



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**PEYNİR ALTI SUYU TOZLARININ
REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
DEMİNERALİZASYON İŞLEMİNİN
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Müşerref BEBEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Müşerref BEBEK tarafından hazırlanan “Peynir Altı Suyu Tozlarının Reolojik Özellikleri Üzerine Demineralizasyon İşleminin Etkisinin Belirlenmesi ” adlı tez çalışması 22/09/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. M.Kürşat DEMİR

Danışman

Doç. Dr. Durmuş SERT

Üye

Doç. Dr. Kürşat DEMİR

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILIÇ

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

Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU
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.

Müşerref BEBEK

Tarih: 20.10.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ BAŞLIĞINI BURAYA YAZINIZ

Müşerref BEBEK

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

Danışman: Doç. Dr. Durmuş SERT

2023, 35 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Durmuş SERT

Doç. Dr. Kürşat DEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILIÇ

Bu çalışmada %50, %70 ve %90 oranlar ile demineralize edilmiş peynir altı suyu tozunun reolojik özelliklerinde meydana gelen değişimler araştırılmıştır. Elde edilen örneklerin fizikokimyasal, fiziksel, fonksiyonel ve partikül boyutu dağılım özellikleri incelenmiştir. Demineralizasyon oranlarının artması ile demineralize peynir altı sularında 3.29-1.00' a kadar düşüş olduğu saptanmıştır. Kontrol numunesi olarak üretilen peynir altı sularının protein oranı 6.98 olarak belirlenirken, demineralizasyon işlemleri ile protein miktarlarında azalma gözlemlenmiş ve en düşük protein içeriği 1.94 ile %90 DPST'de belirlenmiştir. Demineralize peynir altı suyu tozlarının ıslabilirlilik ve dağılılırlılık oranları 23-108 sn, %9.13-44.37 aralıklarında değiştiği gözlemlenmiştir böylece demineralize peynir altı suyu tozları daha iyi fonksiyonel özellik göstermişlerdir. Köpük stabiletesi değerlerinde ise %50 demineralize peynir altı suyu tozunda 135 sn iken demineralizasyon oranının artması ile %90DPST'de 656 sn ile artış olduğu tespit edilmiştir. Demineralize peynir altı suyu tozlarının D_{4,3} sonuçları 55.15- 130.50 µm aralığında değişmiştir ve demineralize oranlarının partikül büyüklüğünü etkilediği tespit edilmiştir. Kek kuvvetlerinin 6.43-0.55 aralığında azalma gösterdiği, kohezyon indeksi değerlerinin ise en yüksek 15.18, en düşük 6.32 aralığında olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Demineralize, demineralize peynir altı suyu tozu, fizikokimyasal, partikül boyutu

ABSTRACT

MS/Ph.D THESIS

TEZ BAŞLIĞININ İNGİLİZCE’SİNİ BURAYA YAZINIZ

Müşerref BEBEK

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Durmuş SERT

2023, 35 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Durmuş SERT

Doç. Dr. Kürşat DEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILIÇ

In this study, the changes in the rheological properties of whey powder demineralized at 50%, 70% and 90% were investigated. Physicochemical, physical, functional and particle size distribution properties of the obtained samples were investigated. It was found that demineralized whey powder decreased up to 3.29-1.00 with increasing demineralization rates. While the protein content of whey produced as a control sample was determined as 6.98, a decrease in protein content was observed with demineralization processes and the lowest protein content was determined at 90% DPST with 1.94. The wettability and dispersibility ratios of demineralized whey powders were observed to vary between 23-108 s, 9.13-44.37%, thus demineralized whey powders showed better functional properties. Foam stability values increased from 135 sec in 50% demineralized whey powder to 656 sec in 90%DPST with increasing demineralization rate. The $D_{4.3}$ results of demineralized whey powders varied between 55.15- 130.50 μm and it was determined that demineralization rates affect the particle size. It was observed that the cake strengths decreased in the range of 6.43-0.55 and the cohesion index values were in the range of 15.18 at the highest and 6.32 at the lowest.

Keywords: Demineralized, demineralized whey powder, physicochemical, particle size

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,

Hayatımın her anında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, en büyük destekçim ve güç kaynaklarım annem Hatice BEBEK'e, babam Nihat BEBEK'e ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Müşerref BEBEK
KONYA-2023

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	4
2.2. Peynir Altı Suyu Tozu	6
2.3. Demineralize Peynir Altı Suyu	7
2.3.1. Elektrodializ Yöntemi.....	7
2.3.2. İyon Değişim Yöntemi.....	8
2.3.3. Nanofiltrasyon Yöntemi	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Ambalaj materyali.....	11
3.2. Yöntem.....	11
3.2.1. Peynir altı suyu tozu örneklerinin üretimi	11
3.2.2. Demiralize peynir altı suyu yozlarına uygulanan analizler	13
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Fizikokimyasal Analiz Sonuçları.....	24
4.1.1. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının pH miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma.....	24
4.1.2. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının asitlik miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma.....	25
4.1.3. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının tuz miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma.....	25
4.1.4. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kül miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma.....	25
4.1.5. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının yağ miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma.....	25
4.1.6. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının protein miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma.....	26
4.1.7. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının nem miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma.....	26

4.1.8. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının su aktivitesi miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma	27
4.1.9. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının renk değerlerinde meydana gelen değişim sonuçları ve tartışma	27
4.2. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının fonksiyonel özelliklerine ait sonuçlar	28
4.2.1. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının gevşek yığın yoğunluğuna ait sonuçlar ve tartışma	28
4.2.1. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının sıkıştırılmış yığın yoğunluğuna ait sonuçlar ve tartışma	29
4.2.2. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının dağılıbilirlik değerlerine ait sonuçlar ve tartışma.....	29
4.2.3. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının ıslanabilirlik değerine ait sonuçlar ve tartışma	30
4.2.4. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının köpük oluşturma ve köpük stabilitesine ait sonuçlar ve tartışma	30
4.2.5. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının çözünabilirlik özelliklerine ait sonuçlar ve tartışma	31
4.3. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Toz Akış Özelliklerine Ait Sonuçlar ve Tartışma	31
4.3.1. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kekleşme özelliklerinde meydana gelen değişim sonuçları ve tartışma	31
4.3.2. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kohezyon özelliklerinde meydana gelen değişim sonuçları ve Tartışma	33
4.4. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Partikül Boyutu Değerlerine Ait Sonuçlar ve Tartışma	35
4.5. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Tekstürel Özelliklerine Ait Sonuçlar ve Tartışma	36
4.6. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Mineral Madde Sonuçları ve Tartışma.....	37
4.7. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının DSC Analizlerine Ait Sonuçlar ve Tartışma	39
4.8. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının SEM Görüntülerine Ait Sonuçlar Ve Tartışma.....	40
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42
5.1 Sonuçlar	42
5.2 Öneriler	45
6. KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	50

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	:Santigrat derec
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	:Hacme 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
GYG	: :Gevşek yığın yoğunluğu
SYG	: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

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

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

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).

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 olduğunu görülmüştür. Böylece günümüzde değerli bir kaynak olarak birçok ürünün elde edildiği yan üründür (br, 2007).

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. Teknolojinin ile kurutma, konsantre etme 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 α -laktalbümin ve β -laktoglobülin 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.

İngilizcede “Whey”, Fransızca’da “Lactoserum”, Almanca’da “Molke” olarak isimlendirilen peynir altı suyu, peynir altı suyu içeceklerinin yanı sıra konsantre peynir altı suyu, peynir altı suyu tozu, peynir altı suyu protein izolatı, üretimi, laktozu azaltılmış ve

demineralize peynir altı suyu, çeşitli saf proteinlerin üretiminde kullanılmaktadır (Yerlikaya ve ark., 2010).

Gıda alanında bebek mamaları, yoğurtlar, dondurmalar, kekler, tatlandırıcılar, şekerlemeler, et ürünleri, çorbalar, soslar ve içeceklerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Peynir altı suyu tozunun fırıncılık ürünlerinde kullanılmasının ürünlerin kalitesini ve besin değerini artırdığı bildirilmiştir (Andıç ve ark., 2010; Küçüköner, 2011; Dinçoğlu ve Ardiç, 2012; Mete, 2012).

Peynir altı suyunun bileşimi, peynire işlenen sütün bileşimine ve kalitesine, peynir yapım tekniğine, pıhtılaştırmada kullanılan maya veya asit miktarına-kalitesine, pıhtılaştırma sıcaklığı ve süresine, pıhtının parçalanma biçimine gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bileşim olarak süte benzerlik gösteren peynir suyu, süt kuru maddesinin yaklaşık yarısını, süt şekerinin hemen hemen tamamını, proteinlerin yaklaşık 1/5'ini ve B vitaminlerinin ise büyük bir bölümünü içermektedir. Peynir suyunda % 0.5-1.0 gibi düşük miktarlarda protein bulunmasına karşın, bunların alfa laktoalbumin, beta laktoglobulin, serum albümini ve globülinlerinden oluşması onu değerli bir ürün haline getirmektedir. Bu çalışmada farklı demineralizasyon derecesinde üretilecek olan peynir altı suyu tozlarında reolojik özelliklerdeki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır.

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 suyudur (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 sütün 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 üretimi prosesinde kullanılan teknikler sütün kuru madde miktarı, pastörizasyon metodu, natural veya kültür peynir üretimi, pıhtılaştırma sırasında kullanılan maya, asit miktar ve kalitesi, pıhtılaşma sıcaklığı, oluşan pıhtının parçalanma şekli 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 α -laktalbümin ve β -laktoglobülin gibi serum proteinleri, eser miktarda süt yağı, laktoz, mineral maddeler ve vitaminler içerir (Kurt, 1990; Cemiloğlu, 2019).

2.1.1. Peynir Altı Suyu Bileşimi ve Fonksiyonel Özellikleri

Peynir altı suyu kimyasal, fiziksel ve fonksiyonel açıdan yüksek ve proteinlerce zengindir. Beslenme bakımından önemli olması ile birlikte aminoasitlerinde denge kaynağı olması sebebi ile önemlidir (Yerlikaya ve ark., 2010). Peynir altı suyunun bileşim ve özellikleri peynir üretimi sırasında kullanılan süte bağlı değişiklik gösterir. PAS kullanılan sütün kuru madde miktarının yaklaşık yarısını içerir. 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). Bileşenler 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 majör ve minör proteinlerden oluşmaktadır. Majör peynir altı suyu grubu toplam PAS proteininin %70-80'ini oluşturan β - laktoglobülin ve α - laktalbüminden oluşur. Minör peynir altı suyu ise; kan serum albumini, glokomakropeptidler, immunoglobulinler, fosfolipoproteinler, laktoferin, transferrin ve yüksek oranda biyoaktif faktörler ile enzimleri içerir (Karagözlü ve ark., 2004; Dinçoğlu ve 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 çeşitlerindendir. 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 12340 ton protein, 60330 ton laktoz, 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 besleme, 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, mineralleri azaltılmış peynir altı suyu tozu, laktoz ve mineralleri azaltılmış 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).

