

KONYA GIDA VE TARIM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KEÇİ VE İNEK PEYNİR ALTI SUYU
KONSANTRELERİNİN PROTEİNLİ KAHVE
FORMÜLASYONLARINDA KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

S**a Ö***

KONYA

HAZİRAN, 2023

KONYA GIDA VE TARIM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KEÇİ VE İNEK PEYNİR ALTI SUYU KONSANTRELERİNİN PROTEİNLİ
KAHVE FORMÜLASYONLARINDA KULLANIMI**

S**a Ö***

Danışman: Doç. Dr. G**a B****E Ö**L**

Eş Danışman: Prof. Dr. S**r B****L**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Meram-KONYA

HAZİRAN, 2023

S*****a Ö* tarafından hazırlanan “Keçi ve İnek Peynir Altı Suyu Konsantrelerinin Proteinli Kahve Formülasyonlarında Kullanımı” adlı bu çalışma, 20/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. G****a B****E Ö**L
Yeditepe Üniversitesi

Eş Danışman : Prof. Dr. S*****r B*****L
Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi

Başkan : Doç. Dr. E***n K*****Y
Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi H**e İ**i Ö****K
Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. S*****r B*****L
Anabilim Dalı Başkanı

Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. S*****r B*****L
Müdür V.

ÖZET

KEÇİ VE İNEK PEYNİR ALTI SUYU KONSANTRELERİNİN PROTEİNLİ KAHVE FORMÜLASYONLARINDA KULLANIMI

Ö*, S****a

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. G****a B****E Ö**L

HAZİRAN 2023, 55 sayfa

Bu tez çalışmasında inek ve keçi peynir altı suyu konsantrelerinin (whey protein concentrate, WPC) yapılarındaki α -laktalbumin ve β -laktoglobulin protein konsantrasyonlarındaki farklılıklar sebebiyle termal stabilitelerinin belirlenmesi ve proteinli kahve formülasyonlarında kullanımının sağlanması amaçlanmıştır. Bu sayede inek ve keçi peynir altı suyu konsantreleri arasındaki teknolojik farklar ortaya konulmuş ve peynir altı suyu konsantrelerinin kullanım alanlarının geliştirilmesine katkı sağlanmıştır. Bu amaçla öncelikle saf α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerinin farklı pH ve oranlarda ısıtma işlemine karşı gösterdikleri stabilite incelenmiştir. Sonrasında ticari olarak temin edilen inek ve keçi WPC'lerinin farklı protein konsantrasyonlarında (%2.7, %4.3 ve %6.7), farklı pH'larda (pH 3.0, 5.0, 7.0) ve farklı pastörizasyon normlarındaki (63 °C'de 30 dk; 72 °C'de 15 s; 82 °C'de 8 s) stabilitesi renk ölçümleri, bulanıklık, çözünürlük testleri ve görsel analizler aracılığıyla incelenmiştir. Optimum stabilitenin sağlandığı parametreler, proteinli kahve formülasyonu için değerlendirilmiştir. Elde edilen kahve örnekleri raf ömrü boyunca kalite parametreleri açısından incelenmiştir.

Saf protein çözeltileri ile yapılan çalışmalarda α -lac: β -lac oranının termal stabiliteyi etkilediği ve bu oranın artmasıyla çökmenin azaldığı tespit edilmiştir. PAS protein konsantresi ile yapılan ön çalışmalar sonrasında ise pH 5.0, 72 °C'de 15 sn pastörizasyon normu optimum parametre olarak belirlenmiş ve bu parametrelerde proteinli kahve üretimi yapılarak depolama süresi (21 gün, +4°C) boyunca ürünler kontrol edilmiştir. Bu çalışma keçi ve inek WPC'nin fonksiyonel içecek olabilecek proteinli kahve üretiminde bir bileşen olarak kullanılabilme potansiyelini sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Termal stabilite, raf ömrü, peynir altı suyu konsantresi, kahve, protein

ABSTRACT

USAGE OF GOAT AND COW WHEY CONCENTRATES IN PROTEIN COFFEE FORMULATIONS

Ö*, S****a

Master Of Science Thesis, Department of Food Engineering

Thesis Advisor: Doç.Dr. G****a B****E Ö**L

June 2023, 55 Pages

In this thesis, it was aimed to determine the thermal stability of cow and goat whey concentrates (whey protein concentrate, WPC) due to the differences in α -lactalbumin and β -lactoglobulin protein concentrations in their structures and to ensure their use in protein coffee formulations. By this way, the technological differences between cow and goat whey concentrates were revealed and it contributed to the development of areas of use of the whey concentrates. For this purpose, primarily the stability of pure α -lactalbumin and β -lactoglobulin proteins to heat treatment at different pH and ratios was investigated. After that, commercially available cow and goat whey concentrates at different protein concentrations (%2.7, %4.3 ve %6.7), different pHs (pH 3.0, 5.0, 7.0) and different pasteurization norms (30 mins at 63 °C; 15h at 72 °C 15 s; 8h at 82 °C) were investigated via color stability, opacity, solubility and appearance tests. The parameters providing optimum stability were evaluated for the protein coffee formulation of the formulation. In the development of the formulation, the sensory properties were optimized by using cold coffee recipes in the market. The obtained coffees were examined in terms of quality parameters throughout the shelf life of the samples.

Following the preliminary tests of pure protein and whey protein concentrate, protein coffee beverage products were produced at optimum pH 5.0, 15 seconds pasteurization norm at 72°C and controlled during the storage period. By the α -lactalbumin and β -lactoglobulin protein tests, it was determined that there was no precipitation as the α : β lac. ratio increased. These results offer the potential of goat and cow WPC to be used as an ingredient in the production of protein coffee, which can be a functional beverage.

Keywords: Thermal stability, shelf life, whey concentrate, coffee, protein

TEŞEKKÜR

Çalışma süresince her türlü konuda yol gösterici olan, olumlu tavırlarıyla beni cesaretlendiren, bilgi birikimleriyle çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan, beraber çalışmaktan ve her zaman öğrencileri olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Doç. Dr. G***a B***E Ö**L'e ve eş danışman hocam Prof. Dr. S*****ı B*****L'a,

Bu tez çalışmasının başlamasına sebep olan, maddi ve manevi desteğini görmüş olduğum “Dairy Innovation for Mediterranean SME (DAINME SME)- Proje no: 1**3” AB PRIMA projesine ve ekibine,

Çalışmalarında kullanılan keçi peynir altı suyu konsantresi için Alimenta SRL-Italy şirketine ve inek peynir altı suyu konsantresi için Enka Süt ve Gıda Mam. San. ve Tic. A.Ş.'ye,

Çalışmalarında gerekli analizlerin yapılması ve laboratuvarlarının kullanılması imkanını sağlayan çalışmakta bulunduğum işyerim ABH iştiraki olan Panagro Tarım Hayvancılık Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye ve Ar-Ge ekibine,

Ders dönemi ve çalışmalarım esnasında yardım ve desteklerini hissettiğim, bilimsel araştırma ortamı ve ilhamı sağlayan Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'na ve Dr. Öğr. Üyesi H**e İ**i Ö****K'e,

Tez yazım sürecinde desteklerini ve yardımını esirgemeyen mesai arkadaşım B***ş Ö***K'e ve kıymetli hocam E***e R***a Ö***N'a,

Son olarak tüm hayatım boyunca benim yanımda olan, aldığım kararları her zaman destekleyen, hayatım boyunca beni cesaretlendiren annem Z*****p K*****N'a, babam İ*****m K*****N'a, abim S*****n K*****N'a, ablam Z*****a A*****N'a ve sevgili eşim B***k Ö*'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

S*****a Ö*
Haziran-2023

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Keçi ve İnek Peynir Altı Suyu Konsantrelerinin Proteinli Kahve Formülasyonlarında Kullanımı**” adlı çalışmanın tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

20.06.2023

S*****a Ö*

İmza

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
YEMİN METNİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Peynir Altı Suyu	3
2.2. Peynir altı Suyunun Bileşimi.....	4
2.3. Peynir Altı Suyu Fonksiyonel Özellikleri	6
2.4. Peynir Altı Suyu Kullanım Alanları	9
2.5. Peynir Altı Suyunun Sağlık Üzerine Etkileri	14
2.6. Peynir Altı Suyu Protein Ürünleri	16
2.6.1. PAS Protein Konsantresi (WPC)	17
2.6.2. PAS Protein İzolatları (WPI)	18
2.6.3. PAS Protein Hidrolizatı (WPH).....	19
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Saf Protein Çözeltilerinin Denemeleri	21
3.2.2. İnek ve Keçi WPC Protein Analizleri	21
3.2.3. PAS Çözeltilerinin Denemeleri.....	22
3.2.4. Proteinli Kahve Üretimi	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Saf Proteinlerin Termal Stabiliteleri.....	29
4.1.1. Floresans Spektroskopisi.....	29
4.1.2. Saf Protein Çökelme Değişimi.....	30
4.2. İnek-Keçi WPC sonuçları.....	31
4.3. PAS Çözeltisi Renk Değişimi	32
4.4. PAS Çözeltisi Bulanıklık Değişimi	35
4.5. PAS Çözeltisi Çözünürlük Değişimi	37

4.6.	Proteinli Kahve Örneklerinin Kompozisyonel ve Duyusal Özellikleri.....	40
4.6.1.	Kompozisyonel Özellik Sonuçları	40
4.6.2.	Duyusal Değerlendirme Sonuçları	40
4.7.	Raf Ömrü Sonuçları.....	41
4.7.1.	pH Değişimi	41
4.7.2.	Viskozite Değişimi.....	42
4.7.3.	Çözünabilir Kuru Madde Değişimi.....	43
4.7.4.	Renk Değişimi.....	44
5.	SONUÇLAR.....	47
	KAYNAKÇA.....	49
	ÖZGEÇMİŞ	54



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Proteinli kahve üretimi akım şeması.....	25
Şekil 4.1. Floresan intensitesi değişimi.....	29
Şekil 4.2. PAS çözeltilerinin çözünürlük değişimi ürün görselleri.....	39
Şekil 4.3. Proteinli kahve içecekleri ürün görselleri.....	46



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Tatlı ve asit peynir altı suyu asitlik değerleri (Bund and Pandit, 2005).	2
Çizelge 2.1. Peynir altı suyu bileşimi (Uraz,1981,s.208-215.....	4
Çizelge 2.2. Tatlı ve asit peynir altı suyu bileşimi (Gupta, 2000).....	5
Çizelge 2.3. Peynir altı suyunun protein bileşimi (Aguero ve ark., 2017).....	7
Çizelge 2.4. İnek ve keçi türlerine ait α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerindeki amino asit dizilimleri (Universal Protein Resource, UniProt).....	9
Çizelge 2.5. Farklı hayvan türlerine ait sütlerin protein kompozisyonu (%).....	16
Çizelge 3.1. HPLC analiz uygulama verileri.....	22
Çizelge 3.2. Üretim parametreleri.....	23
Çizelge 3.3. Pastörizasyon parametreleri.....	23
Çizelge 3.4. Duyusal değerlendirme skalası.....	26
Çizelge 4.1. Saf protein denemeleri çökelme değişimi.....	31
Çizelge 4.2. İnek-keçi WPC'lerde α -laktalbumin ve β -laktoglobulin protein konsantrasyonları.....	31
Çizelge 4.3. İnek-keçi WPC'lerin kimyasal analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.4. PAS çözeltisi renk değişimi (İnek WPC).....	33
Çizelge 4.5. PAS çözeltisi renk değişimi (Keçi WPC).....	34
Çizelge 4.6. PAS çözeltilerinin bulanıklık değişimi (İnek WPC) (Absorbans).....	36
Çizelge 4.7. PAS çözeltilerinin bulanıklık değişimi (Keçi WPC) (Absorbans).....	36
Çizelge 4.8. PAS çözeltilerinin çözünürlük değişimi (İnek WPC) (Absorbans).....	38
Çizelge 4.9. PAS çözeltilerinin çözünürlük değişimi (Keçi WPC) (Absorbans).....	38
Çizelge 4.10. Proteinli kahve içeceklerinin kompozisyonel özellik değerleri.....	40
Çizelge 4.11. Proteinli kahve içeceklerinin duyusal değerlendirme sonuçları.....	41
Çizelge 4.12. Proteinli kahve içeceklerinin 21 günlük depolama süresince pH değerler.....	41
Çizelge 4.13. Proteinli kahve içeceklerinin 21 günlük depolama süresince viskozite değerleri (mPa.s).....	43
Çizelge 4.14. Proteinli kahve içeceklerinin 21 günlük depolama süresince çözünebilir kuru madde değerleri.....	44
Çizelge 4.15. Proteinli kahve içeceklerinin 21 günlük depolama süresince renk değerleri.....	45

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat Derece
%	: Yüzde
G	: Gram
Mg	: Miligram
Kg	: Kilogram
mPa.s	: miliPaskal saniye
N	: Normal
L	: Litre
mL	: Mililitre
ΔE	: Toplam Renk Değişimi
L*	: Parlaklık (Lightness) Değeri
a*	: Kırmızı/Yeşil Değeri
b*	: Sarı/Mavi Değeri
kJ	: Kilojoule
kPa	: Kilopascal

Kısaltmalar

Abs.	: Absorbans
BCAA	: Dallı Zincirli Amino Asit
BSA	: Kan Serum Albumini
dk	: Dakika
GSH	: Glutasyon
Ig	: İmmunoglobülin
IP	: İzoelektrik Nokta
MF	: Mikrofiltrasyon
PAS	: Peynir Altı Suyu
sn	: Saniye
TKM	: Toplam Kuru Madde
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WPB	: Peynir Altı Suyu Proteinli İçecek
WPC	: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi
WPH	: Peynir Altı Suyu Protein Hidrolizatı
WPI	: Peynir Altı Suyu Protein İzolatı

1. GİRİŞ

Peynir altı suyu (PAS), peynir yapımı sırasında sütün kazein proteinlerinin pıhtılaştırılması ile ayrılarak elde edilen değerli bir yan üründür (Tsakali ve ark., 2011). Bu artık ürün yeşilimsi sarı bir sıvı olup kazein ve yağ içermeyen bir süt ürünü olarak kabul edilebilir (Daufin ve ark., 1998). Kazeinin çökelme yöntemine göre iki farklı peynir altı suyu elde edilmektedir. Bunlar asidik peynir altı suyu ve tatlı peynir altı suyudur (Carvalho ve ark., 2013). Tatlı peynir altı suyu üretiminde peynir mayası tipi enzimler kullanılarak pıhtılaşma sağlanır. Ekşi peynir altı suyu elde etmek için ise asit katılarak pıhtılaşma sağlanır (Tsakali ve ark., 2011). Süt fabrikalarında peynir altı suyunun türü ve bileşimi, temel olarak sütün kazein giderimi için kullanılan işleme tekniklerine bağlıdır. En sık karşılaşılan peynir altı suyu türü, peynir veya belirli kazein ürünlerinin üretiminden elde edilir; burada işleme, kazeinin kimozin veya diğer kazein pıhtılaştırıcı enzimler içeren endüstriyel bir kazein-pıhtılaşma aracı olan peynir mayası ile pıhtılaştırılmasına dayanır (Fox ve ark., 2000).

Asidik peynir altı suyu ($\text{pH} < 5$), organik veya mineral asitlerin fermantasyonundan veya bu asitlerin eklenmesinden sonra elde edilir. Kimozin gibi proteolitik enzimlerin eklenmesiyle tatlı peynir altı suyu ($\text{pH} = 6.0-7.0$) elde edilir (Carvalho ve ark., 2013). Asidik peynir altı suyu kalsiyum laktat içermekte, tatlı peynir altı suyu ise serbest kalsiyum içermektedir (Tsakali ve ark., 2011). Asidik ve tatlı peynir altı sularının bileşimleri birbirinden farklılık göstermektedir (Çizelge 1.1). Asidik peynir altı suyu tipik olarak tatlı peynir altı suyuna göre daha yüksek kül ve daha düşük protein içeriğine sahiptir. Asit peynir altı suyu, asidik tadı ve yüksek tuz içeriği ile sınırlı bir kullanım alanına sahiptir (Weetal ve ark., 1974; Kosikowski, 1979; Mawson, 1994). Asidik peynir altı suyundaki kalsiyum ($1.2-1.6 \text{ g L}^{-1}$) konsantrasyonları, tatlı peynir altı suyunda gözlenen değerlerden yaklaşık 2 kat daha yüksektir. Laktoz seviyesi ise tatlı peynir altı suyunda asidik peynir altı suyundan daha yüksektir (Panesar ve ark., 2007).

Çizelge 1.1. Tatlı ve asit peynir altı suyu asitlik değerleri (Bund and Pandit, 2005)

<i>PAS Tipi</i>	<i>Titrasyon Asitliği (%)</i>	<i>pH</i>
<i>Tatlı PAS</i>	0.1-0.2	5.8-6.6
<i>Asit PAS</i>	0.4-0.6	4.0-5.0

Bu tez çalışmasının amacı inek ve keçi peynir altı suyu konsantrelerinin proteinli kahve formülasyonlarında kullanımının sağlanmasıdır. Bu sayede inek ve keçi peynir altı suyu konsantrelerinin farklı koşullardaki stabiliteleri arasındaki farklar ortaya konulacak ve peynir altı suyu konsantrelerinin kullanım alanları geliştirilmiş olacaktır. Çalışmada öncelikle inek ve keçi peynir altı suyu konsantrelerinin farklı protein konsantrasyonlarında, farklı pH'larda ve farklı pastörizasyon normlarındaki stabilitesi incelenmiştir. Optimum stabilitenin sağlandığı parametreler proteinli kahve formülasyonu için kullanılmıştır. Formülasyonun geliştirilmesinde piyasadaki soğuk kahve reçetelerinden yararlanılmış ve duyu özellikler optimize edilmiştir. Elde edilen kahve örnekleri raf ömrü boyunca kalite parametreleri açısından incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Peynir Altı Suyu

Peynir altı suyu, süt endüstrisinde büyük paya sahip çok değerli bir yan üründür. Dünya peynir altı suyu üretiminin yaklaşık 165 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Gupta, 2000). Peynir altı suyu, serum proteinleri, laktoz, mineraller ve vitaminlerden oluşan süt besinlerinin yaklaşık %45-%55'ini içerir. Peynir altı suyunun hammaddesi olan peynir ve lor üretimi Türkiye’de 2009 yılında 295991 ton iken üretimdeki artış neticesinde 2013 yılında 543750 tona yükselmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2009 yılında peynir altı suyu üretimi yaklaşık 59 bin ton iken 2013 yılında bu değer 290 bin ton miktarlarına kadar çıkmıştır. Günümüzde Türkiye’de yıl bazında üretilen peynir altı suyu miktarının yaklaşık 900 bin ton olduğu tahmin edilmektedir.

Üretilen peynir çeşidine ve işlenme şekline göre 1 ton sütün işlenmesinden 150-200 kg peynir, yan ürün olarak ise 800-850 kg peynir altı suyu elde edilmektedir. Peynir altı suyunun %90’dan fazla bir kısmı sudan oluşmaktadır. Toplam kuru madde miktarı %6 civarındadır (Mehri, 2020). Peynir altı suyu içerdiği protein, yağ ve laktoz içeriği nedeniyle değerli bir yan üründür ve toz haline getirilerek birçok alanda kullanım alanı bulmaktadır.

Peynir altı suyundan katma değerli ürün elde etmek için iki farklı temel yöntem izlenir. Bunlardan ilkinde peynir altı suyundan peynir altı suyu tozu elde edilir sonrasında peynir altı suyu protein konsantresi ve laktoz vb. elde edilerek ürüne fiziksel işlem veya ısıl işlem uygulanır. Biyoteknolojik işleme ise katma değerli son ürün elde etmenin ikinci yoludur. Bu şekilde peynir altı suyu, hayvan yemi, proteinler, organik asitler, enzimler, biyolojik koruyucular, ekzopolisakkaritler ve biyoplastikler üretmek için mikrobiyal veya enzimatik proses için substrat olarak kullanılır. Bu süreçlerin temel amacı, düşük maliyetli katma değerli ürünler üretmektir (Yadav ve ark., 2015).

PAS hayvan besleme, yoğurt, dondurma gibi süt ürünlerinde, alkolsüz içecekler, şekerleme ürünleri, fırıncılık ürünleri, çorba, bebek mamaları, çikolata, mayonez, sosis türü et ürünleri, salata sosları gibi alanlarda kullanılabilmektedir. Yüksek laktoz içeriği olan PAS tozu melas ve soya unu gibi ürünlerle karıştırılarak katkı maddesi olarak hayvan yemi sektöründe kullanılmaktadır. PAS tozu, sahip olduğu aroma dolayısı ile

çerez kaplamaları, tuzlu bisküviler, peynir esaslı soslar, çorba, patates cipsi gibi gıda gruplarında tatlandırıcı katkı maddesi olarak kullanılabilir. Yoğurt gibi süt ürünlerinde kuru madde miktarını arttırmak amacı ile de kullanılmakta, fırın ürünlerinde ise besin değerini artırıcı katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir. Gıda alanı dışında B12 vitamini eldesinde, laktoz, etil alkol ve biyogaz üretiminde, tek hücre proteini üretiminde, tarımsal ilaçların üretimi, çeşitli kimyasallar, sentetik deterjanlar ve kozmetik sanayiinde kullanımları mevcuttur (Yüksel ve ark., 2019).

