



T.C.

**HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

PEYNİRALTI VE LORALTI SUYUNA OZON UYGULAMASI

NESLİHAN ÖZBULDU

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY
EYLÜL 2019**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYNİRALTI VE LORALTI SUYUNA OZON UYGULAMASI

Neslihan ÖZBULDU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
EYLÜL 2019

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYNİRALTI VE LORALTI SUYUNA OZON UYGULAMASI

NESLİHAN ÖZBULDU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Yahya Kemal AVŞAR danışmanlığında hazırlanan bu tez **10/09/2019** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Yahya Kemal AVŞAR
Başkan

Prof. Dr. Mustafa Kemal SANGÜN
Üye

Doç. Dr. Türkan KEÇELİ MUTLU
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Erdal SERTKAYA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 15111

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

10/09/2019

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

NESLİHAN ÖZBULDU

ÖZET

PEYNİRALTI VE LORALTI SUYUNA OZON GAZI UYGULAMASI

Bu araştırmada ozon gazının peyniraltı suyunun (pas) ve loraltı suyunun kimyasal oksijen içeriği (KOİ) üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla laboratuvarında üretilen peyniraltı ve loraltı suları, değişik parametreler (süre, NaOH, H₂O₂, FeCl₃) kullanılarak ozon ile muamele edilmiştir. Araştırma sonuçları, peyniraltı suyunun ozon gazı ile muamelesinde aşırı derecede köpük oluşumuna neden olduğunu göstermiştir. Taramalı elektron mikroskopu oluşan köpüğün fibriller bir yapıdan oluştuğunu göstermiştir. Jel elektroforezi (SDS-PAGE) ise düşük moleküllü (7-10 kDa) protein benzeri yapıları bu ağ yapının yapısında yer aldığını göstermiştir. Peyniraltı suyunun ozon ile muamelesi sonucunda proteinlerin ağ yapısının ortamdan uzaklaştırılmasına rağmen kimyasal oksijen ihtiyacı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Loraltı suyuna sodyum hidroksit ilavesinin başlangıç KOİ değerlerinde yaklaşık %20 oranında, FeCl₃ ilavesinin ise başlangıç KOİ değerlerinde %10 azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Peyniraltı ve loraltı sularında KOİ değeri açısından uygulanan bütün yöntemlere rağmen yasaların öngördüğü düzeye ulaşmak mümkün olmamıştır. Ancak elde edilen sonuçlar proteinlerin ozon gazı ile peyniraltı suyundan uzaklaştırılması ile ilgili daha detaylı çalışmaların yapılması gerektiği göstermektedir.

2019, 66 sayfa

Anahtar Kelimeler: peyniraltı suyu, loraltı suyu, ozon, kimyasal oksijen ihtiyacı, SDS-Page

ABSTRACT

TREATMENT OF WHEY WITH OZONE

In this research, the effect of ozone on the chemical oxygen demand (COD) of whey or secondary cheese whey (loraltı) was investigated. For this purpose, whey or secondary whey was produced in the laboratory and treated with ozone gas using different parameters (time, NaOH, H₂O₂ and FeCl₃). Results indicated that ozone application created too much foaming which appeared to be difficult to prevent. It was observed that foam was overflowed out of the glass column and formed a spider net like structure. Scanning electron microscopy revealed spider web like structure while gel electrophoresis (SDS-PAGE) revealed low molecular weight (7-10 kDa) protein like molecules. It was assumed that proteins of small molecular weighed formed the fibrous and continuous phase. Results already indicated that ozone treatment has no major effect on the COD values. However, use of NaOH or FeCl₃ led to 20% and 10% reduction in COD values compared to initial COD values, respectively. In any case, treatments used in this research did not produced whey or secondary cheese whey which complied with the legal limits. In addition, this study revealed that ozone could be used to remove the protein like structure from whey and secondary whey, which requires more attention.

2019, 66 pages

Keywords: whey, heat-treated whey, ozone, chemical oxygen demand, SDS-Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Yahya Kemal AVŞAR' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan MKÜ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna (Proje No: 15111) ve isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiş herkese içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları sırasında bana maddi ve manevi yardımlarını hep devam ettiren yol arkadaşım, eşim Arş. Gör. Mustafa ÖZBULDU'ya, analiz süresince yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Ahmet DURSUN'a, arkadaşlarım Mustafa AKKAMIŞ ve Ezgi GEÇGİL'e, her anımda yanımda olup desteklerini esirgemeyen anne ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Peyniraltı Suyu ve Loraltı Suyu	11
3.1.2. Ozon Cihazı	11
3.2. Yöntem	12
3.2.1. Peyniraltı Suyu ve Loraltı Suyu Üretimi	12
3.2.2. Deneme Planı ve Ozon Gazı Uygulaması	14
3.2.3. Analizler	14
3.2.3.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi	14
3.2.3.2. Renk Analizi	15
3.2.3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	15
3.2.3.4. Jel Elektroforezi	16
3.2.3.5. Verilerin İstatiksel Analizi	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	19
4.1. Ozon Uygulamasının Peyniraltı Suyu Üzerine Etkisi	19
4.1.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	20
4.1.2. Jel Elektroforezi	21
4.1.3. Sıcaklık, pH ve Hidrojen Peroksit Uygulamasının KOİ Üzerine Etkisi	22
4.1.4. Sıcaklık, pH ve Hidrojen Peroksit Uygulamasının Renk Üzerine Etkisi	25
4.2. Ozon Uygulamasının Loraltı Suyu Üzerine Etkisi	32
4.2.1. NaOH İlavesinin KOİ Değerine Etkisi	32
4.2.2. H ₂ O ₂ İlavesinin KOİ Değerine Etkisi	34
4.2.3. FeCl ₃ İlavesinin KOİ Değerine Etkisi	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	42
EKLER	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan ozon cihazı	11
Şekil 3.2. Peynir ve peyniraltı suyu üretim akış şeması.....	12
Şekil 3.3. Lor peyniri ve loraltı suyu üretim akış şeması.....	13
Şekil 3.4. Peynir ve lor peyniri üretimi	13
Şekil 3.5. SDS-Page analize hazırlık ve uygulama görüntüleri	17
Şekil 3.6. Çalışmada elde edilen lineer eğri.....	17
Şekil 4.1. Ozon uygulaması esnasında oluşan ağ yapısı.....	19
Şekil 4.2. Ozon uygulanmış peyniraltı suyundan oluşan köpüğe ait SEM Görüntüleri (Resim üstündeki çubuk ölçüm boyutunu göstermektedir.).....	20
Şekil 4.3. Ozon uygulaması ile elde edilen proteinlerin SDS-Page sonuçları	21
Şekil 4.4. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen KOİ değerleri	23
Şekil 4.5. Peyniraltı sularının farklı sıcaklık değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen KOİ değerleri	23
Şekil 4.6. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen KOİ değerleri.....	23
Şekil 4.7. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen L^* değeri sonuçları.....	25
Şekil 4.8. Peyniraltı sularının farklı sıcaklık değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen L^* değeri sonuçları.....	26
Şekil 4.9. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen L^* değeri sonuçları.....	26
Şekil 4.10. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen a^* değeri sonuçları.....	27
Şekil 4.11. Peyniraltı sularının farklı sıcaklıklarda 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen a^* değeri sonuçları	27
Şekil 4.12. Peyniraltı sularına farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen a^* değeri sonuçları	27
Şekil 4.13. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen b^* değeri sonuçları.....	28
Şekil 4.14. Peyniraltı sularının farklı sıcaklıklarda 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen b^* değeri sonuçları	28
Şekil 4.15. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen b^* değeri sonuçları	29
Şekil 4.16. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Chroma değeri sonuçları	29
Şekil 4.17. Peyniraltı sularının farklı sıcaklıklarda 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Chroma değeri sonuçları	30
Şekil 4.18. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Chroma değeri sonuçları	30
Şekil 4.19. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Hue değeri sonuçları	31
Şekil 4.20. Peyniraltı sularının farklı sıcaklık değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Hue değeri sonuçları	31
Şekil 4.21. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesinden sonra 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Hue değeri sonuçları.....	31

Şekil 4.22. Loraltı suyunun NaOH ile muamelesi sonucu oluşan çökelti.....	33
Şekil 4.23. Loraltı suyuna NaOH ilavesinin KOİ değerlerine etkisi.....	33
Şekil 4.24. Loraltı suyuna H ₂ O ₂ ilavesinin KOİ değerlerine etkisi	35
Şekil 4.25. Loraltı suyuna FeCl ₃ ilavesinin KOİ değerlerine etkisi	36



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Peyniraltı suyunun bileşimi (Üçüncü,2008)	2
Çizelge 1.2.Peyniraltı suyu proteinlerinin sütteki bileşimi (de Wit, 1998).....	2
Çizelge 1.3. Süt ve Süt Ürünleri Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları (Su kirliliği Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 31.12.2004 Resmî Gazete Sayısı: 25687)	4
Çizelge 4.1. On beş dakikalık ve bir saatlik ozon uygulaması sonrasında peyniraltı suyundan elde edilen köpüğe ait SDS-Page sonuçları.....	22
Çizelge 4.2. Peyniraltı suyu örneklerinin ozonlanması sonucunda elde edilen KOİ değerler ve standart sapmaları (Ortalama $\pm$ Standart Sapma (SS)) (n=2) ..	25
Çizelge 4.3. Peyniraltı sularının ozon uygulamasından sonra L^* değeri sonuçları (ortalama $\pm$ Standart sapma (SS))(n=4)	26
Çizelge 4.4. Peyniraltı sularının ozon uygulamasından sonra a^* değeri sonuçları (ortalama $\pm$ Standart sapma (SS))(n=4)	28
Çizelge 4.5. Peyniraltı sularının ozon uygulamasından sonra b^* değeri sonuçları (ortalama $\pm$ Standart sapma (SS))(n=4)	29
Çizelge 4.6. Peyniraltı sularının ozon uygulamasından sonra Chroma değeri sonuçları (ortalama $\pm$ Standart sapma (SS))(n=4)	30
Çizelge 4.7. Peyniraltı sularının ozon uygulamasından sonra Hue değeri sonuçları (ortalama $\pm$ Standart sapma (SS))(n=4)	32
Çizelge 4.8. Loraltı suyuna NaOH ilavesi ve 10 saat boyunca ozon uygulanması sonucu elde edilen KOİ değerleri (Ortalama $\pm$ Standart Sapma (SS)) (n=2).....	34
Çizelge 4.9. Loraltı suyuna H ₂ O ₂ ilavesi ve 10 saat boyunca ozon uygulanması sonucu elde edilen KOİ değerleri (Ortalama $\pm$ Standart Sapma (SS)) (n=2).....	35
Çizelge 4.10. Loraltı suyuna FeCl ₃ ilavesi ve 10 saat boyunca ozon uygulanması sonucu elde edilen KOİ değerleri (Ortalama $\pm$ Standart Sapma (SS)) (n=2).....	36

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°SH	:	Soxhlet Henkel cinsinden asitlik
mg	:	Miligram
g	:	Gram
L	:	Litre
mV	:	Milivolt
° C	:	Derece Celsius
N	:	Newton
m ³	:	Metre küp
mM	:	Milimolar
rpm	:	Dakikadaki Devir Hızı
dk	:	Dakika
N	:	Normalite
mg	:	Miligram
µL	:	Mikrolitre
kDa	:	Kilodalton

KISALTMALAR

KOİ	:	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOİ	:	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
GRAS	:	Genellikle Güvenilir Olarak Kabul Edilir (Generally Recognized As Safe)
PAS	:	Peyniraltı suyu
SEM	:	Taramalı Elektron Mikroskobu
SDS	:	Sodyum dodesil sülfat
PAGE	:	Poliakrilamid jel elektroforezi

1. GİRİŞ

Süt endüstrisi, çiğ sütün yoğurt, dondurma, tereyağı, peynir ve çeşitli tatlılar gibi ürünlere pastörizasyon, pıhtılaşma, süzme, santrifüjleme, soğutma vb. gibi farklı işlemlerle işlenmesi ve üretilmesi prensibine dayanmaktadır (Rivas ve ark., 2010). Süt ürünlerine olan talep artışını karşılayabilmek için ürün çeşitliliği ve üretim kapasitesinin arttırılması, üretim işlemleri sonucunda ortaya çıkan atık miktarının da artmasına neden olmuştur (Sarkar, 2005).

Süt endüstrisi atıklarının özellikleri, son ürün kalıntılarına, üretim sisteminin tipine ve üretim tesisinde kullanılan çalışma yöntemlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmektedir (Gutiérrez ve ark. 1991). Süt endüstrisi atık suları, proses ekipmanlarının temizlenmesinden sonra alkali ve asidik kimyasallar içeren yıkama suyu, bu ekipmanlar da kalan hammadde ve son ürün kalıntıları ve peynir üretimi sonrasında ortaya çıkan peyniraltı suyundan oluşmaktadır (Carvalho ve ark., 2013).

Peyniraltı suyu, peynir üretimi sonrasında elde edilen yeşilimsi sarı renkte bir yan üründür. Bu yan ürün kazein koagülasyonuna bağlı olarak asit peyniraltı suyu ve maya peyniraltı suyu olmak üzere iki şekilde elde edilebilmektedir. Asit peyniraltı suyu ($\text{pH} < 5$), peynir üretimi sırasında sütün asitleştirilmesi için bakteri kültürü ya da organik asit eklenmesiyle, maya peyniraltı suyu ise sütün pıhtılaşması için rennet enziminin kullanılması sonucunda meydana gelmektedir (Üçüncü, 2008). Asit peyniraltı suyu tipik olarak, 5.1'den düşük bir pH değerine ve maya peyniraltı suyuna göre daha yüksek kül ve daha düşük protein konsantrasyonlarına sahiptir (Weetal ve ark, 1974; Kosikowski, 1979; Mawson, 1994). Laktoz miktarı, maya peyniraltı suyunda asidik peyniraltı suyuna göre daha yüksektir. Çizelge 1.1'de maya ve asit peyniraltı suyunun bileşimi ve bazı özellikleri verilmiştir. Çizelge 1.1'de görüldüğü gibi maya peyniraltı suyu serum proteinleri açısından asit peyniraltı suyuna göre daha zengindir. Peyniraltı suyu proteinleri, yaklaşık %50 β -laktoglobulin (β -Lg), %20 α -laktalbümin (α -La), %10 sığır serum albümini (BSA) ve %10 immünoglobulin (Ig) protein fraksiyonlarından oluşur. Bu ana fraksiyonların yanı sıra, peyniraltı suyu %10 oranında; laktoferrin (LF), laktoperoksidaz (LP) ve proteoz-pepton (PP) gibi düşük miktarda proteinlerin bazı küçük fraksiyonlarını içermektedir (Khaire ve Gogate, 2019).

Çizelge 1.1. Peyniraltı suyunun bileşimi (Üçüncü,2008)

Bileşenler	Maya Peyniraltı Suyu	Asit Peyniraltı Suyu
Su	%93-94	%94-95
Kuru Madde	%6-7	%5-6
Yağ	%0.3-0.8	%0.1
Laktoz	%4.5-4.7	%3.8-4.2
Kazein (Peynir kırıntısı)	%0.05-0.1	%0.05-0.1
Serum Proteinleri	%0.8-1	%0.6
Mineral Maddeler	%0.5-0.7	%0.7-0.8
Laktik Asit	%0.1-0.2	%0.5 (0.7)
Sitrik Asit	%0.1	%0.1
Kalsiyum	0.06 g/100 g	0.1 g/100 g
pH değeri	6.4-6.0	4.8-4.4
Asitlik Derecesi	~4°SH	~20-25°SH
B ₂ Vitamini	0.14 mg/ 100 g	0.14 mg/100 g

Çizelge 1.2’de görüldüğü gibi peyniraltı suyu proteinler bakımından oldukça zengin olduğu için pek çok sektörde kullanılmaktadır.

Çizelge 1.2.Peyniraltı suyu proteinlerinin sütteki bileşimi (de Wit, 1998)

Protein türü	Konsantrasyon (g/l süt)
β - Laktoglobulin	3.2
α - Laktalbumin	1.2
Imminoglobulin	0.8
Serum Albumin	0.4
Laktoferrin	0.2
Laktoperoksidaz	0.03
Enzimler (>50)	0.03
Proteoz - pepton	≥1

Peyniraltı suyu, toplam süt besin maddelerinin yaklaşık %55’ini içerdiği için potansiyel bir gıda ve enerji kaybı anlamına gelir. Bu besin maddelerinin en yüksek miktarda olanları laktoz, çözünür proteinler, lipitler ve mineral tuzlarıdır. Peyniraltı suyu kullanımının çeşitli olasılıkları araştırılmış olmasına rağmen, dünya peyniraltı suyu üretiminin büyük bir kısmı atık olarak atılmaktadır. İkinci peyniraltı suyu, lor veya süzme peynirden kaynaklanan yan ürün, peyniraltı suyuna benzer şekilde, su ortamları üzerine

olumsuz bir etkisi olan oldukça kirletici bir süt atıdır. İkinci peyniraltı suyu, orijinal peyniraltı suyunun kuru madde içeriğinin yaklaşık %60'ına sahiptir (Pereira ve ark., 2002). Bu atık su, önemli bir organik madde içeriğı (80 g/L'ye kadar KOİ değerleri) ve yüksek tuzluluk oranına sahiptir. Bu yüksek tuzluluk, süzme peynir üretiminde kalsiyum klorür gibi tuzların ikinci kez eklenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu bileşenler arasında laktoz (yaklaşık 50 g/L), yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı değerinden (>%70) sorumlu olan temel bileşendir (Carvalho ve ark., 2013).