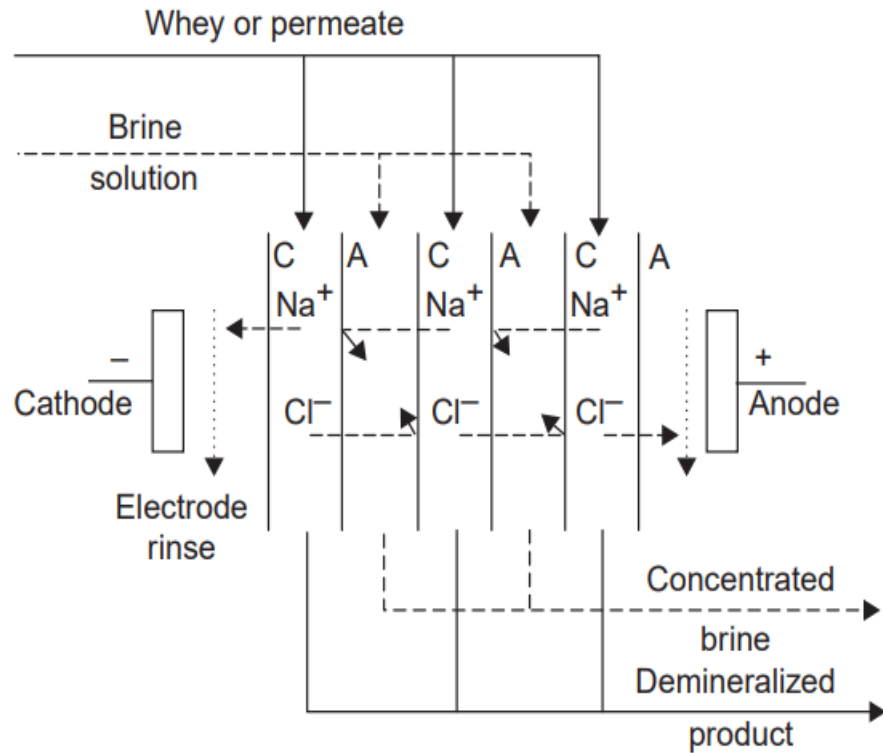
2.3. Demineralize Peynir Altı Suyu

Demineralize peynir altı suyu; peynir üretimi sırasında açığa çıkan peynir altı sularının demineralizasyon işlemine tabi tutularak istenilen oranlarda minerallerinden uzaklaştırılması ile elde edilen toz formunda süt ürünüdür (Marx ve ark., 2019). 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 demineralizasyonu beslenme sebepleriyle birlikte teknolojik bakımdan da ilgi çekmektedir. Depolanabilir demineralize peynir altı suyu tozu üretmek için, yoğun enerjili spreyci kurutma yoluyla toz formuna getirilmektedir. Demineralize 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 demineralizasyon işlemi önemli ve kritik bir aşamadır. Son yıllarda özellikle peynir altı suyu proteinlerinin farklı membran yöntemleri uygulanarak izolasyon ve konsantre edilmesi yönünde çalışmalar artmıştır (Gülseven, 2016). Demineralize peynir altı suyu tozu üretmek için elektrodializ, iyon değişimi, nanofiltrasyon, ters ozmoz ve mikrofiltrasyon yöntemleri kullanılabilmektedir.

2.3.1. Elektrodializ Yöntemi

Elektrodializ yöntemi iyonların taşınması olarak tanımlanır. Yarı geçirgen membranlar aracılığı ile uygulanan elektrik alanın sebep olduğu kuvvet DC gerilim kaynağıdır. Elektrodializ de kullanılan membranların anyon ve katyon değişimleri mineral içeriğini azaltabilecek formdadır. Örneğin deniz suyu ve peynir altı suyu gibi sıvı haller için elektrodializ ünitesinin şematik gösterimi Şekil 2.1’de verilmiştir. Membranlar katyon ve anyon değişimleri ile ayrılmış yaklaşık 1 mm aralıklar ile yerleştirilmiş birkaç bölmelerden oluşmaktadır. Elektrotlar içeren bölmeler her elektrot çifti arasında 200 kadar hücre çifti bulundurulur. 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 yığnında 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, yığnında kalma zamanına, akım yoğunluğuna ve akış viskozitesi tarafından belirlenen miktarda demineralize edilir. Elektrodializ ünitesi sürekli veya kesikli şekilde çalıştırılmaktadırlar. %70’in üzerinde demineralizasyon için genellikle kesikli sistem kullanılmaktadır (Burling, 2002).

2.3.2. İyon Değişim Yöntemi

İyon değişim yöntemine ait demineralizasyon 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

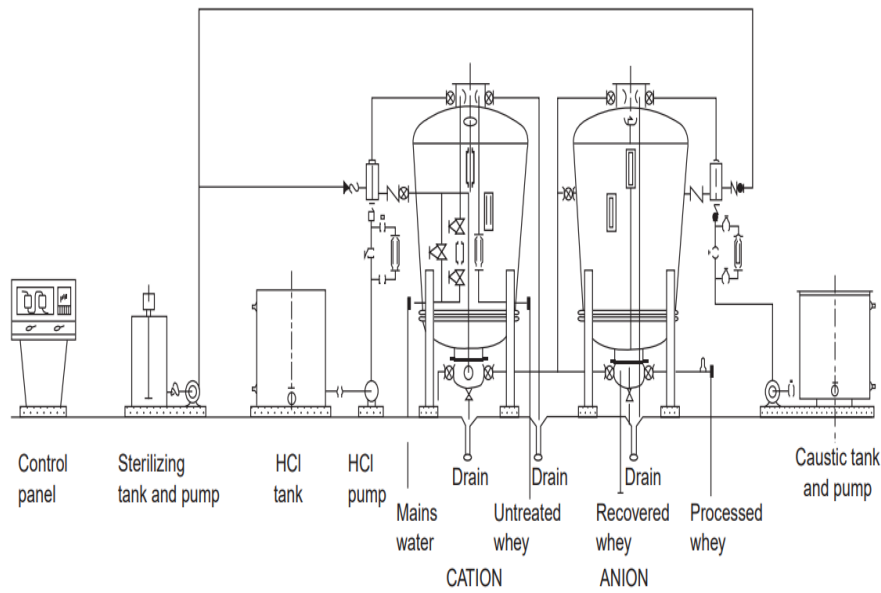
3. Sütunlardan su ile peynir altı suyunun yer deęiřtirmesi

4. Geri itme

5. Rejenerasyon solüsyonu ile temasa geçme

6. Su ile durulama.

Döngü süresi yaklaşık 6 saat, 2 saat tükenme ve 4 saat yenilenmedir. Bu yöntem rejenerasyon kimyasallarının tüketimini $\%30\pm40$ 'a kadar azaltmaktadır (Burling, 2002).



Şekil 2.2. İyon Deęiřtirme 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, asetik asit ve laktik 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 demineralizasyonun 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.

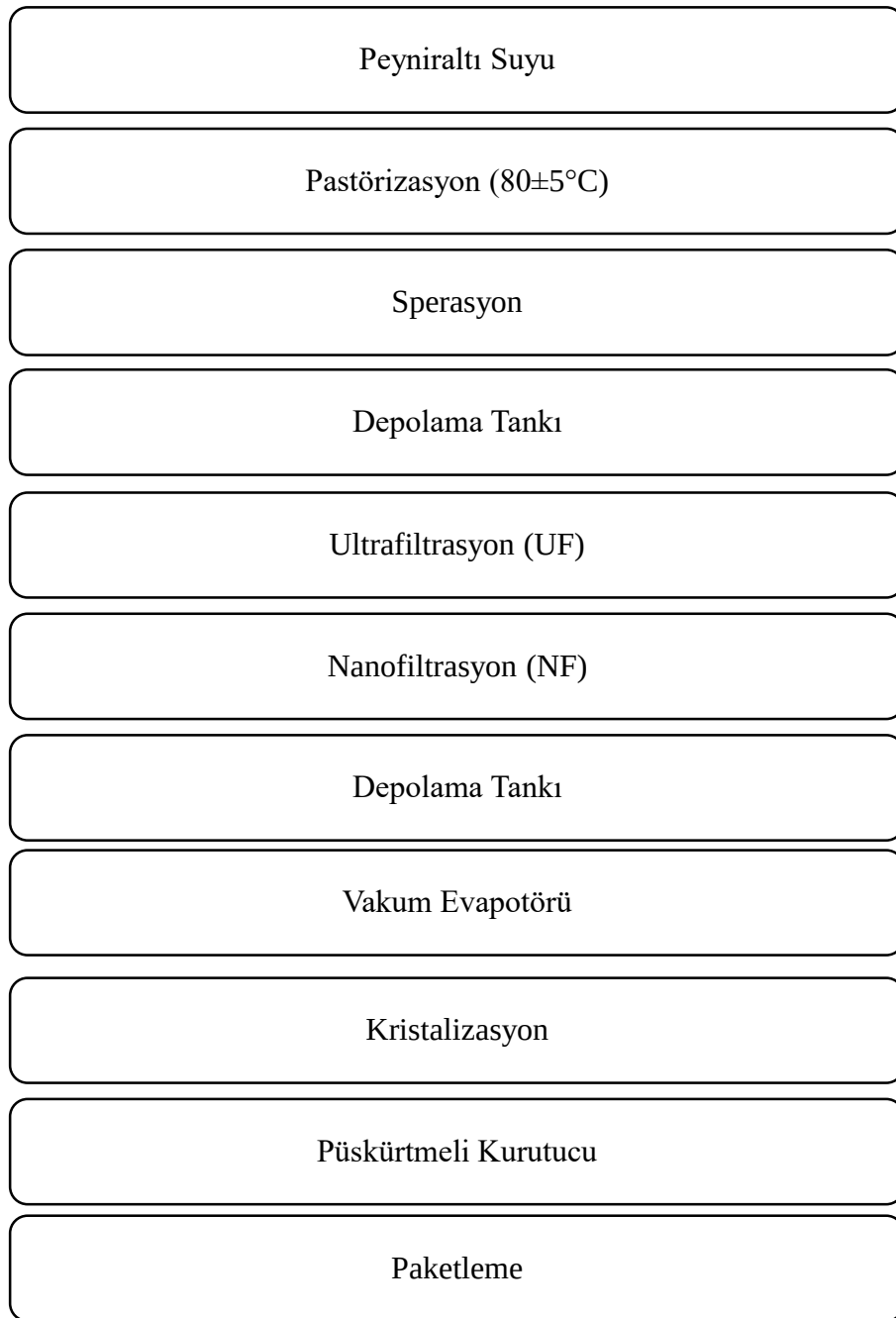
3.1.1. Ambalaj materyali

Oksijen ve nem geçirgenliği düşük üç kat kraft kaplı polietilen torba ambalaj materyali olarak kullanılmıştır. Böylece kullanılan bu ambalaj materyali ile depolama aşamasında demineralize peynir altı suyu tozlarının nem çekmesi ve oksijen ile okside olması minimum düzeyde olmaktadır. Demineralize 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 demineralize 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 paketleme ünitesine gönderilmiştir.



Şekil 3.1. Peynir altı suyu tozu üretim alış şeması

3.2.2. Demiralize peynir altı suyu yozlarına uygulanan analizler

3.2.3.1. Fizikokimyasal analizler

3.2.3.1.1. Nem

Demineralize peynir altı suyu tozlarının nem içeriğinin belirlenebilmesi için, kullanılan kurutma kapları etüvde kurutma işlemi uygulanarak desikatörde soğutma uygulanmış ve daraları alınmıştır. Sonrasında darası alınmış kurutma kapları içerisine yaklaşık 3 g demineralize peynir altı suyu tozları ve kontrol grubu peynir altı suyu tartılarak 102 ± 2 ° C etüvde 3 saat bekletilmiştir. Örnekler işlem sonunda etüvden çıkartılarak desikatörde oda sıcaklığına düşüş sağlayana kadar soğutulmuş sonrasında tartılmıştır. Demiralize peynir altı suyu tozlarının %nem içeriği aşağıda yer alan formüle göre hesaplanmıştır (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 ve demineralize peynir altı suyu tozu 100 ml deiyonize suda çözündürüldükten sonra 6 g örnek üzerine 0.5 ml fenolftalein indikatörü damlatılmıştır ve 0.1 N sodyum hidroksit (NaOH) ile kalıcı hafif pembe renk oluşuncaya 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

Deminerale peynir altı suyu tozlarının ve peynir altı suyu tozunun kül içerikleri için porselen krezeler öncelikle sabit tartıma getirilmesi için yakılmış ve oda sıcaklığında desikatörde soğutulduktan sonra darası alınmıştır. Darası alınan krezelere 1-5g demirale peynir altı suyu numune alınarak tartılıp 525 °C kül fırınında karbon içermeyene kadar yakılmıştır. Yakma işlemi sonunda örnekler alınarak desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulup tartma işlemi yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları aşağıda belirtilen formül ile % kül olarak hesaplanmıştır (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

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

3.2.3.1.5. Protein

Demirale peynir altı suyu tozlarının azot içerikleri Kjeldahly yöntemiyle belirlenmiştir (AOAC, 2005). 1 g peynir altı suyu tozu ve deminerale peynir altı suyu tozları 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.

$$\% \text{Azot} = \frac{(v_{\text{örnek}} - v_{\text{şahit}})}{m_{\text{örnek}} \times 1000}$$

$v_{\text{örnek}} - v_{\text{şahit}}$; örnek ve şahit için harcanan HCl hacmini,

Mörnek; örnek ağırlığını ifade etmektedir.

