



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**BERRAK ERİK SUYU ÜRETİMİNDE YENİ DURULTMA AJANLARI İLE
ULTRASON UYGULAMASININ DURULTMA KOŞULLARI VE KALİTEYE
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aylin BELENE

Danışman: Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN

TOKAT- 2024



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**BERRAK ERİK SUYU ÜRETİMİNDE YENİ DURULTMA AJANLARI İLE
ULTRASON UYGULAMASININ DURULTMA KOŞULLARI VE KALİTEYE
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aylin BELENE

Danışman: Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN

TOKAT- 2024

Her hakkı saklıdır



Bu tez çalışması;

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeler Birimi tarafından
2021/86 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BEYANI

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN danışmanlığında hazırlamış olduğum “**Berrak Erik Suyu Üretiminde Yeni Durultma Ajanları ile Ultrason Uygulamasının Durultma Koşulları ve Kaliteye Etkileri**” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

Aylin BELENE

JÜRİ KABUL VE ONAY

Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN danışmanlığında, Aylın BELENE tarafından hazırlanan “Berrak Erik Suyu Üretiminde Yeni Durultma Ajanları ile Ultrason Uygulamasının Durultma Koşulları ve Kaliteye Etkileri” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 17.04.2024 tarihinde yapılmış olup aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmza

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN

Üye : Doç. Dr. Hamza BOZKIR

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Esra ESİN YÜCEL

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçilmesinden başlayıp sonuna kadar her aşamasında yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Analizlerimin yapılmasında, laboratuvarıda tüm zorluklarda yanımda olan ve tez yazım aşamasında bilgilerini benimle paylaşan güler yüzlü samimi hocam sayın Arş. Gör. Hilal MERAL'e içtenlikle teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her alanında yanımda olan, desteğini her zaman hissettiğim sevgili anneme teőekkürlerimi sunarım.

Aylin BELENE

Tokat, Nisan 2024

ÖZET

BERRAK ERİK SUYU ÜRETİMİNDE YENİ DURULTMA AJANLARI İLE ULTRASON UYGULAMASININ DURULTMA KOŞULLARI VE KALİTEYE ETKİLERİ

Belene, Aylin

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aslıhan Demirdöven

Nisan 2024, ix +88

Tez kapsamında geleneksel durultma ajanları, güncel durultma ajanları ve güncel durultma ajanlarıyla kombine edilen ultrason uygulamasının erik suyunun berraklaştırılması üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sıcaklık, süre, doz, durultma ajanlarının kombinasyonu, ultrason uygulama süresi ve frekansını belirlemek için dozaj denemeleri yapılmıştır. Geleneksel durultma ajanı olarak jelatin, bentonit ve kizelsol, güncel durultma ajanı olarak kitosan, kazein ve ksantan gam kullanılmıştır. Dozaj denemeleri sonucu seçilen koşullar en düşük bulanıklık değeri referans alınarak belirlenmiştir. Geleneksel durultma uygulamasında en düşük bulanıklık değeri (0.09 NTU) 40°C'de 0.5 g/L jelatin, 1.00 g/L kizelsol, 0.5 g/L bentonit ilavesiyle elde edilmiştir. Güncel durultma uygulamasında ise farklı kombinasyonlar denenmiş ve en düşük bulanıklık değeri (1.68 NTU) 2. kombinasyonda saptanmıştır. Bu kombinasyonda 0.25 g/L kazein, 0.1 g/L ksantan gam ve 0.75 g/L kitosan kullanılmıştır. Ultrason uygulaması için 1 dakika boyunca 45 kHz frekans uygulanması sonucu ulaşılan en düşük bulanıklık değeri 4.36 NTU'dur. Berrak erik suyunun kalite özelliklerinin belirlenmesi için belirlenen koşullarda üretim yapılmış ve 6 ay boyunca depolanmıştır. Depolama aşamasında 0, 2, 4 ve 6. aylarda bulanıklık, renk, titrasyon asitliği, sıcak soğuk testi, suda çözünür kuru madde, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite analizleri (DPPH, ABTS, FRAP) ve toplam monomerik antosiyanin analizleri yapılmıştır. Sonuçlar geleneksel durultma ajanlarına alternatif olabilecek yeni durultma ajanlarının varlığı ortaya koymuştur. Tez çalışması elde edilen veriler kapsamında güncel durultma ajanlarının endüstriye kazandırılması açısından umut verici olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Erik suyu, Durultma, Kitosan, Kazein, Ksantan gam, Ultrason.