Süt işletmelerinin çoğı, peyniraltı suyunun çevreye deşarjı için uygun arıtma sistemlerine sahip değildirler. Bu nedenle atık olarak uzaklaştırılması, çevre için ciddi kirlilik sorunları yaratır, çünkü toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını etkiler, mahsul veriminin düşmesine ve su kaynaklarına deşarj edildiğinde ortamdaki çözünmüş oksijeni tüketerek sudaki yaşamın azalmasına sebep olmaktadır (Marwaha ve Kennedy, 1988; Gonzalez-Siso, 1996, Panesar ve ark., 2007).

Peyniraltı suyu yüksek besin değerine sahip olmasından dolayı arıtılmadan çevreye salınımı oldukça tehlikelidir. Çünkü peyniraltı suyunun atık sulardaki kirlilik parametresi olan Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) değerleri oldukça yüksektir. Kimyasal oksijen ihtiyacı; atık suyun sahip olduğı organik maddelerin kimyasal oksidasyonu için gerekli olan oksijen miktarıdır, mgO₂ /L olarak ifade edilir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ise atık suyun sahip olduğı organik maddelerin 20°C'de 5 günlük bir süreçte mikroorganizmalar tarafından oksidasyonu için gerekli olan oksijen miktarıdır, mgO₂/L olarak ifade edilir. Atık sular biyolojik yollarla ayrışmayan ama kimyasal yollarla ayrışabilen bazı maddeleri içerebileceğinden dolayı KOİ değeri her zaman BOİ değerinden yüksektir.

Peynir atık suları, 0.8-102 g/L aralığında KOİ değerleri ve 0.6-60 g/L aralığında BOİ değerlerine sahiptir ve laktoz ve yağ içeriğı, KOİ ve BOİ' den ana sorumlu olarak kabul edilebilir. Çok yüksek organik madde konsantrasyonları nedeniyle, bu atık sular yerel belediye atık su arıtma sistemlerinde ciddi organik yük sorunları yaratabilmekte ve çevrede yüksek oranda çözünmüş oksijen tüketime yol açabilmektedir (Janczukowicz ve ark., 2008).

Ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı'nın 31.12.2004 tarihli, 25687 sayılı Resmî Gazetesine göre Süt ve Süt rnleri Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları Çizelge 1.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Süt ve Süt Ürünleri Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları (Su Kirliliği Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 31.12.2004 Resmî Gazete Sayısı: 25687)

Parametreler	Birim	Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	(mg/L)	170	160
Yağ ve Gres	(mg/L)	60	30
pH		6-9	6-9

Peyniraltı suyu ve diğer endüstriyel atık suların arıtılması için fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemler bulunmaktadır. Fiziksel yöntemler; elekler, ızgaralar ve kum tutuculardır. Biyolojik yöntemle arıtma ise aktif çamur olarak bilinen aerobik arıtma ve anaerobik arıtmadır. Kimyasal arıtma ise koagülasyon, flokülasyon ve oksidasyondur. Koagülasyon, kolloidal halde bulunan maddelerin çökeltilmesi, flokülasyon işlemi ise de çökeltilerin yumaklaştırılmasıdır. Ayrıca koagülasyon işlemi ile peyniraltı suyunun bulanıklığı da giderilebilmektedir. Son yıllarda koagülasyon-flokülasyon uygulamalarıyla birlikte oksidasyon işlemi de yapılmaktadır ve oksidasyon için ozon gazı (O_3) kullanılmaktadır.

Schonbein tarafından 1839'da keşfedilen ozon, ilk olarak Fransa'da içme suyunu arıtmak için ticari olarak kullanılmıştır (Rubin, 2001; Varga ve Szigeti, 2016). Ozon oda sıcaklığında renksiz, keskin bir kokuya sahip ve flordan sonraki (3.06 mV) ikinci en yüksek oksidasyon potansiyeline sahip (2.07 mV) okside edici bir ajandır (Güzel-Seydim ve ark., 2004). Ozon havada bulunan oksijen (O_2) moleküllerinin, güneşten gelen mor ötesi ışınların etkisi ile iki oksijen atomuna ayrışması ve ayrıışan oksijen atomlarının oksijen molekülleri ile birleşmesiyle oluşmaktadır.

Normal sıcaklık ve basınç altında oldukça kararsız olan ozonun yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olması pek çok organik bileşiğin bozulmasına olanak sağlar. Ozonun bu yüksek oksidasyon özelliği, üçüncü veya yeni ortaya çıkan oksijen atomundan kaynaklanır (Assalin, 2004). Ozon, oksidasyon reaksiyonu başladıktan kısa bir süre sonra oksijene dönüşmektedir. Bu özelliği sayesinde gıdalarda kullanılan en güçlü doğal dezenfektanlardan biri olan ozonun diğer oksidanlara göre kimyasal madde taşınması ve sakıncalı yan ürün veya kalıntı oluşturma riski yoktur.

Ozon, sulu çözeltiler de daha uzun bir yarılanma süresine sahiptir. Saf olmayan sulu çözeltilerde ozon, saf su çözeltisinden daha hızlı bir şekilde oksijen moleküllerine indirgenir. Ozonun sudaki çözünürlüğü, 0-30°C'de oksijenin 13 katıdır ve su sıcaklığı

azaldıkça daha fazla çözünmektedir (Rice ve ark., 1981; Hill ve Rice, 1982; Rice, 1986; Güzel-Seydim ve ark., 2004).

Gıda işleme uygulamalarında ozonun etkinliği ise, uygulama sıcaklığı, pH değeri, bağıl nem ve ozon tüketen bileşiklerin miktarı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunun nedeni, bu faktörlerin her birinin ozonun çözünürlüğünü, reaktivitesini ve stabilitesini farklı şekilde etkilemesidir. Uygulama sıcaklığı arttıkça ozon daha az çözünür ve daha az stabil hale gelir, bunun sonucunda ise ozonun ayrışması ve reaktivitesi artar. Düşük pH değerlerinde ise yüksek pH değerlerine göre daha kararlıdır (Khadre ve ark., 2001).

Ozonu tüketen bileşik miktarının fazla olduğu bir ortamda, ozon gazı mikroorganizma dezenfeksiyonu amacıyla kullanılırsa rekabetçi bir ortam oluşur. Böyle bir ortamın oluşması ozon gazının dezenfeksiyon etkisinin azalmasına neden olur bu nedenle etkili bir dezenfeksiyon için bu bileşiklerden az miktarda olması tercih edilir (Khadre ve ark., 2001).

Ozon güçlü bir oksidandır ve biyolojik hareketini biyomoleküllerin oksidatif imhası yoluyla uygular. Genel olarak, iki ana oksidasyon mekanizması önemlidir, birinci olarak çoklu doymamış yağ asitlerinin asit peroksitlere oksidasyonu ve ikinci olarak enzimler, proteinler ve peptitlerin amino asitler ve sülfhidril gruplarına oksidasyonudur. Bu etkilerden dolayı ozon hücresel membranlar üzerinde tahrip edici bir özellik gösterir (Victorin, 1992).

GRAS (Generally Recognized As Safe, genellikle güvenilir kabul edilir) statüsünde bir gaz olan ozonun uygulanmasının en önemli avantajları; yüksek oksidasyon potansiyeli olan antimikrobik bir gaz olması, ortamda bulunan mikroorganizma ve zehirli madde miktarını azaltabilmesi, atık sulardaki kimyasal ve biyokimyasal oksijen ihtiyacını azaltabilmesi, gıdaların depolama ve raf ömrünü arttırması, dezenfeksiyon amacıyla kullanılan kimyasalların kullanımını azaltması ve gıda üzerinde kullanımı ile atık veya kalıntı bırakmamasıdır. Buna karşın; gıdalarda yüzey oksidasyonuna ve askorbik asit ile B₁ vitaminin azalmasına ve yağ oksidasyonu sonucunda istenmeyen tat ve koku oluşmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, ozon üretim cihazlarının maliyetinin fazla olması nedeniyle gıda endüstrisinde kullanımı sınırlıdır (Oğuzhan-Yıldız ve Yangılar, 2014).

Günümüzde gıda endüstrisinde; et ürünlerinde mikroorganizma yükünün azaltılmasında, kümes ortamının ve yumurtaların dezenfeksiyonunda, meyve ve

sebzelerde raf ömrünün arttırılmasında, kuru gıdalarda mikrobiyolojik kalitenin iyileştirilmesinde, içme sularının arıtılmasında, meyve sularının kalitesinin iyileştirmesinde, peynir olgunlaştırma odalarında küf gelişiminin engellenmesinde ve gıda proses işlemleri sonucunda ortaya çıkan peynir altı suyu ve karasu gibi atık suların çevreye verilmeden önce arıtılması gibi uygulamalarda ozon gazı kullanılmaktadır (Kim ve ark., 1999).

Hatay ili dâhilinde farklı kapasitelerde olmak üzere 70'in üzerinde süt işletmesi bulunmaktadır. Bütün bu işletmelerin ortak sorunu ise üretim esnasında açığa çıkan başta peyniraltı suyu olmak üzere endüstriyel atık suların deşarjıdır. Üreticiler bir yandan yasal yaptırımlar ile diğer yandan ise atık su arıtma tesislerinin yüksek maliyeti ile karşı karşıya kalmaktadırlar.

Bu çalışmanın amacı, peynir üretimi esnasında açığa çıkan peyniraltı suyu ve ikinci peyniraltı suyunun (loraltı suyu) yeni bir teknoloji olan ozon gazı ile değişik koşullar altında muamele ederek KOİ değerinin azaltılıp çevreye daha az zararlı hale getirilmesini sağlamaktır. Bu amaçla ozon uygulamasının;

- farklı sıcaklık, pH ve hidrojen peroksit hacimlerinin peyniraltı suyunun KOİ üzerine etkisi,
- değişik konsantrasyonlarda hidrojen peroksit (H_2O_2) ve sodyum hidroksit (NaOH) ilavesi yapılarak ikinci peyniraltı suyunun (loraltı suyu) KOİ üzerine etkisi,
- fizikokimyasal arıtma olan koagülasyon-flokülasyon işleminin KOİ üzerine etkisi, belirlenmeye çalışılmıştır.

İkinci peyniraltı suyunun kullanılmasının nedeni ise peyniraltı suyu serum proteinlerinin lor peynirine geçerek elde edilen ikinci peyniraltı atık suyunun ön arıtma işleminin yapılmış olmasını sağlamaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ghaly ve Singh (1989), yaptıkları çalışmada kirlilik potansiyelinin azaltılması ve tek hücreli protein üretimi için *Kluyveromyces fragilis* mayası kullanılarak peynir altı suyu fermentasyonunun kinetiğini incelemek için fermentörler kullanmışlardır. Bu amaçla dört farklı alıkonma süresi (6, 12, 18 ve 24 saat) seçilmiştir. Fermentasyon işlemi ile toplam KOİ değerini %42 azaltmışlardır.

Assalin ve ark. (2004), endüstriyel atıklarındaki su kirliliğinin kontrolü amacıyla ozon kullanılarak arıtmanın verimliliğini araştırmışlardır. Atık olarak kâğıt, tekstil ve peyniraltı sularını seçmişlerdir. Bu amaçla 1 saat boyunca 14 mg/L ozon gazı kullanmışlardır. Çalışma sonucunda kirlilik göstergesi olan toplam organik karbon giderimini peyniraltı suları için %2.8 olarak bulmuşlardır.

László ve ark. (2009), yılında yağsız süt tozundan (3 g/L) atık su hazırlamışlar ve deneylerinde, 0.01 g/L konsantrasyonunda bir anyonik yüzey aktif temizleme maddesini (Chemipur CL 80) çözeltiye eklemiş ve ozon gazının KOİ üzerine etkisini incelemişlerdir. 4000 mgO₂/L olan başlangıç KOİ değerinde ozon uygulamasından sonra %25 azalma elde etmişlerdir.

Martins ve Quinta-Ferreira (2010), peynir altı atık sularının KOİ değerini yasal deşarj standardının altına düşürmek için biyolojik arıtma ve ozonlama uygulamalarını denemişlerdir. Bu amaçla 10 gO₃/Nm³ ozon gazı konsantrasyonu kullanmışlardır. Başlangıç KOİ değeri 11210 mgO₂/L, biyolojik arıtma sonrasında KOİ değerini ise 520 mgO₂/L olarak bulmuşlardır. Yaklaşık 420 dakikalık ozon uygulaması sonrasında KOİ değerlerini pH 7.5' de 200 mgO₂/L, pH 10' da ise 195 mgO₂/L olarak bulmuşlardır. Atık suyun sahip olduğu pH değerinde (pH=7.5) 16.5, 33 ve 66 mM H₂O₂ konsantrasyonları denemişlerdir. Denemeler sonucunda, 16.5 mM H₂O₂ konsantrasyonunda 300 dakikalık ve 33 mM H₂O₂ konsantrasyonunda 200 dakikalık ozon uygulamasında KOİ değerini yasal sınırın altına (150 mgO₂/L) düşürmüşler ve 33 mM H₂O₂ konsantrasyonunda 420 dakikalık ozon uygulamasının KOİ değerini tamamen yok ettiklerini bulmuşlardır. 66 mM H₂O₂ konsantrasyonunda ise 420 dakikalık ozon uygulamasında bile yasal sınırın altında KOİ değeri elde edememişlerdir.

Rivas ve ark. (2010), Serpa peynirinden elde ettikleri 8838-14213 mgO₂/L aralığında KOİ değerine sahip atık suyu farklı koagülanlar kullanarak arıtmaya

çalışmışlardır. Çalışmalarının sonucunda FeSO_4 koagülantı kullanımı ile %50, FeCl_3 ile %40-60 aralığında, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile diğer iki koagülanta göre daha yüksek doz kullanımında daha düşük KOİ giderimi elde etmişlerdir.

Çelik (2011), koagülasyon ve ozonlama kombinasyonlarının peyniraltı suyunun KOİ üzerine etkisini incelemek amacıyla yaptığı çalışmada kimyasal arıtma için demir (III) klorür (FeCl_3) ve alüminyum sülfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yumaklaşma işlemi için de polielektrolit çözeltisi kullanmıştır. FeCl_3 ile ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)' tan daha yüksek KOİ giderme verimi ile elde etmiştir. Zayıf karakterli atık sularda ham atık suyun ozonlanmasında KOİ giderim verimleri üç numune için sırasıyla %44, %69 ve %34; ozonlanmış suyun kimyasal arıtılmasını sırasıyla %46, %46 ve %67; kimyasal arıtma sonrası ozonlamada sırasıyla %13, %13 ve %17 olarak bulunmuştur. FeCl_3 ile kimyasal arıtmada en uygun dozları sırasıyla 550mg/L, 180 mg/L, 180 mg/L ve bu dozlardaki KOİ giderim verimleri sırasıyla %76, %88 ve %82 olarak bulunmuştur. Kuvvetli karakterdeki atık su numunelerinin FeCl_3 ile kimyasal arıtılmasında en uygun doz ilk iki numune için 500 mg/L, son numune için 400 mg/L ve bu dozlardaki KOİ giderim verimleri sırasıyla %45, %28 ve %29 olarak bulunmuştur. Ham atık suyun ozonlanmasında KOİ giderim verimleri üç numune için sırasıyla %20, %23 ve %21; kimyasal arıtma sonrası ozonlama da sırasıyla %37, %27 ve %34; ozonlanmış suyun kimyasal arıtılmasında ise sırasıyla %40, %26 ve %28 olduğunu bulmuşlardır. Zayıf karakterdeki ham atık suyun ozonlanması ile elde edilen sonuç deşarj standardının altında bulunmasına rağmen kuvvetli karakterdeki atık suyun yapılan bütün uygulamalar ile deşarj standardına uygun olmadığını saptamıştır.

Gürtekin (2011), peyniraltı suyunun fizikokimyasal yöntemlerle arıtılması amacıyla yaptığı çalışmada koagülasyon işlemi için; 400 mg/L demir (III) klorür, 300 mg/L alüminyum sülfat ve 400 mg/L demir (II) sülfat koagülantlarını kullanmıştır. Ayrıca bu koagülantlar ile 20 mg/L polielektrolit kullanmıştır. Başlangıç KOİ değeri 56000 mgO_2/L olan peyniraltı suyunda, koagülasyon işlemi sonucunda, demir (III) klorür için %31, alüminyum sülfat için %34 ve demir (II) sülfat için %29 oranlarında KOİ giderme verimi elde etmiştir.