% Protein = Azot (%) 6.38

3.2.3.1.6. pH

Demiraleze peynir altı suyu tozlarının kuru madde (KM) miktarı %10 olacak şekilde saf su içinde çözündürülmüştür. Standart tampon çözeltileri (pH 4.01 VE 7.01; WTW) kullanılarak kalibre edilmiştir. Sonrasında çözündürülen örneklerin pH ölçümleri Sentix 42 elektrotlu el tipi bir pH-metre (WTW pH 3110, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3.1.7. Renk analizleri

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

3.2.3.1.8 Yığın yoğunluğu

Peynir altı suyu tozlarının ve demineralize peynir altı suyunun kütle yoğunluğu 1 g demineralize 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).

$$\text{Gevşek yığın yoğunluğu} = \frac{\text{Toz ağırlığı (g)}}{\text{Toz hacmi (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu} = \frac{\text{Toz ağırlığı (g)}}{\text{Sıkıştırılmış toz hacmi (cm}^3\text{)}}$$

3.2.3.1.9. Yağ

Demineralize peynir altı suyu tozlarının ve kontrol grubunun yağ içeriklerinin belirlenmesinde Teichert süt tozu bütirometreleri kullanılmıştır. Bütirometrelere 2.5 g demineralize peynir altı suyu tozu 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. Demiralize 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

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

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

3.2.3.2.2. Dağılılabirlik

Kontrol örneği ve demineralize 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 basılarak spatül yardımı ile 15 saniyede 25 ileri geri hareketler yapılarak karıştırılmıştır. 15 s sonunda 150 µm ’lik metal elekten 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 demineralize 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. Çözünabilirlik

Çözünabilirlik 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, çözünabilirlik indeksi 50 mL sulandırılmış tozdan konik santrifüj tüplerinde mililitre çökelti olarak elde edilmiştir.

3.2.3.4.5. DSC analizi (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre)

Peynir altı suyu tozlarının termal profilleri normal basınç hücrelerinde diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC 1, Stare System, Mettler Toledo, İsviçre) ile değerlendirilmiştir. Demiralize peynir altı suyu tozları hassas alüminyum numune kapları içerisine 7-10 mg arasında tartılıp kapakları kapatılarak 5 0C/dak ısıtma hızıyla 0 0C'den 300 0C'ye kadar ısıtılmıştır. Her testte cihaz kalibrasyonu için indiyum (erime sıcaklığı 429.75 K, $\Delta H_f = 28.45$ J/g) ve boş örnek kabı kullanılmıştır.

3.2.3.4.6. Partikül büyüklüğü ölçümü

Demiralize peynir altı suyu tozlarının partikül boyutu ölçümleri, kuru dispersiyon ünitesine (Aero M, Malvern Instruments Ltd.,) bağlı Mastersizer 3000 (Malvern Instruments Ltd., Worcestershire, İngiltere) lazer kırınımlı partikül boyutu analiz cihazı ile yapılmıştır. Besleme ünitesine 5 g yaklaşık demiralize peynir altı suyu tozları konulmuştur. Ölçümleri için: %1-5' lik 'obscuration' değeri ile 0.1 bar besleme basıncı, %25 besleme hızı, 1.46 kırılma indisi olacak şekilde ayarlanarak partikül boyutu analiz sonuçları elde edilmiştir.

Saptanılan değerler D_{10} , D_{50} , D_{90} , $D_{4,3}$, $D_{3,2}$, span, üniformaluk ve spesifik yüzey alanı değerleridir.

Üniformaluk = Partikül boyutu dağılımının büyüklüğünü ve partikül boyutu dağılım eğrisinin gradyanını yansıtmaktadır.

Spesifik yüzey alanı = Partiküllerin toplam alanının, toplam ağırlığa bölünmesiyle hesaplanmaktadır.

$D_{4,3}$ = Hacimsel ortalama çapı

$D_{3,2}$ = Sauter ortalama çapı olarak da ifade edilen, hacim/yüzey alanı ortalama çapı

D_{10} = Partiküllerin %10'unun belirlenen çapın altında olduğunu belirtmektedir.

D_{50} = Partiküllerin %50'sinin belirlenen çapın altında olduğunu belirtmektedir.

D_{90} = Partiküllerin %90'ının belirlenen çapın altında olduğunu belirtmektedir.

Span = Boyut dağılımının genişliğini ifade etmektedir.

$$\text{Span} = \frac{D_{90} - D_{10}}{D_{10}}$$

3.2.3.4.7. SEM analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu)

Taramalı elektron mikroskobu yardımı ile görüntüleme yöntemiyle peynir altı suyu tozlarının mikroyapıları belirlenmiştir. SEM stublarının üzerinde yer alan çift taraflı bant üzerine görüntüleme işleminden önce peynir altı suyu tozu örnekleri bırakılmıştır. Püskürtmeli kaplayıcıda ince bir altın tabakası ile kaplanarak, bant üzerindeki örneklerin çekim sırasında elektron bombardımanından korunma sağlanması ve iletkenliklerini artırması sağlanmıştır. Kaplanan örneklerden elektron mikroskobu (SEM) (FEI Quanta 250 FEG) ile 2 kV'da 500-8000 magnifikasyonda görüntüler alınıp yüzey pürüzlülüğü ve yüzey morfolojileri incelenmişlerdir (Mercan, 2019).

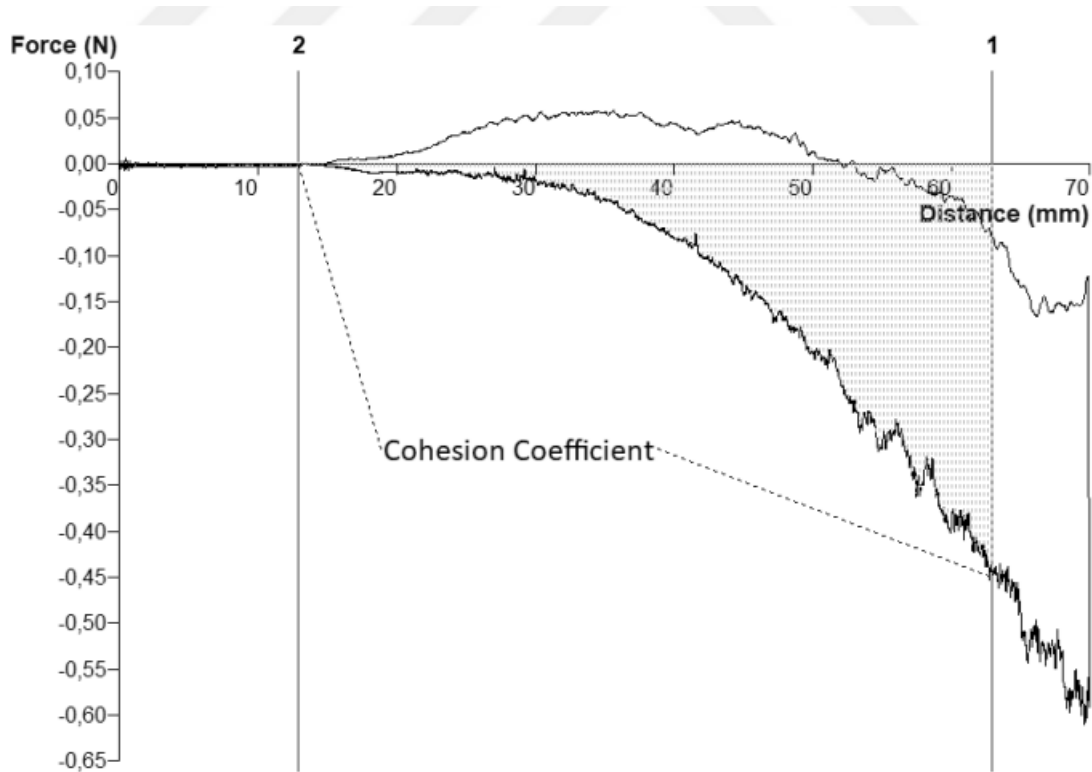
3.2.3.4.8. Tekstürel analiz

Demineralize 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 probu kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulanan bu analiz ile örneklerin sertlik (g), kıvam (g.s), yapışkanlık (g) ve viskozite indeksi (g.s) değerleri tespit edilmiştir.

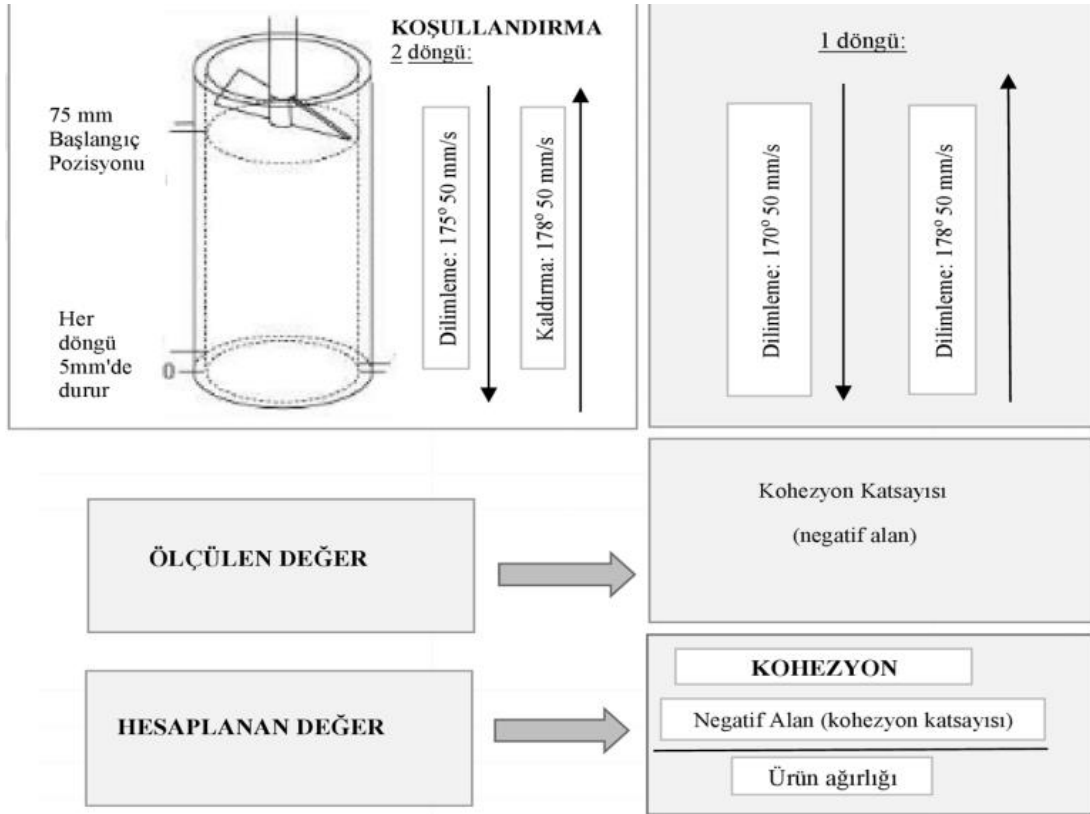
3.2.3.4.9. Kohezyon

Kohezyon analizi iki koşullandırma döngüsü ile başlamıştır. Koşullandırma döngülerinden sonra peynir altı suyu tozu ve demineralize peynir altı suyu tozlarının kohezyon özellikleri 50 mm/s hız ve 170° açı ile bıçağın toz kolonundan aşağı yönde ve 50 mm/s hız ve 178° açı 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).