2.2. Peynir altı Suyunun Bileşimi

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile peynir altı suyu kuru maddesinin ve özellikle peynir altı suyu proteinlerinin besleyici ve fonksiyonel özellikleri ortaya konulmuştur (Jelen, 1992). Peynir üretiminin bir yan ürünü olarak üretilen peynir altı suyunun uzun yıllar atık bir malzeme olarak görülmesi sonrasında günümüzde fonksiyonel özellikleri açısından kullanımına gittikçe önem verilmektedir.

Peynir altı suyu bileşimi peynir üretiminde kullanılan süt türüne (inek, keçi, koyun, manda ve diğer memeliler) bağlı olarak özelliklerini değiştirebilir. Örnek olarak, sığır peynir altı suyu kuru bazda %70-80 laktoz, %9 protein, %8-20 mineral ve bazı hidrolize κ -kazein peptitleri, lipidler ve bakteriler gibi diğer küçük bileşenleri içerir (Daufin ve ark., 1998). Koyun peynir altı suyu, sığır peynir altı suyunda bulunan dan çok daha yüksek toplam azot/kuru madde oranına sahiptir ve çözünür proteinlerdeki içeriği inek peynir altı suyunun yaklaşık iki katıdır (Assenat, 1985). Peynir altı suyunun özellikleri sadece kullanılan süt türüne göre değil aynı zamanda peynir üretim teknolojisine de bağlıdır.

Çizelge 2.1. Peynir Altı Suyu Bileşimi (Uraz,1981,s.208-215).

<i>Bileşenler</i>	<i>Peynir Altı Suyundaki Miktarı %</i>
<i>Su</i>	93.3
<i>Kuru madde</i>	6.7
<i>Yağ</i>	0.9
<i>Protein</i>	0.9
<i>Süt şekeri (laktoz)</i>	4.4
<i>Kül</i>	0.5

Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi peynir altı suyu yaklaşık %93-94 oranında su ve orijinal sütte elde edilen laktoz, çözünür proteinler, mineraller, laktik asit ve yağları içerir (Uraz, 1981). Peynir altı suyunun ana bileşeni olan laktoz, muhtemelen en az değerli ve kullanımı en zor bileşendir. Laktoz peynir altı suyunun toplam kuru maddenin yaklaşık %70’ini oluşturur (Jelen, 1992).

Peynir altı suyu tatlı peynir altı suyu ve asit peynir altı suyu olarak sınıflandırılır. Ekşitilerek ya da asit katılarak elde edilen ürünlerin yan ürünü asit peynir altı suyudur. Tatlı peynir altı suyu ise enzim ile pıhtılaştırılarak elde edilir (Güzeler ve ark., 2017). Asit peynir altı suyunda tatlı peynir altı suyuna göre daha yüksek miktarda kalsiyum, fosfor ve laktik asit vardır.

Hem tatlı hem de asit peynir altı suyunun ana bileşenleri laktoz (toplam kuru maddenin yaklaşık %70-72’si), peynir altı suyu proteinleri (yaklaşık %8-10) ve minerallerdir (yaklaşık %12-15) (Çizelge 2.2) (Gupta, 2000). İki peynir altı suyu türü arasındaki temel farklar, peynir altı suyu protein fraksiyonunun mineral içeriği, asitliği ve bileşimindedir.

Çizelge 2.2. Tatlı ve asit peynir altı suyu bileşimi (Gupta, 2000).

Bileşenler	Tatlı PAS	Asit PAS
Toplam Kuru Madde (%)	7.0	7.0
Yağ (%)	0.3	0.1
Protein (%)	0.9	1.0
Laktoz (%)	4.9	5.1
Kül (%)	0.6	0.7

Ek olarak peynir altı suyu sitrik asit, nitrojen bileşikleri (üre ve ürik asit) ve B grubu vitaminleri de içermektedir (García Bilbao, 1981; Kosikowski ve Wierzbicki, 1973; Kosikowski, 1979; Panesar ve ark., 2007). Peynir altı suyu bileşiminde β -laktoglobulin, α -laktalbumin, immünoglobülinler, serum albumin ve laktoferrin bulunmuştur (Casal ve ark., 2006). Peynir altı suyu proteini iki tip majör protein ve minör proteinlerden oluşur. Majör peynir altı suyu proteinleri β -laktoglobulin (%65), α -laktalbumin (%25), serum albümin (%8) olup minör proteinler ise peptitler, glikomakropeptit (GMP), sığır serum albümini, laktoferrin, immünoglobulin ve fosfolipoproteinlerdir.

Peynir altı suyunda riboflavin (B2), folik asit (B9) ve kobalamin (B12) de bulunmaktadır. Ribofilavin içeriği peynir altı suyunda sütte daha fazla yer

almaktadır. Peynir üretiminde çeşitli laktik asit bakterilerinin aktiviteleri sonucunda riboflavin miktarı artış göstermektedir. Peynir altı suyunun sarı rengi içerdiği riboflavin miktarından kaynaklanmaktadır. Peynir altı suyu aynı zamanda önemli bir protein kaynağıdır. α -laktalbumin, β -laktoglobulin, serum albumin, immüoglobulinler ve glikomakropeptitler içerdiği önemli proteinlerdir. Ayrıca laktoperoksidaz, laktoferrin, lizozim, mikroglobulin, insülin benzeri büyüme faktörü gibi bazı küçük proteinleri de içermektedir (Yerlikaya ve ark. 2010).

2.3. Peynir Altı Suyu Fonksiyonel Özellikleri

Peynir altı suyu proteinleri, gıda ürünlerinde yüksek besin değeri ve çok yönlü fonksiyonel özellikleri ile bilinmektedir. Dünya çapında peynir altı suyu üretimine ilişkin tahminler, yaklaşık 700000 ton peynir altı suyu proteininin çeşitli ürünlerde kullanıldığını göstermektedir. Peynir altı suyu proteinlerinin besleyici ve fonksiyonel özellikleri; bu proteinlerin yapısı, biyolojik fonksiyonları ve bileşimi ile ilgilidir. Son yıllarda, doğal veya hidrolize proteinlerin bebek formülasyonlarında kullanılmaya başlanması ile peynir altı suyu proteinlerinin besinsel etkinliğine, diyet ve sağlık etkilerine ilgi artmıştır. Peynir altı suyu proteinlerinin fonksiyonel özellikleri sebebiyle kullanılması aynı zamanda bu ürünlerin teknolojik özellikleriyle ilgili de tartışılmasına sebep olmuştur. PAS proteinleri yalnızca fonksiyonel özelliklerinden dolayı değil, aynı zamanda yüksek besin değerlerinden dolayı da tercih edilmektedir (Abd El-Salam ve ark., 2009).

Proteinler, gıda kalitesi ve stabilitesinde çeşitli işlevler sağlar; emülsiyonları ve köpükleri stabilize eden arayüz filmleri oluştururlar, jel ağları ve yenilebilir filmler yapmak için etkileşime girebilirler. Proteinlerin bu özellikleri sağlama yeteneğine protein işlevselliği denir. Genel olarak, gıda proteinlerinin teknolojik özellikleri aşağıdaki gibi üç ana grupta sınıflandırılabilir (Bouaouina ve ark. 2006):

1. Şişme, yapışma, dağılma, çözünürlük, viskozite, su emme ve su tutma üzerinde önemli bir etkiye sahip olan protein-su etkileşimlerine bağlı olan hidrasyon özellikleri
2. Emülsifikasyon ve köpürme özelliklerini içeren ara yüzey özellikleri.
3. Protein-protein etkileşimleri ile ilgili olan agregasyon ve jelleşme özellikleri.

β -laktoglobulin, α -laktalbumin, laktoperoksidaz ve laktoferrin içeren peynir altı suyu proteinlerinin sağlık üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır (Kumar ve ark., 2008). β -laktoglobulin, α -laktalbumin, başlıca peynir altı suyu proteinleri olup (peynir altı suyu

protein fraksiyonunun yaklaşık %70'ini temsil eder) peynir altı suyu bazlı protein ürünlerinin özellikleri, bu proteinlerin bileşim ve yapısına bağlıdır. Ayrıca, peynir altı suyu bazlı protein ürünlerinin özellikleri büyük ölçüde peynir ve peynir altı suyu işleme teknolojilerine bağlıdır.

Peynir altı suyu protein içeriği, toplam süt proteinlerinin yaklaşık %18-20'sini temsil eder. Bu içerik β -lactoglobulin (β -Lg), α -laktalbumin (α -La), kan serum albumini (BSA) ve immunoglobulin (Ig) olmak üzere dört ana protein içerir (Çizelge 2.3). Bu proteinler peynir altı suyu protein içeriğinin sırasıyla %20, %50 ve %10'unu temsil eder. Bunlar dışında bu içeriğin minör bileşenleri laktoferrin, serum transferrin, laktolin ve proteoz-pepton fraksiyonlarıdır (PP) (de Wit, 1998).

Çizelge 2.3. Peynir altı suyunun protein bileşimi (Aguero ve ark., 2017).

Protein	İçerik (g/L)
<i>β-lactoglobulin</i>	2.9
<i>α-laktalbumin</i>	0.6
<i>İmmunoglobulin</i>	0.3
<i>Serum albumin</i>	0.6
<i>Laktoferrin</i>	0.1
<i>Laktoperoksidaz</i>	0.03
<i>Proteoz-pepton</i>	1.0
<i>Glikomakropeptit (GMP)</i>	0.9

α -laktalbumin toplam peynir altı suyu proteinlerinin %11'ini temsil eder. Ayrıca kalsiyuma karşı yüksek afinite gösteren ve temel olarak triptofan ve sistein esansiyel amino asitlerini içeren bir proteindir. Bu protein yapı olarak %72 oranında benzerlik göstermesi sebebiyle insan α -laktoalbuminine homolog kabul edilebilir. α -laktoalbuminin moleküler ağırlığı yaklaşık 14 kDa'dır. Dört disülfid ile kompakt küresel bir yapıya sahiptir ve 63 °C'de denatüre olur, ancak soğudukça doğal haline geri döner. Peynir altı suyu, triptofan, lizin, dallı zincirli amino asitler ve kükürt içeren amino asitler dahil olmak üzere önemli bir biyoaktif peptit ve esansiyel amino asit kaynağıdır. Hepsi bebek beslenmesi için hayati öneme sahiptir (Layman ve ark., 2018). Ayrıca sekiz sistein kalıntısı içeren 123 polipeptitten oluşur. α -laktalbumin, organizmada daha iyi bilişsel performans, iyi lipid oksidasyonu, minerallerin daha iyi emilmesi, antibakteriyel aktivite, immünomodülatör etkiler ve antitümör özelliği ile bilinen triptofan seviyesinde artış gibi farklı faydalar da gösterir (Yadav ve ark., 2015).

β -Laktoglobulin, toplam proteinin yaklaşık %50'sini ve süt proteininin yaklaşık %10'unu temsil eden, ısıyla pıhtılaşabilen ana peynir altı suyu proteinlerinden biridir. Molekül ağırlığı 8.36 kDa ila 18.20 kDa arasında değişmektedir. Bir sülfidril grubu ve iki disülfid bağından, 162 amino asitlik bir peptit zincirinden oluşan iki özdeş alt birimi olan bir dimerdir. Bu proteinin çözünürlüğü pH ve iyonik kuvvete bağlıdır. Isı ile denatürasyonu 70–75 °C arasında gerçekleşir (Yadav ve ark., 2015). β -Laktoglobulin anne sütünde bulunmaz ancak inek sütündeki β -laktoglobulin varlığından dolayı bu ürünler ile beslenen bebeklerde bazı alerjik reaksiyonlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle peynir altı suyu bazlı insan sütünü taklit eden ticari ürünler üretilmektedir (Varlamova ve Zaripov, 2020). Geleneksel olarak β -laktoglobulin, iyon değiştirme kromatografisi gibi kromatografik yöntemlerle yaygın olarak karakterize edilir. β -laktoglobulin birleşme ve ayrışma eğiliminde olan bir proteindir. Nasıl davranış sergileyeceği ortam pH'ına bağlıdır. Sütün pH aralığında kararlı bir dimer olarak bulunur ancak pH 3.5'de β -laktoglobulin geri dönüşümlü olarak monomerlerine ayrılır (Swaisgood, 1986).

UnıProt veri tabanı ile keçi ve inek türlerine ait α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerindeki tüm amino asit dizilimleri incelenabilmektedir. UnıProt, dünyanın önde gelen yüksek kaliteli, kapsamlı ve serbestçe erişilebilen protein dizisi ve fonksiyonel bilgi kaynağıdır. Çizelge 2.4'de inek ve keçi proteinlerine ait amino asit dizilimleri yer almaktadır. Çizelge 2.4 incelendiğinde inek ve keçi türlerinde α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinleri içerisinde en fazla lösin amino asidi yer almaktadır.

Peynir altı suyunun biyolojik değerleri (104) bütün yumurta proteininin değerlerinden (100) bile fazladır (Sienkiewicz ve Riedel, 1990). Peynir altı suyu proteinlerinin kükürtlü amino asit içeriği, tam yağlı süt proteinlerinden daha yüksektir. Peynir altı suyundaki lizin içeriği de toplam süt proteinlerinden daha yüksektir (Yves, 1979).

Çizelge 2.4. İnek ve keçi türlerine ait α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerindeki amino asit dizilimleri (Universal Protein Resource, UniProt)

<i>Amino asit türü</i>	<i>İNEK</i>		<i>KEÇİ</i>	
	<i>α-laktalbumin (%)</i>	<i>β-laktoglobulin (%)</i>	<i>α-laktalbumin (%)</i>	<i>β-laktoglobulin (%)</i>
<i>Alanin</i>	3.52	10.67	4.10	12.50
<i>Arginin</i>	0.70	0.00	0.82	0.00
<i>Asparagin</i>	5.63	2.25	6.56	0.00
<i>Aspartik asit</i>	9.15	5.06	10.66	3.13
<i>Sistein</i>	2.81	3.93	4.92	6.25
<i>Glutamik asit</i>	4.92	8.99	3.28	0.00
<i>Glutamin</i>	4.92	5.62	5.74	9.38
<i>Glisin</i>	4.92	2.81	4.92	9.38
<i>Histidin</i>	2.81	1.12	2.46	0.00
<i>İzolosin</i>	6.33	5.62	7.38	12.50
<i>Lösın</i>	11.26	15.17	9.84	21.88
<i>Lisin</i>	8.45	7.87	8.20	9.38
<i>Metiyonin</i>	2.11	2.81	1.64	6.25
<i>Fenilalanin</i>	4.22	1.69	4.92	0.00
<i>Prolin</i>	0.70	3.93	1.64	0.00
<i>Serin</i>	6.33	3.93	5.74	0.00
<i>Treonin</i>	4.92	3.37	5.74	6.25
<i>Triptofan</i>	2.11	1.12	1.64	0.00
<i>Tirozin</i>	2.81	1.12	3.28	0.00
<i>Valin</i>	4.22	3.37	6.56	3.13

2.4. Peynir Altı Suyu Kullanım Alanları

Dünya üzerinde elde edilen peynir altı suyunun yaklaşık 80-85 milyon tonunun endüstriyel olarak değerlendirildiği ve katma değerli ürünlere dönüştürüldüğü düşünülmektedir. Geriye kalan 50-60 milyon ton kadar sıvı hayvan yemlerinde doğrudan kullanılmaktadır. Yaklaşık 50 milyon ton PAS laktoza işlenir veya doğrudan peynir altı suyu tozu olarak kurutulmaktadır. Yaklaşık 30 milyon ton ürün ise %80'e kadar protein ve peynir altı suyu proteini içeren ürünler üretmek için PAS

konsantrelerine işlenir (Clark, 2004). Hollanda'da üretilen peynir altı suyunun büyük bir yüzdesinin peynir altı suyu tozu dışındaki ürünlere dönüştürüldüğü bildirilse de, Avrupa genel olarak peynir altı suyu üretiminin yalnızca yaklaşık %50'sini esas olarak peynir altı suyu tozu olarak kullanmaktadır (Hoogstraten, 1987).

Peynir altı sularının %45'inin doğrudan sıvı formda, %30'unun toz formunda, %15'inin laktoz ve yan ürünler olarak geri kalanının ise PAS konsantreleri olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Marwaha ve Kennedy, 1988). Peynir altı suyu tozu, peynir altı suyu konsantresi, peynir altı suyu protein konsantresi ve laktozun önemli bir kısmı insan beslenmesinde kullanılırken, peynir altı suyu karışımları ağırlıklı olarak hayvan yemlerinde kullanılmaktadır. Peynir altı suyu bazlı karışımlar, yağsız kuru süte benzer bir bileşim sağlamak üzere formüle edilmiştir. İnsan beslenmesi için kullanılan peynir altı suyu konsantresinin çoğu süt, unlu mamul uygulamalarında kullanılmaktadır (Morr, 1984). Ayrıca peynir altı suyunun karışımlar ve şekerleme üretiminde de kullanılmaktadır. İnsan beslenmesinde kullanılan asidik peynir altı suyunun çoğu, kurutulmuş ve modifiye edilmiş peynir altı suyu olarak üretilir.

Sıvı peynir altı suyunun taşınması oldukça pahalıdır. Bu sebeple sıvı peynir altı suyu herhangi bir işlem görmeden çiftlik hayvanları için içme suyu olarak kullanılabilir. Peynir altı suyu, hayvanlar için yüksek kaliteli proteinler ve laktoza ek olarak kalsiyum, fosfor, kükürt ve suda çözünen vitaminler de içermektedir. Bununla birlikte, aşırı laktoz ve mineral oranları yemlemede peynir altı suyu kullanımını sınırlayabilir (Sienkiewicz ve Riedel, 1990). Peynir altı suyu aynı zamanda tarımsal bir gübre olarak da kullanılmıştır, ancak yüksek tuzlu tortu bırakması dezavantajlarından biridir (Kosikowski, 1979). PAS'ın toz ürüne işlenmesi ürünlerin nakliye masraflarını azaltmaktadır. Ayrıca konsantre ve toz formda kullanılan peynir altı suları bu şekilde daha uzun raf ömrüne sahip olur. Toz ürünler için ana pazar, pekmez veya soya unu ile karışım halindeki hayvan yemleridir. Gıdalarda ise (dondurma, unlu mamuller, kekler, soslar, sütü ürünler vb.) daha küçük miktarlar kullanılabilir. Peynir altı suyunun gıda ürünlerinde kullanımını sınırlayan en önemli etken ürünün aşırı tuzlu tatta olmasıdır (Coton, 1976, Marwaha ve Kennedy, 1988).

Değerli bileşenler içerdiğinden, peynir altı suyunun kullanılması ve/veya bertaraf edilmesi dünyanın her bölgesi için büyük endişe kaynağı olmaktadır. Çünkü peynir altı suyu önemli bir çevresel kirleticiyi temsil etmektedir (Abd El-Salam ve ark.,

2009). İyon değişimi, elektrodializ ve membran filtrasyonu gibi yeni ayırma teknolojilerinin piyasaya sürölmesi ile fonksiyonel gıda bileşenleri ve medikal ürünler gibi katma değerli ürünlerin üretimi artmıştır. Günümüzde artık bir atık ürün olarak değil, besin açısından zengin bir bileşen olarak kabul edilmektedir. Süt ürünlerinin sağladığı besinsel öğelerin bir kısmına da sahip olması nedeniyle ekonomik açıdan fırsat yaratmakta ve gıdalarda kullanımı tercih edilmektedir (Jelen, 1992). Çok sayıda araştırımcı, peynir altı suyunun besleyici, terapötik ve fonksiyonel özelliklerini incelemenin yanı sıra, gıdalarda ve hayvan yemlerinde kullanımı için peynir altı suyunun bileşimi ve işlenmesi üzerine çalışmalar yürütmüştür. Değerleme açısından peynir altı suyunun besinsel katma değeri yüksektir (Prazeres ve ark., 2012). Ek olarak, bazı yazarlar peynir altı suyu proteinlerinin işlenmesinin antioksidanlar ve antihipertansifler gibi terapötik amaçlar için de kullanılabileceğini iddia etmişlerdir (Macedo, 2010). Çünkü bunlar hidroliz yoluyla insan vücudunda fizyolojik etkileri tetikleyebilen biyoaktif peptitlerin salımına sebep olmaktadır. Madureira ve ark. (2010), sinir sistemi üzerindeki; antitrombotik ve antihipertansif aktiviteleri yoluyla kardiyovasküler sistem üzerinde; antimikrobiyal ve antiviral aktiviteleri yoluyla bağışıklık sistemi üzerinde ve sindirilebilirlikleri ve hipokolesterolemik etkileri yoluyla beslenme sistemi üzerinde etkilerini araştırmışlardır.