Rivas ve ark. (2011), ham peynir altı suyu atık suyunun arıtımı için ön işlem olarak sodyum hidroksit (NaOH), kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ve FeCl_3 ilave etmişlerdir. Çalışma sonucunda başlangıç KOİ değeri 18500 mgO_2/L olan peynir altı suyunun, NaOH

ilavesi ile %50, Ca(OH)_2 ilavesi ile %46.6 ve FeCl_3 ilavesi ile de %32.1 oranında azalmasını sağlamışlardır.

Uzun ve ark. (2012), proteinlerin fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek için ozon uygulamasının iyi bir alternatif olarak kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmada protein kaynağı olarak peyniraltı suyu protein izolatu ve yumurta akı proteinleri kullanmışlardır. Araştırmacılar ozon uygulamasını iki şekilde gerçekleştirmişlerdir. İlk olarak saf suya 4.5 ppm dozunda ozon gazı uygulamışlar ve sonrasında ozonlanmış su ile protein çözeltilerini hazırlamışlardır. İkinci olarak protein tozlarını ozonlamışlar ve saf suda çözünmesini sağlamışlardır. Çalışmalarının sonucunda ozon gazının oksidasyon yoluyla proteinlerin yapısal işlevlerini etkilediğini bulmuşlardır. Ozon gazı uygulaması ile peyniraltı protein izolatlarının köpüklenme kabiliyeti ve köpük stabilitesinin arttığını, sulu çözeltiliye uygulanan ozon gazının konsantrasyonunun artması ile daha iyi bir köpüklenme kabiliyetine sahip olduğunu ve peyniraltı protein izolatının düşük sıcaklıklarda ozon uygulaması ile daha fazla köpüklenme elde edilebildiğini saptamışlardır.

Dahbi (2013), peynir altı suyunun çevreye verilmeden önce arıtılması amacıyla yaptığı koagülasyon çalışmasında koagülant olarak 200 mg/L demir (III) klorür ve demir (II) sülfat kullanmıştır. Başlangıç KOİ değeri 2200 mgO_2/L olan pıhtılaştırılmış atık suyun koagülasyon işlemi yapıldıktan sonraki KOİ değeri, demir (III) klorür kullanılması ile 330 $\text{mg O}_2/\text{L}$, demir (II) sülfat kullanılması ile 990 mgO_2/L olarak bulmuştur.

Krzemińska ve Neczaj (2013), süt endüstrisi atık sularının ozon gazı ile arıtılmasını araştırmışlardır. Denemelerde 11.1 ve 19.5 $\text{mgO}_3/\text{L/h}$ olmak üzere iki farklı dozda ozon gazı kullanmışlardır. 11.1 $\text{mgO}_3/\text{L/h}$ dozdaki ozon kullanılarak yapılan uygulamada ilk 5 dakika içerisinde yaklaşık %22 KOİ verimi elde etmişlerdir. 19.5 $\text{mgO}_3/\text{L/h}$ dozundaki ozon uygulamasında ise KOİ değerinde belli bir süreye kadar bir miktar azalma olduğunu, ancak daha sonra ozon uygulama süresinin artışına bağlı olarak KOİ değerinde artış olduğunu bulmuşlardır.

Segat ve ark. (2014), protein yapısındaki değişimleri araştırmak amacıyla peyniraltı suyu protein izolatına 30 ve 480 dakika aralığında ozon gazı uygulamışlardır. Araştırmaları sonucunda; sülfidril gruplarının azaldığını, yüzey hidrofobikliğinde artışın meydana geldiğini ve bu değişimlerin ozonlamadan sonra protein yapısının kendi kendine yeniden düzenlemeden kaynaklandığını elde etmişlerdir. Ayrıca ozon uygulamasıyla köpüklenme kapasitesinde ve köpük stabilitesinde artış, ancak çözünürlükte bir azalma

elde etmişlerdir.

Sivrioğlu ve Yonar (2015), süt endüstrisindeki atık suların KOİ değerini düşürmek amacıyla yaptıkları çalışmada ozon ve koagülasyonun etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları denemelerde koagülant olarak FeCl_3 kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda başlangıç KOİ değeri $6300 \text{ mgO}_2/\text{L}$ olan atık sulardan 900 mg/L FeCl_3 ile %52, 3 saatlik ozonlama ile %71 verim sağladıklarını belirtmişlerdir.

Shen ve ark. (2018), Cheddar peynirinde tutarlı bir renk sağlamak amacıyla kullanılan annattonun peyniraltı suyuna geçen kısmının ağartılması için ozon uygulamasını denemişlerdir. Ozon gazı uygulama süresi 1 ve 2 dakika, uygulama sıcaklığını 10 ve 20°C seçmişlerdir. Araştırmaları sonucunda ozon uygulama süresi ve uygulama sıcaklığının artmasıyla annotto renginde açılma elde etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Peyniraltı Suyu ve Loraltı Suyu

Materyal olarak kullanılan peyniraltı suyu ve loraltı suyu Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği laboratuvarlarında gerçekleştirilen peynir üretiminden elde edilmiştir.

3.1.2. Ozon Cihazı

Çalışmada laboratuvar tipi ozon cihazı (Safir Ozon, Ankara) kullanılmıştır (Şekil 3.1.).

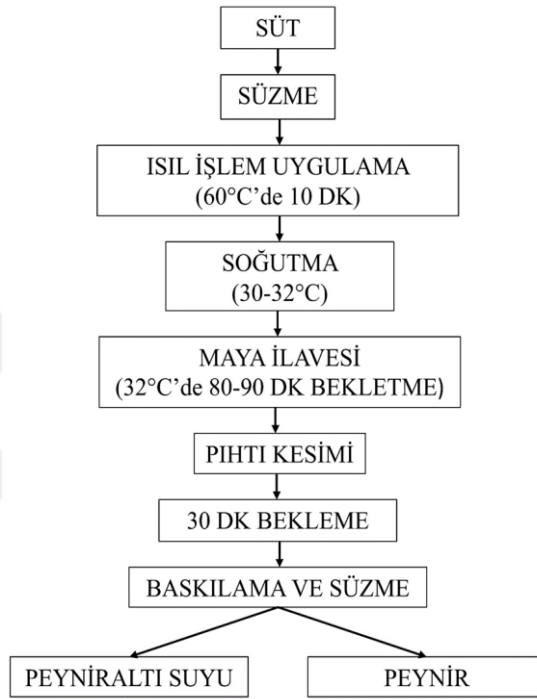


Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan ozon cihazı

3.2. Yöntem

3.2.1. Peyniraltı Suyu ve Loraltı Suyu Üretimi

Peynir üretiminden elde edilen peyniraltı suyu üretim akış şeması Şekil 3.2.'de özetlenmiştir.

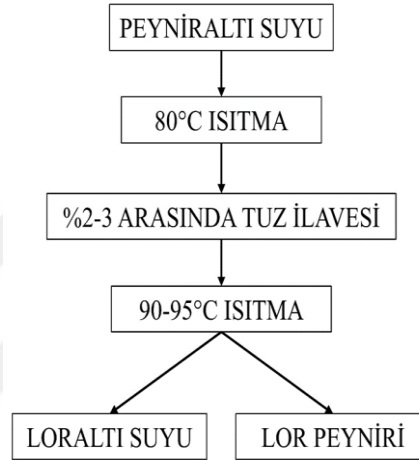


Şekil 3.2. Peynir ve peyniraltı suyu üretim akış şeması

Laboratuvara getirilen çiğ inek sütü ilk olarak süzülerek yabancı maddelerden arındırılması sağlanmıştır. Daha sonra çiğ süt 60°C/10dk ısıtılma tabi tutulmuş ve 30-32°C'ye soğutulmuştur. Pıhtılaştırıcı enzim olarak CHANSEN C-MX (Maysan Gıda, İstanbul) peynir mayası ve hacim olarak 0.4 mL maya/5 L süt kullanılmıştır. Mayalama süresi 60-90 dakika arası değişmektedir. Mayalama sonucunda pıhtılar 2 cm³ büyüklüğünde kesilmiş ve 20-30 dakika dinlendirilmiştir. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra oluşan peyniraltı suyundan örnek alınmıştır.

Lor peyniri üretimi ise peyniraltı sularının ısıtılması ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Peyniraltı suyunu sıcaklığı 80°C'ye ulaşınca % 2-3 oranında tuz katılmıştır. Sıcaklık

90-95°C'ye yükseltilerek lor taneciklerinin oluşması sağlanmış, yeni tanecikler oluşmayıncaya kadar bu işleme devam edilmiş ve oluşan beyaz parçacıklar birleşmeye başladığında ısıtmaya son verilmiştir. Süzme torbaları kullanılarak lor ayrıştırılmış geriye kalan loraltı suları analiz için kullanılmıştır. Numuneler kullanılacağı zamana kadar +4°C'de saklanmıştır. Peyniraltı ve loraltı suyu üretimleri farklı zamanlarda 2 tekerrürlü olarak üretilmiştir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.3. Lor peyniri ve loraltı suyu üretim akış şeması



a
Peynir yapımı



b
Lor peyniri yapımı

Şekil 3.4. Peynir ve lor peyniri üretimi

3.2.2. Deneme Planı ve Ozon Gazı Uygulaması

Laboratuvar ölçekli gerçekleştirilen peyniraltı suyuna (500 mL) sırasıyla;

- Farklı sıcaklıklarda (20° ve 30°C),
- Farklı pH larda (6.00, 8.00 ve 10.00),
- Farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesinde (0.125, 0.250 ve 0.50 mL), 3 saat boyunca ozon uygulanmıştır (5 gO₃/Nm³).

Loraltı suyuna (500 mL) ise sırasıyla;

- Ozon uygulamasından önce 60 mL 1 N NaOH ilave edilerek 2 saat bekletildikten sonra 10 saat boyunca ozon uygulanmıştır.
- Farklı konsantrasyonlarda hidrojen peroksit ilave edildikten (16.5, 33.0 ve 66.0 mM) sonra 10 saat boyunca ozon uygulanmıştır (5 gO₃/Nm³).
- Koagülant olarak farklı oranlarda (200, 300 ve 400 mg/500 mL loraltı suyu) demir (III) klorür (FeCl₃) ilave edildikten sonra 10 saat boyunca ozon uygulanmıştır (5 gO₃/Nm³). FeCl₃ ilave edilen numuneler önce 100 rpm/5 dk daha sonra 50 rpm/20 dk karıştırılarak 1 saat dinlendirilmiştir. Sonrasında santrifüj edilerek filtre kağıdından süzölmüş ve 1/10 oranında saf su ilavesi ile ozon uygulamasına hazırlanmıştır.

Bütün numuneler ozon uygulamasından önce 4600 rpm/5 dk santrifüj edilmiş ve filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen süzöntü 1/10 oranında saf su ile seyreltilmiş ve ozon uygulaması için numunelerin tamamı bu şekilde hazırlanmıştır.

3.2.3. Analizler

3.2.3.1 Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi

KOI analizi AOAC International, 2000' de belirtilen titrimetrik (open reflux-SM 5220 B) metot kullanılarak yapılmıştır. SM 5220 B metodu geniş bir uygulama aralığına sahip olduğu için daha çok tercih edilir. Birçok organik madde türü kaynayan kromik ve sülfürik asit karışımı ile oksitlenmektedir. Analizin prensibi, bir organik madde bilinen miktarda potasyum dikromat (K₂Cr₂O₇) ile sülfürik asit çözeltisinde geri akışa alınır. Daha sonra 150°C' de 2 saat sıcaklık uygulaması sonrasında geriye kalan indirgenmemiş

K₂Cr₂O₇ ferro amonyum sülfat (FAS) çözeltisi ile titre edilerek tüketilen K₂Cr₂O₇ miktarı belirlenir ve oksitlenebilir organik madde miktarı oksijen eşdeğeri cinsinden aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanır.

$$COD (mg O_2/L) = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{\text{Örnek (mL)}} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

A: Şahit numunede harcanan FAS sarfiyatı (ml)

B: Numune için harcanan FAS sarfiyatı (ml)

M: FAS çözeltisinin molaritesi

8000: Oksijen x 1000 mL/L'nin ağırlık milieşdeğeri

3.2.3.2 Renk Analizi

$L^*a^*b^*$ değerlerinin ölçümü Hunterlab-ColorFlex-EZ spektrofotometre (ABD) ile yapılmıştır. Cihaz siyah ve beyaz kalibrasyon levhalarıyla kalibre edilmiştir. Hue ve Chroma değerleri a^* ve b^* değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır.

$$Hue = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (3.2)$$

$$Chroma = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte;

L^* : Parlaklık Değeri

a^* : Kırmızı-Yeşil Değeri

b^* : Sarı-Mavi Değeri

3.2.3.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Elektron mikroskobu görüntü oluşturmak için ışıktan daha çok elektronları kullanan bir mikroskoptur. Görüntü oluşumu; gelen elektronların bir kısmının materyal yüzeyindeki elektronların enerjilerini arttırmasıyla koparak örnekten uzaklaşması, diğer

bir kısmının ise enerji transferine uğramadan geri yansması sonucunda oluşan bütün ışınlar dedektörde toplanır ve değerlendirilmesi sonucunda incelenen materyalin topografik yapısı ve görüntü kontrastı oluşmaktadır (Mcmullan, 1995). SEM görüntülemesi JEOL JSM-5500LV model cihaz ile yapılmıştır. Örnekler buzdolabı koşullarında kurutulduktan sonra analiz edilmiştir.

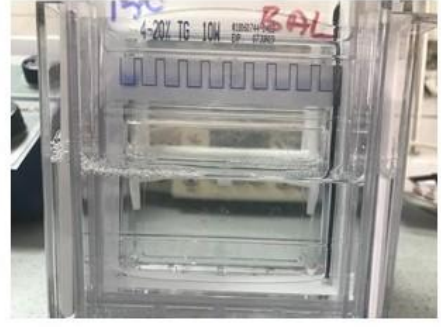
3.2.3.4 Jel Elektroforezi

SDS-Page (Sodyum Dodesil Sülfat-Poliakrilamid Jel Elektroforezi) analizi daha önce yapılmış olan çalışmalarda (Segat ve ark., 2014; Li ve ark., 2018) kullanılan yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen köpükler analiz süresine kadar +4°C saklanmıştır. Örnekler kurutulduktan sonra, öncelikle havanda ezilip toz haline getirilmiştir. 30 mg örnek 10mL üre (8 M) içerisinde çözöldükten sonra, proteinler Xcell Surelock (USA) elektroforez cihazı kullanılarak kuyucuklara 10 µL örnek yükleme yapılmıştır ve jel 100 Volt'ta 2 saat yürütölmüştür. Güç kaynağı olarak BioRad Power Unit kullanılmıştır. Daha sonra bir gün boyunca %15'lik Coomassie Brilliant Blue (CBB) çözeltisinde bekletilerek protein olan bölgeler mavi renkle boyanmıştır ve sonuçlar proteinlerin molekül ağırlıkları birimi kDa olarak elde edilmiştir. Molekül ağırlığı olarak 5-250 kDa arası proteinleri içeren referans (Thermo Scientific, PageRuler Broad Range Unstained Protein Ladder) ve sığır serum albümini (BSA, Thermo Scientific) kullanılmıştır. Protein bandından elde edilen lineer eğri Şekil 3.5'te verilmiştir.



a

Örneklerin havanda toz haline getirilmesi



b

Örneklerin kuyucuklara yüklenmesi



c

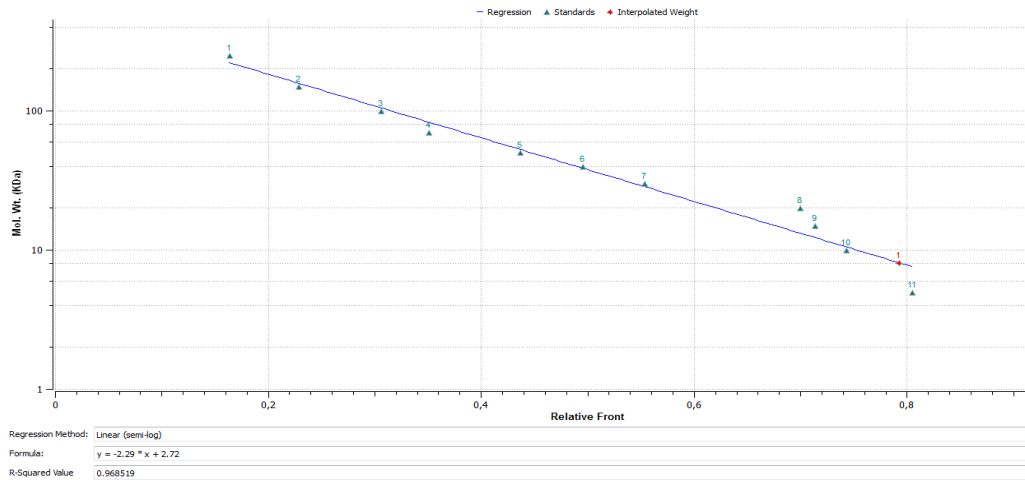
Jelin 100 V/2 saat yürütülmesi



d

Jelin 100 V/2 saat yürütülmesi

Şekil 3.5. SDS-Page analize hazırlık ve uygulama görüntüleri



Şekil 3.6. Çalışmada elde edilen lineer eğri

3.2.3.5 Verilerin İstatiksel Analizi

Elde edilen veriler arasındaki ilişkileri belirlemek için General Linear Model ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (IBM SPSS 20).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırmada verilen istatistiksel değerlendirilme ile ilgili sonuçlar Ek 1.'de verilmiştir.