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



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

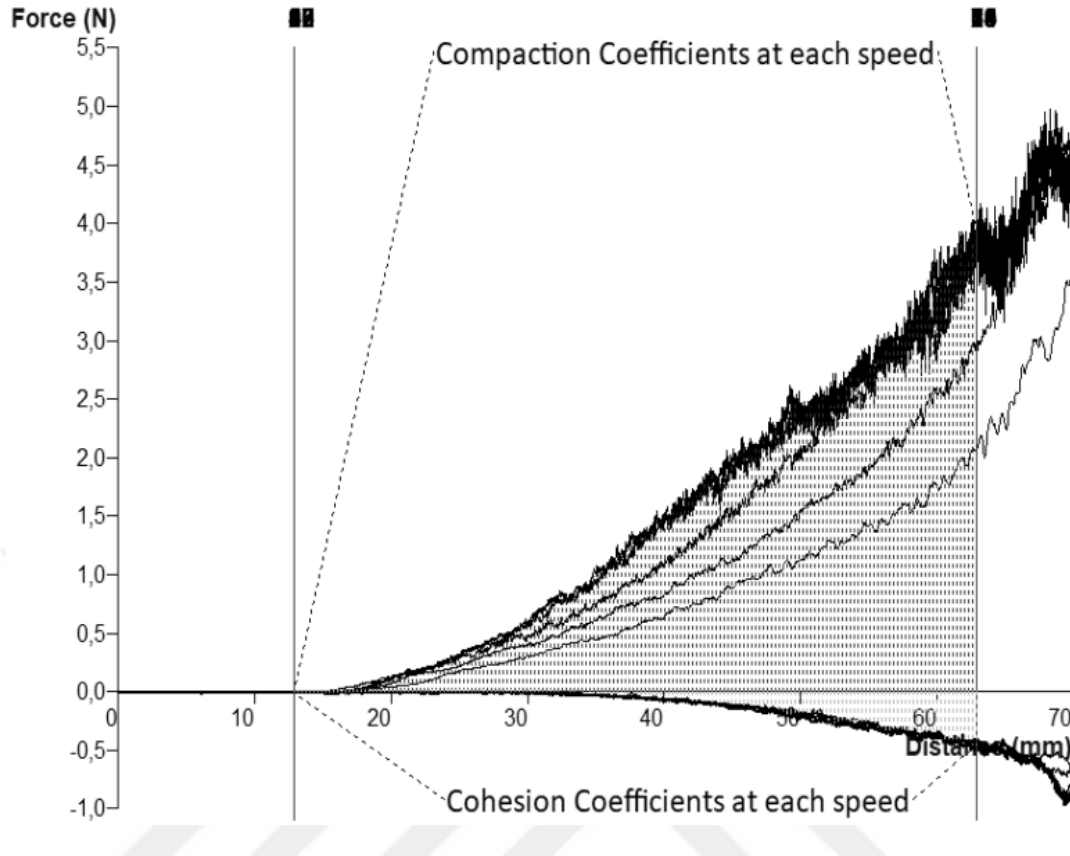


Şekil 3.3. Kohezyon analizinin şematik gösterimi

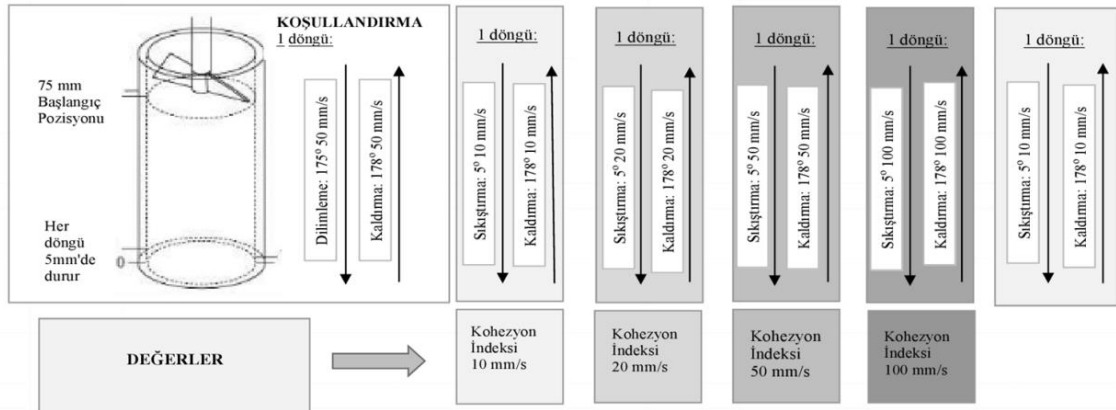
3.2.3.4.10. Dört hızda kohezyon analizi

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).

$$\text{Her hız için kohezyon indeksi} = \frac{\text{Her hızdaki kohezyon katsayısı}}{\text{örnek ağırlığı}}$$



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

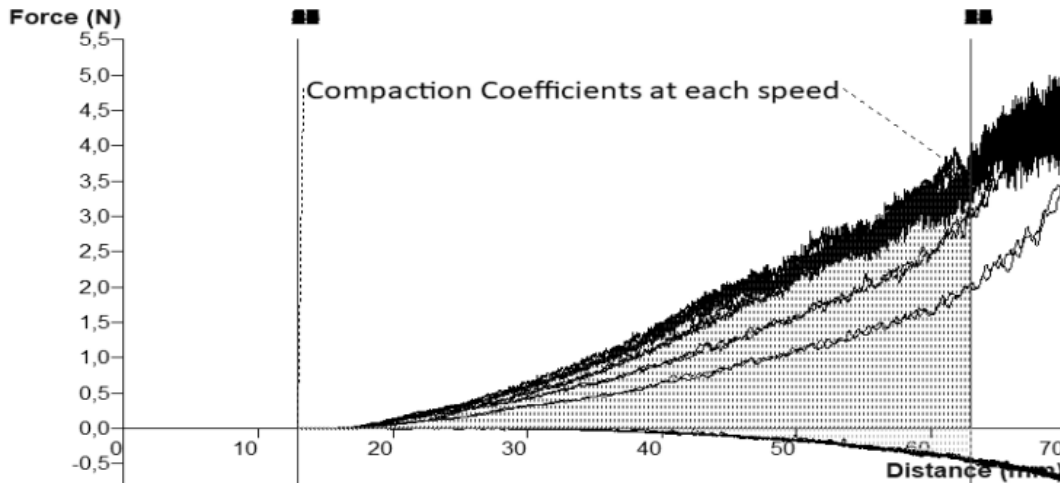


Şekil 3.5. Dört hızda kohezyon analizinin şematik gösterimi

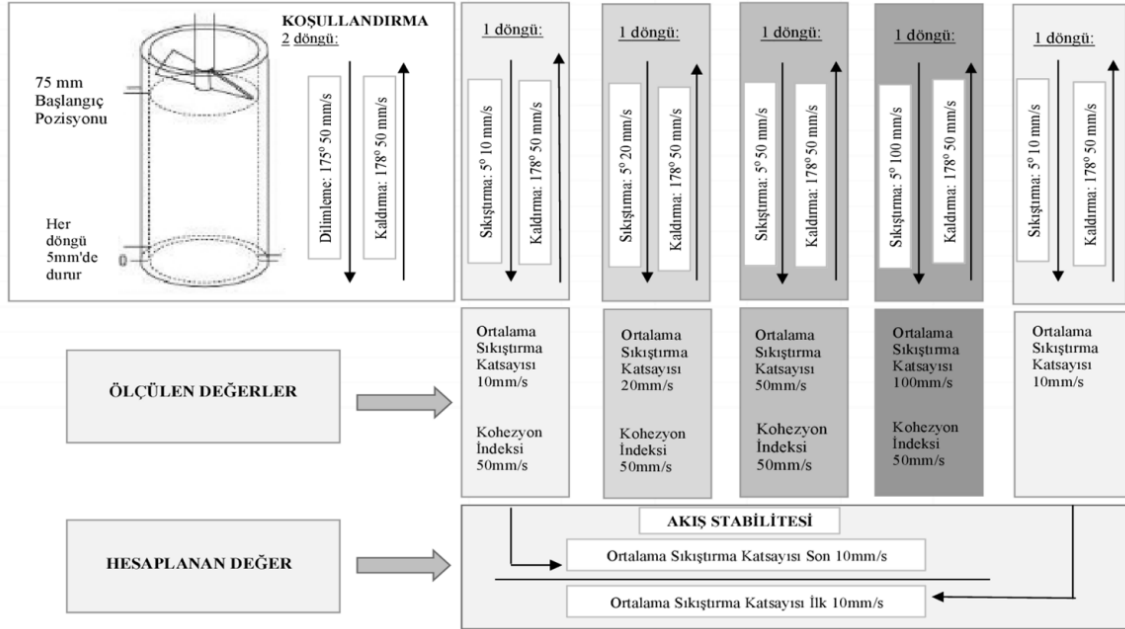
3.2.3.4.11. Hıza bağılı toz akış özellikleri

Peynir altı suyu tozu ve demineralize peynir altı suyu tozlarının hıza bağılı 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) pozitif alanı iki döngünün her hız için ortalaması ve hızlar için sıkıştırma katsayısı (Mn.m) şeklinde verilmiştir. Grafiğin ilk 10 mm/s'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).

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



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



Şekil 3.7. Hıza bağlı toz akış özellikleri analizinin şematik gösterimi

3.2.3.4.11. Mineral madde analizi

Kontrol grubu peynir altı suyu tozu ve demineralize peynir altı suyu tozlarının asit muamelesi için mikrodalga sistemi kullanılmıştır. Tüm numuneler 100°C'de basınçlı ocakta kuru ağırlığa kadar kurutulmuştur. Element içeriklerinin belirlenmesi için toz numuneleri, programlanabilir zaman, güç ve döner numune karuseli içeren, 650 W olarak derecelendirilmiş MARS 5 CEM Corporation kullanılarak, kapalı basınçlı sistemli bir mikrodalga fırınla ön olarak yakılmıştır. Yaklaşık 0.5 g toz numunesi TEFLON kaplarına tartılarak 5 ml HNO₃ (%65, Sigma) ve 2 ml H₂O₂ (% 30, Sigma) ile karıştırılmıştır ve adım adım mikrodalga ile yakılıp, 5 dakikalık artışlarla 250 W'tan 650 W'a çıkarılmıştır. 15 dakika içerisinde tamamen berrak ve renksiz çözeltiler elde edilmiş ve daha sonra damıtılmış su ile seyreltilmiştir (Anonymous, 1998). Toz numunelerin mineral içerikleri, ICP-AES cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

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

4.1.1. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının pH miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Farklı demineralizasyon işlemine tabi tutulmuş peynir altı suyu tozları ve kontrol grubu örneğinin pH oranlarına ait meydana gelen değişim Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol grubu peynir altı suyu tozunda en düşük peynir pH 6.12 olarak bulunmuştur. Demineralizasyon oranlarında meydana gelen artış sonucu peynir altı suyu tozlarının pH değerlerinde yükselme olduğu belirlenmiştir. %50 DPST ile %70 DPST bakıldığında pH 6.19-6.20 aralığında olduğu saptanırken önemli bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir. En yüksek pH oranına ise %90 demineralize işlem görmüş peynir altı suyu tozu 6.32 değerinde olduğu tespit edilmiştir. Özetlemek gerektiğinde demineralizasyon işlemlerinin uygulanması pH değerleri üzerinde artışa sebep olduğu görülmüştür.

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

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

Örne k	pH	%LA	Tuz	Kül	Yağ	Protein	Nem	Su aktivitesi
PST	6.12±0.0 1c	0.106±0.0 09a	3.29±0.0 2a	7.80±0.0 6a	0.5±0.0 ns	6.98±0.0 4a	3.99±0.1 3a	0.410±0.0 08a
DPS T-50	6.19±0.0 1b	0.076±0.0 06b	2.42±0.0 4b	5.00±0.0 7b	0.5±0.0	3.00±0.0 4b	2.54±0.0 6b	0.283±0.0 05b
DPS T-70	6.20±0.0 0b	0.068±0.0 01b	1.72±0.0 4c	4.86±0.0 6b	0.5±0.0	2.75±0.0 3c	2.42±0.0 4b	0.269±0.0 03b
DPS T-90	6.32±0.0 2a	0.065±0.0 04b	1.00±0.0 1d	3.04±0.0 4c	0.5±0.0	1.94±0.0 2d	1.94±0.0 4c	0.267±0.0 03b

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

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

Kontrol grubu örneği ve demineralize işlem görmüş peynir altı suyu tozlarının % laktik asit değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 0.65-0.106 LA aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Laktik asit miktarı demineralize işlem görmemiş kontrol grubunda 0.106 ile yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Demineralizasyon işlemleri uygulandıkça ise laktik asit oranlarında azalma meydana geldiği 0.65-0.76 aralığında bulunarak önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür.

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 demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının tuz miktarlarına ait sonuçlar ve tartışma

Peynir altı suyu ve demineralize peynir altı suyu tozlarında tuz oranlarında meydana gelen değişim Çizelge 4.1.’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan örneklerde ki tuz oranlarına bakıldığında kontrol grubunun 3.29 ile en yüksek değere sahip olduğu, demineralizasyon oranlarının artması ile peynir altı suyu tozlarında yer alan tuz oranlarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Farklı demineralize oranlarına sahip peynir altı suyu tozları kıyaslandığında %50 DPST’de 2.42, %70 DPST’de 1.72, %90 DPST’de 1.00 olarak tuz oranlarındaki düşüş gözlemlenmiştir.

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

Demineralizasyon işlemi görmüş peynir altı suyu tozlarında kül oranlarında ki değişim Çizelge 4.1’de verilmiştir. Kontrol grubu örneğinde kül miktarı demineralize işlemi görmüş peynir altı suyu tozlarına göre 7.80 oranında yüksek çıkarken, %50-%70 demineralize peynir altı suyu tozlarında kül oran değişimi 5.00-4.86 aralığında bulunmuştur. %90 DPST’nin 3.04 ile en düşük kül oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

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

Maillard reaksiyonu ve süt lipitlerinin oksidasyonu toz süt ürünlerinde duyuusal ve işlevsel hatalara sebep olan en önemli etkenlerdir (Farkye, 2006).

