit peynir altı suyunun en yüksek (%76)

köpük oluşturma kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. WP-6.20 örneğinde %54 iken, WP-6.10 örneğinde %45, WP-6.00 örneğinde %41 olarak düşüş göstermiştir.

Köpük stabilitesi, toplam köpük hacminin %50 oranında azaltılması için geçen sürenin saniye cinsinden belirlenmesi ile tanımlanmaktadır (Zouari ve ark., 2021).

4.2.6. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının çözünübilirlik özelliklerine ait sonuçlar ve tartışma

Peynir altı suyu tozlarının çözünübilirlik sonuçları, 50 ml sulandırılmış tozdan belirlenmiştir. Örnek asit peynir altı suyu tozlarının çözünübilirlik sonuçları 0.6-0.9 aralığında değiştiği saptanmıştır. Peynir altı suyu tozlarına asit işlemi uygulandıkça çözünübilirlik indekslerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4. Peynir altı suyu tozlarının çözünübilirlik özelliklerine ait sonuçlar

Örnek	D [3.2] (μm)	D [4.3] (μm)	d(0.1) (μm)	d(0.5) (μm)	d(0.9) (μm)
WP-6.00	6.87±0.03a	125±2.8a	2.58±0.02a	13.3±0.28a	48.35±0.35a
WP-6.10	6.62±0.04b	113±4.2a	2.56±0.00a	11.45±0.07b	43.80±0.28b
WP-6.20	5.83±0.01c	88.9±2.6b	2.42±0.01b	9.53±0.08c	39.00±0.57c
WP-6.40	5.34±0.01d	28±1.4c	2.19±0.00c	8.36±0.02d	24.80±0.28d

Ortalama veriler(n=3); Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılık gösterir (P< 0.05); ns: istatistiki açıdan önemsiz

4.3. Farklı Asit Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Toz Akış

Özelliklerine Ait Sonuçlar ve Tartışma

4.3.1. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kekleşme özelliklerinde meydana gelen değişim sonuçları ve tartışma

Toz ürünlerinde oluşan kekleşme, nem oranı düşük serbest formda akan tozun ilk olarak yığınlara, sonrasında topaklanmış katıya ve son olarak ise yapışkan bir hal alması şeklinde görülür. Ürünlerde işlevsellik kaybı ve düşük kaliteye sebep olması ile kabul görmeyen bir durumdur (Aguilera ve ark., 1995; Saraç ve ark., 2021).

Analiz sonuçları incelendiğinde asit peynir altı suyu tozlarının kek kuvveti ve ortalama kek kuvveti değerleri istatistiki açıdan önemli oranda etkilendiği Çizelge 4.5'

de verilmektedir. Kek kuvveti değeri tüm örneklerde farklılık göstermekle birlikte en yüksek WP-6.40 grubu olan peynir altı suyu tozunda (6.27) tespit edilmiştir. WP-6.20'de (3,82); WP-6.00'da (0,56) belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre peynir altı suyu tozlarına uygulanan asit işlemleri ile kekleşme değerleri önemli ölçüde düşürülmüştür.

Çizelge 4.5. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının topaklanma ve toz akış hızı bağımlılığı (PFSD) özellikleri

Örnek	Kek Kuvveti (N.mm)	Ortalama Kek Kuvveti (N)	Sıkıştırma a Katsayısı 10 mm s ⁻¹ (mN.m)	Sıkıştırma a Katsayısı 20 mm s ⁻¹ (mN.m)	Sıkıştırma a Katsayısı 50 mm s ⁻¹ (mN.m)	Sıkıştırma a Katsayısı 100 mm s ⁻¹ (mN.m)	Akış Stabilitesi
WP-6.00	0.56±0.0 2c	0.124±0.00 8c	59.70±0.4 3c	57.57±0.6 0c	49.85±0.2 2c	35.94±0.0 8d	1±0.01n s
WP-6.10	0.55±0.0 2c	0.272±0.02 6b	59.77±0.3 3c	58.35±0.7 8c	51.56±0.6 3c	36.99±0.1 6c	1±0.01
WP-6.20	3.82±0.1 1b	0.307±0.03 3b	77.33±0.2 3b	75.50±0.7 1b	62.18±0.5 9b	45.79±0.3 0b	1±0.02
WP-6.40	6.27±0.1 8a	0.519±0.04 4a	80.85±0.2 1a	82.21±1.1 2a	71.12±0.5 4a	54.85±0.2 1a	1±0.01