Peynir altı suyu proteinleri, kas büyümesi için önemli miktarda globüler protein içermesi sebebiyle özellikle gıda takviyesi ve sporcu gıdalarında giderek daha fazla kullanılmaya başlamıştır. Peynir altı suyu proteinli içecekler (whey protein beverages, WPB), protein sentezi için gerekli amino asitleri sağlamak, vücutta onarımı desteklemek, kas gücünü artırmak ve yoğun egzersize karşı dayanıklılığı artırmak için tasarlanmış fonksiyonel içeceklerdir. Isıya dayanıklı ve berrak görünümlü WPB'ler, sporcu beslenmesi pazarında artan bir taleptir (Quant ve ark., 2019).

Peynir altı suyundan içecek üretimi ile ilgili yapılmış olan çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Ancak peynir altı suyunun kendine has tat ve kokusundan dolayı içecek sektöründe ürünü içilebilir hale getirmek amacıyla çeşitli meyve suları, pulpları, konsantreleri ile birlikte kullanımı söz konusu olmaktadır. PAS bazlı içecek çalışmalarında genellikle turunçgil meyveleri ve tropik meyveler kullanılmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda ürün asitliğini ayarlamak için sitrik asit kullanılmış ve ürünü tatlandırmak için tatlandırıcı çeşitleri ürün reğetelerinde yer almıştır. Peynir altı suyu

kullanılan ürünler, kolesterol düşürücü, kan basıncını düşürücü ve antikanserojenik özellikleri sebebiyle birçok kişi tarafından tercih edilen bir ürün haline gelmiştir (Hernandez-Mendoza ve ark., 2007).

Laktoz, peynir altı suyu kuru maddesinin ana bileşeni (%70) olduğu için, peynir altı suyu alkollü içeceklerin üretimi için çok iyi bir bileşendir. Alkollü peynir altı suyu içecekleri; düşük alkol içeriğine ($\leq$ %1.5) sahip içecekler, peynir altı suyu birası ve peynir altı suyu şarabı olarak ayrılır. Düşük alkol içeriğine sahip peynir altı suyu içeceklerinin üretimi laktoz fermentasyonu (genellikle *Kluyveromyces fragilis* ve *Saccharomyces lactis* maya suşları tarafından) veya istenen alkol içeriğine (% 0.5 - 1) ulaşana kadar sakkaroz ilavesi ile gerçekleşir (Sienkiewicz ve Riedel, 1990). Böylece laktoz, son ürüne serinletici ekşi bir tat veren laktik asite dönüşürken, geri kalanı alkole dönüşür. Bu kategoriye ait dikkat çeken içeceklerden bazıları, kefir kültürü ile fermentasyon yoluyla elde edilen “Milone” ve Polonya’da üretilen peynir altı suyu bazlı köpüklü şarap “Serwovit”dir. Peynir altı suyu şarabı, nispeten düşük alkol miktarı (% 10-11) içerir ve çoğunlukla meyve aromaları ile tatlandırılır.

Peynir altı suyu birası maltlı veya maltsız üretilebilir, minerallerle takviye edilebilir veya nişasta hidrolizatları ve vitaminler içerebilir. Bu tür içeceklerde görülen kalite sorunlarından bazıları bira köpüğü kaybıdır. Bira mayalarının süt yağı varlığından dolayı laktozu fermente edememesi peynir altı suyu proteinlerinin çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle olup, son üründe istenmeyen koku ve tat oluşabilmektedir.

Süt peynir altı suyunun alkollü içecek üretiminde kullanılması amacıyla *Kluyveromyces marxianus* kullanılarak alkol üretimi için bir dizi araştırma yapılmıştır (Banat ve Marchant, 1995).

Peynir altı suyu, gıda endüstrisinde farklı şekillerde kullanılabilir, ancak çoğunlukla peynir altı suyu tozuna kurutulur veya peynir altı suyu protein konsantreleri veya protein izolatlarının üretiminde kullanılır. Peynir altı suyu içecekleri susuzluk giderici olarak kabul edilir, çoğu meşrubattan farklı olarak peynir altı suyu içecekleri hafif ve ferahlatıcıdır ancak meyve sularına göre daha az asidiktir ve diğer içeceklerle göre sağlığa daha uygundur (Prendergast, 1985).

Peynir altı suyu ilavesi ile yapılan fonksiyonel içecek çalışmalarında bazı araştırmacılar meyve ilavesinden başka çikolata, kakao, vanilya, bal ve bazı tahılların ilavesi gibi uygulamalar da gerçekleştirmişlerdir. Fonksiyonel özelliğini artırmak amacı ile yulaf gibi diyet liflerinin ilavesi ile ürün zenginleştirmesi de yapılmıştır. Diyet lifi hipoalerjenik protein barındıdığı için alerjik olan yetişkin ve çocuklar için tüketimi oldukça uygundur. Hipoalerjenik içecek elde etmek için soya proteini gibi bitkisel kaynaklar da eklenebilmektedir. Bu katkılara ilave olarak pirinç kepeği ile zenginleştirilmiş içeceklerde de ürünün alerjen protein içermediği ifade edilmekte ve bu ürünlerin depolama süresi boyunca çökelleme oluşturmadığı ileri sürülmektedir (Jelicic ve ark., 2008).

Peynir altı suyu içecek üretiminde çeşitli sorunlar da yaşanmaktadır. Bunların başında yüksek su içeriği sebebiyle, taze peynir altı suyunun mikrobiyal bozulmaya karşı çok hassas olması ve bu sebeple ısıtılma uygulamasının gerekli olması gelmektedir. Öte yandan peynir altı suyu proteinleri ısıya duyarlıdır ve 60 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda denatüre olmaya başlar. Bu sebeple peynir altı suyunun olağan ısıtılma işleminden (72 °C/15 - 20 sn.) sonra mevcut proteinlerin belirli bir miktarı ökeler. Bu nedenle, ısıtılma işlemleri yerine ultrasound ve mikrofiltrasyon gibi membran işlemlerin uygulamaları araştırılmaktadır. Ultrasound ayrıca peynir altı suyu proteinlerinin çözünürlüğünde arttırabilmektedir ve bu sayede peynir altı suyu içeceklerinin depolanması sırasında oluşan tortu miktarı azaltılabilmektedir (Rezek-Jambrak ve ark., 2008). Bunun yanı sıra peynir altı suyunun pH < 3.9'a kadar asitleştirilmesi, peynir altı suyu proteinlerinin ısıya dayanıklı hale gelmesine ve UHT sterilizasyon işlemleri sırasında bile ökeltmemesine neden olmaktadır (Jelen, 1992).

Peynir altı suyunun kuru maddesindeki nispeten yüksek mineral içeriği, peynir altı suyu içeceği üretiminde bir sonraki sorunu teşkil eder çünkü bu mineraller peynir altı suyunun istenmeyen tuzlu-ekşi tadından sorumludur. Bu soruna özellikle laktik asit miktarının yüksek olması nedeniyle asit peynir altı suyunda rastlanmaktadır (Tratnik, 2003). Ancak tüm zorluklara rağmen taze peynir altı suyu işleminin en ekonomik teknolojik çözüm olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle, kabul edilebilir duyu sal özelliklere, özellikle aromaya sahip bir içecek üretmek için meyve konsantrelerinin ilave edildiği içeceklerin geliştirilmesinde birçok çaba sarf edilmiştir (Koffi ve ark., 2005).

Reddy ve ark., (1987) proteini giderilmiş çedar peyniri peynir altı suyu, limon suyu (%8) ve şeker (%14) içeren kabul edilebilir bir içecek geliştirmişlerdir. Ürünün raf ömrü oda sıcaklığında (18-25 °C) organoleptik kaliteye çok fazla zarar vermeden 15 güne kadar çıkmıştır.

Gagrani ve ark., (1987), meyve bazlı içecek üretimi için peynir altı suyuna sırasıyla %10, %15 ve %15 oranlarında portakal, ananas ve mango gibi farklı meyve suları eklemiştir. Mango bazlı içeceğin renk, tat, ağızda bıraktığı his, tortulaşma, bulanıklık, viskozite vb. fiziksel özellikler açısından diğerlerinden üstün olduğu rapor edilmiştir.

Iniquez ve Vera (1999), manda sütü peynir altı suyunu kullanarak aromalı içecek için bir formülasyon geliştirmişlerdir ve konsantre ananas suyu veya portakal (%4.5-5.0) ilave ederek içeceğin raf ömrü 4 °C'de 7-8 gün olarak belirlemişlerdir.

Dubey ve ark., (2007), paneer peynir altı suyu kullanarak peynir altı suyu-guava içecekleri hazırlamıştır. Guava hamuru (%25), şeker (%10) ve paneer peynir altı suyu (%65) hacmi sabit tutulurken, pastörizasyon sıcaklıkları ve süreleri 60 °C – 70 °C arasında 15-35 dakika arasında değiştirilmiştir. 70 °C'de 35 dakika pastörize edilen peynir altı suyu-guava içeceklerinin 45 gün sonra duyusal kalite açısından en iyi olduğu ancak pH, asitlik, protein, toplam şeker ve indirgeyici şekerlerin diğer örneklerle göre yüksek olduğunu görmüşlerdir.

Madhavi (2009), peynir altı suyu, şeker, inülin ve portakal meyve suyu kullanarak sinbiyotik peynir altı suyu içeceği geliştirmiştir. İçecek hazırlama için *L. rhamnosus* MTCC 5462'nin probiyotik kültürü kullanmışlardır. İçecek fermente edilmiş peynir altı suyu, %10 şeker, %3 inülin ve %10 portakal meyve suyu kullanılarak yapılmıştır. Ürün raf ömrü 28 güne kadar kabul edilebilir olarak belirlenmiştir.

2.5. Peynir Altı Suyunun Sağlık Üzerine Etkileri

Süt içmek tarih öncesinde hayvanların evcilleştirilmesine kadar uzanan ve hiçbir zaman değerini kaybetmeyen bir eylemdir. Ancak peynir altı suyu, peynir yapımının bir yan ürünü olarak değersiz görüldüğü için süt kadar ilgi çekici olmamıştır. Peynir altı suyu bazlı içecekler, yaşlılardan küçük çocuklara kadar geniş bir tüketici kitlesini hedeflemektedir. Peynir altı suyu tarihin eski zamanlarından beri çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Hipokrat'ın Antik Yunanistan'da peynir altı suyunun sağlık üzerine

etkilerini biliyor ve uyguluyor olması tarihin ilginç olayları arasında yer almaktadır. Peynir altı suyunu ilaç, yanık tedavisinde, cilt kremi olarak ve çeşitli hastalıkları iyileştirmek için merhemlerin içerisine ilave ederek kullanmışlardır (De Wit, 1998). Ayrıca 17. yüzyılın başlarına kadar uzanan İtalyan Edebiyatında peynir altı suyunun çeşitli sağlık yararlarına dair referanslar da bulunmaktadır (Baricellus, 1603). Büyük ölçüde in vitro çalışmalara dayanan, deney hayvanları ve sınırlı insan çalışmalarından elde edilen yeni araştırma bulguları, peynir altı suyu ve peynir altı suyu bileşenlerinin bir dizi faydalı biyoaktif özelliğine işaret etmektedir. Peynir altı suyu proteini takviyesinin kanıtlanmış birçok faydası vardır (Solak ve Akın, 2009). Antimikrobiyal ve antiviral aktiviteler, bağışıklık düzenleme, antikanserojenik, kardiyovasküler sağlık, fiziksel performans, kilo kontrolü, kemik sağlığı, bilişsel performans üzerine olumlu sağlık etkileri araştırma konuları arasındadır.

Aktif yaşam tarzları ile uğraşan kişilerin, fiziksel refahı artırabilecek diyet ve besin takviyelerinden fayda sağlamaktadırlar. Besin değeri yüksek protein içeriği nedeniyle bu içecekler sporcular için ideal bir enerji ve besin kaynağıdır. Peynir altı suyu proteinleri, izolösin, lösin ve valin gibi dallı zincirli amino asitlerce (BCAA) zengin bir kaynaktır. Diğer esansiyel amino asitlerden farklı olarak BCAA'lar doğrudan kas dokusuna metabolize edilip egzersiz ve direnç antrenmanları dönemlerinde kullanılan amino asitlerdir (Sherwood 2007). Bu amino asitlerin çoğu peynir altı suyu proteinlerinde ve amino asit takviyelerinde bulunmakta olup bunların kas kütlesini artırmada kullanıldığı bilinmektedir.

Peynir altı suyu, güçlü bir hücre içi antioksidan olan ve aynı zamanda bir yaşlanma karşıtı ajan olarak da bilinen glutatyonun (GSH) sentezine yardımcı olan sistein bakımından zengin aktiviteye sahiptir.

Temel bir amino asit olan triptofan açısından zengin a-laktalbuminin; uyku düzenleme ve stres altında ruh halini iyileştirme gibi potansiyel faydalar sağlar. Peynir altı suyu proteini ve peynir altı suyu proteinlerinin sağlık faydaları, fonksiyonel gıdalar bağlamında ticari bir ilgi odağı olmuştur. Peynir altı suyu bileşenleri, özellikle proteinler ve peptidler, fonksiyonel gıdalar için ve nutrasötikler için giderek daha fazla tercih edilecektir. Sonuç olarak, peynir altı suyu proteinlerinin ve bunlarla ilişkili peptitlerin fonksiyonel gıda bileşenleri, nutrasötikler ve diyet takviyeleri olarak kullanımı için gıda ve sağlık sektörlerinde önemli gelişmeler yer almaktadır.

Peynir altı suyu proteinleri, hem kısa hem de uzun vadeli tokluk hissi sağlayarak vücut ağırlığının düzenlenmesine katkıda bulunan fonksiyonel bir gıda bileşeni olma potansiyeline sahiptir (Khamrui ve Rajorhia, 1998).

2.6. Peynir Altı Suyu Proteini Ürünleri

Peynir altı suyu proteinleri açısından keçi ve koyun sütlerinin bileşimleri birbirinden farklılık gösterir. PAS proteinlerini oluşturan en önemli fraksiyonlar, α -laktalbumin ve β -laktoglobulinler, farklı süt türlerinde farklı oranlardadır (Çizelge 2.5). Koyun peynir altı suyu proteinlerinde bu iki ana peynir altı suyu proteini yaklaşık 92.4 ± 7.22 iken keçi peynir altı suyu proteinlerinde bu oran 86.7 ± 2.23 'tür (Hejtmánková ve ark., 2012). Keçi sütü peyniri üretiminden elde edilen keçi peynir altı suyu, inek sütüne göre daha fazla α -laktalbumin içermektedir (Casper ve ark., 1998). Koyun peynir altı suyu ise inek peynir altı suyu kadar yüksek düzeyde β -laktoglobulin içerir. α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerinin fonksiyonel özellikleri nedeniyle, bu proteinler fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Keçi sütündeki oligosakkaritlerin insan sütü oligosakkaritlerine benzemesi bebek maması formülasyonlarının geliştirilmesinde avantaj sağlamaktadır. Ayrıca keçi sütü, sığır sütüne göre daha düşük alerjenik yüke ve daha fazla sindirilebilirliğe sahiptir (Grant ve ark., 2005).

Çizelge 2.5. Farklı hayvan türlerine ait sütlerin protein kompozisyonu (%)

<i>TÜR</i>	<i>Protein Cinsi</i>	<i>Protein Oranı (%)</i>	<i>Referans</i>
<i>Keçi Sütü</i>	α -laktalbumin	21.4	Rafiq ve ark.,2016
	β -laktoglobulin	61.1	
<i>Koyun Sütü</i>	α -laktalbumin	10.8	Borková ve Snášelová, 2005
	β -laktoglobulin	54.2	
<i>İnek Sütü</i>	α -laktalbumin	16.2	Borková ve Snášelová, 2005
	β -laktoglobulin	59.3	

PAS proteini üretiminde uygulanan işlemlere göre elde edilen fraksiyonların protein miktarı farklılık gösterir. Bu işlemlere göre üç çeşit PAS proteini ürünü vardır. Bunlar; peynir altı suyu protein konsantresi (Whey protein concentrate, WPC), peynir altı suyu proteini izolatu (Whey protein isolate, WPI) ve peynir altı suyu proteini hidrolizatu (Whey protein hydrolyzate, WPH) dir. Bunlardan WPC en az işlenmiş olan protein fraksiyonu olup ağırlıkça %35-80 oranında protein içerir. Diğer taraftan WPI, ağırlıkça

%90 protein olan bir ürün olup yapıdaki yağ ve karbonhidratları uzaklaştırmak ve protein konsantrasyonunu arttırmak için daha fazla işleme tabii tutulur (Drake ve ark., 2005). WPH’larda partikül boyutunu azaltmak için enzimatik ve asidik ön işlem uygulanır. WPH’lar üç protein fraksiyonu arasında en hızlı sindirilen proteindir. Ticari peynir altı suyu proteinleri genellikle WPC ve WPI içerebilen WPH karışımları halinde satılmaktadır.

Endüstriyel ultrafiltrasyon ve kromatografik yöntemlerin ortaya çıkmasıyla, peynir altı suyu proteinlerinin doğal formlarında geri kazanılması ve fraksiyonlanması mümkün hale gelmiştir. Bu sayede piyasada çok çeşitli ticari peynir altı suyu proteini konsantreleri (Whey Protein Concentrate, WPC) ve izolatları (Whey Protein Isolate, WPI), peynir altı suyu proteini fraksiyonları a-laktalbumin ve b-laktoglobulin bakımından zengin fraksiyonlar, kazein glikomakropeptit, laktoferrin ve laktoperoksidaz) ve protein hidrolizatları (Whey Protein Hydrolysates, WPH) bulunmaktadır.

Katı-sıvı faz ayırma teknolojilerindeki gelişmelerin artmasıyla birlikte, süt endüstrisindeki birçok firma fonksiyonel, besleyici ve iyi lezzet özelliklerine sahip peynir altı suyu üretimi için bu teknolojileri kullanmaya başlamıştır. Piyasada farklı peynir altı suyu proteini ürünlerinin bulunmasının çeşitli nedenleri vardır. Bunlardan en önemlisi tek bir peynir altı suyu proteininin gıda sektöründeki her ürün için uygun olmamasıdır.

2.6.1. PAS Proteini Konsantresi (WPC)

Peynir altı suyu prosesinden elde edilen peynir altı suyu konsantrelerinin protein içerikleri %35-80 arasında değişir (Kosikowski, 1979). Bu ürünlerin üretimindeki temel adımlar, peynir altı suyu ön işlemi, ultrafiltrasyon/diafiltrasyon, indirgenmiş basınç altında buharlaştırma yoluyla konsantrasyon ve püskürterek kurutmadır. Protein oranını geri kazanmak, peynir altı suyunun çeşitli şekillerde kullanılmasına yönelik yapılan çalışmaların en başında gelmektedir. Ultrafiltrasyon, peynir altı suyunda bulunan proteinleri fraksiyone etmek için en uygun membran tekniğidir. Bununla birlikte, son gelişmelere rağmen, sadece ultrafiltrasyon yoluyla ana peynir altı suyu proteinlerinin iyi bir fraksiyonasyonuna ulaşmak oldukça zordur. Peynir altı suyundaki ana proteinlerin moleküler ağırlıkları birbirlerinden verimli bir şekilde

ayrılmaz kadar yakındır. İzoelektrik noktaları (IP) da çok benzerdir. Bu nedenle endüstriyel ölçekte ayırmayı geliştirmek için membran ve proteinler arasındaki elektrostatik etkileşimlerden yararlanmak oldukça zordur. Ultrafiltrasyon (tek başına veya diafiltrasyon ile birlikte) ile elde edilen WPC'ler, peynir altı suyu protein fraksiyonasyonu gerçekleştirmek için iyi bir başlangıç materyali gibi görünmektedir. Peynir altı suyunun işlenmesi ile ilgili en fazla kullanılan yöntemlerin ultrafiltrasyon ve diafiltrasyon olması yüksek işlem hızı, maliyetinin düşük olması, denatürasyonun ve protein-yapı modifikasyonunun olmaması ve protein konsantrasyonunun tuz içermemesi gibi durumlar için oldukça avantajlıdır (Coton, 1976; Kosikowski, 1979; Gardner, 1989; Evans ve Gordon, 1980).

Pek çok ürün peynir altı suyundan (çoğunlukla tatlı peynir altı suyu) WPC elde edilmektedir. Peynir altı suyu şirketleri peynir altı suyu ve WPC'ler için yeni pazarlar bulmaya çalışmaktadır. Bebek formülasyonları, yüksek miktarlarda WPC'lerin kullanıldığı bir pazarı temsil etmektedir. Birçok şirket, anne sütüne benzer özellik ve bileşime sahip uyarlanmış sütler üretmek üzere araştırma geliştirme çalışmaları yürütmektedir.