Mineral işlemleri görmüş demineralize peynir altı suyu tozlarının ve kontrol grubunda yağ miktarlarında olan değişimler için Çizelge 4.1'e bakıldığında istatistiki açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

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

Örne k	pH	%LA	Tuz	Kül	Yağ	Protein	Nem	Su aktivitesi
PST	6.12±0.0 1c	0.106±0.0 09a	3.29±0.0 2a	7.80±0.0 6a	0.5±0.0 ns	6.98±0.0 4a	3.99±0.1 3a	0.410±0.0 08a
DPS T-50	6.19±0.0 1b	0.076±0.0 06b	2.42±0.0 4b	5.00±0.0 7b	0.5±0.0	3.00±0.0 4b	2.54±0.0 6b	0.283±0.0 05b
DPS T-70	6.20±0.0 0b	0.068±0.0 01b	1.72±0.0 4c	4.86±0.0 6b	0.5±0.0	2.75±0.0 3c	2.42±0.0 4b	0.269±0.0 03b
DPS T-90	6.32±0.0 2a	0.065±0.0 04b	1.00±0.0 1d	3.04±0.0 4c	0.5±0.0	1.94±0.0 2d	1.94±0.0 4c	0.267±0.0 03b

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

4.1.6. Farklı demineralizasyon 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 kontrol grubu peynir altı suyu tozuna bakıldığında 6.98 ile en yüksek protein içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Mineralleştirme işlemi oranları arttıkça peynir altı suyu tozlarında protein miktarlarında önemli azalmalar olduğu gözlemlenmiştir. %50 demineralize işlem görmüş peynir altı suyu tozunda kontrole göre protein miktarında %58 azalma, %70 DPST'de %61 ve %90 DPST 'de 73 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

4.1.7. Farklı demineralizasyon 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 örneğinde nem oranı 3.99 oranlarında gözlemlenmiş olup; %50-%70 demineralize peynir altı suyu tozlarında 2.54-2.42 oranlarında belirlenmiştir. Örneklerle bakıldığında ise mineral oranı azaldıkça nem miktarının 1.94 ile en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir ve standardına uygunluk sağlamaktadır. Ürünün nem içeriğinin %4'den büyük olması kalite bozukluğu göstergesi olarak kabul edilirken nem içeriğinin %1'den az olması ise kimyasal oksidasyonu hızlandırmaktadır.

4.1.8. Farklı demineralizasyon 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 kontrol grubu peynir altı suyu tozlarında 0.410 olarak belirlenirken demineralize peynir altı suyu tozu örneklerinde önemli bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Fakat demineralizasyon işleminin su aktivitesi 2.67-2.83 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Böylece demineralize işleminin peynir altı suyu tozlarında önemli bir fark yaratmadığı sonuçların birbirlerine yakın oranlarda çıktığı saptanmıştır.

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

Tüketicilerin tüketim sağlamadan önce kalite kriteri olarak belirleyen iki parametresi gıdanın rengi ve görünümüdür. Bu sebeple renk değerleri gıdaların kusurlarının belirlenmesi veya gıdaların gösterebileceği normal olmayan oluşumlarının saptanmasına olanak sağlamaktadır. 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 demineralizasyona sahip peynir altı suyu tozlarının L^* renk değişimleri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Kontrol grubunda 99.04 bulunurken, %50 DPST de L^* değeri 98.11, %70 DPST'de 97.40 ve %90 PDST'de 92.01 aralıklarında değiştiği belirlenmiştir. Farklı oranlarda demineralizasyon işleminin uygulanması ile peynir altı suyu tozlarının parlaklık değerleri azalmıştır.

a^* renk değeri kırmızılığı (a^+) ve yeşilliği (a^-) belirtmektedir. Kullanılan örneklerin a^* değerlerindeki değişimler aşağıda yer alan Çizelge 4.2'de verilmiştir. En düşük a^* değeri -9.08 ile kontrol grubunda bulunurken, en yüksek a^* değeri -6.67 ile %90 demineralize peynir altı suyu tozunda tespit edilmiştir. %50-%70 DPST'de -8.32 ile -8.28 arasında

değişim göstermiştir. Demineralizasyon işlemlerinde oran arttıkça a^* değerinde artış gözlemlenmiştir.

b^* renk değeri sarılığı (b^+) ve maviliği (b^-) belirtmektedir. Üretilen farklı demineralizasyon işlemine sahip peynir altı suyu tozlarında a^* renk değeri değişimi çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Peynir altı suyu tozlarında mineralleştirme işleminin b^* değeri üzerindeki etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Kontrol grubu örneğinde b^* değeri 18.92 ile en düşük gözlemlenmiştir. %90 oranında minerallerinden uzaklaştırılan peynir altı suyu tozunda b^* değeri 28.93 olarak en yüksek belirlenmiştir.

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

Örnek	L	a	b
PST	99.04±0.12a	-9.08±0.07c	18.92±0.12d
DPST-50	98.11±0.06b	-8.32±0.07b	19.62±0.19c
DPST-70	97.40±0.31c	-8.28±0.05b	21.01±0.12b
DPST-90	92.01±0.23d	-6.67±0.05a	28.93±0.22a

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

4.2. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının fonksiyonel özelliklerine ait sonuçlar

4.2.1. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının gevşek yığın yoğunluğuna ait sonuçlar ve tartışma

Farklı demineralizasyon işlemine sahip peynir altı suyu tozlarında gevşek yığın yoğunluğu (GYG) değerindeki değişim Çizelge 4.3’de verilmiştir. Kontrol grubunda 0.432 tespit edilirken gevşek yığın yoğunluğunun örnekler üzerinde istatistiki açıdan önemli bir fark oluşturmadığı gözlemlenmiştir.

Kütle yoğunluğu ticari, ekonomik ve işlevsel açıdan önemli kalite özelliklerinden biridir. Uzun mesafelere gönderilen tozların hacmini azaltmak için yığın yoğunluklarının yüksek olmaları önemlidir. 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 ısıtma işlemi, havalandırma ve köpürme kapasitesi, ve viskoziteden; kurutma havasının giriş ve çıkış hava sıcaklığından; tozun özellikleri olan partikül boyut dağılımı ve nemden etkilenmektedir (Schuck ve ark., 2012; Kara, 2021).

Çizelge 4.3. Peynir altı suyu tozlarının fonksiyonel özelliklerine ait sonuçlar

Örnek	GYT (g cm ⁻³)	SYT (g cm ⁻³)	Dağılabilir lik %	Islanabili rlik (s)	Köpük oluşturma Kapasitesi %	Köpük Stabilitesi (sec)
PST	0.432±0.0 48ns	0.628±0.0 18b	44.37±0.8 9a	108±11a	41±1.4d	109±2
DPST -50	0.475±0.0 07	0.940±0.0 61a	40.02±0.9 7b	101±5a	51.5±2.1c	135±8
DPST -70	0.514±0.0 01	1.058±0.0 45a	26.05±0.7 8c	44±8b	75±1.4b	370±14
DPST -90	0.520±0.0 09	1.055±0.0 37a	9.13±0.25 d	23±2c	92.5±3.5a	656±6

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

4.2.1. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının sıkıştırılmış yığın yoğunluğuna ait sonuçlar ve tartışma

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (SYT) Çizelge 4.3’de verildiği üzere farklı demineralize işlem görmüş peynir altı suyu tozlarında 0.90-1.058 aralığında bulunmuştur. İstatistiki açıdan farklı demineralizasyon işlemi görmüş örneklerde ve kontrol grubundan elde edilen değerler önemsiz görülmüştür.

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu belirli şartlar altında toz hacmine vurulması ile veya titreştirilmesi aşamasından sonra oluşan yığın yoğunluğu olarak kabul edilmektedir (Ortega-Rivas, 2008; Kara, 2021). Bu çalışma sonucunda istatistiki açıdan önemli bir fark gözlemlenmemiştir. Böylece peynir altı suyu tozlarının bileşim özellikleri, partiküller arasında meydana gelen boyut farklılıkları ve partiküller arası etkileşimlerinde önemli farklılıklar olmadığı düşünülmektedir.

4.2.2. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının dağılabilirlik değerlerine ait sonuçlar ve tartışma

Demineralize peynir altı suyu tozu örneklerinde dağılabilirlik oranlarındaki değişim Çizelge 4.3’de verilmiştir. En yüksek dağılabilirlik oranı 44.37 ile kontrol grubu örneği olan

peynir altı suyu tozlarında belirlenmiştir. Minerallerinden uzaklaştırıldıkça dağılıbilirlik oranlarında azalma gözlemlenmiştir. %50 demineralize peynir altı suyu tozunda 40.02, %70 demineralize peynir altı suyu tozunda 26.05 olarak bulunmuştur. En düşük dağılıbilirlik 9.13 ile %90 demineralize peynir altı suyu tozunda tespit edilmiştir.

Su içerisinde hafifçe karıştırılarak dağıtılan tozun tek tek parçacıklara ayrılması endüstride önemlidir. Toz parçaları ve toz topaklarının suda dağılma kolaylığı ve çözünen katıların yüzdesi dağılıbilirlik olarak tanımlanmaktadır. Dağılıbilirlik 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 dağılıbilirlik üzerine etkisi olacağı düşünülürken dağılıbilirlik oranlarında azalma olması durumunda işlevsellik kaybına neden olacağı düşünülmektedir.

4.2.3. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının ıslanabilirlik değerine ait sonuçlar ve tartışma

Farklı demineralize işlemlerine sahip peynir altı suyu tozlarının ıslana bilirliliklerindeki değişim Çizelge 4.3’ da gösterilmiştir. Peynir altı suyu tozlarının ıslanabilirliği saniye (s) cinsinden verilmiştir. Kontrol örneği olan peynir altı suyunda ve %50 DPST’ de ıslanabilirlik süresi 108-101 s ler arasında olduğu tespit edilmiştir. En düşük ıslanabilirlik süresi 23 s ile %90 DPST’ de gözlemlenmiştir.

Belirli bir sıcaklığa sahip olan su ile tozun ıslanabilme yeteneğinin ölçülmesi ıslanabilirlik olarak tanımlanır (Tamime, 2009; Kara, 2021). Islanabilirlik toz partiküllerinin boyutuna, gözenek durumuna, yoğunluğuna, toz yüzey alanına, yüzey alanına, yüzey yüküne toz partiküllerinin yüzey aktivitesine ve amfipatik maddelerin varlığına bağlıdır. Islanabilirlik de tüm bu aşamalar içerisinde esas etken tozun partikül yüzeyi ile su arasındaki ilişkisidir (Kim ve ark., 2002; Kara, 2021).

4.2.4. Farklı demineralizasyon 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. %90 demineralize peynir altı suyu tozunun en yüksek (% 92.5) köpük oluşturma kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Demineralize edilme oranları azaldıkça köpük oluşturma kapasitesi değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. %70 DPST’ de % 75 iken, %50 DPST’ de % 51.5 oranına düştüğü görülmektedir. Kontrol grubu örneği olan peynir altı suyu tozunda ise en düşük (%41) köpük oluşturma kapasitesi değeri verdiği belirlenmiştir.

Demineralizasyon işlemi uygulanmış peynir altı suyu tozlarına ait köpük stabilitesi analiz sonuçları saniye (s) olarak Çizelge 4.3’ de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde köpük stabilitesine ait sonuçlar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Farklı demineralize işlemi görmüş peynir altı suyu tozlarına göre %90 DPST’ de köpük stabilitesi 656 saniye ile en yüksek bulunmuştur. Kontrol grubu örneğinde ise 109 saniye ile en düşük olarak tespit edilmiştir.

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

4.2.5. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının çözünübilirlik özelliklerine ait sonuçlar ve tartışma

Peynir altı suyu tozlarının çözünübilirlik sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir ve sonuçlar 50 ml sulandırılmış tozdan belirlenmiştir. Kontrol örneği ve demineralize peynir altı suyu tozlarının çözünübilirlik sonuçları 0.6-0.9 aralığında değiştiği saptanmıştır. Peynir altı suyu tozlarına demineralizasyon işlemi uygulandıkça çözünübilirlik indeklerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4. Peynir altı suyu tozlarının çözünübilirlik özelliklerine ait sonuçlar

Sample	Insolubility index (%)
WP	0.9±0.0
DWP-50	0.7±0.0
DWP-70	0.6±0.0
DWP-90	0,6±0.1

4.3. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Toz Akış Özelliklerine Ait Sonuçlar ve Tartışma

4.3.1. Farklı demineralizasyon 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 yığımlara, 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 demineralize 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 kontrol grubu olan peynir altı suyu tozunda (6.43) tespit edilmiştir. DPST-50 de kekleşme değerinin 3.66, DPST-70 de 1.78 ve en düşük DPST-90 da 0.55 olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre peynir altı suyu tozlarına uygulanan demineralizasyon işlemleri ile kekleşme değerleri önemli ölçüde düşürülmüştür.