ABSTRACT

Belene, Aylin
Master's Thesis, Department of Food Engineering
Advisor: Prof. Dr. Aslihan Demirdöven
April 2024, ix +88

In this thesis, the effects of traditional and novel clarifying agents, and the combination of novel clarifying agents with ultrasonic application on the clarification of plum juice have been investigated. Dosage trials were conducted to determine the temperature, time, dose, combination of clarifying agents, ultrasonic application time, and frequency. Gelatin, bentonite, and kieselsol were used as traditional clarifying agents, while chitosan, casein, and xanthan gum were used as novel clarifying agents. Conditions were selected based on the lowest turbidity value obtained from dosage trials. The lowest turbidity value in traditional clarification (0.09 NTU) was achieved with the addition of 0.5 g/L gelatin, 1.00 g/L kieselsol, and 0.5 g/L bentonite at 40°C. Different combinations were tried in the novel clarification application, and the lowest turbidity value (1.68 NTU) was determined in the second combination. This combination consists of 0.25 g/L casein, 0.1 g/L xanthan gum, and 0.75 g/L chitosan. For the ultrasonic application, the lowest turbidity value reached was 4.36 NTU after applying a frequency of 45 kHz for 1 minute. The clarified plum juice samples were stored for 6 months to determine the quality characteristics. During storage, analyses of turbidity, color, titratable acidity, hot-cold test, soluble solids content, total phenolic content, antioxidant capacity analyses (DPPH, ABTS, FRAP), total monomeric anthocyanin and were conducted at 0, 2, 4, and 6 months. The results have revealed the presence of new clarifying agents that could be alternatives to traditional clarifying agents. The thesis study is promising in introducing novel clarifying agents to the industry based on the data obtained.

Keywords: Plum juice, Clarification, Chitosan, Casein, Xanthan gum, Ultrasound.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
JÜRİ KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	xi
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ VE KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. Erik.....	3
2.2. Berrak Meyve Suyu Üretimi	5
2.3. Durultma	6
2.3.1. Depektinizasyon	7
2.3.2. Berraklaştırma	7
2.4. Geleneksel Durultma Ajanları.....	8
2.5. Güncel Durultma Ajanları	10
2.5.1. Kazein.....	10
2.5.2. Kitosan.....	12
2.5.3. Ksantan gam	15
3.MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.2. Enzim ve Durultma Ajanlarının Hazırlanması.....	18
3.3. Yöntem	19
3.3.1. Erik suyu üretimi	19
3.3.2. Erik suyunun depektinizasyonu.....	21
3.3.3. Geleneksel durultma dozaj testleri	22
3.3.4. Güncel durultma dozaj testleri.....	23
3.3.4. Güncel durultma ajanlarının için kombinasyon seçimi	24
3.3.5. Ultrasonik frekans seçimi	25
3.3.6. Berrak Erik Sularının Depolanması.....	26

3.4. Analiz Yöntemleri	26
3.4.1. Alkol testi.....	26
3.4.2. Bulanıklık Tayini (NTU)	26
3.4.3. Renk Tayini.....	26
3.4.4. pH Değeri	27
3.4.5. Titrasyon Asitliği Tayini	27
3.4.6. Sıcak-Soğuk Testi (Stabilite Testi)	28
3.4.7. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini	28
3.4.8. Toplam Fenolik Madde Tayini.....	28
3.4.9. Antioksidan Kapasite Tayini.....	29
3.4.10. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini.....	31
3.5. İstatistiksel Analiz	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Dozaj Testleri ve Ultrason Frekans Uygulaması Sonuçları	33
4.1.1. Geleneksel durultma ajanlarının kombinasyonuna ait dozaj testleri sonuçları	33
4.1.2. Güncel durultma ajanları için dozaj testi sonuçları	41
4.1.3. Güncel durultma ajanları için kombinasyon seçimi	52
4.1.4 Ultrason frekans seçimi	58
4.2. Güncel Ajanlarla Durultulan Erik Sularının Depolama Süresince Kalite Değişimleri.....	64
5. SONUÇ	79
6. KAYNAKÇA	81
7. EKLER	86