2.6.2. PAS Protein İzolatları (WPI)

Minimum protein içeriği %90 olan peynir altı suyu protein izolatları iyon değiştirme kromatografisi veya mikrofiltrasyon ile üretilir. İyon değiştirme yöntemi, ana peynir altı suyu proteinlerinin iyon değiştiriciye bağlanarak tutulmasına ve ardından pH'sı değiştirilerek elüsyonuna dayanır. Mikrofiltrasyon (MF) yönteminde, peynir altı suyu, lipid ve protein agregatlarını ve mikrobiyal kalıntıları gidermek için uygun bir zar (gözenekler <1 mm) kullanılarak mikro boyutta filtrelenir. MF permeatı ultrafiltrelenir, konsantre edilir ve sprey ile kurutulur. İyon değiştiriciler tarafından hazırlanan WPI, mikrofiltrasyon ile hazırlanandan daha az kazein glikomakropeptit içeriğine sahiptir. Mikrofiltrasyon işlemi ile laktoz neredeyse tamamen uzaklaştırılır, laktoz içeriğinin çok düşük olması nedeni ile laktoz intoleransı yaşayan kişiler rahatlıkla WPI kullanabilir. Peynir altı suyu proteini izolatları, daha yüksek protein saflığına (kuru bazda %85'ten daha yüksek) sahip protein konsantreleridir ve genellikle yüksek katma değerli (spor içecekleri, tıbbi diyetler vb.) ürünlerde kullanılır. Peynir altı suyu proteini izolatları yüksek protein oranı üretmek amacı ile

yağ ve karbonhidratları uzaklaştırmak için WPC'ye göre daha fazla işlenir (Whetstone, Croissant ve Drake, 2005).

2.6.3. PAS Proteini Hidrolizatı (WPH)

Peynir altı suyu proteinlerinin işlevselliğini iyileştirmenin iki ana yöntemi proteinlerin fiziksel işlemler ve enzimatik yollarla değiştirilmesidir. PAS proteinlerin hidrolizi için gıda endüstrisinde en uygun yöntem enzimatik hidrolizdir. WPH'lerin fonksiyonel ve biyolojik özellikleri büyük ölçüde kullanılan enzimin tipine (spesifiklik ve seçicilik), kullanılan hidroliz koşullarına (enzim-substrat oranı, inkübasyon sıcaklığı, pH ve süre) ve kaynağına bağlıdır (Spellman ve ark., 2009).

Enzimatik hidroliz, güvenli ve doğal kabul edilen çok çeşitli enzimlerin mevcudiyeti nedeniyle gıda üreticileri tarafından tercih edilmektedir. Çeşitli enzimler şu anda endüstride gıda sınıfı enzimler olarak kullanılmaktadır ve diğer enzimler özel işlevsellik ve biyolojik aktiviteye sahip WPH'lerin üretimi için araştırılmaktadır. WPH'lerin üretimi için en çok araştırılan ve kullanılan enzimler, sindirim enzimleri olan tripsin, pepsin ve kimotripsindir (Konrad ve ark., 2005). Bitki enzimleri olan papain ve bromelain de WPH'lerin üretimi için kullanılan enzimler arasında yer almaktadır (Nakamura ve ark., 1993). Protein hidrolizinin önemli bir dezavantajı WPH'lerin acı tada sahip olmasını sağlayan peptitlerin salınmasıdır (Sinha ve ark., 2007). Rios ve ark. (2004), acı peptitleri en aza indirmek için hidrolizin %8'in altında sınırlandırılmasının daha iyi bir seçenek olduğundan bahsetmiştir. Enzimatik hidroliz sırasında salınan küçük hidrofobik peptitler ve protein olmayan nitrojen, acı tada en çok katkıda bulunan maddelerdir (Adler-Nissen, 1986).

WPH'ler, geniş bir pH aralığında çözünürlüğü iyileştirir, su bağlama yoluyla viskozite yaratır yapışma ve elastikiyeti destekler. WPH'ler, WPC veya WPI'dan daha güçlü ancak daha esnek yenilebilir filmler oluşturur. Uygun ısı uygulamalarına sahip kapsamlı hidrolize WPH'ler en iyi emülgatörlerdir ve polisakkaritlerin eklenmesi WPH'lerin emülsifikasyon yeteneğini geliştirir. WPH'ler, pH 4'te daha az çözünürlük gösterirken, pH 6-10 civarında en yüksek çözünürlüğü gösterir (Jeewanthi ve ark., 2014). Daha kapsamlı hidroliz işleminin WPH'lerin çözünürlüğünü artırdığı tespit edilmiştir (Flanagan ve Fitzgerald, 2002).

WPH'ler PAS proteini ürünlerinin arasında en hızlı sindirilebilir proteindir. Peynir altı suyu proteini hidrolizatları (WPH), biyoaktif özellikleri ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle birçok gıda uygulamasında bileşen olarak kullanılır, ancak WPH'nin aroması ve acı tadı olması nedeni ile kullanım alanına sınırlamalar getirmektedir. (Pedrosa ve ark., 2006). Bu nedenle acı tadı ve fonksiyonel veya biyoaktif bileşenlerin katkıda bulunduğu diğer tatları en aza indirmek WPH'nin kullanım alanının arttırılması için çok önemlidir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada inek peynir altı suyu konsantreleri (Enka Süt, Türkiye), keçi peynir altı suyu konsantreleri (Alimenta SRL, İtalya), α -laktalbumin (Sigma, USA), β -laktoglobulin (Sigma, USA), instant kahve (Rotel, Türkiye), stabilizör (Rotel, Türkiye), toz şeker (Torku, Türkiye) ve aroma vericiler (Döhler, Almanya) kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

İnek ve keçi WPC'ler ile kahveli içecek çalışmalarına başlamadan önce PAS içeceklerinde karşılaşılan ve en büyük problemlerden biri olan çökme probleminin önüne geçmek üzere protein konsantrasyonlarının ısıl işlem sonrası stabilizasyonu incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle α -laktalbumin ve β -laktoglobulin saf proteinleri ile sonrasında inek ve keçi WPC'ler ile ön denemeler yapılmıştır. Optimum parametrelerin belirlenmesinden sonra kahveli içecek çalışmalarına başlanmış ve raf ömrü boyunca kalite parametrelerinin değişimi analiz edilmiştir.

3.2.1. Saf Protein Çözeltilerinin Denemeleri

Proteinli, kahveli içecek çalışmalarına başlamadan önce saf protein çözeltisi denemeleri yapılmıştır. Bu amaçla, farklı oranlarda (0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0) α -lac: β -lac çözeltileri oluşturularak farklı pH değerlerinin (3.0, 5.0, 7.0) ısıl işlemin etkisi ile (72 °C'de 15 sn) çökme üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla Cary Eclipse floresan spektrometresi (Agilent Technologies, USA) ile floresan intensite değişimleri ve çökme oluşumları görsel olarak incelenmiştir. Örnekler 287 nm eksitasyon dalga boyunda uyarılmış ve floresan emisyonu 320-500 nm aralığında 3 nm çözünürlük ile kaydedilmiştir.

3.2.2. İnek ve Keçi WPC Protein Analizleri

Tez çalışması kapsamında inek ve keçi WPC olarak Enka ve Alimenta'dan ürünler temin edilmiştir, ancak ticari olarak alınan keçi WPC'leri tamamen keçi PAS'ı içermemektedir. Keçi sütü yılın sadece belirli dönemlerinde toplandığı için bu ticari ürünler keçi-koyun karışımlarından oluşmaktadır. Alimenta'dan temin edilen keçi

WPC de saf keçi olmayıp mevsimsel zorluklardan dolayı keçi-koyun karışımı olarak toplanmıştır. Bu sebeple temin edilen inek ve keçi WPC'lerin protein kompozisyonlarını anlayabilmek adına α -laktalbumin ve laktoglobulin analizleri yapılmıştır. Bu amaçla Anandharamakrishnan ve ark. (2008)'nın HPLC analizi referans alınmıştır. e2695 model HPLC (Waters, USA) cihazı ile 2489 UV/Vis dedektör ve ACE 5 C18 250x4.6 mm id 5 μ m kolon kullanılarak 215 nm dalga boyunda ölçüm yapılmıştır. Mobil faz A olarak % 0.1'lik trifloroasetik asit, mobil faz B olarak ise % 0.1 trifloroasetik asit, % 19.9 su, % 80 asetonitril kullanılmıştır. Yöntemde 500 mg numune tartılarak ve 50 ml saf su ile 30 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra 0.1 M HCl ile pH 4.6'ya ayarlanmıştır. pH ayarlandıktan sonra 30 dakika karıştırılıp 50 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır. Numune 30 dakika 2000 rpm'de santrifüj yapılarak üst faz alınıp ve HPLC cihazı ile okuma yapılmıştır. Ölçüm parametreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. HPLC analiz uygulama verileri

<i>Süre (dk)</i>	<i>Akış Hızı (ml/dk)</i>	<i>Mobil Faz A</i>	<i>Mobil Faz B</i>
0	0.5	64	36
20	0.5	44	56
30	0.5	40	60
35	0.5	64	36

İlave olarak inek ve keçi WPC'lerin pH, toplam kuru madde, yağ, protein, laktoz ve kül miktarı gibi kimyasal analizleri NIRS DS2500 SR (FOSS, Norveç) sistemi kullanılarak hızlı bir şekilde analiz edilmiştir.

3.2.3. PAS Çözeltilerinin Denemeleri

Ürün geliştirme çalışmalarına başlanmadan önce ticari olarak temin edilen WPC'ler ile farklı pastörizasyon normlarında denemeler yapılmış ve termal stabiliteleri analiz edilmiştir. Çalışmalarda karışım hazırlanmadan önce WPC konsantresi için ön hazırlık aşaması yapılmıştır. Bu aşamada belirlenen farklı protein oranlarında (%2.7, %4.3, %6) WPC tartımları yapılarak WPC'ler suda çözünmüş, manyetik karıştırıcıda (Daihan MSH-20A, Güney Kore) 800 rpm'de 3 saat süreyle karıştırılmış ve sonrasında 1 gece +4 °C'de bekletilmiştir (Shane ve ark., 2016). Ertesi gün keçi ve inek peynir altı suyu konsantreleri farklı pH (3.0, 5.0, 7.0) ve pastörizasyon normlarında işleme

tabi tutulmuşlardır (Çizelge 3.3). pH 3.0 ayarlamak için 0.1 N sitrik asit, pH 7.0 ayarlamak için ise 0.1 N trisodyum sitrat kullanılmıştır. Örneklerin detaylı anlatımı Çizelge 3.1’de sunulmuştur. Buna göre, çalışmada 3 farklı protein konsantrasyonu, 3 farklı pH değeri ve 3 farklı pastörizasyon normu kullanılarak 27 örnek inek peynir altı suyu tozu ve 27 örnek keçi peynir altı suyu tozu kullanılmış ürün örneği grubu oluşturulmuştur. Her parametrede 2 tekerrürlü üretim yapılmıştır. PAS çözelti denemeleri ile uygulanacak pH ve pastörizasyon normları belirlenmiştir. Üretilen formülasyonlar takip eden analizlere tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre termal stabiliteler belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Üretim parametreleri

<i>pH</i>	<i>İnek WPC</i>			<i>Keçi WPC</i>		
3.0	%2.7 Protein	%4.3 Protein	%6 Protein	%2.7 Protein	%4.3 Protein	%6 Protein
5.0	%2.7 Protein	%4.3 Protein	%6 Protein	%2.7 Protein	%4.3 Protein	%6 Protein
7.0	%2.7 Protein	%4.3 Protein	%6 Protein	%2.7 Protein	%4.3 Protein	%6 Protein

Çizelge 3.3. Pastörizasyon parametreleri

<i>Uygulanan Sıcaklık</i>	<i>Süre</i>
63 °C	30 dk
72°C	15 sn
80°C	8 sn

PAS Çözeltilerinde Gerçekleştirilen Analizler

Bulanıklık Tayini

Bulanıklık analizleri protein molekülleri ve polisakkaritler arasındaki etkileşimi ortaya koymak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı protein konsantrasyonları, ısıtma işleminin ve pH’ın bulanıklık üzerine etkisini görmek amacıyla bu analizler yapılmıştır. Bulanıklık analizlerinde Zhaoa ve Xiaob (2016)’nın yapmış oldukları çalışma referans olarak alınmıştır. Bu amaçla Cary 60 UV-Vis spektrometre (Agilent Technologies, USA) kullanılarak 600 nm’de örneklerin absorbans değerleri kaydedilmiştir.

Ölçümlerde kuvars küvetler kullanılmıştır. Isıl işlem öncesi ve ısıl işlem sonrası olmak üzere 2 tekrarlı olacak şekilde ölçümler tekrarlanmıştır.

Çözünürlük Tayini

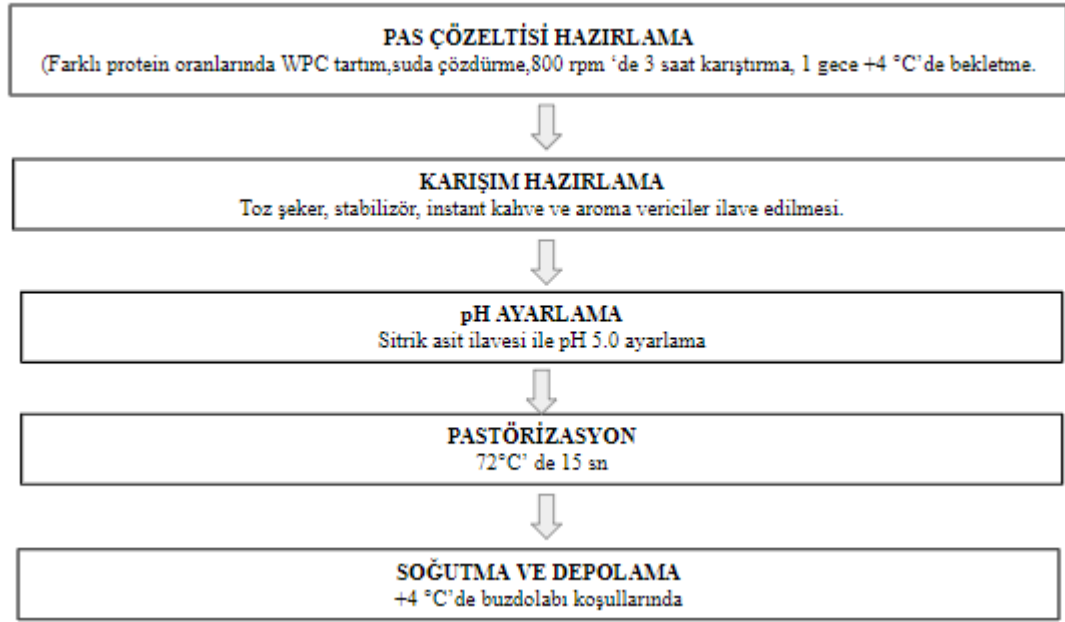
Protein çözeltilerinin çözünürlüğü, hafif bir santrifüjlemeden sonra dağılmış halde kalan protein miktarına dayalı bir tanımdır. Sütte, peynir altı suyu proteinleri genellikle pH 4.6'da (yani kazein çöktürmesinden sonra) çözünen proteinlerdir. Isıtıldıktan sonra doğal durumda kalan peynir altı suyu proteinleri, protein-protein etkileşimleri yerine protein-su etkileşimlerini teşvik eden protein yüzeylerinin varlığını gösterir (Zhu ve Damodaran 1994). Çalışmada çözünürlük tayini Hong ve ark., (2022) yapmış oldukları çalışma referans alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Cary 60 UV-Vis Spektrometre (Agilent Technologies, USA) cihazı kullanılmış ve 280 nm dalga boyunda örneklerin absorbans değerleri ölçülmüştür. Ölçüm yapılmadan önce ürünler 1000 g 4 °C'de 15 dk santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Isıl işlem öncesi ve ısıl işlem sonrası olmak üzere 2 tekrarlı olacak şekilde veriler alınmıştır.

Renk Tayini

Numunelerin renk analizi taşınabilir renk spektrokolorimetresi (Serlab SL 400) kullanılarak yapılmıştır. Önce kalibrasyonu yapılan cihazın probu karanlık ortamda WPC çözeltisi yüzeyine yaklaştırılarak 2 tekrarlı renk ölçümleri alınmıştır. Örneklerin L (parlaklık), a (+ kırmızı, - yeşil) ve b (+ sarı, - mavi) değerleri belirlenmiştir.

3.2.4. Proteinli Kahve Üretimi

Saf protein ve PAS çözeltilerinde yapılan bulanıklık, çözünürlük, renk analizleri ve görsel değerlendirmeler ile %2.7, %4.3 ve %6.0 protein oranlarında pH 5.0 değerinde ve 72 °C'de 15 sn pastörizasyon normunda daha stabil ürünler elde edilmiştir. Bu nedende proteinli kahve üretiminde bu sonuçlardan yola çıkılarak bu normların uygulanması kararlaştırılmıştır. Proteinli kahve üretimi akım şeması Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Proteinli kahve üretimi akım şeması

Proteinli Kahve Örneklerinin Kompozisyonel ve Duyusal Özellikleri

Üretilen ürünlerin kalite özelliklerinin belirlenmesi için toplam kuru madde, yağ, protein analizleri ve duyusal değerlendirmeler yapılmıştır.

Toplam Kuru Madde Tayini

Proteinli kahve örneklerinde toplam kuru madde gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (AOAC, 2005). Depolama süresince kuru madde içeriğinde değişim ön görülmediği için bu analiz depolama periyodu boyunca bir kez gerçekleştirilmiştir.

Yağ Tayini

Gerber yöntemi ile proteinli kahve örneklerinin yağ içeriği belirlenmiştir (AOAC, 2005). Analizde süt bütirometresi (%0-8) kullanılmıştır. Depolama süresince yağ içeriğinde değişim öngörülmediği için bu analiz depolama periyodu boyunca bir kez gerçekleştirilmiştir.

Protein Tayini

Protein analizi için kullanılan Kjeldahl yöntemi ile toplam azot miktarı belirlenmiş ve 6.38 katsayısı ile çarpılarak toplam protein miktarları belirlenmiştir (AOAC, 2005).

Depolama süresince protein içeriğinde değişim öngörülmediği için bu analiz depolama periyodu boyunca bir kez gerçekleştirilmiştir.

Duyusal Analizler

Farklı protein oranlarında inek ve keçi peynir altı suyu konsantresi kullanılarak yapılan denemelerin tüketici tarafından kabul edilebilirlik özellikleri duysal olarak değerlendirilmiştir. Duyusal analizler eğitimli uzman panelistler ve yarı eğitimli panelistler tarafından Panagro Tarım Hayvancılık Gıda San. ve Tic. A.Ş’de Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi’nde toplam 18 kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirmeden önce panelistler bilgilendirilmiş ve örnekler rastgele sırayla numaralandırılmış şekilde tadıma sunulmuştur. Puanlamalar Çizelge 3.4’de bulunan tabloda yapılmıştır. Tat, koku, renk, yapı ve görünüm olarak her parametre ayrı değerlendirilmiş ve puanlama yapılmıştır. Numuneler arasında damak temizliği için panelistlere su verilmiştir.

Çizelge 3.4. Duyusal değerlendirme skalası

Panelist Adı ve Soyadı						
Tarih						
Ürün	Tat	Koku	Renk	Yapı	Görünüm	Yorumlar
1-5 arası puan verip, açıklama kısmına düşüncelerinizi ekleyiniz.						
1-Hiç beğenmedim 2-Beğenmedim 3-Orta derecede beğendim 4-Beğendim 5-Çok beğendim						
YORUMLAR						

Proteinli Kahve Örneklerinin Raf Ömrü Analizleri

Üretilen proteinli kahve örneklerinin raf ömrünü belirlemek üzere kalite parametrelerinin (pH, viskozite, çözünebilir kuru madde, renk) değişimi 21 gün boyunca değerlendirilmiştir. Örnekler +4 °C’de muhafaza edilerek 7 gün aralıklarla analizler yapılmıştır.

pH Analizleri

Örneklerin pH değişimleri bir pH metre (WTW 3210, Almanya) ile takip edilmiştir. pH dereceleri 4.1 ve 7.0 olan kalibrasyon solüsyonları ile kalibre edilen pH metrenin sıcaklığı da termometre ile doğrulanmıştır. Proteinli kahve örneklerinin oda sıcaklığında 2 tekrarlı olarak pH değerleri okunmuştur.

Viskozite Tayini

Viskozite tayininde Anton Paar viskozimetre (C-PTD 180/AIR/QC, Avusturya) kullanılmıştır. Termometre ile oda sıcaklığında olduğu doğrulanan 400 mL proteinli kahve örneklerinin viskozite değerleri, 100 rpm’de 2 tekrarlı olarak mPa.s cinsinden okunmuştur.

Çözünebilir Kuru Madde Tayini

Örneklerin çözünebilir kuru madde tayininde refraktometre (Krüss, Almanya) kullanılmıştır. Saf su ile skalası ayarlandıktan sonra termometre ile oda sıcaklığında olduğu doğrulanmış olan birkaç damla UHT süt, refraktometreye damlatılmış ve değerler brix olarak okunmuştur.