Ortalama kek kuvveti değerlerine bakıldığında kontrol numunesinde 0.49 ile kek kuvveti değerinde olduğu gibi en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük ortalama kek kuvveti ise %90 demineralize peynir altı suyu tozunda tespit edilmiştir.

Toz akış özellikleri analizi farklı hızlarla uygulanan akışta toz örneklerinin dirençlerini ölçmek için yapılmaktadır. Bu analizde farklı oranlarda demineralizasyon işlemi görmüş peynir altı suyu tozlarının toz akış özelliklerini belirlemek amacıyla 10, 20, 50 ve 100 mm/s⁻¹ kontrollü akış hızları uygulanmıştır. Uygulanan hızlar, toz ürünlerin işlenmesi ve taşınması aşamalarında meydana gelebilecek durumları simüle etmesi için belirlenmiştir. Hıza bağlı toz akış özelliklerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.5’ de verilmiştir. 10 mm/s hızda 59.70 ile en yüksek değere sahip kontrol numunesidir. En düşük değer ise 46.98 nM.m ile DPST-90 da belirlenmiştir. 20 mm/s hızda 58.15 nM.m ile en yüksek değer belirlenirken %50-70 demineralize işlem görmüş peynir altı suyu tozlarında 49.56-48.85 nM.m aralıklarında değişim saptanmıştır. 20 mm/s hızda 45. nM.m 50 ile en düşük değer tespit edilmiştir. 50 mm/s hızda kontrol örneği ve DPST-50 de 51.66-49.77 nM.m aralıklarında belirlenirken, DPST-70 de 45.31 nM.m ve DPST-90 da 41.67 nM.m aralığında değerler görülmüştür. 100 mm/s akış hızı uygulanmış örneklerde 46.04 nM.m ile kontrol numunesinin değeri tespit edilirken, %50ve %70 oranlarında demineralizasyon işlemi uygulanmış peynir altı suyu tozlarının analiz sonuçları birbirlerine yakın oranlarda (36.04-35.86 nM.m) belirlenmiştir.

Peynir altı suyu tozlarına farklı oranlarda demineralizasyon işlemlerinin uygulanması akış stabilitesi değerlerini önemli düzeyde etkilememiştir. Akış stabilitesi değerleri tüm örneklerde birbirine yakın bulunmuştur.

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

Örnek	Kek kuvveti (N.mm)	Ortalama kek kuvveti (N)	Sıkıştırma katsayısı 10 mm s ⁻¹ (mN.m)	Sıkıştırma katsayısı 20 mm s ⁻¹ (mN.m)	Sıkıştırma katsayısı 50 mm s ⁻¹ (mN.m)	Sıkıştırma Katsayısı 100 mm s ⁻¹ (mN.m)	Akış stabilitesi
PST	6.43±0.11a	0.49±0.02a	59.70±0.43a	58.15±0.49a	51.56±0.63a	46.04±0.22a	1.00±0.01a
DPST-50	3.66±0.06b	0.35±0.02b	51.60±0.57b	49.56±0.63b	49.77±0.32a	36.04±0.23b	1.01±0.01a
DPST-70	1.78±0.09c	0.31±0.02b	51.17±0.46b	48.85±0.21b	45.31±0.42b	35.86±0.19b	1.00±0.00a
DPST-90	0.55±0.03d	0.11±0.01c	46.98±0.03c	45.50±0.70c	41.67±0.46c	33.30±0.28c	1.01±0.01a

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

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

Farklı demineralizasyon işlemi uygulanmış peynir altı suyu tozlarında kohezyon özelliklerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Kuvvet-konum grafiğinin altında kalan alandan kohezyon katsayısı hesaplanmaktadır. Kohezyon katsayısında azalma yani negatif yönde olan artma peynir altı suyu tozlarında kohezifliğin yükseldiğini göstermektedir. Toz partiküllerinin birbirlerine yapışması ve daha büyük partikül kemelerinin (aglomere) oluşması kohezyon olarak tanımlanmaktadır (Mercan ve ark., 2018).

Kohezyon katsayısı -4.79 ile -8.81 aralığında değişim göstermiştir. Demineralizasyon işlemi ile kohezyon katsayısında artış olduğu tespit edilmiştir. Kohezyon indeksi, kohezyon katsayısının örneğin ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Kohezyon indeksi, kohezyon ağırlığının etkisinin kaldırılması sebebi ile tozların kalite kontrolünde yararlı bir analiz parametresidir. Kohezyon indeksi değeri 6.58-13.25 arasında bulunmuştur.

Tozların akış hızına bağlı akış özelliklerini belirlemek için dört farklı hızda kohezyon analizi uygulanmıştır. Dört farklı hız uygulanan kontrollü akışa karşı peynir altı suyu tozlarının direncini belirlemek amacıyla kohezyon analizi yapılmaktadır. Farklı oranlarda işlem görmüş demineralize peynir altı suyu tozlarına 10, 20, 50 ve 100 mm/s hızlarda

uygulanan kohezyon analizi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Kohezyon indeksi değerine 10 mm/s hızda en yüksek 16.09 ile kontrol numunesinde saptanmıştır. Demineralize işlem görmüş örneklerde 7.09-9.77 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. 20 mm/s hız uygulanan örneklerde en yüksek değer 16.10 ile kontrol grubunda belirlenirken, demineralize işlem görmüş peynir altı suyu tozlarında sırası ile 10.06, 7.40, 7.12 değerleri bulunmuştur. 50 mm/s hız uygulanmış örneklerde ise 10 mm/s ve 20 mm/s hız uygulanmış örneklerde olduğu gibi en yüksek sonuç kontrol grubu peynir altı suyunda bulunmuştur. DPST-50 de 9.16 sonucu elde edilirken DPST70 ve DPST-90 da elde edilen sonuçlarda (6.83-6.39) istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Kohezyon indeksi hızının 100 mm/s uygulandığı örneklerde ise 15.18 ile kontrol numunesi yüksek sonuç verirken, 6.32 ile DPST-90 en düşük sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Analiz sonuçları incelendiğinde demineralize 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 demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının kohezyon değerlerine ait analiz sonuçları

Örnek	Kohezyon katsayısı (mN.m)	Kohezyon indeksi	Kohezyon indeksi 10 mm/s ⁻¹	Kohezyon indeksi 20 mm/s ⁻¹	Kohezyon indeksi 50 mm/s ⁻¹	Kohezyon indeksi 100 mm/s ⁻¹
PST	-8.81±0.27c	13.25±0.35a	16.09±0.13a	16.10±0.14a	14.68±0.26a	15.18±0.26a
DPST-50	-6.60±0.28b	9.13±0.18b	9.77±0.10b	10.06±0.08b	9.16±0.23b	9.44±0.20b
DPST-70	-5.20±0.28a	7.05±0.08c	7.12±0.10c	7.40±0.14c	6.83±0.18c	7.21±0.16c
DPST-90	-4.79±0.15a	6.58±0.13c	7.09±0.19c	7.12±0.12c	6.39±0.23c	6.32±0.20d

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

4.4. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Partikül Boyutu Değerlerine Ait Sonuçlar ve Tartışma

Farklı demineralizasyon değerlerine sahip peynir altı suyu tozlarının partikül boyut dağılımının span, $D_{3,2}$, $D_{4,3}$, $d(0.1)$, $d(0.5)$, $d(0.9)$ değerleri saptanmıştır. Partikül boyutunda meydana gelen değişimler Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Span değeri partikül boyut dağılımının boyutsuz genişliğini ifade etmektedir. Kurutma işlemi aşamasında oluşan boyut dağılımı ve partiküller arasındaki ilişkiler toz akışkanlığına etki etmektedir. Kontrol grubu peynir altı suyu tozu örneğinde span değeri 3.46 olarak belirlenmiştir. %50 DPST' de 2.42 olarak elde edilen span değeri %70 ve %90 DPST' de 1.98-1.76 oranlarında diğer örneklerle göre daha az değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

$D[3,2]$ değeri ortalama yüzey alanını ifade etmektedir. Sauter ortalama çapı olarak da tanımlanan $D[3,2]$ yüzey alanının önemli olduğu ve aktif yüzeylere sahip durumlar da hesaplamalar için kullanılmaktadır. Partikül hacminin küpünün yüzey alanının karesine bölünmesi ile $D[3,2]$ değeri hesaplanmaktadır. $D[3,2]$ değeri istatistiki açıdan önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek $D[3,2]$ değerine sahip örnek %90 DPST (60.90) olarak hesaplanmıştır. En düşük değere sahip ise 28.20 ile kontrol numunesinde belirlenmiştir. %50-%70 oranlarında demineralize işlemi görmüş peynir altı suyu tozlarında ise birbirlerine yakın oranlarda veriler tespit edilmiştir.

$D[4,3]$ değeri hacim ağırlıklı ortalama (HAO) değerini ifade etmek ile birlikte aynı zamanda De Brouckere Ortalama Çapı ve Hacim veya Kütle Moment Ortalaması şeklinde de ifade edilmektedir. Partikül sayısının önemsiz olduğu durumlar için kullanılmaktadır. $D[4,3]$ sonuçlarına bakıldığında en düşük değer kontrol örneğinde 55.15 şeklinde elde edilirken demineralizasyon oranları arttıkça değerlerde artış gözlemlenmiştir. Demineralize işlemi görmüş DPST-50 de 70.55 μm , DPST-70 de 89.90 μm ve DPST-90 da 130.50 μm ile en yüksek değer de tespit edilmiştir.

$d(0.1)$ değeri örneklerin partikül boyutlarının %10'nunun belirlenen çapın altında olduğunu göstermektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre en yüksek değer DPST-90'da 25.90 μm ile tespit edilmiştir. Kontrol grubu, DPST-50 ve DPST-90 da ise 13.45-14.65 aralığında değişim gösterdiği görülmektedir.

$d(0.5)$ değeri örneklerin partiküllerinin %50'sinin belirlenen çapın altında olduğunu ifade etmektedir. En yüksek $d(0.5)$ değeri 122.2.83 ile DPST-90 da gözlemlenmektedir. En düşük $d(0.5)$ değeri ise 40 μm ile kontrol numunesinde belirlenmiştir. DPST-70 ile DPST-

90 aralığında önemli bir artış olmadığı 55.3-59.35 aralığında değişim gösterdiği görülmektedir.

d (0.9) değeri örneğin partiküllerinin %90'nının belirlenen çapın altında olduğunu ifade etmektedir. En yüksek d (0.9) değeri DPST-90'da (236 μm) belirlenmiştir. Kontrol grubu peynir altı suyu tozunda ve %50 oranında demineralize peynir altı suyu tozunda 109-1124 değer aralıklarında sonuçlar elde edilirken DPST-70'de 212 μm olarak tespit edilmiştir.

Depolama şartları ve partikül özelliklerinde meydana gelen küçük değişimler dahi toz ürünlerinde akışkanlığı etkileyebilmektedir. Partikül boyutu tozların akış özelliğini etkileyen en önemli fiziksel faktörlerden biridir. Genel olarak 200 μm 'dan daha büyük partikül boyutuna sahip tozların serbest akışa sahip olduğu, ince tozların kohezyon eğilimli oldukları ve akışkanlığa karşı fazla direnç göstermeleri sebebi ile akışkanlıklarının zor olduğu ifade edilmektedir. Akışkanlıkta oluşan azalmanın nedeni ise daha küçük partikül boyutları, birim kütle başına artan yüzey alanından kaynaklanmaktadır (Benkovic ve Bauman, 2009).