Ortalama veriler(n=3); Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılık gösterir (P<0.05); ns: istatistik açıdan önemsiz

4.3.2. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kohezyon özelliklerinde meydana gelen değişim sonuçları ve tartışma

Farklı asit işlemi uygulanan peynir altı suyu tozlarında kohezyon özelliklerinde oluşan değişimler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Toz partiküllerinin birbirlerine yapışması ve daha büyük partikül kemelerinin (aglomere) oluşması kohezyon olarak tanımlanmaktadır (Mercan ve ark., 2018).

Kohezyon kat sayısı -8.71 ile -11.34 aralığında değişim göstermiştir. Asit işlemi ile kohezyon katsayısında artış olduğu tespit edilmiştir.

Farklı oranlarda işlem görmüş asit peynir altı suyu tozlarına 10, 20, 50 ve 100 mm/s hızlarda uygulanan Kohezyon indeksi değerine 10 mm/s hızda en yüksek 16.29 ile WP-6.40 örneğinde saptanmıştır. Asidik işlem görmüş örneklerde 14,22-16,29 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. 20 mm/s hız uygulanan örneklerde en yüksek değer 15,85 ile WP-6.40 grubunda belirlenirken, asit işlem görmüş peynir altı suyu tozlarında sırası ile 14,47; 14,83; 15.11 değerleri bulunmuştur. 50 mm/s hız uygulanmış örneklerde

ise 10 mm/s ve 20 mm/s hız uygulanmış örneklerde olduğu gibi en yüksek sonuç WP-6.40 grubu peynir altı suyunda bulunmuştur. Kohezyon indeksi hızının 100 mm/s uygulandığı örneklerde ise 15.48 ile WP-6.40 numunesi yüksek sonuç verirken, WP-6.00 örneği 13,17 ile en düşük sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Analiz sonuçları incelendiğinde asit işlem uygulanmış peynir altı suyu tozlarında kontrol örneğine kıyasla kohezyon hızlarında değişim meydana gelse bile akma eğilimlerinin daha kolay olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.6. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kohezyon değerlerine ait analiz sonuçları

Örne k	Kohezyon Katsayısı (mN.m)	Kohezyon İndeksi	Kohezyon İndeksi 10 mm s ⁻¹	Kohezyon İndeksi 20 mm s ⁻¹	Kohezyon İndeksi index 50 mm s ⁻¹	Kohezyon İndeksi 100 mm s ⁻¹
WP-6.00	- 8.71±0.13a	12.45±0.21b	14.22±0.12 c	14.47±0.11b	13.21±0.27 b	13.17±0.18 c
WP-6.10	- 8.80±0.25a	13.38±0.18a b	14.91±0.12 b	14.83±0.23a b	13.94±0.09 b	14.40±0.14 b
WP-6.20	- 9.16±0.20a	13.70±0.29a	14.89±0.16 b	15.11±0.13a b	14.86±0.20 a	15.11±0.13 a
WP-6.40	- 11.34±0.23 b	13.81±0.27a	16.29±0.16 a	15.85±0.50a	14.93±0.10 a	15.48±0.17 a

Ortalama veriler(n=3); Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılık gösterir (P<0.05); ns: istatistiki açıdan önemsiz

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, peynir altı suyu tozlarına uygulanan asit işlemlerinin etkisi araştırılmıştır. Üretilen peynir altı suyuna WP-6.00, WP-6.10, WP-6.20 ve WP-6.40 oranlarında asit işlemleri uygulanmış ve peynir altı suyunda bulunan mineral maddelerin (tuz, nitrat, nitrit gibi) bir kısmı uzaklaştırılmıştır. Sonrasında evaporasyon ile konsantre forma getirilen peynir altı suyu püskürtmeli kurutucu ile kurutularak asit peynir altı suyu tozları elde edilmiştir. Üretilen peynir altı suyu tozları 3 kat Kraft polietilen ambalajlarda muhafaza edilmiştir. Peynir altı suyu tozu örneklerinin fizikokimyasal, fonksiyonel, toz akış ve duyuşsal özellikleri belirlenmiştir.