Renk Tayini

Numunelerin renk analizi renk spektrokolorimetresi (ColorFlex EZ 45, USA) kullanılarak yapılmıştır. Önce kalibrasyonu yapılan cihaz karanlık ortamda süte daldırılarak 6 tekrarlı renk ölçümleri alınmıştır. Örneklerin L (parlaklık), a (+ kırmızı, - yeşil) ve b (+ sarı, - mavi) değerleri belirlenmiştir.

3.2.5. İstatiksel Analizler

PAS çözeltilerinin ve proteinli kahve içeceklerinin üretimi iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve analizler üç paralelli olarak yapılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Tüm veriler, üç tekerrürün ortalaması $\pm$ standart sapması olarak değerlendirilmiştir. Farklı örnek uygulamalarının ve depolama sürelerinin arasındaki önemli farklılıkları belirlemek amacıyla %95 güven aralığında Tukey çoklu karşılaştırma testi gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler MİNİTAB programı (versiyon17) kullanılarak yapılmıştır.



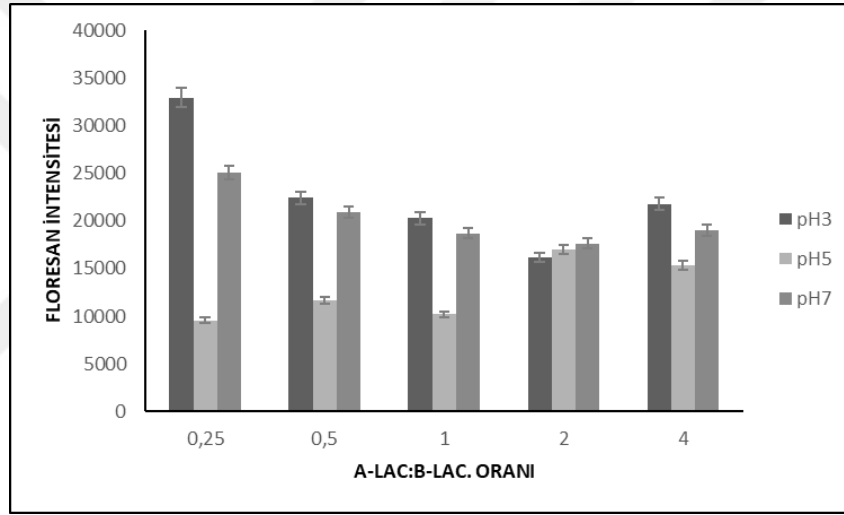
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması süresince tüm deneysel sonuçlar bu bölümde sunulmuştur.

4.1. Saf Proteinlerin Termal Stabiliteleri

4.1.1. Floresans Spektroskopisi

α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerinin (ex: 280 nm) 320-500 nm dalga boyu aralığında kaydedilen floresan spektrumlarından maksimum intensite gösteren 332 nm seçilmiş ve bu dalga boyundaki floresan intensiteleri Şeki 4.1’de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Floresan intensitesi değişimi

Şekil 4.1’de genel olarak artan α -lac: β -lac oranıyla birlikte floresan intensitelerinde düşüş görülmüştür. Bunun sebebi α -laktalbuminde β -laktoglobuline göre daha az florofor özellikli amino asitlerin bulunması şeklinde açıklanabilir (Heine ve ark, 1991). pH 3 ve pH 7 değerlerindeki floresan intensiteleri genel olarak artan α -lac: β -lac trendiyle birlikte azalma eğilimindeyken pH 5’de bu durum tam tersidir. Bu durum pH 5’de α -lac: β -lac oranı 2’ye ulaşana kadar örneklerde çökme görülmesi ile açıklanabilir (Çizelge 4.1). Oran 2 ve 4 olduğunda ise çökme olmadığı için intensiteler artmıştır. Bu durum bu spesifik proteinlerin izoelektrik noktalarının farklı olması ile açıklanabilir (Coton, 1976; Kosikowski, 1979; Gardner, 1989; Evans ve Gordon, 1980). α -lac izoelektrik noktası 4.80 iken β -lac izoelektrik noktası 5.34’tür (Lee ve Hong, 2009). Yani farklı pH ortamlarında farklı proteinler çökeceği için son

çözeltideki protein kompozisyonu değişmektedir. Ancak α -lac: β -lac oranı 2'yi geçtiğinde kısmi bir artış tekrar tüm pH değerleri için tespit edilmiştir. Genel olarak α -laktalbumin içerisindeki triptofan amino asitlerinden dolayı artan oranlarda daha fazla floresan emisyonu yapmış olabilir. Çizelge 2.4'de α -laktalbumin içerisinde bulunan triptofan aminoasidinin β -laktoglobuline göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Proteinlerde, üç aromatik amino asidin (fenilalanin, tirozin ve triptofan) tümü floresan özellik gösterir (Heine ve ark., 1991). Protein yapısının olumlu bir özelliği, bu üç amino asidin proteinlerde nispeten nadir olmasıdır (Lakowicz, 1999). Baskın intrinsik florofor olan triptofan, genellikle proteinlerde yaklaşık %1 (mol) oranında bulunur. Fenilalanin en kısa absorpsiyon ve emisyon dalga boylarını gösterir, maksimum 282 nm'ye yakın bir emisyon sergiler. Tirozin amino asidi emisyonu 303 nm dalga boyunda bir emisyon sergiler. Triptofan ise maksimum emisyonu 350 nm civarında gerçekleşir ve büyük ölçüde polariteye ve/veya yerel ortama bağlıdır. 295 nm'den daha uzun dalga boylarında, absorpsiyon öncelikle triptofandan kaynaklanır. Triptofan floresansı 295-305 nm'de seçici olarak uyarılabilir. Bu nedenle birçok makale, tirozin uyarımından kaçınmak için 295 nm'de uyarımını gerçekleştirir (Lakowicz, 1999). α -laktalbumin, yüksek bir lizin ve sistein içeriğine ve özellikle yüksek bir triptofan içeriğine (toplam amino asitlerin %5.9'u) sahiptir. Triptofanın özellikle kararsız bir amino asit olduğu ve kazein gibi proteinlerin aşırı sıcaklıklarda ısıtılmasının, triptofanın biyoyararlanımında büyük azalmalara neden olabileceği bilinmektedir (Heine ve ark., 1991).

4.1.2. Saf Protein Çökelme Değişimi

α -lac: β -lac proteinlerinin farklı oranlarda (0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0), farklı pH değerlerinde (3.0, 5.0, 7.0) ve 72 °C'de 15 sn pastörizasyon normunda hazırlanan örneklerin çökelme değişimi Çizelge 4.1'de yer almaktadır.

Çizelge 4.1 incelendiğinde saf protein çözeltileri ile yapılan çalışmalarda α -lac: β -lac oranının termal stabiliteyi etkilediği ve bu oranın artmasıyla çökelmenin azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Saf protein denemeleri çökelme değişimi

<i>pH</i>	<i>α-lac:β-lac oranları</i>				
	<i>0.25</i>	<i>0.5</i>	<i>1.0</i>	<i>2.0</i>	<i>4.0</i>
3.0	✓	X	X	X	X
5.0	✓	✓	✓	X	X
7.0	X	X	X	X	X

✓: Çökelme var

X: Çökelme yok.

β -laktoglobulin α -laktalbumin'den daha fazla ısıya duyarlıdır; bu nedenle α -lac: β -lac oranı arttığında protein-protein etkileşimlerinin boyutu azalmıştır ve bu da ısı stabilitesinin artmasına neden olmuştur. Bu veriler α -lac: β -lac oranının artmasının ısı stabilitesini olumsuz etkileyen protein-protein etkileşimlerini azalttığını göstermektedir. α -laktalbumin ısı işlem ile denatüre olduktan sonra pH 7'ye ayarlanması ve ürün soğutulması ile tekrar eski haline döner. β -laktoglobulin ise ısı işlem ile dönüşümsüz olarak denatüre olarak eski formunu kaybeder. Bu nedenle α -lac: β -lac oranı arttığında üründe gözlemlenen çökmenin olmadığı tespit edilmiştir. Bunun sebebinin α -laktalbumin proteinin termal stabiliteye dayanıklılığı ile ilişkisi olduğu düşünülebilir. 70°C'den yüksek sıcaklıklarda ısıtma altında, ana proteinler (α -laktalbumin ve β -laktoglobulin) denatüre olur ve sülfidril grupları açığa çıkar (Shimada ve Cheftel, 1989).

4.2. İnek-Keçi WPC sonuçları

İnek ve keçi WPC'lerin HPLC ile yapılan α -laktalbumin ve β -laktoglobulin protein konsantrasyonları Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. İnek-keçi WPC'lerde α -laktalbumin ve β -laktoglobulin protein konsantrasyonları

<i>Ürün</i>	<i>Protein cinsi</i>	<i>Miktar (ppm)</i>	<i>α-lac:β-lac oranı</i>
İnek WPC	α -laktalbumin	20506.68±303.54	1.46
İnek WPC	β -laktoglobulin	14023.33±1728.04	
Keçi WPC	α -laktalbumin	33859.75±687.86	0.29
Keçi WPC	β -laktoglobulin	114491.70±3329.99	

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.2 incelendiğinde çalışma boyunca kullanılan keçi WPC ve inek WPC'nin protein içerikleri görülmektedir. Çizelge 2.4'de farklı hayvan türlerinin sütlerinde bulunan protein oranlarının yüzdeleri yer almaktadır. WPC sonuçları incelendiğinde sütler ile tutatlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Keçi WPC ürününde α -laktalbumin oranı inek WPC'ye göre daha fazladır. Yüksek α -laktalbumin konsantrasyonu ile keçi sütü daha iyi sindirilebilirlik, alkalilik ve tamponlama kapasitesi açısından inek sütünden farklıdır (Park, 1994). Piyasadan keçi WPC olarak temin edilen ürünlerde α -laktalbumin oranının inek WPC'ye göre yüksek olduğu ancak α -lac: β -lac oranı bakımından incelendiğinde bu oranın inek WPC'de daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Bu farklılık piyasadan keçi WPC olarak temin edilen ürünlerde β -lac oranının yüksek olduğu koyun karışımı bulunduğunu göstermektedir. Bu durum üretici firma tarafından da doğrulanmıştır.

İnek ve keçi WPC'lerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.3'de sunulmuştur.

Çizelge 4.3. İnek-keçi WPC'lerin kimyasal analiz sonuçları

	<i>İnek WPC</i>	<i>Keçi WPC</i>
pH	6.46	6.23
Toplam Kuru Madde (%)	95.03	94.40
Yağ (%)	9.08	3.23
Protein (%)	63.50	51.54
Laktoz (%)	28.91	45.38
Kül (%)	3.66	4.46

Çizelge 4.3 incelendiğinde inek WPC yağ değerinin (%9.08) keçi WPC'den (%3.23) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Keçi WPC ürününde laktoz oranı (%45.38) ise inek WPC'ye (%28.91) göre oldukça yüksek çıkmıştır. Diğer taraftan ürünlerin toplam kuru madde değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Kullanılan WPC'lerin kimyasal sonuçları uygun aralıkta ve standartlara uygundur.

4.3. PAS Çözeltilisi Renk Değişimi

PAS çözeltisi örneklerinin renk değerleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. PAS çözeltisi renk değişimi (İnek WPC)

Renk Parametreleri	Ürün	Pastörizasyon Parametreleri			
		Isıl işlem öncesi	63 °C' de 30 dk	72 °C' de 15 sn	80 °C 'de 8 sn
L* (Açıklık) Değeri	İnek %2.7, pH 3.0	76.90±0.23 ^{d,A}	73.56±4.40 ^{e,A}	78.66±0.10 ^{d,A}	74.86±1.98 ^{d,A}
	İnek %2.7, pH 5.0	83.79±1.65 ^{bc,A}	83.17±1.17 ^{bc,AB}	80.29±1.30 ^{d,B}	76.19±0.92 ^{d,C}
	İnek %2.7, pH 7.0	78.39±0.33 ^{d,A}	76.98±0.47 ^{de,A}	79.85±0.67 ^{d,A}	78.22±2.04 ^{cd,A}
	İnek %4.3, pH 3.0	83.71±0.23 ^{bc,AB}	80.2±2.62 ^{cd,BC}	84.70±0.46 ^{bc,A}	77.46±1.70 ^{cd,C}
	İnek %4.3, pH 5.0	87.76±0.11 ^{ab,A}	87.28±1.67 ^{ab,A}	86.56±0.23 ^{b,A}	83.12±0.57 ^{b,B}
	İnek %4.3, pH 7.0	78.20±2.95 ^{d,A}	82.28±0.92 ^{bcd,A}	79.34±2.25 ^{d,A}	81.54±3.03 ^{bc,A}
	İnek %6.7, pH 3.0	84.45±2.88 ^{bc,A}	85.30±0.93 ^{abc,A}	87.06±0.97 ^{b,A}	84.29±0.43 ^{b,A}
	İnek %6.7, pH 5.0	90.11±1.57 ^{a,A}	89.25±1.76 ^{a,A}	90.52±0.21 ^{a,A}	89.45±0.34 ^{a,A}
	İnek %6.7, pH 7.0	83.13±1.02 ^{c,AB}	85.19±0.89 ^{abc,A}	83.30±0.64 ^{c,AB}	82.07±1.68 ^{bc,B}
a* (Kırmızı/Yeşil) Değeri	İnek %2.7, pH 3.0	-1.44±0.02 ^{bc,B}	-0.71±0.12 ^{d,A}	-1.67±0.05 ^{d,C}	-1.51±0.10 ^{cd,BC}
	İnek %2.7, pH 5.0	-0.35±1.33 ^{abc,A}	-0.75±0.02 ^{d,A}	-1.52±0.09 ^{cd,A}	-1.38±0.03 ^{c,A}
	İnek %2.7, pH 7.0	-1.63±0.04 ^{c,B}	-1.03±0.07 ^{d,A}	-2.19±0.01 ^{e,C}	-1.60±0.08 ^{cd,B}
	İnek %4.3, pH 3.0	-0.97±0.03 ^{abc,B}	-0.23±0.06 ^{bc,A}	-1.15±0.09 ^{c,C}	-1.03±0.02 ^{b,BC}
	İnek %4.3, pH 5.0	-0.56±0.01 ^{abc,B}	0.04±0.07 ^{b,A}	-1.34±0.03 ^{cd,D}	-0.86±0.02 ^{ab,C}
	İnek %4.3, pH 7.0	-0.51±0.58 ^{abc,A}	-0.75±0.07 ^{d,A}	-1.73±0.15 ^{d,B}	-1.72±0.22 ^B
	İnek %6.7, pH 3.0	-0.17±0.01 ^{ab,AB}	-0.64±0.11 ^{c,d,BC}	0.25±0.41 ^{a,A}	-0.82±0.05 ^{ab,C}
	İnek %6.7, pH 5.0	0.18±0.25 ^{a,B}	0.73±0.10 ^{a,A}	-0.64±0.02 ^{b,C}	-0.67±0.03 ^{a,C}
	İnek %6.7, pH 7.0	-0.44±0.07 ^{abc,AB}	0.11±0.41 ^{b,A}	-1.31±0.05 ^{cd,C}	-1.00±0.19 ^{b,BC}
b* (Sarı/Mavi) Değeri	İnek %2.7, pH 3.0	2.93±0.02 ^{d,C}	5.41±0.62 ^{e,B}	7.62±0.34 ^{cd,A}	5.22±0.66 ^{d,B}
	İnek %2.7, pH 5.0	5.00±0.85 ^{c,BC}	6.67±0.44 ^{de,A}	5.80±0.20 ^{d,AB}	4.43±0.25 ^{de,C}
	İnek %2.7, pH 7.0	4.02±0.09 ^{cd,C}	6.14±0.03 ^{e,B}	8.25±0.58 ^{cd,A}	3.82±0.22 ^{e,C}
	İnek %4.3, pH 3.0	8.21±0.02 ^{b,B}	8.59±1.5 ^{cd,B}	14.15±0.87 ^{ab,A}	4.41±0.28 ^{de,C}
	İnek %4.3, pH 5.0	9.05±0.10 ^{b,A}	9.49±0.59 ^{bc,A}	8.60±0.39 ^{c,A}	5.39±0.14 ^{cd,B}
	İnek %4.3, pH 7.0	7.41±1.28 ^{b,AB}	9.54±0.37 ^{bc,A}	7.90±1.02 ^{cd,A}	4.95±1.07 ^{de,D}
	İnek %6.7, pH 3.0	11.58±0.40 ^{a,B}	12.64±0.71 ^{a,B}	16.10±2.21 ^{a,A}	6.61±0.19 ^{ec,C}
	İnek %6.7, pH 5.0	12.26±1.05 ^{a,A}	11.50±0.87 ^{ab,A}	11.56±0.47 ^{b,A}	7.23±0.06 ^{ab,B}
	İnek %6.7, pH 7.0	11.97±0.66 ^{a,A}	13.47±1.12 ^{a,A}	8.34±0.10 ^{b,A}	8.34±0.10 ^{a,B}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf örnekler arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf farklı sıcaklıklar arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.5. PAS çözeltisi renk değişimi (Keçi WPC)

Renk Parametreleri	Ürün	Pastörizasyon Parametreleri			
		Isıl işlem öncesi	63 °C'de 30 dk	72 °C'de 15 sn	80 °C'de 8 sn
L* (Açıklık) Değeri	Keçi %2.7, pH 3.0	54.34±3.42 ^{e,B}	68.37±0.96 ^{c,A}	66.42±2.44 ^{bc,A}	67.95±1.48 ^{e,A}
	Keçi %2.7, pH 5.0	62.08±1.94 ^{cd,B}	68.35±1.95 ^{c,A}	70.57±2.63 ^{bc,A}	66.47±1.31 ^{e,AB}
	Keçi %2.7, pH 7.0	57.64±1.05 ^{de,D}	75.13±2.50 ^{b,B}	67.18±2.17 ^{bc,C}	81.47±1.21 ^{b,A}
	Keçi %4.3, pH 3.0	64.70±1.93 ^{c,C}	74.08±1.27 ^{b,B}	81.37±2.20 ^{a,A}	70.61±1.55 ^{de,B}
	Keçi %4.3, pH 5.0	65.77±1.14 ^{c,B}	68.52±3.05 ^{c,AB}	72.39±2.92 ^{b,A}	67.62±0.20 ^{e,AB}
	Keçi %4.3, pH 7.0	60.70±1.04 ^{cd,C}	68.92±0.88 ^{c,B}	63.93±2.20 ^{c,C}	89.24±1.21 ^{a,A}
	Keçi %6.7, pH 3.0	73.93±1.10 ^{ab,B}	83.29±0.77 ^{a,A}	63.66±2.14 ^{c,C}	74.49±2.58 ^{cd,B}
	Keçi %6.7, pH 5.0	76.97±0.37 ^{a,A}	68.10±1.56 ^{c,B}	55.54±3.32 ^{d,C}	77.33±0.43 ^{bc,A}
	Keçi %6.7, pH 7.0	71.75±2.35 ^{b,B}	86.56±0.79 ^{a,A}	53.74±1.18 ^{d,C}	89.48±0.27 ^{a,A}
a* (Kırmızı/Yeşil) Değeri	Keçi %2.7, pH 3.0	-2.34±0.20 ^{a,B}	-2.09±0.04 ^{cd,B}	-1.49±0.25 ^{a,A}	-1.54±0.10 ^{b,A}
	Keçi %2.7, pH 5.0	-2.97±0.16 ^{bc,C}	-0.77±0.24 ^{a,A}	-2.09±0.13 ^{b,B}	-1.25±0.20 ^{a,A}
	Keçi %2.7, pH 7.0	-2.79±0.09 ^{b,C}	-1.60±0.12 ^{b,A}	-2.13±0.22 ^{b,B}	-2.16±0.03 ^{c,B}
	Keçi %4.3, pH 3.0	-2.99±0.06 ^{bc,B}	-2.34±0.07 ^{de,A}	-3.34±0.17 ^{c,C}	-2.36±0.05 ^{cd,A}
	Keçi %4.3, pH 5.0	-3.38±0.09 ^{d,C}	-1.80±0.30 ^{bc,A}	-3.29±0.26 ^{c,C}	-2.37±0.03 ^{cd,B}
	Keçi %4.3, pH 7.0	-3.09±0.09 ^{bcd,C}	-2.10±0.02 ^{cd,A}	-2.45±0.15 ^{b,B}	-2.16±0.04 ^{c,A}
	Keçi %6.7, pH 3.0	-3.25±0.05 ^{cd,B}	-3.25±0.09 ^{f,B}	-3.54±0.10 ^{c,C}	-2.93±0.03 ^{e,A}
	Keçi %6.7, pH 5.0	-3.90±0.02 ^{e,D}	-2.66±0.02 ^{e,A}	-3.29±0.20 ^{c,C}	-3.00±0.01 ^{e,B}
	Keçi %6.7, pH 7.0	-3.83±0.21 ^{e,C}	-2.58±0.07 ^{e,A}	-3.42±0.02 ^{e,B}	-2.44±0.06 ^{d,A}
b* (Sarı/Mavi) Değeri	Keçi %2.7, pH 3.0	-1.67±0.31 ^{cd,C}	5.43±0.16 ^{c,A}	5.84±0.44 ^{b,A}	3.83±0.47 ^{e,B}
	Keçi %2.7, pH 5.0	-1.66±0.23 ^{cd,C}	3.51±0.19 ^{e,B}	6.20±0.72 ^{b,A}	3.83±0.40 ^{e,B}
	Keçi %2.7, pH 7.0	-2.54±0.06 ^{d,C}	3.14±0.45 ^{e,A}	2.96±0.16 ^{c,A}	1.76±0.13 ^{f,B}
	Keçi %4.3, pH 3.0	-1.14±0.19 ^{c,D}	3.60±0.41 ^{de,C}	6.85±0.55 ^{b,A}	5.34±0.33 ^{cd,B}
	Keçi %4.3, pH 5.0	-1.27±0.31 ^{c,C}	3.86±0.20 ^{de,B}	7.42±0.74 ^{b,A}	4.70±0.19 ^{de,B}
	Keçi %4.3, pH 7.0	-2.34±0.17 ^{d,C}	4.93±0.58 ^{cd,B}	6.63±0.94 ^{b,A}	4.28±0.41 ^{de,B}
	Keçi %6.7, pH 3.0	2.39±0.28 ^{b,D}	11.44±0.65 ^{a,B}	14.76±0.88 ^{a,A}	8.07±0.77 ^{a,C}
	Keçi %6.7, pH 5.0	4.19±0.23 ^{a,B}	5.32±0.43 ^{c,B}	15.28±1.48 ^{a,A}	6.01±0.16 ^{bc,B}
	Keçi %6.7, pH 7.0	2.97±0.89 ^{b,D}	9.27±0.70 ^{b,B}	14.55±0.52 ^{a,A}	6.65±0.09 ^{b,C}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf örnekler arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf farklı sıcaklıklar arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

PAS çözeltisi inek WPC ile hazırlanan örneklerinin üretiminde tespit edilen renk değerleri Çizelge 4.3'de gösterilmektedir. L* değerlerinin örnekler arasındaki değişimi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). L* değeri protein konsantrasyonunun artması ile artış göstermiştir. a* ve b* değerlerinin örnekler arası değişimi de yine aynı şekilde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). b* değerleri incelediğine protein konsantrasyonunun artması ile arttığı görülmüştür ($p \leq 0.05$).