4.1. Ozon Uygulamasının Peyniraltı Suyu Üzerine Etkisi

Peyniraltı suyunu ozon ile muamelesi esnasında aşırı bir şekilde köpük oluşumu gözlenmiştir. Ozon uygulamasının serum proteinlerinde köpük oluşumunu ve stabilitesini arttırdığı bilinen bir durumdur (Uzun ve ark., 2012). Oluşan köpük verilen ozon gazının etkisi ile cam kolonda yükselirken aynı zamanda örümcek ağına benzer kısmen yapışkan ve uzayabilir bir yapı meydana gelmiştir (Şekil 4.1).



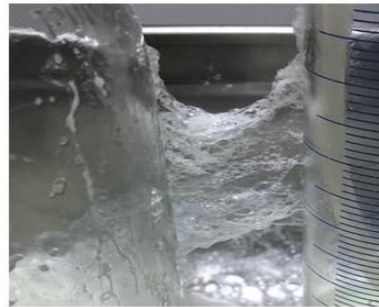
a

(Ozonlama esnasında
kolonda oluşan
ağ yapı 1)



b

(Ozonlama esnasında
kolonda oluşan ağ yapı 2)



c

(ozonlama esnasında
kolon dışına taşan
köpüğün oluşturduğu
ağ yapı 3)



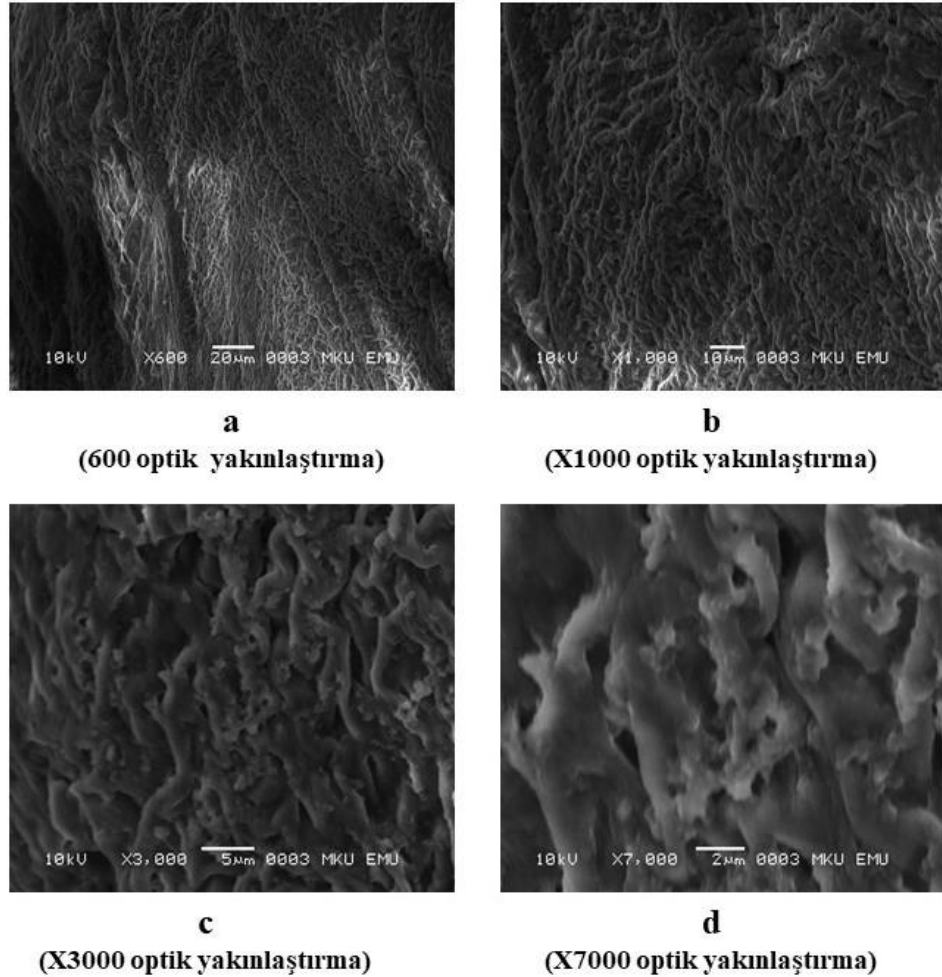
d

(Oluşan ağ yapının kendi
içerisinde oluşturduğu
bağ)

Şekil 4.1. Ozon uygulaması esnasında oluşan ağ yapı

4.1.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Peyniraltı sularına ozon uygulanması aşamasında elde edilen köpüğün taramalı elektron mikroskobu ile yapılan görüntülenmesinde proteinlerin ozon etkisi ile önce mikrofibriller yapılar oluşturduğunu ve bu yapılarında üst üste binerek köpüğün ipliksi bir hal almasına neden olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.2). Ozon uygulamasının proteinlerdeki polipeptid zincirinin ana yapısını okside ettiği ve amino asitlerin yan gruplarını modifiye ederek çapraz bağları oluşturduğu ve böylece proteinlerin birleşerek lifli bir yapı oluşturduğu düşünülmektedir (Kelly ve Mudway, 2003).

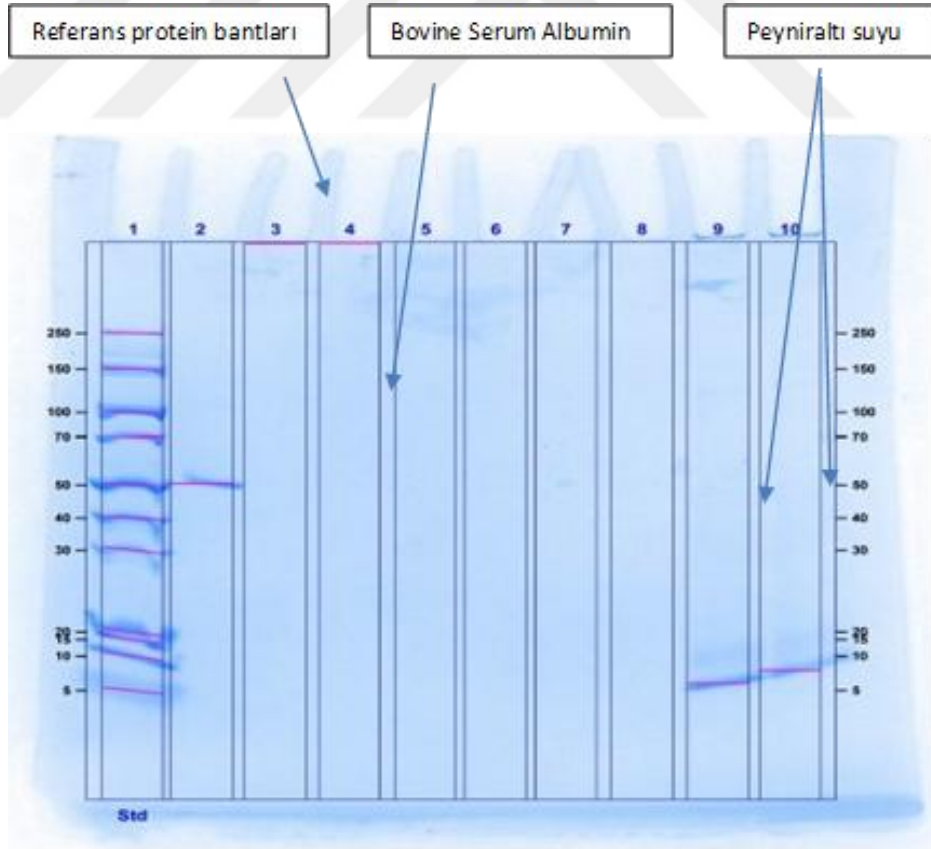


Şekil 4.2. Ozon uygulanmış peyniraltı suyundan oluşan köpüğe ait SEM Görüntüleri
(Resim üstündeki çubuk ölçüm boyutunu göstermektedir.)

4.1.2. Jel Elektroforezi

SDS-PAGE, proteinleri, polipeptid zincir uzunluğu ve molekül ağırlıklarına göre ayırmak için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir ve sonuçlar Şekil 4.3 ve Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Şekil 4.3’te gösterildiği gibi hat 1’e referans proteinler (5-205 kDa), hat 2’ye bovin serum albümini (BSA= $\sim$ 66 kDa), hat 3-8 arasına 1 saat ozonlama sonunda oluşan köpükten elde edilen protein benzeri yapı, hat 9 ve hat 10’a ise 15 dakika ozonlanmış peyniraltı suyuna ait örnekler yüklenmiştir.

Elde ettiğimiz sonuçlara göre ozonlama esnasında 15 dakika ozonlama sonucunda peyniraltı suyunda bulunması muhtemel serum proteinlerini muhtemelen <10 kDa altında molekül ağırlığına sahip fraksiyonlara parçalandığı (hat 9 ve 10), 1 saat uygulama sonucunda her ne kadar köpük oluşumunda katkıda bulunmasına rağmen parçalanmanın çok daha ileri boyutlarda meydana geldiğinden jelde tutunamadığı düşünülmektedir (hat 3-8) (Qian ve ark., 2018; Selig ve ark. 2018).



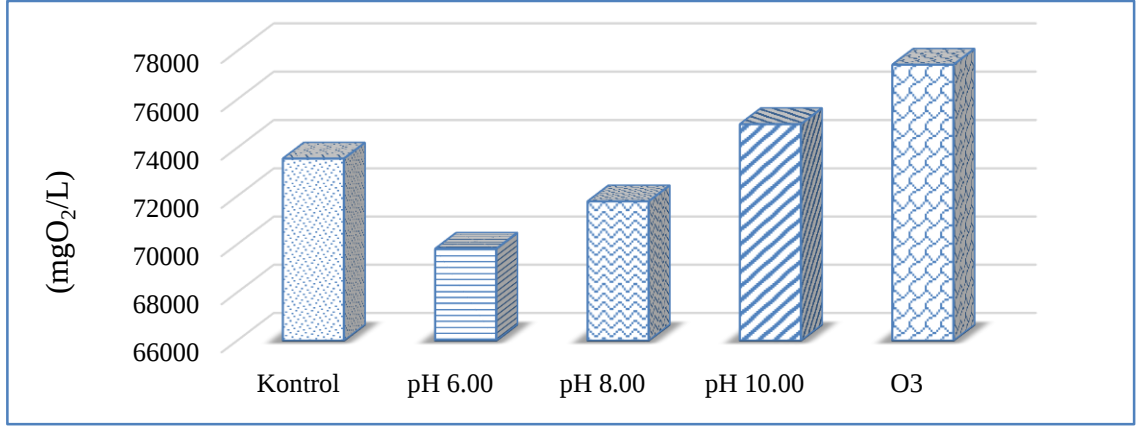
Şekil 4.3. Ozon uygulaması ile elde edilen proteinlerin SDS-Page sonuçları

Çizelge 4.1. On beş dakikalık ve bir saatlik ozon uygulaması sonrasında peyniraltı suyundan elde edilen köpüğe ait SDS-Page sonuçları

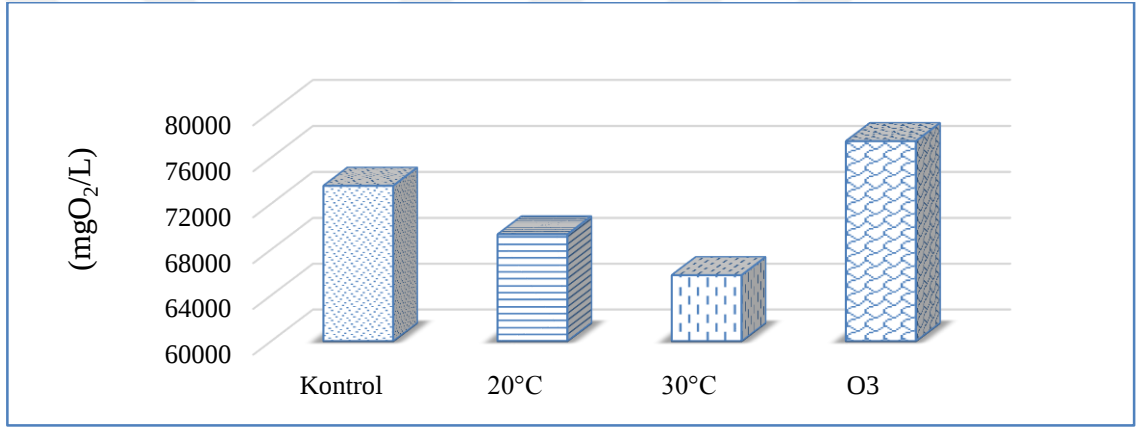
Lane	Band No.	Band Label	Mol. Wt. (KDa)	Relative Front	Volum e (Int)	Abs. Quant .	Rel. Quant .	Band %	Lane %
Lane 1	1		250	0,163	184698	N/A	N/A	2,64	2,39
	2		150	0,228	633826	N/A	N/A	9,07	8,21
	3		100	0,305	917104	N/A	N/A	13,13	11,88
	4		70	0,350	540206	N/A	N/A	7,73	7,00
	5		50	0,436	1137204	N/A	N/A	16,28	14,73
	6		40	0,495	732158	N/A	N/A	10,48	9,49
	7		30	0,553	355446	N/A	N/A	5,09	4,61
	8		20	0,699	734452	N/A	N/A	10,51	9,52
	9		15	0,713	460474	N/A	N/A	6,59	5,97
	10		10	0,743	535122	N/A	N/A	7,66	6,93
	11		5	0,805	755780	N/A	N/A	10,82	9,79
Lane 2	1		50,55	0,433	453716	N/A	N/A	100,00	26,51
Lane 3	1		250	0,003	20398	N/A	N/A	100,00	2,73
Lane 4	1		250	0,001	14384	N/A	N/A	100,00	1,96
Lane 5									
Lane 6									
Lane 7									
Lane 8									
Lane 9	1		5,76	0,79	571330	N/A	N/A	100	32,35
Lane 10	1		7,53	0,77	438588	N/A	N/A	100	32,05

4.1.3. Sıcaklık, pH ve Hidrojen Peroksit Uygulamasının KOİ Üzerine Etkisi

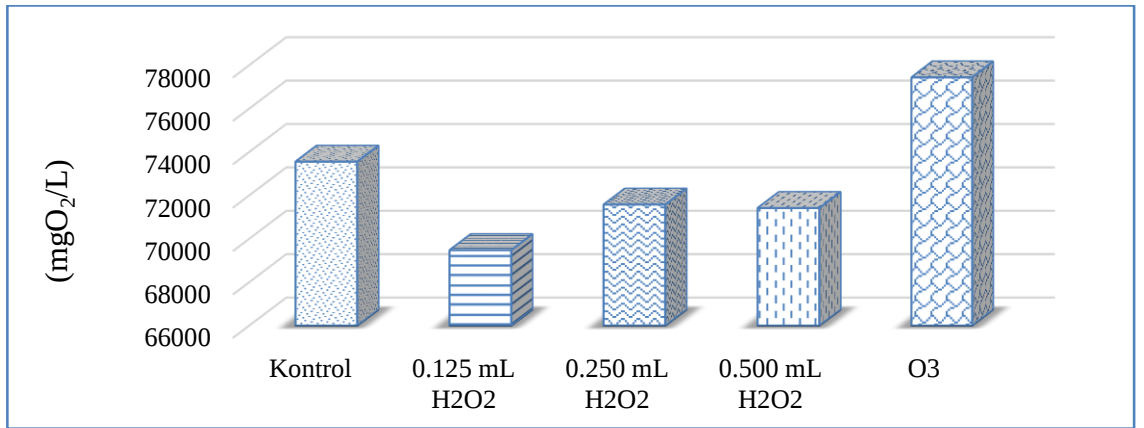
Peyniraltı sularının farklı sıcaklıklarda (20° ve 30°C), farklı pH'larda (6.00, 8.00 ve 10.00) ve farklı hacimlerde hidrojen peroksit (0.125, 0.250 ve 0.500 mL) ile 3 saat ozonlama sonucunda elde edilen KOİ değerlerinin sonuçları sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen KOİ değerleri



Şekil 4.5. Peyniraltı sularının farklı sıcaklık değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen KOİ değerleri



Şekil 4.6. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen KOİ değerleri

pH değerlerinin KOİ değeri üzerine etkisine bakıldığında (Şekil 4.4.) her ne kadar pH 6.00'da en düşük ve pH 10.00'da en yüksek değerler elde edilmiş ise de bu fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Normal olarak peyniraltı suyunun pH değeri 5.94 ve 6.10 arasında yer almaktadır. Araştırmalar düşük pH'larda ozonun etkin olmasına karşın (Anonymous, 1999), yapılan ön denemelerde pH düştükçe köpük oluşumun arttığını ve ozon uygulamasının mümkün olmadığını göstermiştir. Bu neden ile ozon uygulaması daha yüksek pH'larda gerçekleştirilmiştir. Araştırmalar yüksek pH larda (7.5 pH civarı) oksidasyona hidroksil gruplarının dahil olmasından dolayı oksidasyon hızının daha yüksek olduğunu göstermektedir (Anonymous, 1999). Ozonlama işleminde bu pH'ların kullanılmasının bir diğer nedeni ise peyniraltı suyunun asitliğinin kolayca yükseltilebilmesidir. Bütün süt işletmelerinde temizlik ve nötralizasyon amaçlı olarak sudkostik olarak bilinen katı formda NaOH bulunmaktadır. Sodyum hidroksit temini kolay ve nispeten ucuz bir kimyasaldır. Ayrıca NaOH proteinleri parçalama (Monahan ve ark., 1995; Saldamlı ve Temiz, 2007), yağları sabunlaştırma (Kayahan, 2007) ve şekerleri okside etme gibi özelliğe sahiptir (Mathews, 1909; Köksel, 2007).