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2. 1. Dünya erik üretimi (ton) 2022 yılı verileri	3
Tablo 2. 2. Yıllara göre erik üretim alanları ve üretim miktarı (ton)	4
Tablo 2. 3. Erik meyvesinin (<i>Prunus domestica</i> L.) besin içeriği (100 g yenen kısımda) 5	
Tablo 2. 4. Durultma yardımcı madde etki mekanizması	8
Tablo 3. 1. Güncel durultma ajanı kombinasyonları.....	25
Tablo 4. 1. 40°C Jelatin, kizelsol ve bentonit kombinasyonu NTU* değerleri	35
Tablo 4. 2. 50°C Jelatin, kizelsol ve bentonit kombinasyonu NTU* değerleri	38
Tablo 4. 3. 60°C Jelatin, kizelsol ve bentonit kombinasyonu NTU* değerleri	39
Tablo 4. 4. Erik suyu ksantan gam dozaj testi NTU değerleri	42
Tablo 4. 5. Erik suyu kitosan dozaj testi NTU değerleri.....	45
Tablo 4. 6. Erik suyu kazein dozaj testi NTU değerleri.....	49
Tablo 4. 7. Kazein, ksantan gam ve kitosan kombinasyonuna ait bulanıklık ve renk (a*) değerleri	53
Tablo 4. 8. Ultrasonik frekans seçiminde elde edilen NTU ve renk (a*) değerleri	59
Tablo 4. 9. Bulanık erik suyu analiz sonuçları.....	65
Tablo 4. 10. Depolama süresince erik sularının toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişim.....	70
Tablo 4. 11. Depolama süresince erik sularının pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde içerikleri	72
Tablo 4. 12. Depolama süresince erik sularının bulanıklık (NTU) ve sıcak soğuk testi değerleri	74
Tablo 4. 13. Depolama süresi boyunca erik sularının renk L*, a* ve b* değerlerindeki değişim.....	76
Tablo 4. 14. Depolama süresi boyunca erik sularının ΔC , Hue°, ΔE ve beyazlık indeksi değerlerindeki değişim.....	78
Tabla A. 1. Suda çözünür kuru madde tayininde kullanılan sıcaklık düzeltme faktörü tablosu.....	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1. Kitosanın moleküler yapısı	13
Şekil 3. 1. Angelica cinsi kırmızı erik örnekleri	17
Şekil 3. 2. Erik suyu üretimi akış şeması	20
Şekil 3. 3. Bulanık erik suyu örneği.....	20
Şekil 3. 4. Geleneksel durultma ajanları dozaj testleri deneme deseni.....	22
Şekil 3. 5. Güncel durultma ajanları dozaj testleri deneme deseni	24
Şekil 4. 1. 40°C’de farklı miktarlarda %1 jelatin eklenmiş erik suyu örnekleri (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L).....	36
Şekil 4. 2. 40°C’de farklı miktarlarda %1 kizelsol (jelatin+kizelsol) eklenmiş erik suyu örnekleri (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L)	36
Şekil 4. 3. 40°C’de farklı miktarlarda %1 bentonit (jelatin+kizelsol+bentonit) eklenmiş erik suyu örnekleri (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L).....	37
Şekil 4. 4. Ksantan gam ile 40°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)	43
Şekil 4. 5. Ksantan gam ile 50°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)	43
Şekil 4. 6. Ksantan gam ile 60°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)	44
Şekil 4. 7. Kitosan ile 40°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)	46
Şekil 4. 8. Kitosan ile 50°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)	46