PAS çözeltisi keçi WPC ile hazırlanan örneklerinin üretiminde tespit edilen renk değerleri Çizelge 4.4’de gösterilmektedir. L* değerlerinin örnekler arasında değişimi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). L* değeri protein konsantrasyonunun artması ile artış göstermiştir. a* ve b* değerleri de yine aynı şekilde örnekler arasında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). b* değerleri incelendiğinde protein konsantrasyonunun artması ile arttığı gözlenmiştir ($p \leq 0.05$).

Keçi ve İnek WPC ile hazırlanan PAS çözeltilerinin renk değişimleri kıyaslandığında keçi WPC ile hazırlanan ürünlerde sıcaklık değerinin artması ile renk değerlerinde artış gözlenmiştir bu durum istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Keçi WPC içerisinde laktoz miktarının fazla olması (Çizelge 4.3) ısıl işleme maruziyetin artması ile Maillard reaksiyonlarının gerçekleşmesine sebep olmuş olabilir. Isıl ileme gören sütlerde Maillard reaksiyonu gelişebilir. Buna zemin hazırlayan Maillard reaksiyon reaktanlarından olan süt proteinlerindeki (esas olarak kazein) laktoz ve lizin kalıntılarıdır (Burton, 1984). Maillard tepkimesinin ara aşamasında şekerlerin dehidrasyonu ve fragmantasyonu ile UV’de kuvvetli absorbans veren renksiz veya sarımsı renkte ürünlerin oluştuğu, son aşamada ise kahve renkli melanoidinlerin oluştuğu bilinmektedir (Burton, 1984). Bu bağlamda, yüksek sıcaklıkta depolanan UHT süt örneklerinde, pozitif skalada sarı renge doğru değişimi ifade eden b* değerlerinde gözlenen artışın Maillard tepkimesinin ara aşamasında oluşan sarı renkli bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4. PAS Çözeltisi Bulanıklık Değişimi

PAS çözeltisi şeklinde hazırlanan karışımların tespit edilen bulanıklık değişimleri Çizelge 4.6 ve 4.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.6 incelendiğinde artan protein konsantrasyonu ile bulanıklık değerlerinde bir artış gözlenmiştir, bu artış istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Diğer taraftan ısıl işlem uygulamasının bulanıklık üzerine etkisi sadece %4.3 protein konsantrasyonunda ve pH 3’de ve %6.7 protein konsantrasyonu ve pH 7’de istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Isıl işlem öncesi ve uygulanan çeşitli ısıl işlem normları sonrası bulanıklık değerleri birbirlerine yakın bulunmuştur. En düşük

bulanıklık değeri %2.7 protein konsantrasyonu ile pH 3 değerinde hazırlanan 63 °C'de 30 dk pastörizasyon normuna tabi tutulan üründe tespit edilmiştir (3.14±0.01). En yüksek bulanıklık değeri ise %6.7 protein konsantrasyonunda pH 5 değerinde hazırlanan 80 °C'de 8 sn pastörizasyon normuna tabi tutulan üründe tespit edilmiştir (3.90±0.02).

Çizelge 4.6. PAS çözeltilerinin bulanıklık değişimi (İnek WPC) (Absorbans)

Ürün	Isıl işlem öncesi	63 °C' de 30 dk	72 °C' de 15 sn	80 °C' de 8 sn
<i>İnek</i> %2.7 pH 3.0	3.21±0.04 ^{e,A}	3.14±0.01 ^{d,A}	3.17±0.02 ^{e,A}	3.18±0.01 ^{d,A}
<i>İnek</i> %2.7 pH 5.0	3.33±0.00 ^{d,A}	3.31±0.03 ^{c,A}	3.31±0.00 ^{d,A}	3.30±0.02 ^{cd,A}
<i>İnek</i> %2.7 pH 7.0	3.18±0.00 ^{e,A}	3.15±0.02 ^{d,A}	3.18±0.03 ^{e,A}	3.18±0.01 ^{d,A}
<i>İnek</i> %4.3 pH 3.0	3.40±0.00 ^{d,A}	3.27±0.00 ^{c,C}	3.25±0.01 ^{de,C}	3.32±0.01 ^{c,B}
<i>İnek</i> %4.3 pH 5.0	3.53±0.03 ^{c,A}	3.59±0.02 ^{b,A}	3.54±0.00 ^{b,A}	3.53±0.04 ^{b,A}
<i>İnek</i> %4.3 pH 7.0	3.29±0.01 ^{de,A}	3.26±0.03 ^{c,A}	3.30±0.00 ^{d,A}	3.27±0.05 ^{cd,A}
<i>İnek</i> %6.7 pH 3.0	3.62±0.04 ^{bc,A}	3.50±0.00 ^{b,A}	3.58±0.03 ^{b,A}	3.49±0.05 ^{b,A}
<i>İnek</i> %6.7 pH 5.0	3.77±0.05 ^{a,A}	3.79±0.00 ^{a,A}	3.82±0.04 ^{a,A}	3.90±0.02 ^{a,A}
<i>İnek</i> %6.7 pH 7.0	3.68±0.01 ^{ab,A}	3.56±0.03 ^{b,B}	3.44±0.01 ^{b,C}	3.56±0.01 ^{b,B}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf örnekler arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf örnekler arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.7. PAS çözeltilerinin bulanıklık değişimi (Keçi WPC) (Absorbans)

Ürün	Isıl işlem öncesi	63 °C' de 30 dk	72 °C' de 15 sn	80 °C' de 8 sn
<i>Keçi</i> %2.7 pH 3.0	2.84±0.01 ^{d,A}	2.77±0.01 ^{a,B}	2.86±0.00 ^{e,A}	2.83±0.00 ^{f,A}
<i>Keçi</i> %2.7 pH 5.0	2.65±0.00 ^{f,B}	2.63±0.00 ^{a,BC}	2.62±0.00 ^{g,C}	2.70±0.00 ^{g,A}
<i>Keçi</i> %2.7 pH 7.0	2.56±0.00 ^{g,D}	2.67±0.00 ^{a,C}	2.73±0.00 ^{f,B}	3.27±0.00 ^{b,A}
<i>Keçi</i> %4.3 pH 3.0	3.00±0.01 ^{b,B}	3.06±0.02 ^{a,AB}	3.10±0.02 ^{c,B}	3.07±0.00 ^{d,AB}
<i>Keçi</i> %4.3 pH 5.0	2.88±0.00 ^{c,C}	2.85±0.00 ^{a,C}	3.86±0.01 ^{a,A}	3.00±0.01 ^{e,B}
<i>Keçi</i> %4.3 pH 7.0	2.77±0.02 ^{e,D}	2.88±0.01 ^{a,C}	2.96±0.00 ^{d,B}	3.48±0.01 ^{a,A}
<i>Keçi</i> %6.7 pH 3.0	3.15±0.01 ^{a,B}	3.22±0.02 ^{a,A}	3.16±0.00 ^{b,B}	3.17±0.00 ^{c,B}
<i>Keçi</i> %6.7 pH 5.0	3.04±0.01 ^{b,B}	3.03±0.00 ^{a,C}	3.10±0.01 ^{c,C}	3.22±0.02 ^{bc,BA}
<i>Keçi</i> %6.7 pH 7.0	2.90±0.00 ^{c,A}	2.65±0.51 ^{a,A}	3.08±0.01 ^{c,A}	3.49±0.02 ^{a,A}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf örnekler arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf farklılıklar arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.7 incelendiğinde artan protein konsantrasyonu ile bulanıklık değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Isıl işlem uygulaması arttıkça bulanıklıkta artış gözlenmiştir. Bu durum istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Isıl işlemin protein denatürasyonuna neden olması ve peynir altı suyu protein çözeltisinde yüksek bulanıklık ve çökeltiler oluşması bulanıklık değerlerindeki artışı açıklamaktadır.

İnek ve keçi WPC ile hazırlanan PAS çözeltileri karşılaştırıldığında keçi bulanıklık değerlerinin inek bulanıklık değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin keçi WPC’de α -laktalbumin miktarının inek WPC’ye göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Zhao ve Xiaob (2016) yapmış oldukları çalışma da ısıtma işlem uygulamasından sonra, peynir altı suyu proteinlerinin denatürasyonu nedeniyle dispersiyonların daha bulanık hale geldiğini tespit etmişlerdir. Çalışmalarında ısıtma işleminden sonra, kitosan içermeyen WPI dispersiyonunun bulanıklaştığını, bunun da protein moleküllerinin denatürasyonunu ve agregasyonu ile ilgili olduğunu göstermişlerdir. Kitosan içeren dispersiyonlar için, bulanıklıkta önemli bir artış tespit edilememiştir. Sonuçlar, pH 4’de kitosan ilavesinin peynir altı suyu proteinlerinin denatürasyonunu önemli ölçüde engellediğini ve dispersiyonların termal stabilitesini geliştirdiğini açıkça göstermiştir.

Quant ve ark. (2018) ısıtma işlemin peynir altı suyu proteinli içeceklerin fiziksel özellikleri üzerine etkisi amacıyla yapmış oldukları bir çalışma da ise 88 °C, 2 dakika ısıtma işlem uygulaması ile pH 3 ve pH 7’de ısıtma işlemin protein denatürasyonuna neden olduğu ve peynir altı suyu protein içeceğinde yüksek bulanıklık ve çökeltiler ürettiğini gözlemlemişlerdir. Bu amaçla peynir altı suyu proteinlerinin raf ömrünü uzatmak amacı ile ısıtma işlem yerine koruyucuların kullanımı gibi farklı yöntemlerin geliştirilmesi gerekliliğini öne sürmüşlerdir.

4.5. PAS Çözeltisi Çözünürlük Değişimi

PAS çözeltisi şeklinde hazırlanan karışımların tespit edilen çözünürlük değişimleri Çizelge 4.8 ve 4.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. PAS çözeltilerinin çözünürlük değişimi (İnek WPC) (Absorbans)

Ürün	Isıl işlem öncesi	63 °C' de 30 dk	72 °C' de 15 sn	80 °C' de 8 sn
İnek %2.7 pH 3.0	4.34±0.05 ^{a,A}	4.29±0.03 ^{a,AB}	4.19±0.02 ^{ab,B}	4.17±0.02 ^{ab,B}
İnek %2.7 pH 5.0	4.16±0.00 ^{b,A}	4.20±0.04 ^{a,A}	4.11±0.03 ^{b,A}	4.10±0.00 ^{b,A}
İnek %2.7 pH 7.0	4.32±0.08 ^{ab,A}	4.24±0.03 ^{a,A}	4.24±0.01 ^{ab,A}	4.17±0.02 ^{ab,A}
İnek %4.3 pH 3.0	4.30±0.01 ^{ab,A}	4.30±0.01 ^{a,A}	4.31±0.12 ^{ab,A}	4.32±0.02 ^{a,A}
İnek %4.3 pH 5.0	4.33±0.00 ^{ab,A}	4.24±0.06 ^{a,A}	4.27±0.00 ^{ab,A}	4.25±0.06 ^{ab,A}
İnek %4.3 pH 7.0	4.35±0.01 ^{a,A}	4.29±0.06 ^{a,A}	4.29±0.01 ^{ab,A}	4.25±0.04 ^{ab,A}
İnek %6.7 pH 3.0	4.32±0.07 ^{ab,A}	4.28±0.04 ^{a,A}	4.35±0.04 ^{a,A}	4.24±0.02 ^{ab,A}
İnek %6.7 pH 5.0	4.37±0.00 ^{a,A}	4.28±0.03 ^{a,A}	4.34±0.07 ^{a,A}	4.25±0.00 ^{ab,A}
İnek %6.7 pH 7.0	4.30±0.00 ^{ab,A}	4.32±0.10 ^{a,A}	4.30±0.05 ^{ab,A}	4.31±0.12 ^{a,A}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf örnekler arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf farklı sıcaklıklar arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.8 incelendiğinde çözünürlük değerlerinin 4.10 ile 4.37 arasında değiştiği görülmektedir. İnek WPC ile yapılan ürünlerde artan protein konsantrasyonu ile çözünürlük değerlerinde bir artış tespit edilmemiştir. Isıl işlem uygulamasının çözünürlük değişimi üzerine bir etkisi gözlemlenmemektedir. PAS proteinleri ile yapılan bir çalışmada Fournaise ve ark. (2021), süt proteini tozlarının çözünürlüğünün peynir altı suyu proteini/kazein oranı ile doğrusal olarak değiştiğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca peynir altı suyu proteinleri ve süt proteinlerinin kazeine göre çok daha kolay ve hızlı çözündüğü görülmüştür.

Çizelge 4.9. PAS çözeltilerinin çözünürlük değişimi (Keçi WPC) (Absorbans)

Ürün	Isıl işlem öncesi	63 °C' de 30 dk	72 °C' de 15 sn	80 °C' de 8 sn
Keçi %2.7 pH 3.0	3.95±0.01 ^{c,A}	4.06±0.01 ^{c,A}	4.00±0.00 ^{a,A}	3.97±0.05 ^{c,A}
Keçi %2.7 pH 5.0	4.16±0.00 ^{ab,A}	4.19±0.02 ^{b,A}	4.13±0.02 ^{a,A}	4.19±0.06 ^{ab,A}
Keçi %2.7 pH 7.0	4.14±0.01 ^{ab,A}	4.19±0.02 ^{b,A}	4.13±0.03 ^{a,A}	3.99±0.01 ^{c,A}
Keçi %4.3 pH 3.0	4.07±0.00 ^{bc,A}	3.98±0.00 ^{d,A}	4.46±0.65 ^{a,A}	3.96±0.01 ^{c,A}
Keçi %4.3 pH 5.0	4.16±0.01 ^{ab,A}	4.24±0.00 ^{ab,A}	4.20±0.04 ^{a,A}	4.19±0.07 ^{ab,A}
Keçi %4.3 pH 7.0	4.22±0.05 ^{ab,A}	4.30±0.00 ^{a,A}	4.19±0.00 ^{a,A}	3.96±0.02 ^{c,B}
Keçi %6.7 pH 3.0	4.26±0.04 ^{a,A}	4.03±0.00 ^{cd,B}	4.09±0.05 ^{a,B}	4.07±0.00 ^{abc,B}
Keçi %6.7 pH 5.0	4.24±0.08 ^{a,A}	4.29±0.01 ^{a,A}	4.26±0.05 ^{a,A}	4.22±0.05 ^{a,A}
Keçi %6.7 pH 7.0	4.20±0.00 ^{ab,A}	4.3±0.04 ^{a,A}	4.30±0.06 ^{a,A}	4.03±0.03 ^{bc,B}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf örnekler arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf farklı sıcaklıklar arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

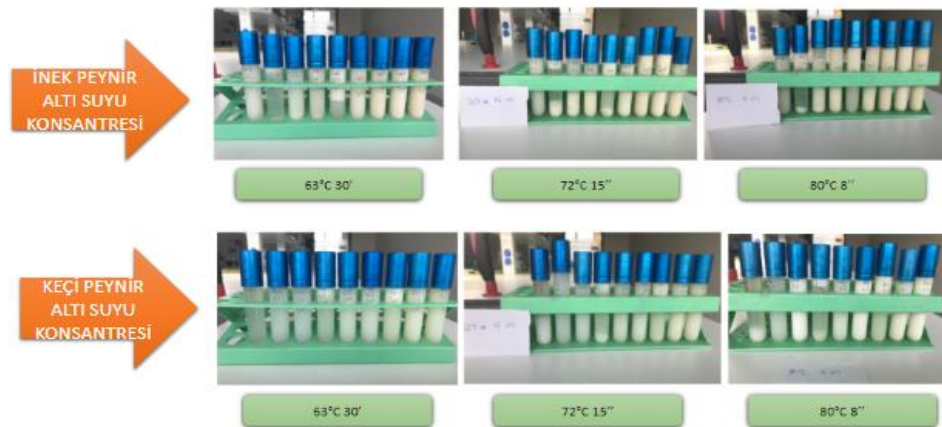
Çizelge 4.9 incelendiğinde çözünürlük değerleri 3.95 ile 4.30 arasında değiştiği görülmektedir. Keçi WPC ile yapılan ürünlerde artan konsantrasyon miktarı ile

çözünürlük değerlerinde bir artış tespit edilmemiştir. Isıl işlem uygulamasının çözünürlük değişimi üzerine bir etkisi gözlemlenmemektedir. β -laktoglobulin en bol bulunan peynir altı suyu proteindir ve α -laktalbumin ise en küçük ve ısıya en dayanıklı peynir altı suyu proteini olup peynir altı suyunun kantitatif olarak ikinci en önemli proteinini temsil eder (deWit ve Klarenbeek, 1984).

Isıl işlemler genellikle peynir altı suyu proteinlerinin çözünürlüğünü ve yapısını etkiler. Isıl işlemlerin bu özellikler üzerindeki etkisi, peynir altı suyu proteini çözeltisinin bileşimi ve peynir altı suyu proteininin doğası ile değişmektedir (Quant ve ark.,2018).

İnek ve keçi WPC ile hazırlanan PAS çözeltileri karşılaştırıldığında keçi ürünlerinde çözünürlük değerleri daha düşüktür. Çözünürlük, proteinlerin en önemli fonksiyonel özelliklerinden biridir. Diğer fonksiyonel özellikleri de önemli ölçüde etkilemektedir (Quant ve ark.,2018).

Hong ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada WPI ve WPI-dekstran kompleksleri ile hazırladıkları örneklerde, pH 5'de moleküllerin en düşük çözünürlüğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun nedeni, proteinlerin izoelektrik noktaya yakın olduklarında en kararsız formda olmaları ve çökelme eğilimi göstermeleridir. Şekil 4.2'de farklı parametrelerde hazırlanmış ve ısıl işlem uygulanmış inek ve keçi WPC çözeltilerine ait görseller sunulmuştur.



Şekil 4.2. PAS Çözeltilerinin çözünürlük değişimi ürün görselleri

PAS çözeltileri için yapılan çözünürlük, bulanıklık, renk değerleri ve görsel incelemeler sonucunda inek ve keçi WPC'lerin en stabil olduğu parametre olarak %6.7 protein konsantrasyonu, pH 5 ve 72 °C'de 15 sn pastörizasyon normu belirlenmiştir. Ancak raf ömrü çalışmalarında yine de gözlemlenmek adına tüm protein konsantrasyonu ve pH'larda kahveli içecek üretimi yapılmıştır.