Kullanılan değişkenler arasında sıcaklık ve ozonlamanın birlikte uygulandığı denemelerde KOİ değeri 30°C'de elde edilen sonuçlar 20°C'de elde edilen sonuçlardan daha düşüktür (Şekil 4.5.) ancak istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Ozon uygulamasının etkinliğinin sıcaklık ile ilişkili olduğu ve ozonun düşük sıcaklıklarda daha etkin olduğu bilinmektedir (Manley ve Niegowski, 1967; Güzel-Seydim ve ark., 2004). Ancak, ozon uygulamak için peyniraltı suyunun soğutulması süt işletmeleri için fazladan bir işçilik, zaman ve enerji kaybı olacağından, araştırmada peyniraltı sularının üretimdeki sıcaklıkları (20° ve 30°C) kullanılmıştır. Ayrıca süt proteinlerinin köpük oluşturma kapasitesi düşük sıcaklık derecelerinde artıyor olması, ozon uygulamasının düşük sıcaklıklarda gerçekleştirmesini zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla var olan koşullarda 3 saatlik ozon uygulamasının örneklerin KOİ değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır.

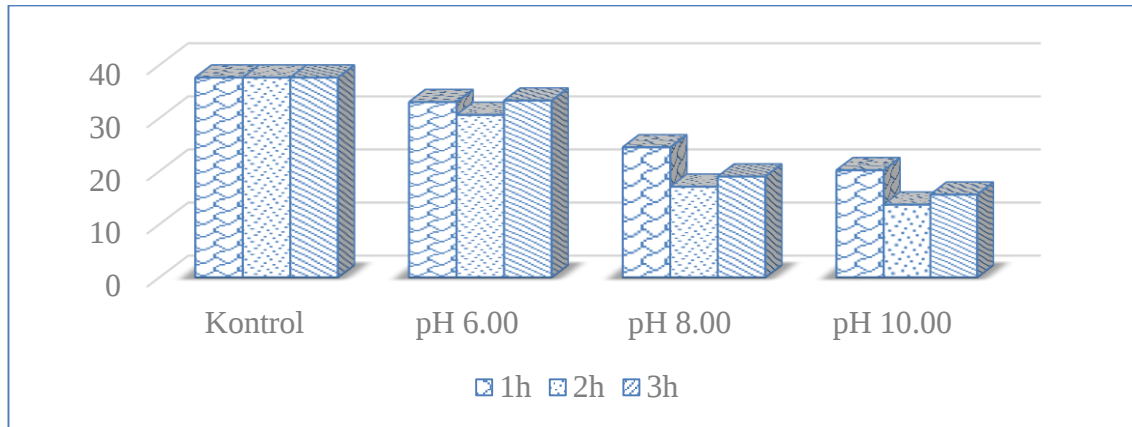
H₂O₂'in farklı hacimlerde KOİ giderme verimine etkisi 0.125 mL H₂O₂ hacminde en yüksek etki ve 0.250 mL H₂O₂ hacminde en düşük etki gösterdiği bulunmuştur. Her ne kadar hidrojen peroksit güçlü bir okside edici ajan olsa da diğer faktörler gibi bu uygulamanın da KOİ değerleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır.

Çizelge 4.2. Peyniraltı suyu örneklerinin 3 saat ozonlanması sonucunda elde edilen KOİ değerleri ve standart sapmaları (Ortalama±Standart Sapma (SS)) (n=2)

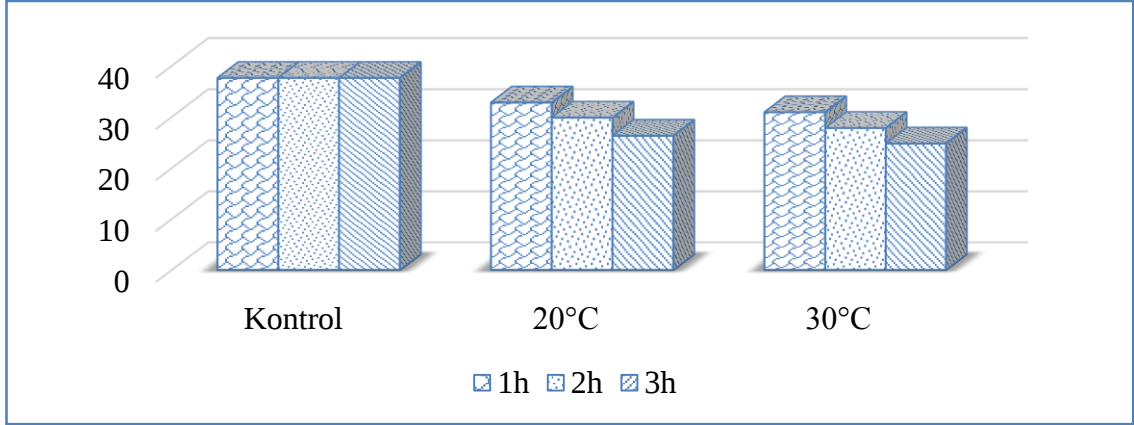
Değişkenler	Ortalama±SS
pH 6.00	69815±5910 ^a
pH 8.00	71781±584.1 ^a
pH 10.00	74977±4171.9 ^a
20°C	69323±1390 ^b
30°C	65758.5±2955 ^b
0.125 mL H ₂ O ₂	69470.5±208 ^c
0.250 mL H ₂ O ₂	71572.5±1443 ^c
0.500 mL H ₂ O ₂	71412.5±7126 ^c
Kontrol	73551±0.00
O ₃	77435±0.00

4.1.4. Sıcaklık, pH ve Hidrojen Peroksit Uygulamasının Renk Üzerine Etkisi

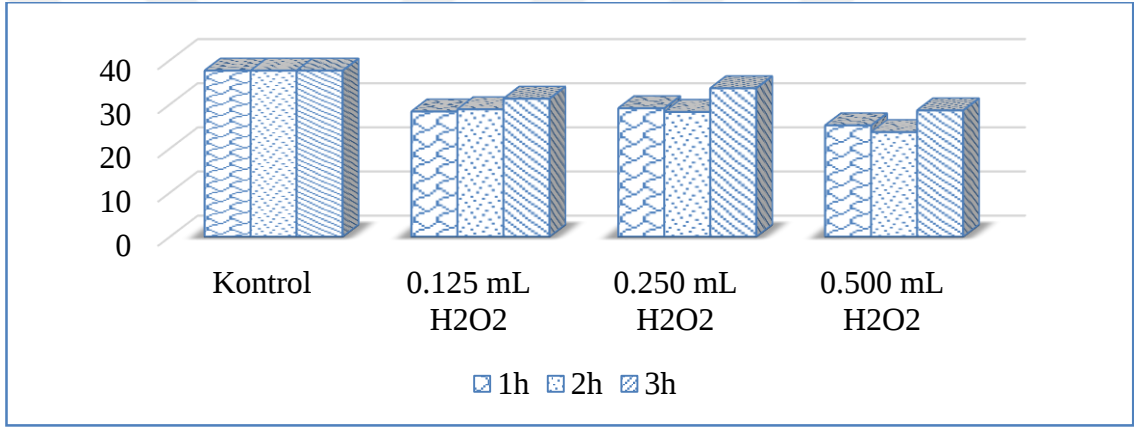
Ozon uygulamasının peyniraltı suları üzerindeki en belirgin etkisi, peyniraltı sularının rengindeki açılma şeklindedir. L^* değeri sonuçları; Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Çizelge 4.3'te, a^* değeri sonuçları; Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Çizelge 4.4'te, b^* değeri sonuçları; Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Çizelge 4.5'te, Chroma değeri sonuçları; Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Çizelge 4.6'da ve Hue değeri sonuçları; Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Çizelge 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen L^* değeri sonuçları



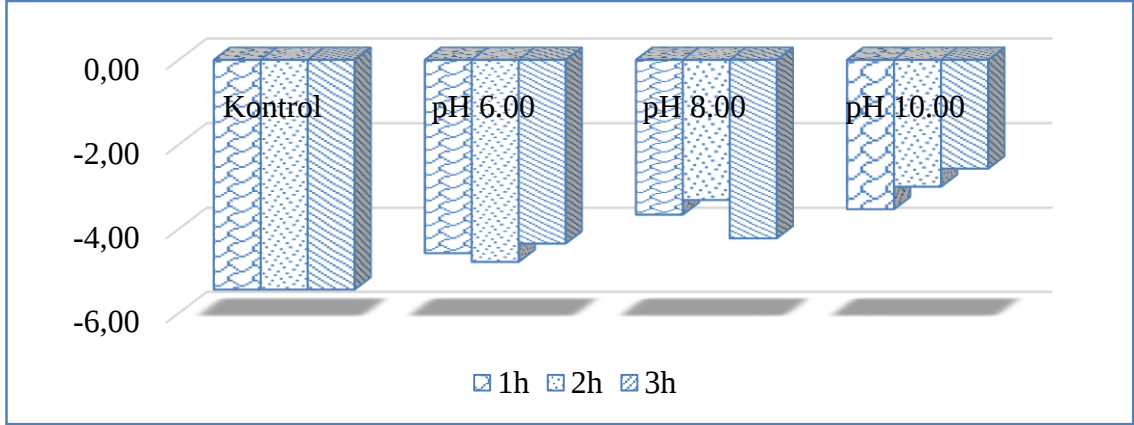
Şekil 4.8. Peyniraltı sularının farklı sıcaklık değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen L^* değeri sonuçları



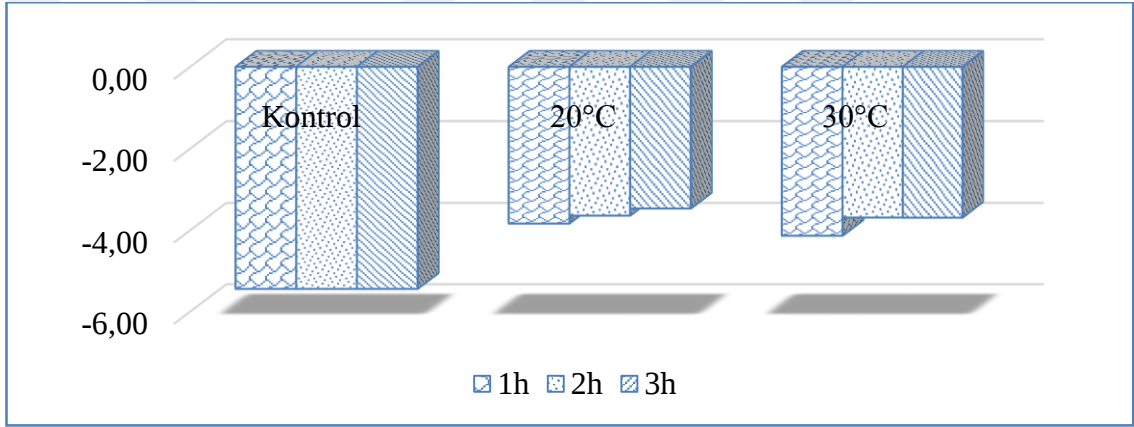
Şekil 4.9. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen L^* değeri sonuçları

Çizelge 4.3. Peyniraltı sularının 3 saatlik ozon uygulamasından sonra L^* değeri sonuçları (Ortalama±Standart sapma (SS))(n=4)

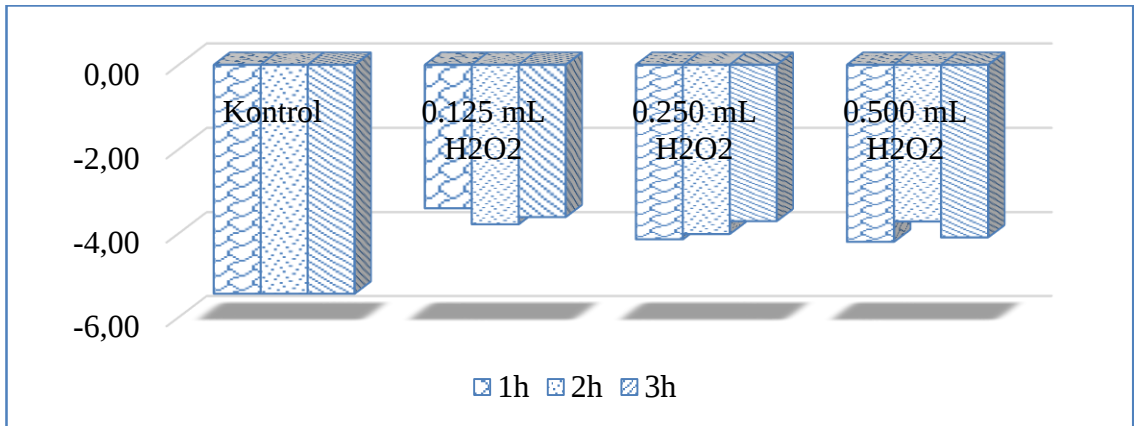
Değişkenler	1. saat (Ort.±SS)	2. saat (Ort.±SS)	3. saat (Ort.±SS)
Kontrol	37.6±1.11	37.6±1.11	37.6±1.11
pH 6.00	32.98±1.58	30.57±0.88	33.27±1.72
pH 8.00	24.47±2.47	17.04±4.03	18.95±7.92
pH 10.00	20.15±3.92	13.66±9.50	15.54±9.37
20°C	32.80±0.30	29.85±0.61	26.31±2.37
30°C	30.90±1.05	27.82±0.94	24.78±2.57
0.125 mL H ₂ O ₂	28.35±3.96	28.83±2.53	31.24±0.81
0.250 mL H ₂ O ₂	29.08±4.29	28.24±2.04	33.60±2.80
0.500 mL H ₂ O ₂	25.20±2.81	23.70±3.10	28.60±4.59



Şekil 4.10. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen a^* değeri sonuçları



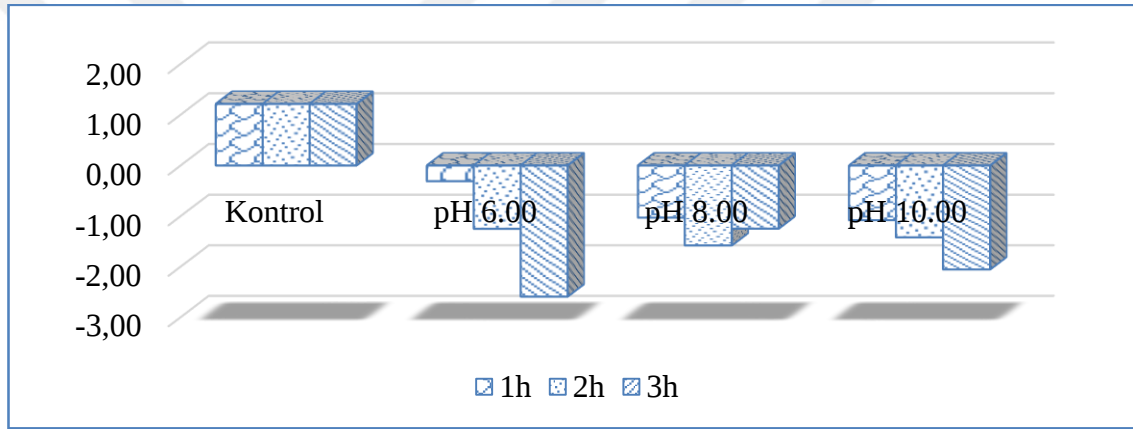
Şekil 4.11. Peyniraltı sularının farklı sıcaklıklarda 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen a^* değeri sonuçları