Farklı oranlarda asit uygulanmış peynir altı suyu tozlarının tekstürel analiz sonuçları olan sertlik, kıvam, yapışkanlık ve viskozite indeksi sonuçlarına bakıldığında istatistiki açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir. Asidik peynir altı suyu tozlarına yapılan pH, %laktik asit, tuz, yağ, protein, nem ve su aktivitesi analizlerine bakıldığında pH değerinde artış görülmüş ve %laktik asit değerinde ise azalma gözlemlenmiştir ancak görülen değişimler önemli ölçüde olmamıştır. Nem tutma kapasitesi üzerine birçok faktör etki etmektedir. Nem içeriğinin %4'den fazla olması kalite bozukluğunun göstergesidir ve %1'den az olması durumunda ise kimyasal oksidasyonun hızlanması üzerinde etkilidir. Farklı asit derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının fizikokimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında protein içeriği en yüksek WP-6.10 örneğinde 10.88 ile yer almıştır. Asit işleminde oranlar arttıkça protein miktarında önemli azalma gözlemlenmiştir. Su aktivitesi sonucu ise 0.382-0.427 aralığında değişim göstermiştir. Asit miktarı arttıkça tuz miktarında artış gözlemlenmiştir. Yağ miktarlarında herhangi bir değişiklik olmamıştır.

5.2. Öneriler

Asidik peynir altı suyu tozlarında asit oranları peynir altı suyunun reolojik özelliklerine etki ettiği görülmüştür. Peynir altı sularının asit işlem görmesi sonucu tozların fonksiyonel özelliklerine (ıslanabilirlik, dağılıbilirlik, köpük stabilitesi vs.) göre önemli değişimler sağlanması nedeniyle gıda endüstrisinde farklı alanlarda kullanılması mümkün olabilmektedir. Bebek mamalarında asit işlem görmüş peynir altı suyu tozu protein ihtiyacını sağlayarak besleyicilik değerini artırmaktadır. Mineral ve tuz seviyelerinde azalma nedeniyle bebek maması ürünlerine kolay şekilde entegre edilebilir. Çikolata ürünlerinde ise kullanılan peynir altı suyu tozuna alternatif olarak asit işlem uygulanmış peynir altı suyu tozu kullanılabilir. Mineral seviyesi azaltılması sonucunda

tuz ya da herhangi bir mineral tadı hissedilmez böylece ürünlerde rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca asit peynir altı suyu tozunun ince partikül yapıda olması çikolata içerisinde yer alan diğer ham maddelere rahatlıkla karışmasını sağlar. Asit işleminin peynir altı suyu tozlarında oluşturduğu etkiler farklı gıda modellerine adaptasyon noktasında farklı çalışmalarla ve yöntemlerle denenebilir.



6. KAYNAKLAR

Aguilera, J., Valle, J., Karel, M., 1995, Caking phenomena in amorphous food powders, *Trends Food Sci. Technol.*, 6(5), 149-155. [http://doi: 10.1016/S0924-2244\(00\)89023-8](http://doi: 10.1016/S0924-2244(00)89023-8)

Andıç, S., Zorba, Ö. ve Tunçtürk, Y., 2010, Effect of Whey Powder, Skim Milk Powder and Their Combination on Yield and Textural Properties of Meat Patties, *International Journal of Agriculture and Biology*, 12:6, 871-876.

Anonim, 20114, Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği Talağı, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, http://www.denib.gov.tr/files/downloads/sirku_ekleri/2014-16-ek1-1.pdf, Erişim tarihi: 04.02.2015.

Anonim, 2014a, Süt ve Süt ürüneri Atıkları <http://foofwastemilk.tripod.com/index.html>, Erişim tarihi; 04.02.2015.

Anonymous (1998). Mineral matter analysis. Matthews, NC: CEM.

AOAC, 2005, Official methods of analysis of AOAC international (18th), AOAC International, Washington, DC.

Bakırcı, İ ve Kavaz, A., 2006, Peynir altı Suyunun Değerlendirilme Olanakları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Türkiye 9. Gıda Kongresi.

Benkovic, M., and Bauman, I., 2009, Flow properties of commercial infant formula powders, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 54(6), 495-499.