4.6. Proteinli Kahve Örneklerinin Kompozisyonel ve Duyusal Özellikleri

4.6.1. Kompozisyonel Özellik Sonuçları

Proteinli kahve örneklerinin üretiminden sonra yapılan kuru madde içeriği analizinde örneklerde kuru madde içeriği %6.36-12.95 aralığında, yağ içeriği %0.04-0.43 aralığında, protein içeriği ise %2.87-7.05 aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.10). Proteinli kahve içeceklerin içerdiği protein madde miktarları kullanılan inek ve keçi WPC'nin içerdiği protein miktarından ileri gelmektedir. Sporcular için keçi ve inek WPC kullanılarak yapılan bir içecek çalışmasında yağ değeri %0.52, protein değeri %4.90, toplam kuru madde değeri ise %20.52 olarak bulunmuştur (Gray ve ark., 2021).

Çizelge 4.10. Proteinli kahve içeceklerinin kompozisyonel özellik değerleri

	Örnekler					
	<i>İnek %2.7 pH 5.0</i>	<i>İnek %4.3 pH 5.0</i>	<i>İnek %6.7 pH 5.0</i>	<i>Keçi %2.7 pH 5.0</i>	<i>Keçi %4.3 pH 5.0</i>	<i>Keçi %6.7 pH 5.0</i>
Toplam Kuru Madde(%)	6.36±0.02 ^e	9.10±0.07 ^b	12.95±0.01 ^a	6.67±0.01 ^d	8.86±0.01 ^c	12.95±0.04 ^a
Yağ (%)	0.15±0.01 ^{bcd}	0.22±0.02 ^{bc}	0.43±0.04 ^a	0.04±0.01 ^d	0.13±0.04 ^{cd}	0.24±0.02 ^b
Protein içeriği(%)	3.02±0.02 ^e	4.57±0.02 ^c	7.05±0.03 ^a	2.87±0.02 ^f	4.42±0.02 ^d	6.72±0.03 ^b

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf örnekler arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$)

4.6.2. Duyusal Değerlendirme Sonuçları

Duyusal değerlendirme Panagro Tarım Hayvancılık Gıda San. ve Tic. A.Ş ve Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi'nde eğitimli uzman panelistler ve yarı eğitimli panelistler tarafından toplam 18 kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.11'de duyusal analiz sonuçları değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.11. Proteinli kahve içeceklerinin duyusal değerlendirme sonuçları

Ürün Grubu	Duyusal Değerlendirme				
	Tat	Koku	Renk	Yapı	Görünüm
%6.7 İnek WPC	3.50±0.01*	4.15±0.01*	4.30±0.01*	3.70±0.02*	4.05±0.01*
%6.7 Keçi WPC	1.45±0.02	3.15±0.02	3.20±0.02	2.85±0.01	3.35±0.02

*Her duyusal parametre için örnekler arasındaki farklılıklar bağımsız iki grup t testi ile değerlendirilmiştir (two-sample independent t-test). Yıldız simgesi örnekler arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$)

Çizelge 4.11’de yer alan sonuçlar incelendiğinde inek ve keçi WPC ile hazırlanan proteinli kahve örneklerinin duyusal değerlendirilmesinde tat parametresine bakıldığında en çok beğenilen örneğin %6.7 protein konsantrasyonunda inek WPC ile hazırlanan örnek olduğu görülmüştür ($p \leq 0.05$). Koku, renk, yapı ve görünüm olarak da yapılan değerlendirmede inek WPC ile hazırlanan ürünün daha çok beğenildiği görülmektedir. Genel olarak keçi WPC ile hazırlanan üründe yapısal bozukluklar olduğu ve keçi WPC’den kaynaklı daha olumsuz koku, tat parametrelerinin olduğu bildirilmiştir.

4.7. Raf Ömrü Sonuçları

4.7.1. pH Değişimi

Proteinli kahve içecek örneklerinin üretiminde depolama sırasında tespit edilen pH değerleri Çizelge 4.12’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.12. Proteinli kahve içeceklerinin 21 günlük depolama süresince pH değerler

Depolama günleri	Örnekler					
	İnek %2.7 pH 5.0	İnek %4.3 pH 5.0	İnek %6.7 pH 5.0	Keçi %2.7 pH 5.0	Keçi %4.3 pH 5.0	Keçi %6.7 pH 5.0
1	5.12±0.02 ^{a,A}	5.13±0.02 ^{a,A}	4.96±0.00 ^{a,C}	5.04±0.01 ^{a,B}	5.02±0.02 ^{a,BC}	5.04±0.02 ^{a,B}
7	5.01±0.01 ^{b,A}	5.04±0.01 ^{a,B}	4.97±0.01 ^{a,A}	4.97±0.02 ^{b,B}	4.95±0.01 ^{a,B}	5.02±0.02 ^{a,AB}
14	4.95±0.02 ^{bc,AB}	4.93±0.04 ^{b,AB}	4.89±0.02 ^{b,AB}	4.96±0.01 ^{c,A}	4.50±0.01 ^{b,C}	4.86±0.01 ^{b,B}
21	4.92±0.03 ^{c,A}	4.91±0.02 ^{b,A}	4.81±0.01 ^{c,B}	4.88±0.01 ^{c,AB}	4.32±0.03 ^{c,D}	4.62±0.02 ^{c,C}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf depolama süreleri arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf örnekler arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.12 incelendiğinde 1. gün pH değerlerinin 4.96 ile 5.13 arasında değiştiği görülmektedir. 7. günde pH aralığı 4.95 ile 5.02 arasında olup 1.gün pH değerleri ile farklılık bulunmamıştır. 14. günde pH değerlerinde bir azalma olduğu görülmektedir. Bu değerler 4.50-4.96 arasındadır. 21. günde 4.32-4.92 aralığında pH değerleri ölçülmüş olup en düşük pH %4.3 protein konsantrasyonunda keçi WPC ile hazırlanan üründe ölçülmüştür. Çizelge 4.12’de 21 günlük değerler incelendiğinde genel olarak tüm içeceklerde pH azalması gözlenmiştir. En fazla azalma %4.3 protein konsantrasyonunda keçi WPC ile hazırlanan üründe görülmüştür.

Keçi ve inek peynir altı suyu ile hazırlanan bir fonksiyonel içecek çalışmasını incelendiğinde pH değerleri 4.29-5.03 arasında bulunduğu görülmektedir (Garay ve ark., 2021). Armut suyu kullanılarak yapılan başka bir peynir altı suyu bazlı içecek çalışmasında ise pH değerleri 5.07-5.22 arasında ölçülmüştür (Baccouche ve ark., 2013). Sonuçlar değerlendirildiğinde literatür verilerinin tez çalışmasında ölçülen pH değerleri ile birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Depolama sonunda tüm örneklerin pH değerlerinde azalma olduğu gözlenmiştir. İnek peynir altı suyu konsantresi ile hazırlanan örneklerle kıyasla keçi peynir altı suyu konsantresi ile hazırlanan numunelerin pH değerlerinin daha hızlı bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Örnekler arasındaki pH farklılığının sebebinin tür farklılığından kaynaklandığı ve kullanılan WPC’lerin bileşim farklılığından olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda Çizelge 4.3’de yer alan sonuçlarda keçi WPC ürünüde laktoz oranının inek WPC ürünüden daha yüksek olduğu görülmektedir (%45.38). Ortamda laktozun fazla olmasına bağlı olarak mikroorganizmaların laktozu daha çok kullandığı ve ortaya çıkan laktik asidin keçi WPC ürünüde daha çok pH düşüşüne sebep olduğu değerlendirilmiştir. Bu mekanizmada laktoz, mikroorganizmada bulunan laktaz enzimi ile hidrolize olarak glikoz ve galaktoza, glikoz da laktik aside parçalanır. Laktozun fermentasyonu sonucunda laktik asit oluşur (Lehninger, 1975).

4.7.2. Viskozite Değişimi

Proteinli kahve içecek örneklerinin üretiminde depolama sırasında tespit edilen viskozite değerleri Çizelge 4.13’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.13. Proteinli kahve içeceklerinin 21 günlük depolama süresince viskozite değerleri (mPa.s)

Depolama günleri	Örnekler					
	İnek %2.7 pH 5.0	İnek %4.3 pH 5.0	İnek %6.7 pH 5.0	Keçi %2.7 pH 5.0	Keçi %4.3 pH 5.0	Keçi %6.7 pH 5.0
1	5.97±0.03 ^{a,F}	6.42±0.03 ^{bc,E}	8.30±0.01 ^{a,C}	6.92±0.02 ^{a,D}	9.27±0.03 ^{b,B}	11.96±0.02 ^{a,A}
7	5.95±0.04 ^{a,F}	6.41±0.01 ^{b,E}	8.27±0.03 ^{a,C}	6.93±0.02 ^{a,D}	9.29±0.02 ^{b,B}	11.97±0.01 ^{a,A}
14	6.01±0.01 ^{a,F}	6.50±0.02 ^{b,E}	8.31±0.01 ^{a,C}	6.96±0.02 ^{a,D}	9.41±0.01 ^{a,B}	12.00±0.02 ^{a,A}
21	6.02±0.03 ^{a,F}	6.62±0.02 ^{a,E}	8.33±0.01 ^{a,C}	6.97±0.02 ^{a,D}	9.43±0.02 ^{a,B}	12.03±0.05 ^{a,A}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf depolama süreleri arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf, örnekler arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.13 incelendiği zaman viskozite değerlerinin 5.97 ve 12.06 mPa.s arasında değişiklik gösterdiği görülmüştür. En yüksek viskozite değerine %6.7 protein konsantrasyonunda keçi WPC ile hazırlanan örneğin sahip olduğu görülmektedir. 21 günlük periyod incelendiğinde tüm örneklerde 7. günde viskozite değerlerinde herhangi bir değişiklik görülmezken 14. ve 21. günlerde değerlerde artış meydana geldiği gözlenmiştir. Keçi WPC ile üretilen proteinli kahve içeceklerin viskozite değerlerinin inek WPC ile üretilen lere göre yüksek olduğu belirlenmiştir.

4.7.3. Çözünabilir Kuru Madde Değişimi

Proteinli kahve içecek örneklerinin üretiminde depolama sırasında tespit edilen çözünabilir kuru madde değerleri Çizelge 4.14’de gösterilmektedir.

Artan protein konsantrasyonu ile inek ve keçi WPC ile hazırlanan ürünlerde çözünabilir kuru madde değeri de artış göstermiştir. Çünkü inek WPC ve keçi WPC ile hazırlanan ürünlerde protein konsantrasyonu arttıkça kuru madde değeri de artış göstermiş (Çizelge 4.9) ve kuru madde artışı da çözünabilir kuru madde değerlerinde artış olabileceğine işaret ettiği düşünülmektedir.

Çizelge 4.14. Proteinli kahve içeceklerinin 21 günlük depolama süresince çözünabilir kuru madde değerleri

Depolama günleri	Örnekler					
	İnek %2.7 pH 5.0	İnek %4.3 pH 5.0	İnek %6.7 pH 5.0	Keçi %2.7 pH 5.0	Keçi %4.3 pH 5.0	Keçi %6.7 pH 5.0
1	6.03±0.14 ^{a,E}	7.40±0.14 ^{a,D}	10.20±0.14 ^{a,B}	7.05±0.07 ^{a,D}	9.40±0.14 ^{a,C}	13.45±0.02 ^{a,A}
7	6.25±0.21 ^{a,E}	7.45±0.07 ^{a,D}	10.10±0.14 ^{a,B}	6.95±0.07 ^{a,D}	9.20±0.14 ^{ab,C}	13.20±0.28 ^{ab,A}
14	6.15±0.21 ^{a,E}	7.05±0.07 ^{ab,D}	9.95±0.07 ^{a,B}	6.75±0.07 ^{ab,DE}	8.70±0.28 ^{ab,C}	12.90±0.14 ^{ab,A}
21	5.75±0.21 ^{a,E}	6.60±0.14 ^{b,D}	9.885±0.07 ^{a,B}	6.40±0.14 ^{b,DE}	8.40±0.28 ^{b,C}	12.45±0.21 ^{b,A}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

Küçük harf depolama süreleri arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf örnekler arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.14 incelediğimiz zaman depolama süresi boyunca çözünabilir kuru madde değeri hem inek WPC ile hazırlanan hemde keçi WPC ile hazırlanan ürünlerde azalma göstermiştir. çözünabilir kuru madde değerleri depolama süresi boyunca ve örnekler arasında istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). 7. gün analizleri incelendiğinde 1. gün analizlerine yakın olduğu görülmüştür. Azalmanın 14. günden itibaren daha fazla olduğu belirlenmiştir. Baccouche ve ark. (2013) yapmış oldukları armut suyu ilaveli peynir altı suyu bazlı içecekte çözünabilir kuru madde değerlerini 11.82-12.28 aralığında bulmuştur. Bu değer bizim çalışmamızda keçi WPC ile yapmış olduğumuz proteinli içecek çözünabilir kuru madde değerlerine yakındır.

4.7.4. Renk Değişimi

Proteinli kahve içecek örneklerinin üretiminde depolama sırasında tespit renk değerleri Çizelge 4.15’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.15. Proteinli kahve içeceklerinin 21 günlük depolama süresince renk değerleri

	Depolama günleri	Örnekler					
		İnek %2.7 pH 5.0	İnek %4.3 pH 5.0	İnek %6.7 pH 5.0	Keçi %2.7 pH 5.0	Keçi %4.3 pH 5.0	Keçi %6.7 pH 5.0
L* (Açıklık) Değeri	1	42.64±0.11 ^{a,C}	48.80±0.60 ^{a,B}	53.62±0.72 ^{a,A}	31.81±0.75 ^{a,E}	33.63±0.91 ^{a,DE}	35.97±1.11 ^{a,D}
	7	42.29±1.04 ^{a,C}	47.64±0.56 ^{a,B}	51.97±0.35 ^{a,A}	29.56±0.69 ^{a,E}	34.01±1.06 ^{a,D}	33.76±0.67 ^{a,D}
	14	42.20±0.74 ^{a,C}	47.51±0.18 ^{a,B}	51.85±0.68 ^{a,A}	28.83±1.49 ^{a,E}	30.88±0.94 ^{a,DE}	33.16±1.05 ^{a,D}
	21	41.81±0.76 ^{a,C}	46.92±0.92 ^{a,B}	51.84±0.59 ^{a,A}	29.57±0.64 ^{a,E}	31.00±0.40 ^{a,DE}	32.95±1.38 ^{a,D}
a* (Kırmızı/ Yeşil) Değeri	1	6.72±0.06 ^{b,A}	6.09±0.09 ^{a,B}	5.50±0.11 ^{a,C}	6.89±0.03 ^{a,A}	6.91±0.05 ^{ab,A}	6.65±0.07 ^{a,A}
	7	6.90±0.11 ^{b,A}	5.78±0.04 ^{b,B}	5.19±0.01 ^{a,C}	7.02±0.02 ^{a,A}	7.10±0.11 ^{a,A}	6.86±0.07 ^{a,A}
	14	7.31±0.04 ^{a,A}	6.31±0.08 ^{a,C}	5.38±0.09 ^{a,D}	6.78±0.11 ^{a,B}	6.62±0.09 ^{b,BC}	6.38±0.08 ^{a,C}
	21	7.30±0.07 ^{a,A}	6.33±0.07 ^{a,ABC}	5.41±0.09 ^{a,C}	6.80±0.11 ^{a,AB}	6.70±0.03 ^{b,ABC}	5.97±0.79 ^{a,BC}
b* (Sarı/ Mavi) Değeri	1	25.65±.72 ^{a,A}	25.16±0.79 ^{a,AB}	24.55±0.75 ^{a,AB}	20.92±1.04 ^{a,C}	22.39±0.81 ^{a,BC}	22.85±0.63 ^{a,ABC}
	7	25.00±0.85 ^{a,A}	23.84±1.02 ^{a,A}	23.90±1.10 ^{a,A}	21.92±0.71 ^{a,A}	22.04±0.67 ^{a,A}	22.13±0.89 ^{a,A}
	14	24.93±0.72 ^{a,A}	24.14±1.01 ^{a,AB}	23.61±0.71 ^{a,AB}	20.31±0.69 ^{a,C}	21.91±0.69 ^{a,ABC}	21.18±0.78 ^{a,BC}
	21	24.64±0.69 ^{a,A}	24.02±0.90 ^{a,AB}	23.08±1.27 ^{a,AB}	18.69±0.73 ^{a,C}	21.03±0.47 ^{a,BC}	21.05±0.26 ^{a,BC}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p \leq 0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.

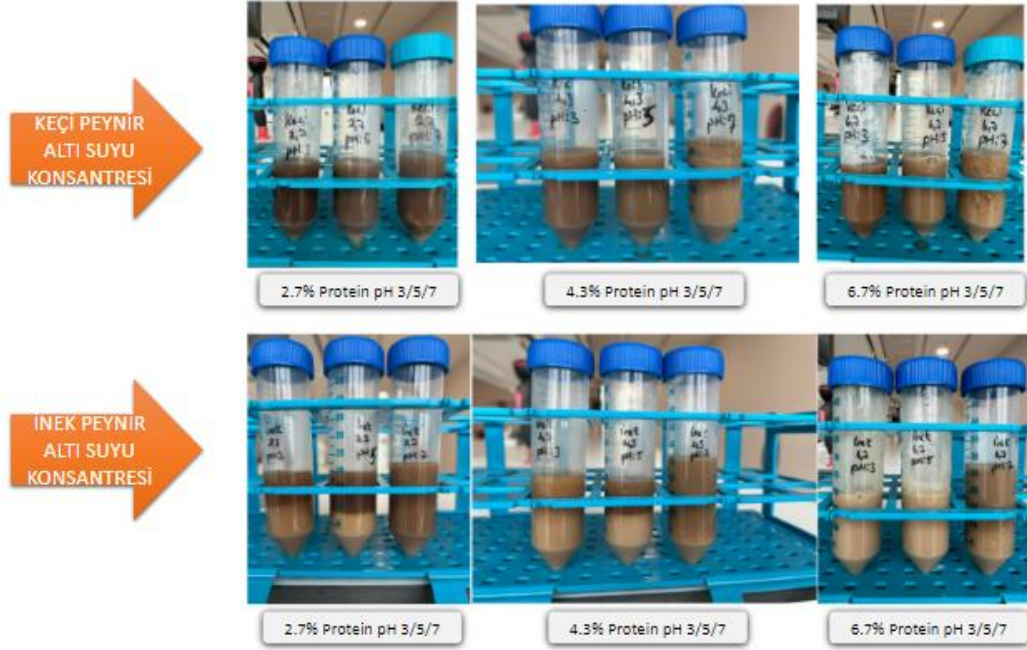
küçük harf depolama süreleri arasındaki (sütunlar) önemli farklılıkları sembolize ederken, büyük harf örnekler arasındaki (satırlar) farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Depolama süresince L* değerlerini incelediğimiz zaman istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). İnek peynir altı suyu konsantresi ile hazırlanan numunelerin keçi peynir altı suyu konsantresi ile hazırlanan numunelerin L* değerlerinde bir değişiklik olmamıştır. İnek WPC ve keçi WPC ile hazırlanan örnekler kendi aralarında protein konsantrasyonuna göre değerlendirildiğinde protein konsantrasyonu arttıkça L* değerinde de bir artış gözlenmiştir. Elde edilen bu renk değerlerin proteinli kahve içeceklerin son renk karakteristiklerini etkilediği düşünülmektedir.

a* değerleri depolama süresi boyunca ve örnekler arasında istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). a* değerlerine baktığımızda tüm örneklerde kırmızılığa rastlanmıştır. İnek WPC ve keçi WPC ile hazırlanan örnekler kendi aralarında protein konsantrasyonuna göre değerlendirildiğinde protein konsantrasyonu arttıkça a*

değerinde bir azalma gözlenmiştir. Protein konsantrasyonu yüksek olan ürünlerde depolama süresi boyunca a^* değerlerine baktığımızda bir azalma olduğu görülmüştür.

b^* değerlerini incelediğimiz zaman istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). İnek peynir altı suyu konsantresi ile hazırlanan numunelerin keçi peynir altı suyu konsantresi ile hazırlanan numunelerin b^* değerlerinde bir değişiklik olmamıştır.