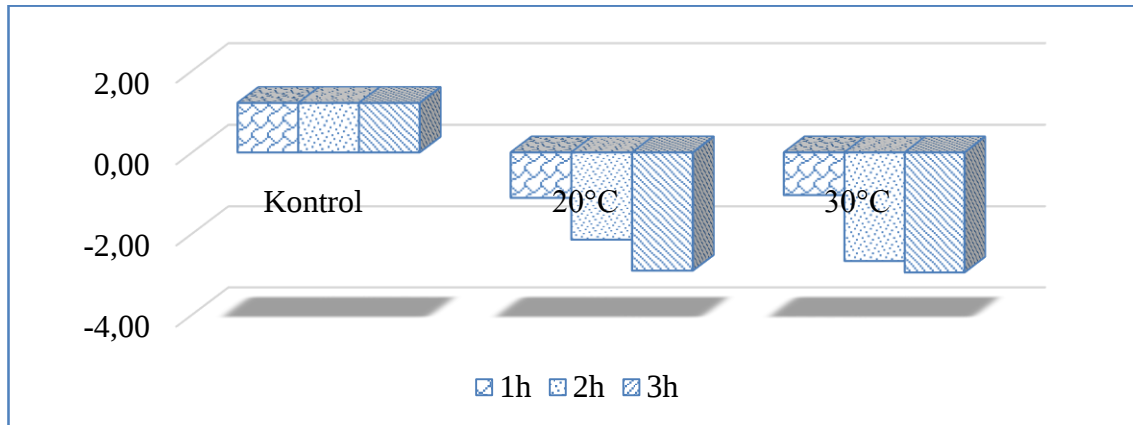
Şekil 4.12. Peyniraltı sularına farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen a^* değeri sonuçları

Çizelge 4.4. Peyniraltı sularının 3 saatlik ozon uygulamasından sonra a^* değeri sonuçları (Ortalama±Standart sapma (SS))(n=4)

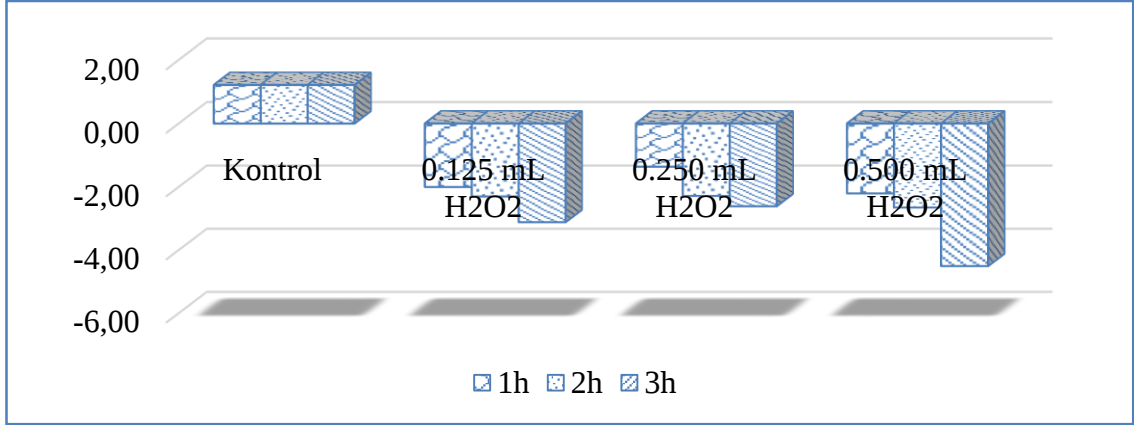
Değişkenler	1. saat (Ort.±SS)	2. saat (Ort.±SS)	3. saat (Ort.±SS)
Kontrol	-5.44±0.45	-5.44±0.45	-5.44±0.45
pH 6.00	-4.57±0.35	-4.78±0.85	-4.35±0.81
pH 8.00	-3.66±0.35	-3.31±0.43	-4.22±1.45
pH 10.00	-3.53±0.81	-2.99±0.93	-2.57±1.08
20°C	-3.83±1.12	-3.64±1.04	-3.46±0.57
30°C	-4.13±0.92	-3.69±0.44	-3.69±0.81
0.125 mL H ₂ O ₂	-3.40±1.10	-3.78±0.44	-3.61±0.31
0.250 mL H ₂ O ₂	-4.14±0.99	-4.02±0.72	-3.71±0.25
0.500 mL H ₂ O ₂	-4.20±0.25	-3.72±0.29	-4.10±0.08



Şekil 4.13. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen b^* değeri sonuçları



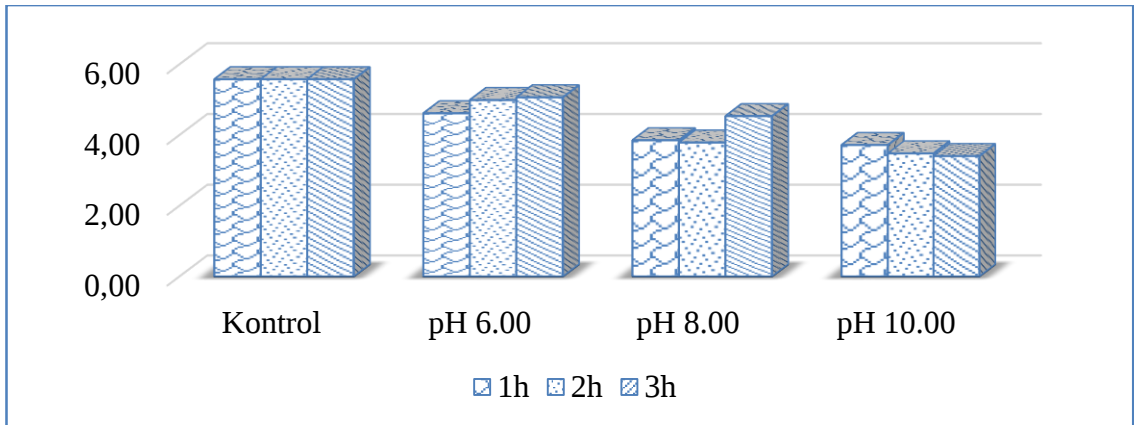
Şekil 4.14. Peyniraltı sularının farklı sıcaklıklarda 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen b^* değeri sonuçları



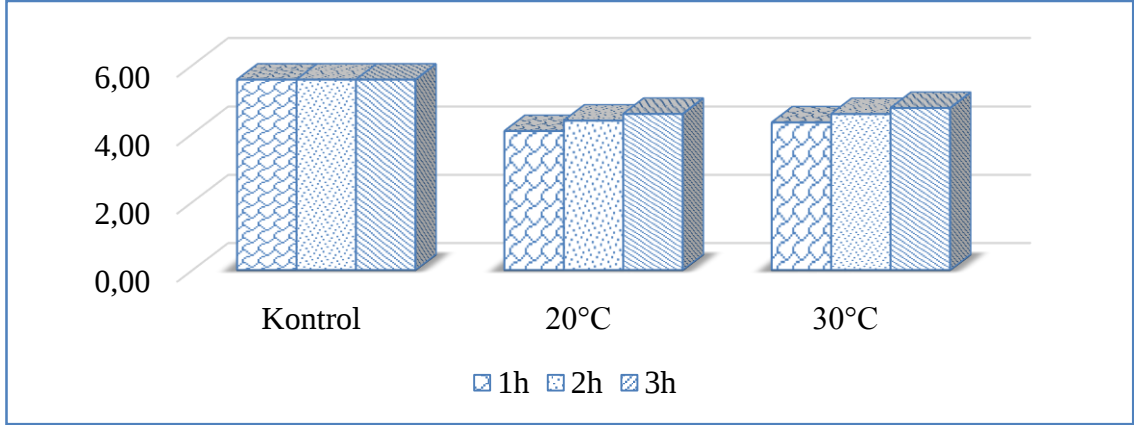
Şekil 4.15. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen b^* değeri sonuçları

Çizelge 4.5. Peyniraltı sularının 3 saatlik ozon uygulamasından sonra b^* değeri sonuçları (Ortalama ± Standart sapma (SS))(n=4)

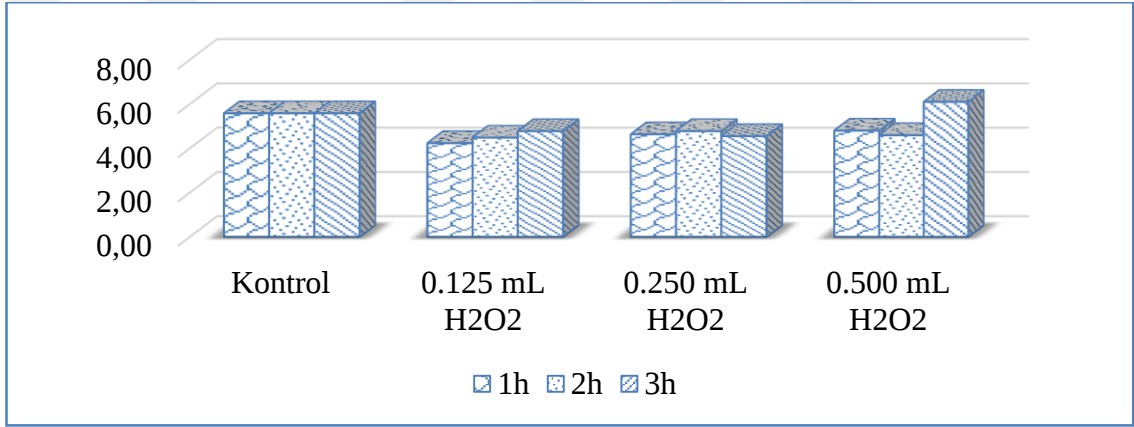
Değişkenler	1. saat (Ort.±SS)	2. saat (Ort.±SS)	3. saat (Ort.±SS)
Kontrol	1.21±0.26	1.21±0.26	1.21±0.26
pH 6.00	-0.31±0.66	-1.25±0.82	-2.59±0.25
pH 8.00	-1.03±0.68	-1.58±1.08	-1.25±0.95
pH 10.00	-1.08±0.41	-1.42±1.52	-2.06±1.84
20°C	-1.12±0.69	-2.15±0.95	-2.91±0.59
30°C	-1.05±0.66	-2.67±0.34	-2.96±0.30
0.125 mL H ₂ O ₂	-2.00±1.39	-2.30±0.68	-3.12±0.30
0.250 mL H ₂ O ₂	-1.36±1.58	-2.28±1.22	-2.61±0.28
0.500 mL H ₂ O ₂	-2.20±0.91	-2.65±0.57	-4.51±0.36



Şekil 4.16. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Chroma değeri sonuçları



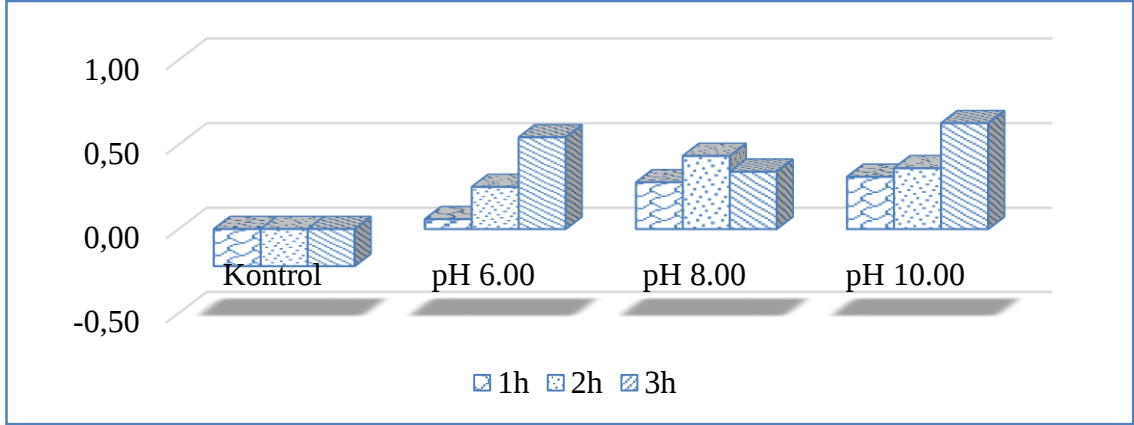
Şekil 4.17. Peyniraltı sularının farklı sıcaklıklarda 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Chroma değeri sonuçları



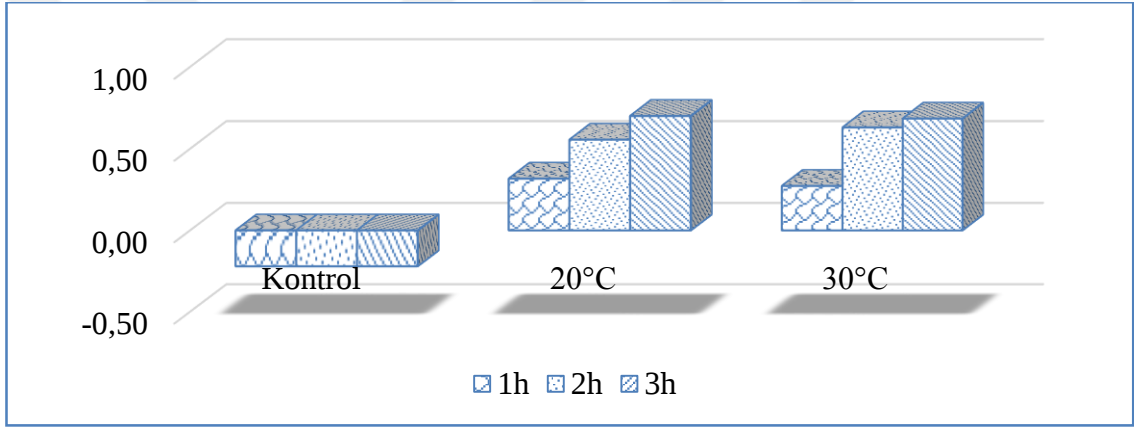
Şekil 4.18. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesi sonrasında 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Chroma değeri sonuçları

Çizelge 4.6. Peyniraltı sularının 3 saatlik ozon uygulamasından sonra Chroma değeri sonuçları (Ortalama±Standart sapma (SS))(n=4)

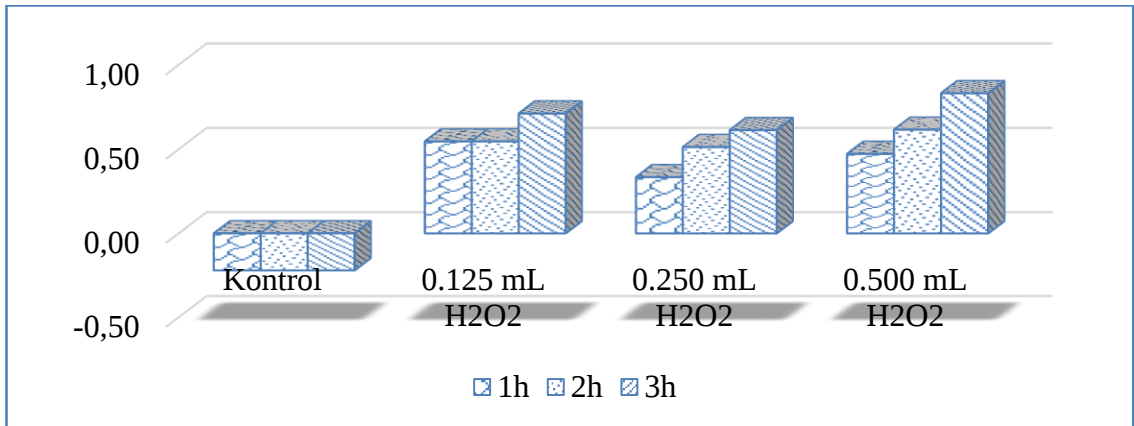
Değişkenler	1. saat (Ort.±SS)	2. saat (Ort.±SS)	3. saat (Ort.±SS)
Kontrol	5.58±0.43	5.58±0.43	5.58±0.43
pH 6.00	4.61±0.42	4.99±0.87	5.07±0.79
pH 8.00	3.85±0.24	3.79±0.40	4.53±1.19
pH 10.00	3.72±0.73	3.48±1.28	3.41±1.87
20°C	4.08±0.90	4.38±0.44	4.58±0.15
30°C	4.33±0.73	4.57±0.23	4.75±0.66
0.125 mL H ₂ O ₂	4.23±0.23	4.48±0.24	4.77±0.41
0.250 mL H ₂ O ₂	4.63±0.52	4.77±0.34	4.54±0.18
0.500 mL H ₂ O ₂	4.79±0.50	4.59±0.34	6.09±0.29



Şekil 4.19. Peyniraltı sularının farklı pH değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Hue değeri sonuçları



Şekil 4.20. Peyniraltı sularının farklı sıcaklık değerlerinde 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Hue değeri sonuçları



Şekil 4.21. Peyniraltı sularının farklı hacimlerde hidrojen peroksit ilavesinden sonra 3 saatlik ozon uygulaması sonucunda elde edilen Hue değeri sonuçları

Çizelge 4.7. Peyniraltı sularının 3 saatlik ozon uygulamasından sonra Hue değeri sonuçları (Ortalama±Standart sapma (SS))(n=4)

Değişkenler	1. saat (Ort.±SS)	2. saat (Ort.±SS)	3. saat (Ort.±SS)
Kontrol	-0.22±0.05	-0.22±0.05	-0.22±0.05
pH 6.00	0.06±0.13	0.25±0.16	0.54±0.06
pH 8.00	0.28±0.19	0.43±0.29	0.34±0.27
pH 10.00	0.31±0.16	0.36±0.37	0.63±0.27
20°C	0.32±0.24	0.56±0.31	0.70±0.18
30°C	0.27±0.20	0.63±0.11	0.68±0.11
0.125 mL H ₂ O ₂	0.55±0.43	0.55±0.17	0.71±0.03
0.250 mL H ₂ O ₂	0.33±0.41	0.51±0.30	0.61±0.07
0.500 mL H ₂ O ₂	0.47±0.17	0.62±0.12	0.83±0.04

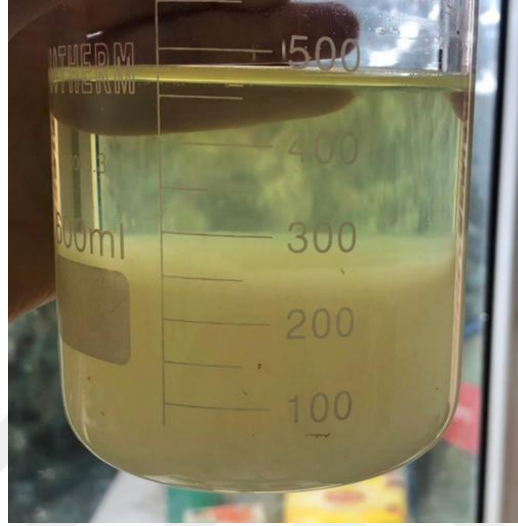
Sıcaklık artışı, pH'nın yükseltilmesi ve hidrojen peroksit kullanımı peyniraltı sularında benzer etkilere göstermiştir. *L** değerlerindeki azalma ($p<0.01$), *a** değerlerinde bir artış ($p<0.01$), *b** değerinde azalmalar ($p<0.01$), Chroma değerlerinde azalma ($p<0.01$) ve Hue değerlerinde artış ($p<0.01$) olduğu bulunmuştur. Diğer bir deyişle ürün sıcaklık artışı ile parlaklığını kaybetmekte, yeşil rengi açılmakta, sarı bölgesinden mavi bölgeye doğru bir kayma meydana gelmektedir. Dolayısıyla a ve b değerinden hesaplanan Chroma değerleri de düşük olmuştur ve Hue açısı ise değişmiştir. Renk değerlerinde meydana gelen bu değişimlerin yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olan ozon gazının proteinler (Uzun ve ark., 2012), karotenler (Henry ve ark., 2000) ve suda ve yağda eriyen vitaminler üzerindeki tahrip edici etkisinden (He ve ark., 2004) kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Bilindiği üzere peyniraltı suyu B grubu ve C vitaminlerini içerir, B₂ vitamini (riboflavin) ve laktoflavin, peyniraltı suyunun yeşilimsi sarı rengine neden olur (Spreer, 1998).