Çizelge 4.7. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının partikül boyutu parametreleri

Örnek	Span	D [3.2] (μm)	D [4.3] (μm)	d (0.1) (μm)	d (0.5) (μm)	d (0.9) (μm)
PST	3.46 $\pm$ 0.19a	28.20 $\pm$ 1.13c	55.15 $\pm$ 1.20d	13.45 $\pm$ 0.35b	40 $\pm$ 1.41c	109 $\pm$ 5c
DPST-50	2.42 $\pm$ 0.11b	33.20 $\pm$ 0.99b	70.55 $\pm$ 2.05c	14.30 $\pm$ 0.42b	55.3 $\pm$ 1.13b	124 $\pm$ 4c
DPST-70	1.98 $\pm$ 0.03bc	33.10 $\pm$ 0.57b	89.90 $\pm$ 1.56b	14.65 $\pm$ 0.21b	59.35 $\pm$ 0.92b	212 $\pm$ 4b
DPST-90	1.76 $\pm$ 0.06c	60.90 $\pm$ 1.56a	130.50 $\pm$ 3.54a	25.90 $\pm$ 0.28a	122 $\pm$ 2.83a	236 $\pm$ 6a

Veriler ortalamadır (n=3); Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($P < 0.05$); ns: istatistiki açıdan önemsiz

4.5. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Tekstürel Özelliklerine Ait Sonuçlar ve Tartışma

Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozuna ait fizikokimyasal analizlerden sertlik, kıvam, yapışkanlık ve viskozite indeksi analizlerine ait tüm sonuç değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Rekonsitüe edilen peynir altı suyu tozu örneklerinde sertlik değerleri ortalama 0.137 (N) bulunmuşken demineralize edildikçe sertlik değerlerinde önemli bir değişiklik görülmemiştir. Peynir altı suyu tozlarının kıvam değerlerinde kontrol grubunda 1.918 tespit edilmiştir. Demineralize edildikçe %50 DPST de 1.923 $\pm$ 0.14 iken %90 DPST de 1.913 $\pm$ 0.001 şeklinde değiştiği belirlenmiştir. Kıvam değerlerinde oluşan bu

değişim istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Yapışkanlık değerlerine bakıldığında kontrol grubunda -0.075 ± 0.001 belirlenirken peynir altı suyu tozlarında mineralleri azaldıkça -0.074 ± 0.002 ile -0.078 ± 0.001 arasında önemsiz değişimler olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin viskozite indeksi değerleri -0.014 ile -0.011 arasında değiştiği tespit edilmiş ve bu değişim önemsiz görülmüştür. Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi kontrol grubu örnekleri ile demineralizasyon işlemi görmüş peynir altı suyu tozlarının sertlik, kıvam, yapışkanlık ve viskozite indeksi değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Çizelge 4.8. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının tekstürel özelliklerine ait sonuçlar

Örnek	Sertlik (N)	Kıvam (N.s)	Yapışkanlık (N)	Viskozite İndeksi (N.s)
PST	$0.137 \pm 0.001_{ns}$	$1.918 \pm 0.008_{ns}$	$-0.075 \pm 0.001_{ns}$	$-0.013 \pm 0.000_{ns}$
DPST-50	0.133 ± 0.003	1.923 ± 0.014	-0.074 ± 0.002	-0.011 ± 0.001
DPST-70	0.133 ± 0.003	1.925 ± 0.007	-0.076 ± 0.001	-0.012 ± 0.000
DPST-90	0.133 ± 0.001	1.913 ± 0.001	-0.078 ± 0.001	-0.014 ± 0.002

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

4.6. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının Mineral Madde Sonuçları ve Tartışma

Peynir altı suyu tozlarında yer alan sodyum (Na), kalsiyum (Ca), potasyum (K), fosfor (P), magnezyum (Mg), kükürt (S), demir (Fe), bor (B) , çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) mineral maddelerin analiz sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlarda Na değeri kontrol grubunda 15.49 g/kg ile en yüksek değerde bulunmuştur. Demineralize işlemlerinde oranların artması ile düşüş gözlemlenmiştir. En düşük sodyum değeri %90 oranında demineralize işlem görmüş peynir altı suyu tozunda 5.29 g/kg şeklinde tespit edilmiştir. Kalsiyum değeri Na’da olduğu gibi en yüksek kontrol grubu olan demineralize işlemi görmemiş peynir altı suyu tozunda 12.21 g/kg şeklinde tespit edilmiştir. DPST-50’ de 9.69 , DPST-70’de 7.55 ve DPST-90’da 5.30 g/kg ile en düşük değer olarak saptanmıştır. Bir diğer mineral madde olan potasyum oranına bakıldığında en yüksek 11.64 g/kg şeklinde kontrol örneğinde belirlenirken DPST-70 ve DPST-90’da 4.98 - 5.65 g/kg aralığında değer tespit edilmiştir. Fosfor ise kontrol numunesi ve DPST-50’de 5.52 - 5.81 g/kg olarak bulunurken, demineralizasyon oranının %70 ile %90 oranına çokarılması ile 3.47 - 3.52 g/kg şeklinde değişim göstermiştir. Peynir altı suyu tozlarında yer alan magnezyum miktarı analiz sonucuna göre en düşük (1.11 g/kg) %90 demineralize işlem

görmüş peynir altı suyunda belirlenmiştir. En yüksek ise (2.38 g/kg) kontrol grubunda tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda li değişim istatistiki açıdan önemlidir. Kükürt değerleri incelendiğinde sırası ile 1.519, 1.099, 1.097 ve 0.680 g/kg olarak sonuçlar peynir altı suyu tozlarının demineralize işlem görme oranlarına göre değişim göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre demir içerikleri en yüksek kontrol örneğinde 3.70 mg/ kg olarak belirlenirken en düşük DPST-90'da 15.77 mg/kg sonucu elde edilmiştir. %50 ve %70 demineralize peynir altı suyu tozlarının demir minerali oranları 18.19-18.99 mg/kg olarak birbirlerine kıyasla az miktarda değişim göstermiştir. Bor sonuçlarında ise kontrol numunesi (PST), DPST-50 ve DPST-70 örneklerinde elde edilen değerler birbirlerine yakın oranlarda (7.97, 7.73, 7.41 mg/kg) belirlenmiştir. Diğer örneklerden daha düşük analiz sonucu ise DPST-90 numunesinde 5.01 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Peynir altı suyu tozlarında çinko elementi 3.70 mg/kg olarak en yüksek kontrol örneğinde saptanmıştır. Demineralize işlemleri gerçekleştikçe demineralize oranlarında meydana gelen azalmanın birbirlerine kıyasla fazla olmadığı 2.39-2.67 mg/kg aralıklarında değiştiği tespit edilmiştir. Bakır ve mangan elementlerinin analiz sonucunda elde edilen değerleri incelendiğinde istatistiki açıdan önemli olmadıkları görülmüştür.

Çizelge 4.9. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının mineral madde değerlerine ait analiz sonuçları

Ör ne k	Na (g/kg)	Ca (g/kg)	K (g/kg)	P (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	Fe (mg/kg)	B (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Ps T	15.4 9±0. 75a	12.2 1±0. 37a	11.6 4±0. 51a	5.81 ±0.3 2a	2.38 ±0.0 7a	1.519 ±0.05 5a	19.65 ±0.51 a	7.97 ±0.0 2a	3.70 ±0.2 6a	0.859 ±0.05 5ns	0.891 ±0.09 3ns
DP ST 50	10.8 2±0. 11b	9.69 ±0.5 3b	7.43 ±0.3 6b	5.52 ±0.3 1a	1.86 ±0.0 6b	1.099 ±0.01 2b	18.99 ±1.78 ab	7.73 ±0.4 9a	2.67 ±0.2 8b	0.838 ±0.00 4	0.834 ±0.03 4
DP ST 70	8.24 ±0.9 4c	7.55 ±0.0 8c	5.65 ±0.6 9c	3.52 ±0.0 5b	1.49 ±0.0 1c	1.097 ±0.05 4b	18.19 ±1.09 ab	7.41 ±0.0 5a	2.49 ±0.2 6b	0.829 ±0.08 7	0.829 ±0.08 7
DP ST 90	5.29 ±0.5 0d	5.30 ±0.0 9d	4.98 ±0.4 8c	3.47 ±0.1 0b	1.11 ±0.0 1d	0.680 ±0.01 9c	15.77 ±2.00 b	5.01 ±0.0 3b	2.39 ±0.0 1b	0.797 ±0.00 2	0.797 ±0.00 2

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

4.7. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının DSC

Analizlerine Ait Sonuçlar ve Tartışma

Diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC), doğrusal sıcaklık artışının uygulandığı dinamik koşullarda veya sıcaklığın sabit olduğu izotermal koşullarda gerçekleştirilmektedir. Oksidasyon ortamı, yani oksijen veya havanın basıncı, ortam basıncından veya artırılmış basınçta tutulmaktadır (Ostrowska ve ark., 2010). Diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC), faz ve cam geçişi özelliklerini ölçen termal analitik tekniğe sahiptir. Camsı geçiş, moleküllerin hareketli olması sebebi ile özgül ısı kapasitesinde endotermik değişiklik ile karakterize edilmektedir (Ostrowska ve ark., 2012).

Çizelge 4.10’da görüldüğü gibi; DSC verilerine göre sıcaklık aralıkları 120-180° C uygulanırken peynir altı suyu tozlarında erime noktalarının sıcaklık artışı ile değiştiği gözlemlenmiştir. İlk sıcaklıkta 134.47-152.50 aralığında tespit edilmiştir. İkinci uygulanan 200-300°C aralığında ise yine sıcaklık artışı ile erime noktalarında kademeli bir artış saptanmıştır. En yüksek değer DWP-90 numunesinde belirlenmiştir.

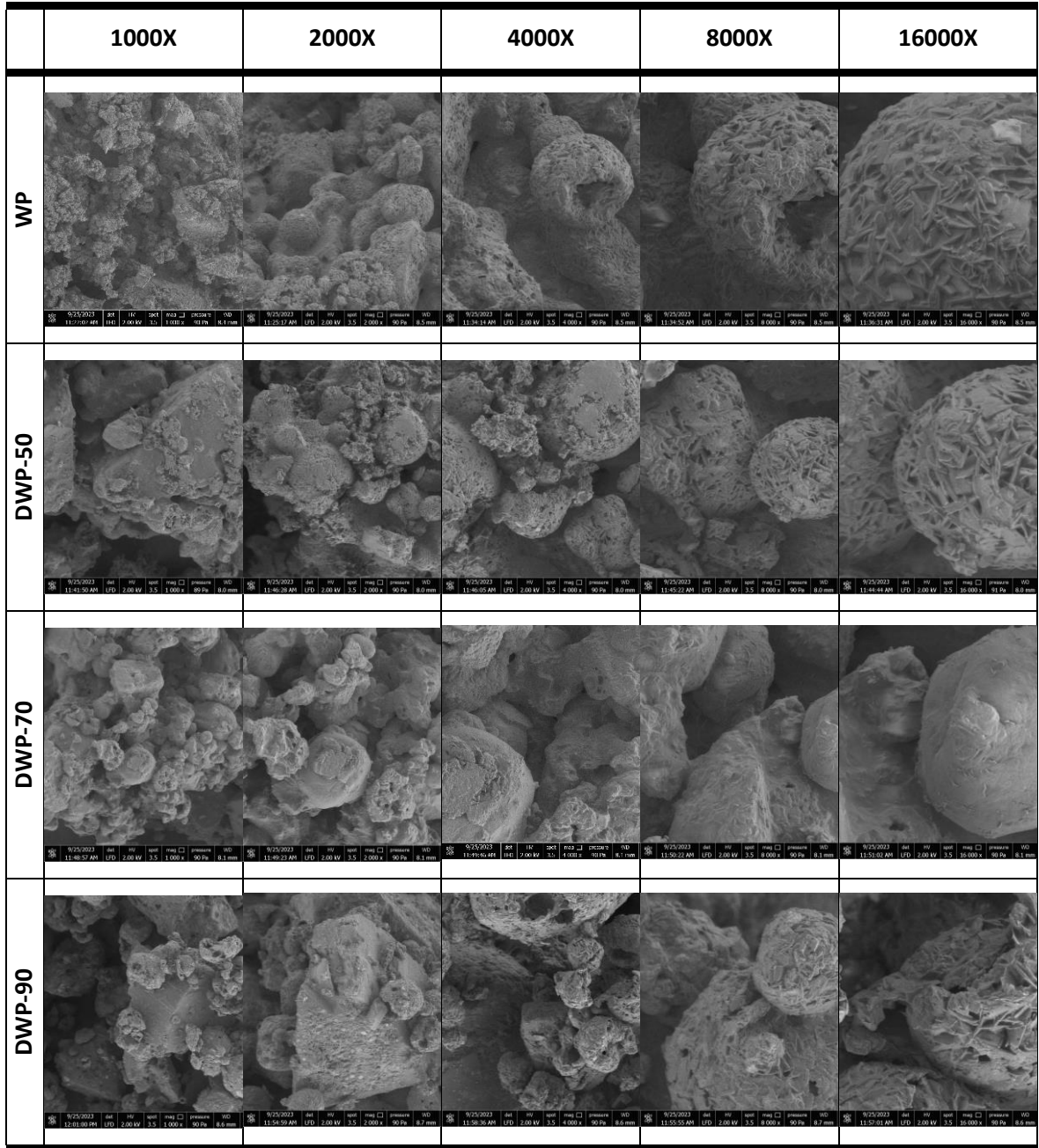
Çizelge 4.10. Farklı demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının DSC değerlerine ait analiz sonuçları

Temperature range (°C)	Samples	Mid-point temperature (°C)
120-180	WP	134.47±0.09
	DWP-50	139.21±0.43
	DWP-70	148.67±0.24
	DWP-90	152.50±1.45
200-300	WP	220.34±0.20
	DWP-50	226.52±0.11
	DWP-70	238.06±0.46
	DWP-90	245.57±0.49

4.8. Farklı Demineralizasyon Derecesine Sahip Peynir Altı Suyu Tozlarının SEM Görüntülerine Ait Sonuçlar Ve Tartışma

Peynir altı suyu tozlarının mikroyapılarının belirlenebilmesinde taramalı elektron mikroskopu (SEM) 1000-16000X büyütme oranları ile bakılan görüntüler kullanılmıştır. SEM görüntülerinde peynir altı suyu tozlarına ait partiküllerin yüzey morfolojisi ve şekli gösterilmektedir.