Şekil 4.3. Proteinli kahve içecekleri ürün görselleri

Şekil 4.3’de proteinli kahve içeceklerinin ürün görselleri yer almaktadır. Bu görseller incelendiğinde inek ve keçi WPC çözeltilerinde olduğu gibi protein oranları düşükken pH 5’de en çok çökme görülmüştür. Ancak protein konsantresi yükseldiğinde daha stabil bir ürün elde edilmiştir. Bu durumun protein konsantrasyonunun çökelmeyi engellemesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

PAS proteinlerinden α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerinin süt orjinine göre farklı pH ve farklı protein oranlarında ısıtma işlemine karşı gösterdikleri stabiliteler farklıdır. Bu sebeple tez çalışmasında öncelikle saf protein çözeltilerinin farklı koşullardaki stabiliteleri incelenmiş, sonrasında ticari olarak temin edilen inek ve keçi peynir altı suyu konsantrelerinin farklı protein konsantrasyonlarında (%2.7, %4.3 ve %6.7), farklı pH'larda (pH 3.0, 5.0, 7.0) ve farklı pastörizasyon normlarındaki (63 °C'de 30 dk; 72 °C'de 15 s; 82 °C'de 8 s) stabilitesi, renk ölçümleri, bulanıklık, çözünürlük testleri ve görsel analizleri gerçekleştirilmiştir. Optimum stabilitenin sağlandığı parametreler, proteinli kahve formülasyonu için değerlendirilmiştir. Son üründe besin öğeleri ve duyu özellikleri optimize edilmiş, elde edilen kahve örnekleri raf ömrü boyunca kalite parametreleri açısından incelenmiştir.

Çalışmada termal stabilite için proteinlerdeki α -lac: β -lac oranının oldukça önemli olduğu, α -laktalbumin konsantrasyonunun artmasıyla çökelmenin azaldığı ve protein çözeltilerinin nötral pH değerlerine yakın değerlerde çökmeden daha stabil kaldığı gözlenmiştir.

Yapılan HPLC analizlerinde ticari olarak temin edilen keçi PAS konsantrelerinde α -laktalbumin miktarının inek PAS konsantresine göre yüksek olduğu, ancak α -lac: β -lac oranının düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuç ticari keçi PAS konsantrelerinde β -laktoglobulin miktarı fazla olan koyun PAS'ı ilavesi olduğunu düşündürmektedir.

Farklı protein konsantrasyonlarında, farklı pH'larda ve farklı pastörizasyon normlarında hazırlanan inek ve keçi WPC'lerinin stabilitesinin protein konsantrasyonu arttıkça arttığı ve pH 5'de daha stabil kaldığı gözlenmiştir. Ayrıca 72 °C'de 15 s olarak uygulanan pastörizasyon normunun çökelmeye daha az etkisi olduğu değerlendirilmiştir.

WPC çözeltileri ile belirlenen optimum parametreler ışığında proteinli kahve formülasyon çalışmaları yapılmıştır. Ürünlerin raf ömrü PAS proteinlerinin çökme eğiliminden dolayı oldukça önemlidir. Depolama süresinin pH üzerindeki etkisi örneklerde değişken bulunmuş olup 21 günlük değerler incelendiğinde genel olarak tüm içeceklerde pH azalması gözlenmiştir. En fazla azalma %4.3 protein konsantrasyonunda keçi WPC ile hazırlanan üründe görülmüştür. Depolama süresi

boyunca viskozite değerleri 5.97 ve 12.06 mPa.s arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek viskozite değerine %6.7 protein konsantrasyonunda keçi WPC ile hazırlanan örneğin sahip olduğu görölmüştür. Depolama süresinin renk üzerine etkisi incelendiğinde L* ve b* değerlerinin inek WPC ve Keçi WPC ile hazırlanan ürünlerin her ikisinde de değişmediği görölmüştür.

İnek ve keçi WPC ile hazırlanan proteinli kahve örneklerinin duyusal değerlendirilmesinde tat parametresine bakıldığında en çok beğenilen örneğin %6.7 protein konsantrasyonunda inek WPC ile hazırlanan örnek olduğu görölmüştür ($p \leq 0.05$). Koku, renk, yapı ve görünüm olarak yapılan değerlendirmede de inek WPC ile hazırlanan ürünün daha çok beğenildiği değerlendirilmiştir.

İnek ve keçi WPC ile hazırlanan proteinli kahve örneklerinin raf ömrü değerlendirmesinde ürünler 21 gün raf ömrüne tabi tutulmuştur. Normal koşullarda piyasada bulunan muadil ürünlerin raf ömrünün kısa süreli olduğu bilinmektedir. Bu ürünlere ait daha uzun raf ömrü verilmek istendiğinde ısıtılma işleminin artırılması gerekmektedir. Yüksek ısıtılma uygulaması inek ve keçi WPC içerisinde bulunan α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerini etkilediğinden ürünlere çökelme oluşumuna ve yapı problemlerine sebep olmaktadır. Bu sebeple üründe uzun raf ömrü istenilmesi durumunda ürünlere koruyucu katkı maddesi konulması gibi farklı uygulamalar düşünülebilir.

Çalışmanın sonuçları keçi ve inek WPC'nin fonksiyonel bir içecek olan proteinli kahve üretiminde kullanılabilme potansiyelini ortaya koymuştur. Çalışma ayrıca peynir altı suyunun kullanım alanlarına katkı yaparak çevre kirliliği önlemede ve katma değerli ürün üretiminde de fayda sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Abd El-Salam, M.H., Safinaz El-Shibiny a & Aida Salem (2009). Factors Affecting the Functional Properties of Whey Protein Products: A Review. *Food Reviews International*, 25(3), 251-270.
- Adler-Nissen, J. (1986). *Enzymic hydrolysis of food proteins*. Elsevier applied science publishers.
- Aguero, R., Bringas, E., San Román, M. F., Ortiz, I., & Ibanez, R. (2017). Membrane processes for whey proteins separation and purification. A review. *Current Organic Chemistry*, 21(17), 1740-1752.
- AOAC (2005). Official methods of the Association of Official Analytical Chemists, 16th edn. Arlington, TX: Association of Official Analytical Chemists
- Assenat, L. (1985). Composition and properties. *Laits et produits laitiers. Vache. Brebis. Chèvre. 1. Les laits. De la mamelle à la laiterie.*, 281-319.
- Baccouche, A., Ennouri, M., Felfoul, I., & Attia, H. (2013). A physical stability study of whey-based prickly pear beverages. *Food Hydrocolloids*, 33(2), 234-244.
- Banat, I. M., & Marchant, R. (1995). Characterization and potential industrial applications of five novel, thermotolerant, fermentative, yeast strains. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11, 304-306.
- Baricellus, J. (1603). "The First Little Work Concerning the Qualities and Use of Milk." *Naples Lazarum Scoriggium*.
- Bilbao, J. G. (1981). Aprovechamiento del suero de leche desproteinizado y de materiales nitrogenados de desecho por algunas levaduras. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, (119), 65-69.
- Borková, M., & Snášelová, J. (2005). Possibilities of different animal milk detection in milk and dairy products – a review. *Czech J Food Sci.* 2:41–50.
- Bouaouina, H., Desrumaux, A., Loisel, C., & Legrand, J. (2006). Functional properties of whey proteins as affected by dynamic high pressure treatment. *Inter. Dairy J.* 16, 275–284.
- Bund, R. K., & Pandit, B. A. (2005). Isolating proteins from whey. *Modern Food Processing*, 1, 36.
- Burton, H. (1984). Reviews of the progress of dairy science: The bacteriological, chemical, biochemical and physical changes that occur in milk at temperatures of 100-150°C, *Journal of Dairy Research*, 51, 341-363.
- Carvalho, F., Prazeres, A. R., & Rivas, J. (2013). Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the total environment*, 445, 385-396.
- Casal, E., Montilla, A., Moreno, F., Olano, A., & Corzo, N. (2006). Use of chitosan for Selective removal of b-Lactoglobulin from whey. *J. Dairy Sci.* 89 (5), 1384e1389.
- Casper, J., Wendorff, W., & Thomas, D. (1998). Seasonal changes in protein composition of whey from commercial manufacture of caprine and ovine specialty cheeses. *Journal of Dairy Science*, 81(12), 3117-3122.
- Clark, D. (2004). Cheese whey utilization. In: Total food – Exploiting co products-minimizing waste, Waldron K, Faulds C & Smith A (eds), Proceeding of workshop on Total Food, *Institute of Food Research, Norwich, UA*, pp 132-143.
- Coton, S. G. (1976). Recovery of dairy waste. In Food from Waste, ed. G. G. Birch, K. J. Parker ve J. T. Morgan. *Applied Science Publishers, UK*, pp. 221-231.

- Daufin, G., René, F., & Aïmar, P. (1998). Les séparations par membrane dans les procédés de l'industrie alimentaire. Paris, France: *Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires*.
- de Wit, J.N (1998). Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *J. Dairy Sci.* 81 597-608.
- de Wit, J. N., & Klarenbeek, G. (1984). Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 67(11), 2701-2710.
- Drake, M., Croissant, A., & Carunchia, M. (2005). Characterization of Dried Whey Protein Concentrate and Isolate Flavor. *Journal of Dairy Science*, 88 (11): 3826- 3839.
- Dubey, R.P., Divya & Dubey, R. (2007). Effect of different treatments on the physico-chemical and nutritional characteristics of whey-guava beverage. *Indian Res. J. Ext. Edu.*, 7: 27-29.
- Evans, M. T. A., & Gordon, J. F. (1980). Whey proteins. In Applied Protein Chemistry, Ed. R. A. Grant. *Applied Science Publishers, London*, 31-67.
- Flanagan, J., & FitzGerald, R. J. (2002). Functionality of Bacillus proteinase hydrolysates of sodium caseinate. *International Dairy Journal*, 12(9), 737-748.
- Fournaise, T., Burgain, J., Perroud-Thomassin, C., & Petit, J. (2021). Impact of the whey protein/casein ratio on the reconstitution and flow properties of spray-dried dairy protein powders. *Powder Technology*, 391, 275-281.
- Fox, PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (2000). Fundamentals of Cheese Science. Aspen Publishers, Gaithersburg, 587 pp.
- Gagrani, R. L., Rathi, S.D., & Ingle, U.M. (1987). Preparation of fruit flavoured beverage from whey. *J. Food. Sci. Technol.*, 24: 93-94.
- Garay, P. A., Villalva, F. J., Paz, N. F., de Oliveira, E. G., Ibarguren, C., Alcocer, J. C., ... & Ramón, A. N. (2021). Formulation of a protein fortified drink based on goat milk whey for athletes. *Small Ruminant Research*, 201, 106418.
- Gardner, H. (1989). Zero-based arts education: An introduction to ARTS PROPEL. *Studies in Art Education*, 30(2), 71-83. Güzeler
- Grant, C., Rotherham, B., Sharpe, S., Scragg, R., Thompson, J., Andrews, J., Wall, C., Murphy, J., & Lowry, D. (2005). Randomized, double-blind comparison of growth in infants receiving goat milk formula versus cow milk infant formula. *Journal of paediatrics and child health*, 41(11), 564-568.
- Gray, H. M., Wiley, R. C., Williams, P. M., & Shaffer, H. J. (2021). A scoping review of “responsible drinking” interventions. *Health communication*, 36(2), 236-256.
- Gupta, V.K. (2000). Overview of processing and utilization of dairy by products. *Indian Dairyman*, 52: 55-59.
- Güzeler, N., Esmek, E. M., & Kalender, M. (2017). Peyniraltı suyu ve peyniraltı suyunun içecek sektöründe değerlendirilme olanakları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(2), 27-36.
- Heine, BİZ, Klein, PD & Reeds, PJ (1991). α -laktalbuminin bebek beslenmesindeki önemi. *Beslenme Dergisi*, 121 (3), 277-283.
- Hernandez-Mendoza, A., Robles, V. J., Angulo, J. O., De La Cruz, J., & Garcia, H. S. (2007). Preparation of a whey-based probiotic product with Lactobacillus reuteri and Bifidobacterium bifidum. *Food Technology and Biotechnology*, 45(1), 27-31.

- Hong, Z., Xiao, N., Li, L., Li, Y., & Xie, X. (2022). Glycation of whey protein isolate and emulsions prepared by conjugates. *Journal of Food Engineering*, 316, 110852.
- Hoogstraten, J. J. (1987). Trends in whey utilization. *IDF Bull.*, 17: 212-215.
- Iniquez, C., & Vera, C. (1999). Flavoured beverage prepared with buffalo milk whey. *Alimentaria*. 36: 73-75. *Cited from Dairy Sci. Abstr.*, 61: 3787.
- Jeewanthi, C. R. K., Paik, H. D., Kim, M. H., Lee, N. K., Kim, S. Y., & Yoon, C. Y. (2014). Characteristics of whey protein hydrolysates from cheese whey, favors on various food applications. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 20(4), 503-509.
- Jelen, P. (1992). Whey cheeses and beverages. In *Whey and lactose processing* (pp. 157-193). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Jelicic, I., Božanic, R., & Tratnik, L. (2008). Whey-Based Beverages-A New Generation of Dairy Products. *Mljekarstvo*, 58 (3): 257-274.
- Khamrui, K., & Rajorhia, G. S. (1998). Making profit from whey. *Indian Dairyman*, 50:13-17.
- Koffi, E., Shewfelt, R., & Wicker, L. (2005). Storage stability and sensory analysis of UHT processed whey-banana beverages. *J. Food. Quality*. 28:386-401.
- Konrad, G., Kleinschmidt, T., Rohenkohl, H., & Reimerdes, E. H. (2005). Peptic partial hydrolysis of whey protein concentrate for modifying the surface properties of whey protein. I. Optimization of hydrolysis conditions. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 60(1), 59-61.
- Kosikowski, F. V. (1979). Whey utilization and whey products. *J. Dairy Sci.*, 62, 1149-1160.
- Kosikowski, F.V., & Wierzbicki, L.E. (1973). Research-article: lactose hydrolysis of raw and pasteurized milks by *Saccharomyces lactis* lactase. *J. Dairy Sci.* 56 (1), 146-148.
- Kumar R., Sangwan R.B., & Mann B. (2008). Separation and application of bioactive whey proteins. *Technological Advances in the utilization of dairy by-products*, 22nd Short Course 2008.
- Lakowicz, J. R., & Lakowicz, J. R. (1999). Introduction to fluorescence. *Principles of fluorescence spectroscopy*, 1-23.
- Layman, D.K., Lönnardal, B., Fernstrom, J.D. (2018). Applications for α -lactalbumin in human nutrition. *Nutr. Rev.*, 76, 444–460.
- Lee, A. C., & Hong, Y. H. (2009). Coacervate formation of α -lactalbumin–chitosan and β -lactoglobulin–chitosan complexes. *Food Research International*, 42(5-6), 733-738.
- Lehninger, A.L. (1975). "*Biochemistry*". 2 nd ed., Wonn Pub., Inc. New York
- Madhavi, T. V. (2009). *Development of synbiotic whey drink*. M.sc. Thesis submitted to Anand Agricultural University, Anand, Gujarat.
- Madureira, A. R., Tavares, T., Gomes, A. M. P., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2010). Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins. *Journal of dairy science*, 93(2), 437-455.
- Marwaha, S. S., & Kennedy, J. F. (1988). Whey—pollution problem and potential utilization. *International journal of food science & technology*, 23(4), 323-336.
- Morr, C. V. (1984). Production and use of milk proteins in food. *Food Technol.* 38:39-48.

- Nakamura, T., Sado, H., Syukunolze, Y., & Hirota, T. (1993). Antigenicity of whey protein hydrolysates prepared by combined of two enzymes. *Milchwissenschaft* 45: 667-670.
- Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chem*, 105(1):1-14.
- Park, J. W. (1994). Functional protein additives in surimi gels. *Journal of Food Science*, 59(3), 525-527.
- Pedrosa, M., Pascual, C. Y., Larco, J. I., & Esteban, M. M. (2006). Palatability of hydrolysates and Other substitution formulas for cow's milk-allergic children: a comparative study of taste, smell, and texture evaluated by healthy volunteers. *Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology*, 16(6), 351-356.
- Prendergast, K. (1985). Whey drinks—technology, processing and marketing. *International Journal of Dairy Technology*, 38(4), 103-105.
- Quant, A. J. B., Telotte, J., & Mendoza, J. A. P. (2018). Comparison of First Principles and Parametric Models for the Design and Operation of a Spray Dryer for Whey Protein Production. In *2018 AIChE Annual Meeting*. AIChE.
- Quant, A. J. B., Albis, A. R., & Perez, J. A. (2019). Effect of heat treatment on physical properties of whey protein beverages (WPB). *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 20(2), 209-218.
- Rafiq, S., Huma, N., Pasha, I., Sameen, A., Mukhtar, O., Khan, MI. (2016). Chemical composition, nitrogen fractions and amino acids profile of milk from different animal species. *Asian-Australias J Anim Sci*. 29:1022–8.
- Reddy, G. J., Rao, B. V. R., Reddy, K. R. S., & Venkayya, D. (1987). Development of a whey beverage. *Indian J. Dairy Sci*. 40: 445-450.
- Rezek Jambrak, A., Mason, T.J., Lelas, V., Herceg, Z., Ljubic-Herceg, I. (2008). Effect of ultrasound on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. *J. of Food Eng*. 86: 281-287.
- Shane, V., Crowley, Aisling P., Dowling, Veronic, A., Alan L. Kelly, James A. O'Mahony. (2016). Impact of a-lactalbumin:b-lactoglobulin ratio on the heat stability of model infant milk formula protein systems.
- Sherwood, S. (2007). Protein beverage and method for making the same. US Patent US 7906/160 B2.
- Shimada, K., & Cheftel, J. C. (1989). Sulfhydryl group/disulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 37(1), 161-168.
- Sienkiewicz, T., & Riedel, C. (1990). Whey and Whey Utilization. Th. Mann, Germany.
- Sinha, R., Radha, C., Prakash, J., & Kaul, P. (2007). Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. *Food Chemistry*, 101(4), 1484-1491.
- Solak, B., & Akin, N. (2009). Nutritional value and health benefits of whey proteins. In *International Scientific Conference on Nutraceuticals and Functional Foods*, Zilina, Slovakia (p. 18).
- Spellman, D., O'Cuinn, G., & FitzGerald, R.J. (2009). Bitterness in Bacillus protein hydrolysis of whey proteins. *Food Chem*. 114: 440-446.
- Swaisgood, H. E., & Chaiken, I. M. (1986). Analytical high-performance affinity chromatography: Evaluation by studies of neurophysin self-association and

- neurophysin-peptide hormone interaction using glass matrixes. *Biochemistry*, 25(14), 4148-4155.
- Tratnik, L. J. (2003). Ulogasirutke u proizvodnji funkcional nemlijecnehrane, Mljekarstvo. 53: 325-352.
- Tsakali, E., Petrotos, K., Allessandro, A., & Goulas, P. (2011). A Review on Whey Composition and the Methods Used for Its Utilization for Food and Pharmaceutical Products.<http://www.fabe.gr/images/stories/SYNEDRIA/8.pdf>
- Uraz, T. (1981). Peynir Suyu ve Değerlendirme Şekilleri. Süt ve Mamülleri Teknolojisi, Ankara- Çankırı: Segem Yayınları, 208-215.
- Varlamova, E. G., & Zaripov, O. G. (2020). Beta-lactoglobulin-nutrition allergen and nanotransporter of different nature ligands therapy with therapeutic action. *Res. Vet. Sci.*, 133, 17–25
- Weetal, H., Havewala, N. B., Pitcher, W.H., Detar, C. C., Van, W. P., Yaverbaum, S. (1974). The preparation of immobilized lactase and its use in the enzymatic hydrolysis of acid whey. *Biotechnol Bioeng*, 16(3):295–313
- Whetstine, M. C., Croissant, A. E., & Drake, M. A. (2005). Characterization of dried whey protein concentrate and isolate flavor. *Journal of dairy science*, 88(11), 3826-3839.
- Yadav, J. S. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology advances*, 33(6), 756-774.
- Yerlikaya, O. (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.
- Yüksel, M., Yüksel, A. K., & Ürüşan, H. (2019). Peynir altı suyunun çeşitli özellikleri ve kullanım olanakları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 114-125.
- Yves, V. (1979). Le lactoserum. Matiere premiere noble pour les industries alimentaires humaines et animales. *Revue Laitiere Française*, 372, 27-39.
- Zhao, Z., & Xiao, Q. (2017). Effect of chitosan on the heat stability of whey protein solution as a function of pH. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1576-1581.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: S****a Ö*

Doğum Yeri ve Tarihi: A*****n, 1**4

E-posta: -

Lisans: Selçuk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü (2**1-2**6)

Yüksek Lisans: Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2**9-2**3)

İş Deneyimi: * Tuna Süt Mamülleri 2**6-2**7- Üretim Mühendisi
* Torku Panagro Tarım Hayvancılık Gıda Sanayi ve Tic. A.Ş. 2**7- Arge Uzmanı

Projeler: * TÜBİTAK-Peynir Altı Suyundan Protein Eldesi
* TÜBİTAK/SAYEM- Klinik Nutrisyon (Parenteral-Enteral) Ürünlerinin ve Hammaddelerinin Geliştirilmesi Yerel Üretim Fizibilitesi
* AB PRİMA -Akdeniz Ülkelerinde Süt İnovasyonu
* Doğal Bakterilerin İzolasyonu, Saflaştırılması ve Süt ve Süt Ürünlerinde Kullanımı
* KOPSOGEP-Geleneksel Obruk Peynirlerinin Sanayi Ölçeğinde Üretilmesi İçin Pilot-Arge Tesisi Çalışması