4.2. Ozon Uygulamasının Loraltı Suyu Üzerine Etkisi

4.2.1. NaOH İlavesinin KOİ Değerine Etkisi

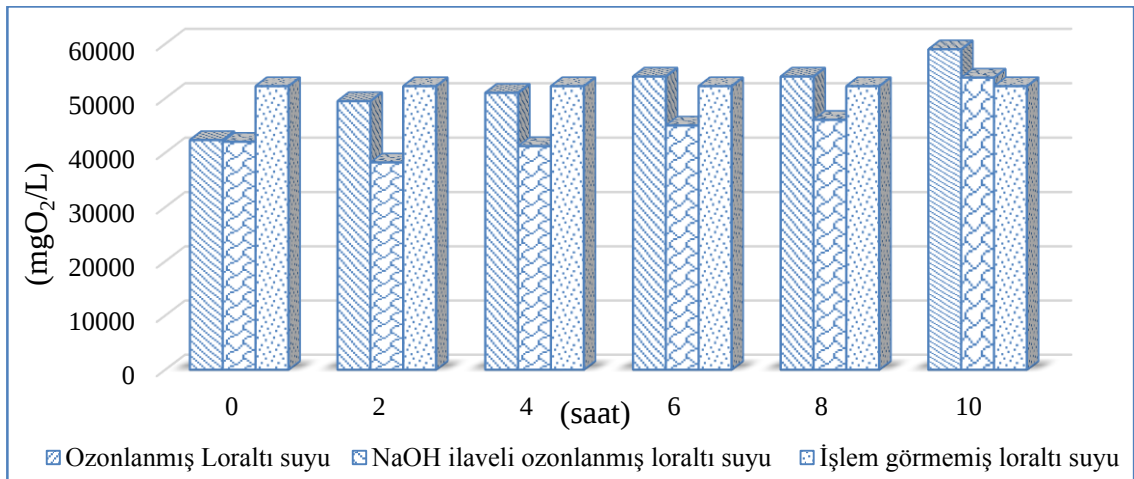
Sodyum hidroksit ilavesi şekerlerin kendiliğinden okside oluşumunu başlatmaktadır (Mathews, 1909). Bu nedenle 500 mL loraltı suyunun 1N 60 mL NaOH ilavesi yapıldığında (pH 11-12) bir çökelti meydana getirdiği gibi (Şekil 4.22), KOİ değerlerinin de yaklaşık 52000 mg/L'den %20 civarında bir azalmaya neden olarak

42000 mg/L'ye düşmesine neden olmuştur. Yüksek pH'larda serum proteinlerinin tiyol grupları okside olarak disülfid bağları meydana getirirler (Monahan ve ark., 1995). Bu şekilde kısmen uzaklaşan serum proteinleri nedeniyle KOİ değerlerinde düşme meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 4.22. Loraltı suyunun NaOH ile muamelesi sonucu oluşan çökelti

İşlem görmemiş loraltı suyu ve NaOH ilave edilerek bekletilmiş ve santrifüj edilmiş loraltı suyu örneklerine 10 saat ozon gazı uygulaması yapılmış ve örneklerin 2 saat aralıklarla KOİ değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.23 ve Çizelge 4.8).



Şekil 4.23. Loraltı suyuna NaOH ilavesinin KOİ değerlerine etkisi

Çizelge 4.8. Loraltı suyuna NaOH ilavesi ve 10 saat boyunca ozon uygulanması sonucu elde edilen KOİ değerleri (Ortalama $\pm$ Standart Sapma (SS)) (n=2)

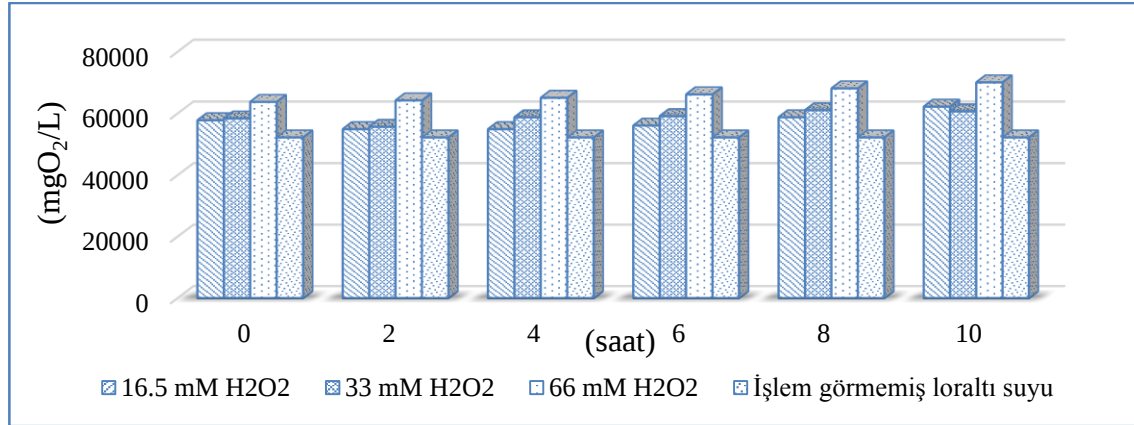
Saat	Ozonlanmış loraltı suyu (Ort. $\pm$ SS)	NaOH ilaveli ozonlanmış loraltı suyu (Ort. $\pm$ SS)
0	42320 $\pm$ 5204.31	42000 $\pm$ 2828.43
2	49480 $\pm$ 20534.38	38200 $\pm$ 282.84
4	51000 $\pm$ 1414.21	41200 $\pm$ 3959.80
6	54000 $\pm$ 11313.71	45000 $\pm$ 4242.64
8	54000 $\pm$ 5656.85	46040 $\pm$ 56.57
10	59000 $\pm$ 4242.64	53800 $\pm$ 5374.01

İstatistiksel analizler ozon uygulamasından önce NaOH kullanımının başlangıç KOİ değerlerini önemli derecede azalttığını göstermiştir ($p<0.05$). Bu durumun, NaOH'ın süt proteinleri üzerindeki muhtemel etkisinden kaynaklandığı yukarıda belirtilmiştir. Şekil 4.23 ve Çizelge 4.8'den görüleceği üzere NaOH ile muamele edilmiş örneklerde KOİ değerinde başlangıçta bir azalma sonrasında ise bir artış elde edilmiştir. Diğer araştırmacılar tarafından da benzer koşullar altında %22 civarında bir azalma olduğu bulunmuştur (Krzemińska ve Neczaj, 2013).

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar Rivas ve ark. (2011) yaptığı çalışma ile karşılaştırıldığında daha düşük KOİ değerleri elde edilmiştir.

4.2.2. H₂O₂ İlavesinin KOİ Değerine Etkisi

Farklı konsantrasyonlarda H₂O₂ ilavesinin ve 10 saat boyunca ozonlamanın loraltı suyunun KOİ değerine etkisi Şekil 4.24 ve Çizelge 4.9'da gösterildiği gibi H₂O₂ konsantrasyon artışı ile KOİ değeri de artmaktadır. En düşük KOİ değeri 2 saatlik ozon uygulamasında, 16.5 ve 33 mM H₂O₂ konsantrasyonunda elde edilmiş olsa bile bu değerler arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır. H₂O₂ güçlü bir okside edici ajan olmasına rağmen örneklerin KOİ değerine etkisi olmamıştır. Ayrıca ozonlama süresinin KOİ değeri üzerine olumsuz etkisi olduğu bulunmuştur. Martins ve Quinta-Ferreira (2010) çalışmalarında elde ettikleri sonuçlar ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edilememiştir. Bunun sebepleri Martins ve Quinta-Ferreira (2010) ozonlamadan önce ön arıtma yapmış olmalarıdır. Çalışmamızdaki başlangıç KOİ değerinin yüksek olması ve uygulanan ozon gazı konsantrasyonu düşük olması bu çalışmalar arasındaki farkın oluşmasına neden olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.24. Loraltı suyuna H₂O₂ ilavesinin KOİ değerlerine etkisi

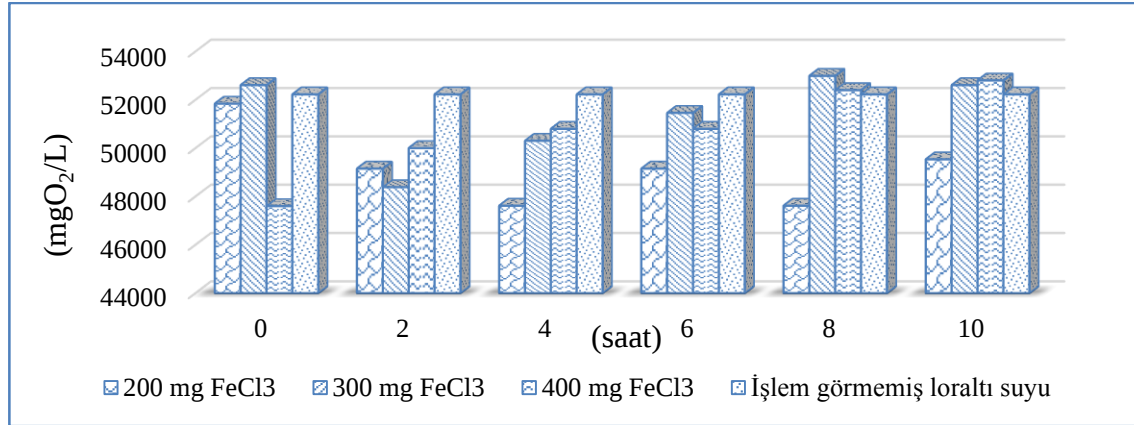
Çizelge 4.9. Loraltı suyuna H₂O₂ ilavesi ve 10 saat boyunca ozon uygulanması sonucu elde edilen KOİ değerleri (Ortalama±Standart Sapma (SS)) (n=2).

Saat	16.5 mM H ₂ O ₂ (Ort.±SS)	33 mM H ₂ O ₂ (Ort.±SS)	66 mM H ₂ O ₂ (Ort.±SS)
0	57792±13847.98	58368±6516.71	63744±2172.23
2	54912±543.06	55680±543.06	64224±2579.53
4	54912±3801.41	58752±543.06	65088±2986.82
6	56064±5430.58	59136±2172.23	66192±1968.59
8	58752±1629.17	61056±543.06	68128±3575.13
10	62208±10861.16	60672±1086.12	70080±4072.94

4.2.3. FeCl₃ İlavesinin KOİ Değerine Etkisi

Atıksu arıtımında koagülant olarak çoğunlukla demir (III) klorür (FeCl₃) kullanılmaktadır. Farklı dozlarda FeCl₃ ve ozonlamanın KOİ değerlerine olan etkisi Şekil 4.25 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir.

400 mg/L koagülant dozunun KOİ değerinde yaklaşık 52000 mg/L'den %10 civarında bir azalmaya neden olarak 47000 mg/L'ye düşmesine neden olmuştur. Ancak kullanılan koagülant dozları arasında ozonlama boyunca istatistiki olarak bir fark belirlenmemiştir (p>0.05).



Şekil 4.25. Loraltı suyuna FeCl₃ ilavesinin KOİ değerlerine etkisi

Çizelge 4.10. Loraltı suyuna FeCl₃ ilavesi ve 10 saat boyunca ozon uygulanması sonucu elde edilen KOİ değerleri (Ortalama±Standart Sapma (SS)) (n=2).

Saat	200 mg FeCl ₃ (Ort.±SS)	300 mg FeCl ₃ (Ort.±SS)	400 mg FeCl ₃ (Ort.±SS)
0	51840±5973.64	52608±1629.17	47600±2828.43
2	49152±7602.81	48384±1086.12	50000±8485.28
4	47616±5430.58	50304±543.06	50800±8485.28
6	49152±6516.70	51458±2.83	50800±10748.02
8	47616±5430.58	52992±0.00	52400±9616.65
10	49536±9231.99	52608±1629.17	52800±13576.45

Koagülant olarak kullanılan FeCl₃ organik maddeleri 2 mekanizma ile giderebilmektedir. İlk olarak organik maddeler demir hidroksit flokları üzerinde adsorbe edilir ve ikinci olarak çözünmez kompleks yapılar oluşturarak ortamdan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Amirtharaj, 1990; USEPA, 1998).