Şekil 4. 9. Kitosan ile 60°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)	47
Şekil 4. 10. Kazein ile 40°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L).....	50
Şekil 4. 11. Kazein ile 50°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L).....	50
Şekil 4. 12. Kazein ile 60°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L).....	51
Şekil 4. 13. Güncel durultma ajanlarının 1. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları	54
Şekil 4. 14. Güncel durultma ajanlarının 2. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları	54
Şekil 4. 15. Güncel durultma ajanlarının 3. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları	55
Şekil 4. 16. Güncel durultma ajanlarının 4. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları	55
Şekil 4. 17. Güncel durultma ajanlarının 5. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları	56
Şekil 4. 18. Güncel durultma ajanlarının 6. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları	56
Şekil 4. 19. Güncel durultma ajanlarının 7. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları	57
Şekil 4. 20. 25 kHz-5 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı...	60
Şekil 4. 21. 37 kHz-5 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı...	60
Şekil 4. 22. 45 kHz-5 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı...	61
Şekil 4. 23. 25 kHz-1 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı...	61
Şekil 4. 24. 37 kHz-1 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı...	62
Şekil 4. 25. 45 kHz-1 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı...	62

Şekil A. 1. Toplam fenolik madde tayininde kullanılan standart gallik asit kalibrasyon grafiği.....	87
Şekil A. 2. DPPH metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği	87
Şekil A. 3. FRAP metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği	88
Şekil A. 4. ABTS metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği	88



KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

Kısaltma

ΔE

ΔC

L^*

a^*

b^*

cm

mg

g

kg

mL

L

μL

v/v

v/w

w/v

°

s

kHz

dk

kDa

nm

pKa

RSK

MG

DPPH

FRAP

TEAC veya ABTS

SÇKM

TÜİK

FAO

SD

NTU

PVPP

CMC

BL

DP

GEL

GÜN

Açıklama

Toplam renk farkı

Renk yoğunluğu–doygunluk-kroma

Açıklık-Koyuluk

Kırmızılık

Sarılık

Santimetre

Miligram

Gram

Kilogram

Mililitre

Litre

Mikrolitre

Hacim/hacim

Hacim/ağırlık

Ağırlık/hacim

Derece

Saniye

Kilohertz

Dakika

Kilodalton

nanometre

pH değerlerindeki iyonlaşma derecesi

Richtwert Schwankungsbreite Kennzahl, Saflık-Tanı kriterleri

Malvidin-3- O -glukozit

2,2-difenil-1-pikrilhidrazil

Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü

Trolox eşdeğer antioksidan kapasite

Suda çözünür kuru madde

Türkiye İstatistik Kurumu

Gıda ve Tarım Örgütü

Standart sapma

Nephelometric Turbidity Unit

Polivinilpolipirrolidon

Karboksimetil selüloz

Bulanık erik suyu

Depektinize erik suyu

Geleneksel durultma ajanları ile durultulan erik suları

Güncel durultma ajanları ile durultulan erik suları

1.GİRİŞ

Besin piramidinde yer alan beş ana grup besinden biri olan meyveler günlük hayatta dengeli beslenme açısından tüketilmesi gereken bir besin grubudur. Ülkemiz meyve çeşitliliği bakımından zengin bir üretim alanı olarak tanımlanabilir. Meyvelerin endüstride en verimli değerlendirilme yollarından birisi de meyve suyuna işlenmeleridir.

Tüketicilerin gıda tercihi ilk olarak görsel yolla gerçekleşmektedir. Meyve suyu ve türevi içecekler özelinde ise berrak, parlak ve besin değeri yüksek meyve suları talebi etkilemektedir. Meyve suları durultma işlemi uygulanıp uygulanmamasına göre berrak (durultulmuş) ve bulanık (pulplu) olarak ikiye ayrılmaktadır. Genellikle tüketici tercihine bağlı olarak, bazı meyveler (elma, üzüm, vişne) berrak, bazı meyveler (şeftali, kayısı, portakal) ise daha çok bulanık olarak tüketim tercihine sahiptir (Taştan, 2014).