Demineralize işlem uygulanarak üretilen peynir altı suyu tozlarının ve kontrol örneği peynir altı suyu tozunun farklı büyütme oranlarının SEM görüntüleri Şekil 4.1’de verilmiştir. Elde edilen görüntülere göre, kontrol örneğinde 1000x büyütme olan partiküllerde yoğunlukla belirsiz şekle sahip partiküller görüntülenirken büyütme oranları arttıkça birleşmiş peynir altı suyu tozu partikülleri gözlemlenmiştir. Tüm örnekler için 1000x, 2000x, 4000x, 8000x ve 16000x büyütmeler uygulanmıştır. Uygulanan büyütme işlemlerinde görüldüğü gibi peynir altı suyu tozlarında demineralizasyon işlemleri artırıldıkça kekleşme derecelerinde azalma gözlemlenmiştir.



Şekil 4.1. Peynir altı suyu tozu ve demineralize peynir altı suyu tozlarının elektron mikroskopu görüntüleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, peynir altı suyu tozlarına uygulanan demineralize işlemlerinin etkisi araştırılmıştır. Üretilen peynir altı suyuna %50, %70 ve %90 oranlarında demineralize 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 kurutulurken demineralize 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 duyu özellikleri belirlenmiştir.

Farklı oranlarda demineralizasyon uygulanmış peynir altı suyu tozlarının tekstürel analiz sonuçları olan sertlik, kıvam, yapışkanlık ve viskozite indeksi sonuçlarına bakıldığında istatistiki açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir. Demineralize 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. Tuz değeri ise 1.00-3.29 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Kül analiz sonucuna bakıldığında ise en yüksek 7.80 iken en düşük 3.04'dür. Yağ değerleri tüm örneklerde aynı olup istatistiki açıdan önemli görülmemiştir. Nem analiz sonuçlarında ise demineralizasyon işlemleri uygulandıkça değerlerde azalma gözlemlenmiştir. Nem tutma kapasitesi üzerine bir çok 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 demineralizasyon derecesine sahip peynir altı suyu tozlarının fizikokimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında protein içeriği en yüksek kontrol numunesinde 6.98 ile yer almıştır. Demineralizasyon işleminde oranlar arttıkça protein miktarında önemli azalma gözlemlenmiştir. Su aktivitesi sonucu ise 0.267-0.410 aralığında değişim göstermiştir.

Bütün gıdalar için önemli bir kalite göstergesi olan renk tüketicilerin tercihi için önemlidir. Demineralize peynir altı suyu tozlarının L^* değeri peynir altı suyu tozunda yüksek (99.04), demineralize oranları arttıkça L^* değerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Böylece örneklerde parlaklık özelliklerinde azalma meydana gelmektedir.

a^* renk değerinin -6.67 DPST-90 da en yüksek, kontrol grubunda -9.08 ile en düşük olduğu tespit edilmiştir. Demineralizasyon işlemleri uygulanmış peynir altı suyu tozlarında

a^* değerinde demineralizasyon uygulandıkça artış saptanırken kırmızıya doğru yönelme meydana gelmektedir.

b^* renk değerinin kontrol grubunda 18.29 ile en düşük okunurken demineralizasyon işlemleri ile 19.62, 21.01, 28.93 olarak okumalar yapılmıştır. Yani b değerinde olan artış sarıya doğru yönelme olduğunu göstermektedir. Böylece L^* ve b^* değerleri birbirini tamamlamaktadır.

Kütle yoğunluğu ticari, ekonomik ve işlevsel açıdan önemlidir. Yani uzun mesafelere gönderilen tozların hacminin azaltılması için yığın yoğunluklarının yüksek olması gerekmektedir. Gevşek yığın yoğunluğu analiz sonuçlarında istatistiki açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğunun ise 0.628 ile 1.055 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Su içerisinde hafifçe karıştırılarak dağıtılan tozun tek tek parçalara ayrılması endüstride önemlidir. Dağılabilirlik doğrudan ıslanabilirlik durumuna da etki etmektedir. Peynir altı suyu tozlarının dağılabilirlik ve ıslanabilirlik analiz sonuçları incelendiğinde en yüksek dağılabilirlik değeri kontrol numunesinde 44.37 iken en düşük değer DPST-90 da 9.13 değerinde bulunmuştur. Islanabilirlik analiz sonucu incelendiğinde kontrol numunesi ve DPST-50 numunesinde yüksek oranda değerler elde edilmiştir. Demineralizasyon oranlarının artması ile elde edilen sonuçlarda düşüş gözlemlenmiştir.

Köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi analizlerinde en yüksek değerler DPST-90 örneğinde bulunmuştur. Demineralizasyon oranlarının azalması ile değerlerde azalma olduğu görülmüştür. Köpürme özelliği süt proteinlerinin önemli fonksiyonel özelliklerini oluşturmaktadır.

Çözünabilirlik analizinde DPST-90 ve DPST-70’de 0.6 ile düşük değer saptanmıştır. Minerallerinden uzaklaştırıldıkça peynir altı suyu tozları, çözünabilirlik indekslerinde azalma gözlemlenmiş bu durum ise daha yüksek çözünürlüğünü ifade etmektedir.

Kurutma işlemi aşamasında oluşan boyut dağılımı ve partiküller arasındaki ilişkiler toz akışkanlığına etki etmektedir. Demineralize peynir altı suyu tozlarının partikül boyutu parametrelerinden $D[3,2]$ ortalama yüzey alanını verirken değerleri 28.20-60.90 μm arasında ve $D[4,3]$ değerleri hacim ağırlıklı ortalamasını vermektedir ve partikül sayısının önemsiz olduğu durumlarda kullanılmaktadır ve 55.15-130.50 μm sonuçları tespit edilmiştir. Demineralizasyon oranı arttıkça $D[3,2]$ ve $D[4,3]$ değerlerinde artışlar gözlemlenmiştir. Depolama şartları ve partikül özelliklerinde meydana gelen küçük farklılıklar toz ürünler üzerinde akış özelliğini etkiler. Partikül boyutu tozların akış özelliklerini etkileyen en önemli fiziksel özelliklerden biridir.

Demineralize peynir altı suyu toz örneklerinin kek kuvveti değerlerinde önemli düzeyde düşüş olduğu belirlenmiştir. Ortalama kek kuvveti, 10, 20, 50 ve 100 mm/s hızlarda sıkıştırma katsayısı değerlerinde kontrol örneklerinde en yüksek sonuçlar elde edilirken demineralize oranları arttıkça düşüşler gözlemlenmiştir. Akış stabilitesi değeri ise örneklerde değişim göstermemiştir. Kekleşme oranları, düşük nem oranına sahip tozların yığınlara, topaklanmış katı forma ve son olarak yapışkan bir hal alması sebebi ile üründe işlevsellik kaybına ve düşük kaliteye sebep olması nedeni ile istenmemektedir. Peynir altı suyu tozları ve süt tozlarında kekleşme çoğunlukla görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan numunelerde demineralizasyon işlemlerinin uygulanması kekleşme oranlarına azalma meydana gelmesine sebep olmuştur ve olumlu bir sonuç olarak gözlemlenmektedir.

Kohezyon özellikleri değerleri -8.81 ile -4.79 arasında bulunmuştur. Kohezyon indeksi değerinde ise en yüksek 13.25, en düşük değer ise 6.58-7.05 aralığında DPST-50 ve DPST-90 da elde edilmiştir. Kohezyon indekslerinin 10,20,50 ve 100 mm/s hızlarda uygulanan kohezyon indeksleri analiz sonuçları istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Bu hızlarda uygulanan örneklerde en yüksek kohezyon indeksi değerine sahip 10 mm/s hız uygulanan kontrol numunesi (16.09) olmuştur. Farklı hızlar uygulanarak elde edilen örnek sonuçlarında ise en düşük 100 mm/s hız uygulanmış DPST-90 örneği (6.32) tespit edilmiştir. Kekleşme haricinde peynir altı suyu tozlarında kohezyon değerlerinin de demineralize işlemleri ile azaldığı tespit edilmiştir. Kohezyon değerinde meydana gelen azalma peynir altı suyu tozlarının daha kolay şekilde akmasına sebep olmaktadır.

Peynir altı suyu tozlarında mineral madde (Na, Ca, K, P, Mg, S, Fe, B, Zn, Cu, Mn) miktarı analizleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlardan kontrol grubu örneklerinde Na, , K, P, Mg, S, Fe, B ve Zn elementleri miktarları yüksek bulunmuştur. En yüksek elde edilen mineral madde Fe (19.65 mg/kg) olmuştur. Demineralizasyon oranlarının artması ile mineral madde miktarlarında istatistiki açıdan önemli görülen değişimler meydana gelmiştir. Cu ve Mn ise peynir altı suyu tozlarında istatistiki açıdan önemli görülmemiştir.

Demineralize peynir altı suyu tozlarına uygulanan diferansiyel taramalı kalorimetresi (DSC) analizinde örneklerin laktoz doygunluğu, kristalleşme durumu, viskoz yapısı ve minerallerin-asitlerin peynir altı suyu tozunda varlığı erime noktası üzerinde etkilidir. Minerallerinden uzaklaştırıldıkça peynir altı sularının erime noktalarında artışlar saptanmıştır.

Peynir altı suyu tozu örneklerinde SEM görüntülemesi yapılmıştır. Elde edilen görüntülemelere göre peynir altı suyu tozunda topaklanma olduğu gözlemlenmiştir. Topaklanma, toz içerisinde parçacıkların kümelenmesi veya topaklanması anlamına

gelmektedir ve bu durum akış özellikleri ve peynir altı suyu tozlarının genel kalitesini etkileyebilir. Peynir altı suyu tozlarında demineralizasyon derecelerinin artışı ile topaklanma oranı azalmıştır. Başka bir ifade ile, peynir altı suyu tozları minerallerinden ne kadar arındırılırsa, kekleşme eğilimi o kadar az olmaktadır. Örneklere uygulanan toz akış analizleri SEM görüntülemesi ile uyumludur. Bu durum peynir altı suyu tozu numunelerin topaklanma davranışlarının akış özelliklerine yansımaları göstermektedir. Topaklanma derecesi yüksek olan numunelerde ise belirsiz şekillere sahip büyük parçacık kümeler gözlemlenmiştir. Topaklanma eğilimi gösteren numunelerde parçacıklar arasında köprü oluşumu ise dikkat çekicidir. SEM analizi, tüm peynir altı suyu tozu numunelerindeki parçacıkların düzensiz boyut ve şekillere sahip olduğunu ve bunun da topaklanma olgusuna katkıda bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Peynir altı suyu tozu parçacıklarının yüzeylerinde laktoz kristalleri bulunmuştur. Thomas ve ark. (2004) göre; bu, laktoz kristallerinin varlığının topaklanmaya katkıda bulunan bir faktör olabileceği düşünülmektedir.

5.2 Öneriler

Demineralize peynir altı suyu tozlarında demineralizasyon oranları peynir altı suyunun reolojik özelliklerine etki ettiği görülmüştür. Peynir altı sularının demineralize işlem görmesi sonucu tozların fonksiyonel özelliklerine (ıslanabilirlik, dağılabilirlik, köpük stabilitesi vs.) göre önemli değişimler sağlaması nedeniyle gıda endüstrisinde farklı alanlarda kullanılması mümkün olabilmektedir. Bebek mamalarında demineralize 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 demineralize işlem uygulanmış peynir altı suyu tozu kullanılabilir. Mineral seviyesi azaltılması sonucunda tuz ya da herhangi bir mineral tadı hissedilmez böylece ürünlerde rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca demineralize peynir altı suyu tozunun ince partikül yapıda olması çikolata içerisinde yer alan diğer ham maddelere rahatlıkla karışmasını sağlar. Demineralizasyon 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 ürünleri 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., Ardiç, 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 Of 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.

Karagözlü, 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 Of 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 Tozlarının 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-Ligęza, 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., Kınık, 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.