Rivas ve ark., (2010), Gürtekin (2011) ve Sivrioğlu ve Yonar (2015) tarafından yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında çalışmamız sonucunda elde edilen sonuçlar benzerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yüksek KOİ değerine sahip peyniraltı ve loraltı suyunun farklı değişkenler ile ön işlem yapılması ve ardından ozon gazı ile muamelesinin KOİ değerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

1. Ozon gazı ile muamele etmenin peyniraltı suyunun KOİ değeri üzerinde önemli bir azaltıcı etkisi belirlenmemiştir.
2. Peyniraltı suyunun ozon gazı ile muamelesinin sonucundan oldukça yüksek miktarda köpük oluşumu gözlenmiştir. SDS-Page analizi, ozonlanma esnasında peyniraltı suyunda bulunan <10kDa düşük protein benzeri yapıların köpük oluşumunda rol alabileceğini göstermektedir. Peyniraltı sularının ozonlaması ile protein benzeri bu yapıların parçalandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla her ne kadar KOİ değerlerinde bir azalma görülmese de ozon uygulaması ile peyniraltı veya loraltı sularında bulunan protein benzeri yapıların uzaklaştırılması üzerinde durulması gereken bir teknik olarak düşünülebilir. Bu konu ile ilgili daha fazla çalışma yapılmasına ve köpük oluşumunu göz önüne alarak protein benzeri yapıların elde edilmesi için ekipman tasarımına konusunda çalışmalar yapılabilir.
3. Uygulanan yöntemlerle peyniraltı ve loraltı suyunun KOİ değeri yasal sınırların altına düşürülemedi. Ancak, peyniraltı ve loraltı suyunun pH sınırın yükseltilerek KOİ değerlerinde %20'lik bir, FeCl₃ ile koagülasyon uygulaması ile de yaklaşık %10'luk bir azalma elde edilebilmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuç ise ozon gazının tek başına peyniraltı ve loraltı suyunun KOİ değerini düşürmeye yeterli olmadığını, yüksek olan başlangıç KOİ değerinin düşürülmesi için ön arıtmanın mutlaka yapılmasına gerek vardır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda;

- ozon gazının etkinliğinin artırılması için sıvıya verilen ozon gazının oluşturduğu kabarcıkların boyutlarının
- verilen ozon gazının miktarının
- ozon gazı ile proteinlerin köpük oluşumu ile uzaklaştırılması konularında, çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Amirtharaj, A., 1990. Coagulation processes. Destabilization, mixing, and flocculation. (Pontious, F.W., editor., In book: **AWWA, Water Quality & Treatment 6th ed.**, McGraw-Hill, New York.
- Anonymous, 1999. Chapter 3: Ozone. In book: **Guidance Manuel Alternative Disinfectants and Oxidants**, EPA; 815-R-99-014, (3) 1-52, pp: 89-139, USA.
- Assalin M. R., Almeida E. S., Rosa M. A., Moraes S. G., Duran N., 2004. Application of ozonation process in industrial wastewaters: textile, kraft E-1 and whey effluents, **Environ. Technol.** 25 (8), 867–872.
- Carvalho F., Prazeres A.R., Rivas J., 2013. Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. **Science of the Total Environment** 445–446 (2013) 385–396.
- Çelik A., 2011. Süt Endüstrisi Atık Sularının Arıtma Alternatifleri. Namık Kemal Üniversitesi **Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi**.
- Dabhi Y.M., 2013. Physicochemical treatment of dairy plant wastewater using ferrous sulfate and ferric chloride coagulants. **International Journal of Basic and Applied Chemical Sciences**, ISSN: 2277-2073. Vol. 3 (4), pp.9-14.
- de Wit, J.N., 1998. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. **Journal of Dairy Science**, 81: 597-608.
- Ghaly A.E., Singh R.K., 1989. Pollution potential reduction of cheese whey through yeast fermentation. **Appl Biochem Biotechnol**; 22(2):181–203.
- Gonzalez-Siso, M. I., 1996. The biotechnological utilization of cheese whey: A review. **Bioresource Technology**, 57, 1–17.
- Gutiérrez J. L. R., Encina P. A. G., Polanco F. F., 1991. Anaerobic treatment of cheese-production wastewater using UASB reactor. **Bioresour Technol**; 37(3):271–6.
- Guzel-Seydim Z B., Greene A. K. ve Seydim A. C., 2004 Use of ozone in the food industry **LWT- Food Science and Technology** 37 453–460.
- Gürtekin E., 2011. Koagülasyon/Flokülasyon Prosesiyle Peyniraltı Suyunun Fizikokimyasal Arıtılabilirliği. **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. AKU J. Sci.** 11 (2011) 025402 (17-22).
- He Q.C., Krone K., Scherl D., Kotler M., Tavakkol A., 2004. The Use of Ozone as an Oxidizing Agent to Evaluate Antioxidant Activities of Natural Substrates. **Skin Pharmacol Physiol**; 17:183–189.
- Henry L. K., Puspitasari-Nienaber N. L., Manuel Jarén-Galán M., Breemen R. B., Catignani G. L., Schwartz S. J., 2000. Effects of Ozone and Oxygen on the Degradation of Carotenoids in an Aqueous Model System. **J. Agric. Food Chem.**, 48, 5008-5013.
- Hill, A. G., Rice R., G., 1982. Historical background, properties and applications. (R. G. Rice, Editör.) In book: **Ozone treatment of water for cooling application** (pp. 1–37). Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Publishers.
- Janczukowicz W., Zielinski M., Debowski M., 2008. Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production. **Bioresour Technol**; 99(10): 4199–205.
- Jiménez X. T., Cuenca A. A., Jurado A. T., Corona A. A., Urista C. R. M., 2012. Traditional Methods for Whey Protein Isolation and Concentration: Effects on Nutritional Properties and Biological Activity. **J. Mex. Chem. Soc.**, 56(4), 369-377.

- Kayahan M., 2007. Bölüm 3: Lipidler. (İ. Saldamlı, Editör.) In book: **Gıda Kimyası**. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, ISBN: 978-975-491-190-9, pp: 133-221, Ankara.
- Kelly, F. J., Mudway, I. S., 2003. Protein oxidation at the air lung interface. **Amino Acids**, 25, 375–396.
- Khadre M. A., Yousef A. E. and Kim J. G., 2001. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **Journal of Food Science** 66 1242–1252.
- Khaire R. A., Gogate P.R., 2019. Chapter 7: Whey Proteins. (C. Galanakis, Editör). In book: **Proteins: Sustainable Source, Processing and Applications**. Academic Press An Imprint of Elsevier, pp.193-223, ISBN: 9780128166956, U. K.
- Kim J G, Yousef A E and Dave S, 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection** 62 1071–1087.
- Kogelschatz, U., 1988. Advanced ozone generation. (S. Stucki S., Editör). In book: **Process technologies for water treatment**. Plenum Publishers, pp. 87–120, ISBN 978-1-4684-8558-5, New York.
- Kosikowski F.V., 1979. Whey utilization and whey products. **Journal Dairy Sci**;62:1149–60.
- Köksel H., 2007. Bölüm 2: Karbonhidratlar. (İ. Saldamlı, Editör.) In book: **Gıda Kimyası**. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, ISBN: 978-975-491-190-9, pp: 49-132, Ankara.
- Krzemińska D., Neczaj E., 2013. Treatment of dairy wastewater by ozone and biological process (A. Pawłowski, M. R. Dudzińska ve L. Pawłowski, Editör) In book: **Environmental Engineering IV**. Taylor & Francis Group, pp. 103-110, ISBN 978-0-415-64338-2, London, UK.
- László Z., Kertész S., Beszédes S., Hovorka-Horváth Z., Szabó G., and Hodúr C., 2009. Effect of preozonation on the filterability of model dairy waste water in nanofiltration. **Desalination** 240 170–177.
- Li Z., Yang Z., Otter D., Rehm C., Li N., Zhou P., Hemar Y., 2018. Rheological and structural properties of coagulated milks reconstituted in D₂O: Comparison between rennet and a tamarillo enzyme (tamarillin). **Food Hydrocolloids** 79 (2018) 170-178.
- Manley, T. C., Niegowski, S. J., 1967. Ozone. In book: **Encyclopedia of chemical technology** (Vol. 14, 2nd ed., pp. 410–432). Wiley: New York, NY.
- Martins R. C., Quinta-Ferreira R. M., 2010. Final remediation of post-biological treated milk whey wastewater by ozone. **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, Volume 8 Article A142.
- Marwaha, S. S., Kennedy, J. F., 1988. Review: Whey pollution problem and potential utilization. **International Journal of Food Science and Technology**, 23, 323–336.
- Mathews A. P., 1909. The spontaneous oxidation of the sugars. **J. Biol. Chem.**, 6: 3.
- Mawson AJ., 1994. Bioconversions for whey utilization and waste abatement. **Bioresour Technol**; 47(3):195–203.
- Mcmullan D., 1995. Scanning Electron Microscopy 1928–1965. **Scanning** Vol. 17, 3.
- Monahan F. J., German J. B., and Kinsella J. E., 1995. Effect of pH and Temperature on Protein Unfolding and Thiol/ Disulfide Interchange Reactions during Heat-Induced Gelation of Whey Proteins. **J. Agric. Food Chem.**, 43, 46-52.

- Official Methods of Analysis of AOAC International Vol. II, 2000. Chapter 11: Chemical Oxygen Demand (COD) of Water. (Dr. W. Horwitz, Editor). AOAC International Press, pp. 6-7, ISBN: 0935584676, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Oğuzhan -Yıldız P., Yangılar F., 2014. Ozon ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları. **BEÜ Fen Bilimleri Dergisi-** 3(1), 94-101.
- Olmez H., Kretzschmar U., 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **LWT - Food Science and Technology.** 42 686–693.
- 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.
- Pereira C.D., Díaz O., Cobos A., 2002. Valorization of by-products from ovine cheese manufacture: clarification by thermocalcic precipitation/microfiltration before ultrafiltration. **Int Dairy J;** 12(9):773–83.
- Qian F., Wang Y., Wen Z., Jiang S., Tuo Y., Mu G., 2018. Plastein reaction enhanced bile-acid binding capacity of soybean protein hydrolysates and whey protein hydrolysates. **Food Sci Technol** (March 2018) 55(3):1021–1027.
- Rice, R. G., Robson, C. M., Miller, G. W., Hill, A. G., 1981. Uses of ozone in drinking water treatment. **Journal of the American Water Works Association,** 73(1), 44–57.
- Rice, R. G., Farguhar, J. W., Bollyky, L. J., 1982. Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods. **Ozone Science and Engineering,** 4, 147-163.
- Rice, R. G., 1986. Application of ozone in water and waste water treatment. (R. G. Rice, M. J. Browning, Editör.) In book: **Analytical aspects of ozone treatment of water and wastewater** (pp. 7–26). Syracuse, NY: The Institute.
- Rivas J., Prazeres A.R., Carvalho F., Beltran F., 2010. Treatment of Cheese Whey Wastewater: Combined Coagulation-Flocculation and Aerobic Biodegradation. **Journal Agricultural Food Chemistry,** Vol. 58, 7871–7877.
- Rivas J., Prazeres A.R., Carvalho F., 2011. Aerobic biodegradation of precoagulated cheese whey wastewater. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 59, 2511–2517.
- Rubin M. B., 2001. The history of ozone: the Schöenbein period. **Bulletin for the History of Chemistry** 26 40–56, pp: 1839-1868.
- Saldamlı İ., Temiz A., 2007. Bölüm 3: Aminoasitler, Peptidler ve Proteinler (İ. Saldamlı, Editör.) In book: **Gıda Kimyası.** Hacettepe Üniversitesi Yayınları, ISBN: 978-975-491-190-9, pp: 223-286, Ankara.
- Sarkar, B., Chakrabarti, P.P., Vijaykumar, A., Kale, V., 2005. Wastewater treatment in dairy industries possibility of reuse. **Desalination,** 195: 141-152.
- Segat A., Misra N. N., Fabbro A., Buchini F., Lippe G., Cullen P. J., Innocente N., 2014. Effects of ozone processing on chemical, structural and functional properties of whey protein isolate. **Food Research International** 66 (2014) 365–372.
- Selig M. J., Dar B. N., Kierulf A., Ravanfar R., Rizvi S. S. H., Abbaspourrad A., 2018. Modulation of Whey Protein-Kappa Carrageenan Hydrogel Properties via Enzymatic Protein Modification. **Food & Function,** 9(4):2313-2319.
- Shen, J., Ma B., Amamcharla J., 2018. Preliminary studies on bleaching of whey using ozone as a bleaching agent. **Animal Sciences and Industry Undergraduate Research Symposium,** Spring 2018.

- Sivrioğlu Ö., Yonar T., 2015. Determination of the acute toxicities of physicochemical pretreatment and advanced oxidation processes applied to dairy effluents on activated sludge. **Journal of Dairy Science** 98 2337–2344.
- Spreer, E., Mixa, A. (translator), 1998. Whey and whey utilization. (M. Dekker, Editör). İn: **Milk and dairy products technology**. Taylor & Francis Group, pp: 407-421, ISBN: 0-8247-0094-5, New York, USA.
- Süt ve Süt Ürünleri Atık Sularının Alıcı Ortama Desarj Standartları (Su kirliliği Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004 Resmi Gazete Sayısı: 25687) <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>. Erişim Tarihi: 10.09.2018.
- USEPA, 1998. National primary drinking water regulations: Disinfectants and Disinfection By products: Final Rule., 40 CFR part 9. 141 and 142.
- Uzun H., İbanoğlu E., Çatal H., İbanoğlu Ş., 2012. Effects of ozone on functional properties of proteins. **Food Chemistry** 134, 647–654.
- Üçüncü, M., 2008. **A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi cilt II**. 691 s. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.
- Varga L., Szigeti J., 2016. Use of ozone in the dairy industry: A review. **International Journal of Dairy Technology**- Vol 69, pp-157-68.
- Victorin, K., 1992. Review of the genotoxicity of ozone. **Mutation Research**, 277, 221–238.
- Weetal H.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.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1991 yılında Tunceli’de doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise öğrenimini İskenderun’da tamamladı. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nü 2010 yılında kazandı. Üniversiteden 2014 yılında mezun oldu. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında 2014 yılı Eylül ayında Yüksek Lisans öğrenimine başlamış olup halen devam etmektedir.



EKLER

EK1. Peyniraltı suyu örneklerinin KOİ değerlerinin istatistiki sonuçları

KOI

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
30°C	2	65758.5000	
20°C	2	69323.0000	69323.0000
0.125 mL H ₂ O ₂	2	69470.5000	69470.5000
pH 6.00	2	69815.0000	69815.0000
0.500 mL H ₂ O ₂	2	71412.5000	71412.5000
0.250 mL H ₂ O ₂	2	71572.5000	71572.5000
pH 8.00	2	71781.0000	71781.0000
Kontrol	2	73551.0000	73551.0000
pH 10.00	2		74977.0000
O ₃	2		77435.0000
Sig.		.067	.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 11625829.200.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

b. Alpha = .05.

EK2. Farklı pH değerleri ve 3 saat ozonlamanın renk değerleri üzerine etkisi

L

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
pH 10.00	12	16.4483	
pH 8.00	12	20.1525	
pH 6.00	12		32.2708
Kontrol	4		37.6000
Sig.		.185	.060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 30.103.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

a

Duncan

Faktörler	N	Subset		
		1	2	3
Kontrol	4	-5.4375		
pH 6.00	12		-4.5658	
pH 8.00	12			-3.7292
pH 10.00	12			-3.0283
Sig.		1.000	1.000	.097

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .675.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

b

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
pH 10.00	12	-1.5183	
pH 6.00	12	-1.3842	
pH 8.00	12	-1.2858	
Kontrol	4		1.2125
Sig.		.689	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.166.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

Chroma

Duncan

Faktörler	N	Subset		
		1	2	3
pH 10.00	12	3.5342		
pH 8.00	12	4.0578	4.0578	
pH 6.00	12		4.8893	4.8893
Kontrol	4			5.5769
Sig.		.253	.073	.136

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .813.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

Hue

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
Kontrol	4	-.2206	
pH 6.00	12		.2844
pH 8.00	12		.3505
pH 10.00	12		.4325
Sig.		1.000	.265

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .061.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

Ek3. Farklı sıcaklık değerlerinde 3 saat ozonlamanın renk değerleri üzerine etkisi

L

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
30°C	12	27.8317	
20°C	12	29.6500	
Kontrol	4		37.6000
Sig.		.242	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 8.273.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.200.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

a

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
Kontrol	4	-5.4375	
30°C	12		-3.8350
20°C	12		-3.6442
Sig.		1.000	.638

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .578.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.200.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

b

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
30°C	12	-2.2250	1.2125 1.000
20°C	12	-2.0575	
Kontrol	4		
Sig.		.739	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .891.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.200.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

Chroma

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
20°C	12	4.3445	5.5769 1.000
30°C	12	4.5502	
Kontrol	4		
Sig.		.485	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .303.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.200.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

Hue

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
Kontrol	4	-.2206	
20°C	12		.5245
30°C	12		.5293
Sig.		1.000	.971

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .058.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.200.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

Ek3. Hidrojen Peroksit ve 3 saat ozonlamanın renk değerleri üzerine etkisi

L

Duncan

Faktörler	N	Subset		
		1	2	3
0.500 mL H ₂ O ₂	12	25.8150		
0.125 mL H ₂ O ₂	12		29.4692	
0.250 mL H ₂ O ₂	12		30.3058	
Kontrol	4			37.6000
Sig.		1.000	.625	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 11.528.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

a

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
Kontrol	4	-5.4375	
0.500 mL H ₂ O ₂	12		-4.0033
0.250 mL H ₂ O ₂	12		-3.9542
0.125 mL H ₂ O ₂	12		-3.5975
Sig.		1.000	.183

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .319.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = 0.05.

b

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
0.500 mL H ₂ O ₂	12	-3.1192	
0.125 mL H ₂ O ₂	12	-2.4717	
0.250 mL H ₂ O ₂	12	-2.0842	
Kontrol	4		1.2125
Sig.		.076	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.157.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = 0.05.

Chroma

Duncan

Faktörler	N	Subset		
		1	2	3
0.125 mL H ₂ O ₂	12	4.4913		
0.250 mL H ₂ O ₂	12	4.6461	4.6461	
0.500 mL H ₂ O ₂	12		5.1570	5.1570
Kontrol	4			5.5769
Sig.		.562	.061	.121

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .280.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

Hue

Duncan

Faktörler	N	Subset	
		1	2
Kontrol	4	-.2206	
0.250 mL H ₂ O ₂	12		.4871
0.125 mL H ₂ O ₂	12		.6017
0.500 mL H ₂ O ₂	12		.6401
Sig.		1.000	.235

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .057.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = 0.05.

Ek 4. Loraltı suyuna H₂O₂ ilavesinin KOİ değerlerine etkisi

KOI

Duncan

H ₂ O ₂	N	Subset	
		1	2
16.5 mM H ₂ O ₂	12	57440.0000	66242.6667
33 mM H ₂ O ₂	12	58944.0000	
66 mM H ₂ O ₂	12		
Sig.		.475	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 25522887.111.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b. Alpha = .05.

Ek5. Loraltı suyuna FeCl₃ ilavesinin KOİ değerlerine etkisi

KOI

Duncan

FeCl ₃	N	Subset
		1
200 mg FeCl ₃	12	49152.0000
400 mg FeCl ₃	12	50733.3333
300 mg FeCl ₃	12	51392.3333
Sig.		.455

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 46181632.444.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b. Alpha = .05.