Berrak meyve suları satışa sunulduğunda görünümü ve tüketildiğinde besleyici bileşiminin tüketici için önemli rol oynaması sebebiyle uygulanan durultma işlem basamağını önemli ve çok titiz çalışılması gereken bir işlem haline getirmiştir. Meyve suyunun durultulmasının amacı ürünün özelliklerini en düşük düzeyde değiştirerek, duyuusal açıdan tatmin edici, stabil ve berrak meyve suyu üretmektir (Ekşi, 1988).

Berrak meyve suyu üretimi; yıkama, ayıklama, parçalama, presleme, santrifüjden geçirme, durultma, filtrasyon ve ısıtma işlemi uygulanarak ambalajlama adımlarından oluşmaktadır (Gülcü, 2008). Berrak meyve suyu üretiminde durultma en önemli işlem basamaklarından birisidir. Durultma kendi içinde “depektinizasyon” ve berraklaştırma” olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilen bir işlemdir. Berraklaştırma çoğunlukla mikrofiltrasyon, enzimatik işlem yoluyla veya durultma yardımcı maddeleri (jelatin bentonit, silika sol, polivinil pirolidon veya bunların kombinasyonu) ile gerçekleştirilmektedir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001). Durultma ajanı olarak kullanılan yardımcı maddeler zıt elektrik yükü oluşturarak veya adsorbsiyon etkisi ile bulanıklığa yol açan dispers haldeki bileşiklerin meyve suyundan tortu olarak ayrılmasını sağlamaktadır (Hafizoğlu, 2014).

Günümüzde meyve suyu ve konsantrelerinin üretiminde yüksek standartlar talep edilmektedir. RSK (Richtwert Schwankungsbreite Kennzahl, Saflık-Tanı kriterleri) değerleri gibi analitik değerler başta olmak üzere, stabilite, berraklık ve renk gibi kriterler de önemli bir yere sahiptir. Bu durum meyve suyu işleme teknolojisinin, özellikle durultma ve filtrasyon aşamalarını titizlikle yürütülmesini gerektirmektedir (Taştan, 2014).

Berrak meyve suyu üretiminde en önemli aşama olan durultma işlemi üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Araştırmaların çoğu endüstride kullanılan geleneksel durultma olarak adlandırılan jelatin, bentonit, kizelsol, aktif kömür vb. yardımcı maddeler kullanılarak gerçekleştirilen durultmadır.

Bu tez çalışması kapsamında, geleneksel durultma işleminde görülen bazı olumsuzluklara çözüm getirebilmek amacıyla, berrak meyve suyu üretiminde durultma ajanı olarak henüz endüstriyel olarak kullanılmayan kitosan, kazein, ksantan gam durultma ajanlarının kullanımının erik suyunun berraklık ve kalite özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla çalışmanın ilk aşamasında; berrak erik suyu üretiminde kitosan, kazein, ksantan gam durultma amacıyla kullanılacak optimum miktarları, kombinasyonları ve durultma koşulları belirlenmiştir. İkinci aşamada, belirlenen durultma koşulları altında meyve suyu üretimi gerçekleştirilmiş ve ultrason uygulamasının bulanıklık üzerine etkilerini incelemek üzere farklı ultrason frekansları uygulanmıştır. Güncel ve geleneksel durultma ajanları ile durultma uygulamasının berrak meyve suyu kalite özellikleri üzerindeki etkileri ve yöntemlerin kıyaslanması amacıyla altı ay boyunca fizikokimyasal analizlerle incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ VE KURAMSAL TEMELLER

2.1. Erik

Dünyada geniş bir yayılış alanına sahip önemli sert çekirdekli meyve türü olan Erik Rosales takımı, Rosaceae familyası, Prunus cinsi ve Prunophora alt cinsine ait *Prunus domestica L.* ismiyle bilinmektedir ve *Prunus* cinsine dahil 200'e yakın erik türü mevcuttur (Yaşar, 2019).

Erik türleri; Avrupa-Asya Türleri, Uzak Doğu Türleri ve Kuzey Amerika Türleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Bu üç grup içerisinde ekonomik bakımdan en önemli olan ve dünyada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan iki önemli tür *Prunus domestica L.* (Avrupa erikleri) ve *Prunus salicina L.* (Japon erikleri) türleridir. Ülkemizde yaygın olarak yetişmekte olan erik türünün *Prunus salicina L.*'nin olduğu bildirilmektedir (Yaşar, 2019).