Bhargava, A., Jelen, P., 1996, Mineral safsızlıklarından etkilenen laktoz çözünürlüğü ve kristal büyümesi, *Gıda Bilimi Dergisi*, 61 (1), 180-184, <http://doi: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb14754.x>

Burling, H., 2002, Whey Processing Demineralization, *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2745-2751, <https://doi.org/10.1016/B0-12-227235-8/00514-9>.

Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., and Fellman, J. K., 2012, Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao'var.) powder, *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135-148.

Cemiloğlu, M., 2019, Peynir Altı Suyundan Farklı Tekniklerle Protein Konsantresi Ürünlerinin Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 14.

Dinçoğlu, A.H., Ardıç, M., 2012, Peynir Altı Suyunun Beslenmemizdeki Önemi ve Kullanım Olanakları, Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin ve Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 1(1), 54-60, Şanlıurfa.

Ertürk, E., Özgen, İ., 2021, Peynir Altı Suyunun Önemi ve Kullanım Alanları, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomühendislik Bölümü, 79-98, Elazığ.

Esen, M.K., 2017, Peynir altı suyu tozu kullanımının yoğurdunun özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

Evren, M., Apan, M., Tutkun Şıvgın, E. ve Öztürk, R. ,2011, Usage of the Whey in the Fermentation Technology, 4th International Congress on Food and Nutrition together with 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety, 12-14.

Farkye, N. Y., 2006, Significance of milk fat in milk powder, *In Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids* 451-465, Springer, Boston, MA.

Francis, F. J., 1998, Color analysis. In: Food analysis, Eds: Nielsen S. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, 599-612.

Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M., Dumoulin, E., 2006, Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration, *J. Food Eng.*, 75, 27-35.

GEA, 2004, A 25 a - Ash content, GEA Niro, GEA Niro Method No. A 25 a.

GEA, 2006a, A 1 b - Powder moisture accurate standard method, GEA Niro, GEA Niro Method No. A 1 b.

GEA, 2006b, A 19 a - Titratable acidity, GEA Niro. GEA Niro Method No. A 19a.
GEA. 2006. *Insolubility index. GEA Niro Method No. A 3 a.* Søborg, Denmark: GEA Niro.

Gernigon, G., Schuck, P., Jeantet R., Burling H., 2011, Whey Processing Demineralization, *Encyclopedia Od Dairy Sciences*, 738-743.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00496-9>.

Gülseven, C., 2016, Demineralization Of Whey By Electrodialysis, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Lisansüstü Mühendislik ve Teknolojisi*, İstanbul.

Güzeler, N., Esmek, E.M., Kalender, M., 2017, Peyniraltı Suyu ve Peyniraltı İçecek Sektöründe Değerlendirilme Olanakları, *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.* 32(2):27-36.

Hafıza, E., 2000, Süt Tozunun Peynir Altı suyu Tozu ile Tağışının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 6-7.

Holsinger, V.H., 1997, Laktozun fiziksel ve kimyasal özellikleri, *Gelişmiş süt kimyası cilt 3*, 2. baskı, 1-38, Springer ABD.

Karagözü, C., Bayarer, M., 2004, Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2):197-202.

Kara, Ü., 2021, Çiğ Süt Nakliyesi Sırasında Mikroorganizma Sayılarındaki Değişimin Mikrofiltrasyon Tekniği Kullanılarak Azaltılması ve Bu Sütlerden Üretilen Süt Tozlarının Bazı Kalite Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü*, Konya.

Ortega-Rivas, E., 2009, Bulk properties of food particulate materials: an appraisal of their characterisation and relevance in processing, *Food and Bioprocess Technology*, 2(1),28-44.

Kelly, A., 2007, Whey Processing, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, 163-165. <https://doi.org/10.1533/9781845693534.16>.

Kelly, P.M., 2022, Whey Powder, Demineralized Whey Powder and Delactosed Whey, *Encyclopedia Of Dairy Sciences*, 174-185. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00162>.

Kim, E. H. J., Chen, X. D., and Pearce, D., 2002, Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 26(3), 197-212.

Kurt, A., 1990, Süt Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, 397-399, Erzurum. Küçüköner, E. 2011, Peynir Tozu ve Peyniraltı Suyu Tozu Üretimi, 1.Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 19-20 Kasım, Ankara, 80-85s.

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

Marx, M., Sixt, A., Hofsommer, J., Wörthmann, M., Kulozik, U., 2019, Manufacturing Of Demineralized Whey Concentrates With Extended Shelf Life: Impact Of The Degree Od Demineralization On Functional And Microbial Quality Criteria, *Food and Bioproducts Processing*, 114, 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.10.011>.