2022 yılı verilerine göre (FAO, 2024), Dünya'da erik üretiminde Çin Halk Cumhuriyeti 6 761 189 ton ile ilk sırada yer almaktadır (Tablo 2.1). Çin'i Romanya (665 730 ton), Sırbistan (488 593 ton), Şili (424 886 ton), Türkiye (348 750 ton) ve İran (332 231 ton) izlemektedir.

Tablo 2. 1. Dünya erik üretimi (ton) 2022 yılı verileri (FAO, 2024)

Ülke	Üretim miktarı (ton)
Çin Halk Cumhuriyeti	6 761 189
Romanya	665 730
Sırbistan	488 593
Şili	424 886
Türkiye	348 750
İran	332 231

Ülkemizde 2015 yılında 204 520 dekar alanda erik üretimi yapılırken üretim miktarı da 279 761 tondur. 2022 yılında üretim alanı 216 900 dekar olup, üretim miktarı ise 348 750 tona yükselmiştir (Tablo 2.2). TÜİK 2021 verilerine göre en çok erik üretimi yapılan ilimiz Mersin (74 837 ton) olup, bunu sırasıyla Bursa (27 708 ton), Adana (17 017 ton), İzmir (16 392 ton) ve Manisa (13 519 ton) izlemektedir (Anonim, 2022).

Tablo 2. 2. Ülkemizin yıllara göre erik üretim alanları ve üretim miktarı (ton) (FAO, 2024)

Yıl	Üretim Alanı (dekar)	Üretim Miktarı (ton)
2015	204 520	279 761
2016	208 110	297 589
2017	213 853	291 934
2018	206 721	296 878
2019	210 581	317 946
2020	215 208	329 056
2021	217 077	332 533
2022	216 900	348 750

Erik taze olarak tüketilebildiği gibi kurutulmuş, meyve suyu, konsantre, reçel, marmelat gibi ürünlere de işlenerek tüketilebilmektedir. Eriğin lezzetli olması, antioksidan değerinin yüksek olması ve besleyici değerinin yüksek olması yanında hasat sezonunun da oldukça uzun olması nedeniyle üretimi ve tüketimi giderek artmaktadır. Tablo 2.3’de belirtildiği üzere erik meyvesi karbonhidrat, fenolik asitler, antosiyaninler, organik asitler (sitrik ve malik asitler), lif (pektin), aromatik maddeler, çeşitli mineraller (potasyum, fosfor, kalsiyum ve magnezyum, demir) ve A, B, C ve K vitaminleri yönünden zengin bir antioksidan kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Yaşar, 2019).

Tablo 2. 3. Erik meyvesinin (*Prunus domestica* L.) besin içeriği (100 g yenen kısımda) (USDA, 2022)

Meyve Bileşimi	Ortalama Değerler
Su	87.2 g
Enerji	46.0 kcal
Protein	0.7 g
Yağ	0.28 g
Karbonhidrat	11.4 g
Lif içeriği	1.4 g
Şeker	9.92 g
Kalsiyum	6.0 mg
Demir	0.17mg
Magnezyum	7 mg
Fosfor	16 mg
Potasyum	157 mg
Sodyum	0 mg
C vitamini	9.5 mg
Tiamin	0.028 mg
Riboflavin	0.026 mg
Niasin	0.417 mg
B6 vitamini	0.029 mg
A vitamini	5577 IU
E vitamini (alfa-tokoferol)	0.26 mg
K vitamini (filokinon)	6.4 µg
A vitamini, RAE	17 µg

2.2. Berrak Meyve Suyu Üretimi

Birçok meyve suyu üretiminde proses aşamaları benzerlik göstermektedir. Bunlar ayıklama, yıkama, parçalama, presleme, mayşe ısıtma, mayşe soğutma, enzimasyon, durultma ve filtrasyon gibi işlemlerdir. Meyveler üretimin ilk basamağında, meyve üzerinde bulunan yabancı maddeleri ayıklama ve yıkama işlemlerinden geçirilir.

Çekirdekli meyvelerde önce çekirdek çıkarma işlemi yapılır sonra taşıyıcı bantlar aracılığı ile parçalamaya ve oradan da preslemeye gönderilir. Meyveler son ürünün antioksidan ve renk bakımından zengin olması beklentisini karşılamak amacıyla kabuklarıyla parçalama işlemine alınmaktadır. Posasından ayrılmamış olan parçalanmış meyveye mayşe adı verilir. Mayşeden meyve suyu elde edilebilmesi için presleme işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem sonrasında bulanık nitelikli ham meyve suyu elde edilmektedir. Presten alınan ham meyve suyunun sıcaklığı 90°C'nin üzerine çıkartılarak aroma ayırma işlemi uygulanmaktadır. Isıl işlem sonrası hızlıca 50°C ye soğutulan ham meyve suyuna pektolitik enzimler ilave edilerek depektinizasyon uygulanmaktadır. Depektinizasyon süresi ise alkol testi ile belirlenmektedir. Depektinizasyon ile pektinin parçalanması sağlanan meyve suyuna berraklaştırma amacıyla jelatin, bentonit ve kizelsol ilave edilerek 1-2 saat beklenerek durultma işlemi tamamlanmaktadır. Durultulmuş olan meyve suyunun filtrasyonu için genellikle kizelgur filtre ve plakalı filtreler kullanılmaktadır (Orhan, 2014).

2.3. Durultma

Bulanık meyve suyuna pektolitik enzim ilave edilerek bir süre beklenmesiyle ortamda bulunan pektin parçalanmaktadır. Durultmanın bu aşamasına "depektinizasyon" denir. Berrak meyve suyu üretimi için kullanılan yöntemlerden olan enzimatik degradasyon etkin bir durultma için yeterli değildir. Bu nedenle durultma yardımcı maddelerinden yararlanılarak meyve suyunda berraklık sağlanır (Onsekizoğlu, 2010).

Meyve suyu işlemede yöntem fark etmeksizin tüm işlemlerin amaçları temelde aynıdır. Amaç yüksek randımana ulaşmak, maksimum kalitede ürün eldesi ve minimum düzeyde bulanıklık etmeni içeren ürün elde etmektir.

Meyve suyunun berraklaştırılmasının amacı, meyve sularına hızlı bir filtrasyon niteliği kazandırmak, sonradan bulanmayı önlemek ve pektini parçalayarak konsantrasyon sırasında jel oluşumunu engellemektir. Durultma işlemi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmektedir. İlk aşama "enzimatik durultma ya da depektinizasyon" adı verilen

ham meyve suyuna enzim ilavesiyle gerçekleştirilirken, ikinci aşamada durultma yardımcı maddeleri eklenerek “berraklaştırma” gerçekleştirilir (Çetinkaya, 2005).

2.3.1. Depektinizasyon

Durultmanın birinci aşaması olan bu işlemde bulanık meyve suyuna pektolitik ve amilolitik enzim eklenerek pektin ve eğer varsa nişasta parçalanır. Bu işlem sonunda gözle görülür bir farklılık oluşmaz ancak viskozite düşer ve bulanıklık unsurları serbest hale geçer. Pektin parçalanır ve pozitif yüklü proteinler negatif yüklü pektin kılıfından kurtularak flok yapabilme özelliği kazanır. Depektinizasyon uygulamasıyla filtrasyon kolaylaşır. Pektinin parçalanması sonucu meyve suyunun konsantre edilebilme olanağı elde edilir. Pektinin pektolitik enzimlerle parçalanması sonucu ortaya çıkan galaktronik asit grupları, süspansiyon halindeki parçacıkların flokülasyonuna yardımcı olur (Çetinkaya, 2005).

2.3.2. Berraklaştırma

Depektinizasyondan sonraki aşama olan ve durultma yardımcı maddeleri eklenmesi ile meyve suyunun berraklaştırılması aşamasında floklaşma gerçekleşir. Floklaşma kolloidal çözülmüş unsurların agregasyonudur. Bu floklar meyve suyundaki süspansiyon halindeki bulanıklık parçalarını da çöktürür. Böylece mekanik yollarla ayrılmayan bulanıklık unsurları sedimentasyon ve filtrasyon gibi yollarla ayrılır duruma gelir (Gülcü, 2008).