Mehri, D. 2020, Peynir Altı Suyundan Mikrobiyal Pigment Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

Mercan, E., 2019, Yüksek Basınç Uygulanmış Yağlı ve Yağsız Sütten Üretilen Süt Tozlarını Farklı Sıcaklıklarda Depolanması Süresince Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Mercan, E., Sert D., Akın N., 2018, Determination of powder flow properties of skim milk powder produced from high-pressure homogenization treated milk concentrates during storage. *LWT*, 97, 279-288.

Mete, H., 2012, Peyniraltı Suyunun Ekmekçilikte Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi, *Tekirdağ S.M.M.M. Odası Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı:1;06.

Morifuji, M., K, Sakai., Sanbongi, K., 2005, Dietary Whey Protein Increases Liver and Skeletal Muscle Glycogen Levels in Exercise-Trained Rats, *Br J Nutr*, 93, 439-445. Nickerson, T.A., Moore, E.E., 1974, Laktoz kristalleşmesini etkileyen faktörler

Ortega-Rivas, E., 2009, Bulk properties of food particulate materials: an appraisal of their

characterisation and relevance in processing, *Food and Bioprocess Technology*, 2(1), 28-44

Ostrowska-Ligeza E., Bekas W., Kowalska D., Lobacz M., Wroniak M., Kowalski, B., 2010, Kinetics of commercial olive oil oxidation: Dynamic differential scanning calorimetry and Rancimat studies, *European Journal of Lipid Science and Technology* 112(2):268 – 274, <http://doi: 10.1002/ejlt.200900064>.

Ostrowska-Ligeza, E., Górska, A., Wirkowska, M., and Koczoń, P., 2012, An assessment of various powdered baby formulas by conventional methods DSC or FT-IR spectroscopy, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 110(1), 465-471.

Prazeres A. R., Carvalho F., and Rivas J., 2012, Cheese whey management: A review, *Journal of Environmental Management*, 110: 48-68.

Saraç, M.G., Türker, D.U., Doğan, M., 2021, Ticari Öneme Sahip Toz Süt Ürünlerinin Morfolojik Yapısı Ve Toz Akış Özelliklerinin Belirlenmesi, *Gıda*, 46(1), 119-133, <http://doi: 10.15237/gida.GD20108>.

Schuck, P., Jeantet, R., and Dolivet, A., 2012, *Analytical Methods for food and dairy powders*, John Wiley and Sons.

Sharma, A., Jana, A. H., and Chavan, R. S., 2012, Functionality of milk powders and milk-based powders for end use applications—a review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(5), 518-528.

Tamime, A. Y. (Ed.), 2009, *Dairy powders and concentrated products*, John Wiley and Sons.

TGK, 2015, Türk gıda kodeksi peynir tebliği, Ankara, 2015/6.

Thomas, M. E.C., Desobry, S., Banon, S.D., 2004, Milk powders ageing: effect on physical and functional properties, *Crit Rev Food ci Nutr*, 44(5):297-322. <http://doi: 10.1080/10408690490464041>.

Yerlikaya, O., Kımık, Ö., Akbulut, N., 2010, Peynir Altı Suyunun Fonksiyonel Özellikleri Ve Peynir Altı Suyu Kullanılarak Üretilen Yeni Nesil Süt Ürünleri, *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları*, 35 (4): 289-296.

Yıldırım, Ç., Güzeler, N., 2013, Peynir Altı Suyu ve Yayıkaltının Toz Olarak Değerlendirilmesi, *Çukur Ova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 22-20.

Yüksel, A., Yüksel, M., Ürüşan, H., 2019, Peynir Altı Suyunun Çeşitli Özellikleri ve Kullanım Olanakları, *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, 22(3).

Zadow, JG., 2003, Peynir altı suyu ve peynir altı suyu tozları üretim ve kullanımlar, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, 6147-6152, <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01287-6>.

Zouari, A., Lajnaf, R., Lopez, C., Schuck, P., Attia, H., and Ayadi, M. A., 2021, Physicochemical, techno-functional, and fat melting properties of spray-dried camel and bovine milk powders, *Journal of Food Science*, 86(1), 103-111.