Berraklaştırma için endüstride yaygın olarak kullanılan ajanlar bentonit, jelatin ve kizelsolün etki mekanizması Tablo 2.4’te yer almaktadır. Bu ajanlar Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliğinde (2014/34) belirlenen miktarlar çerçevesince her üreticinin kendi belirlediği oranlarda eklenmektedir.

Tablo 2. 4. Durultma yardımcı madde etki mekanizması

Yardımcı Madde	Etki Mekanizması
Bentonit	Adsorpsiyon (protein)
Jelatin	(+) yük kazandırma
Kizelsol	(-) yük kazandırma

2.4. Geleneksel Durultma Ajanları

Jelatin, peptit bağı ile bağlanan amino asitlerden oluşmuş uzun zincirli bir proteindir. Jelatin, sığır ve koyun derileri ve kıkırdak dokularından üretilmektedir. Jelatin; A tipi jelatin (asit hidrolizasyonu) ve B tipi jelatin (baz hidrolizasyonu) olmak üzere iki farklı çeşitten oluşmaktadır. Meyve sularının durultulmasında A tipi jelatin tercih edilmektedir. Bunun sebebi meyve sularının pH (3-4) aralığında B tipine göre daha fazla pozitif yüklenmesidir.

Jelatin; meyve sularına eklendiğinde ortamın pH aralığında (pH 3–4) pozitif yük kazanmakta, yapısındaki peptit bağı ile meyve suyundaki negatif yüklü polifenollerin hidroksil grubu arasında kurulan hidrojen bağı yardımıyla flok oluşturmaktadır. Oluşan floklar çökerken, bulanıklık yapan diğer bileşenleri de beraberinde sürükleyerek meyve suyundan uzaklaşmasını sağlamakta ve meyve suyu filtre edilebilir bir nitelik kazanmaktadır (Erkan-Koç, 2014).

Fenolik maddelerce zengin olan meyve sularında jelatin tek başına istenilen düzeyde durultmayı sağlayabilmektedir. Ancak fenolik madde içeriğince fakir meyve sularının durultulmasında jelatin yeterli olamamaktadır. Etkili bir durultma için eklenecek jelatin miktarı önem taşımaktadır. Yetersiz dozda kullanılan jelatin etkili bir durultma sağlayamazken yüksek dozda jelatin ise bulanıklığa sebep olmaktadır. Bu nedenle jelatin dozunun ön testlerle belirlenmesi gerekmektedir (Hafizoğlu, 2014).

Bentonit ise, büyük bir kısmı montmorillonit (%60-80) ve bir alüminyum-hidroksisilikattan oluşan, şişme özelliğine sahip bir kildir. Durultmadaki esas etkisi adsorpsiyon gücüne dayanmaktadır. Üst yüzeyinde negatif ve yan yüzeyinde pozitif yük

taşımaktadır. Toplam olarak negatif yük ağır basmaktadır. Bu nedenle bentonitin durultma etkisi sadece adsorpsiyondan değil, meyve suyuna aynı zamanda negatif yük kazandırmasından kaynaklanmaktadır. Negatif yük yoğunluğu, pH değeri ve bentonit türüne göre değişmektedir. Bentonitin durultmada ikinci etkisi ise, meyve suyunda yine adsorpsiyon yolu ile polifenol miktarını azaltmasıdır. Bentonit uygulaması ile üçüncü etki olarak meyve suyunda metal iyonu, pestisit kalıntısı, biyogenik amin ve hatta elma suyunda büyük sorun olan patulin gibi mikotoksinlerin de miktarı azalmaktadır (Taştan, 2014).

Kizelsol, durultma yardımcısı olarak %15 veya %30'luk olarak kullanılmaktadır. Kizelsolün durultma etkisi; pH değeri, sıcaklık, parçacık iriliği gibi faktörlere bağlıdır. Gerek asit ve gerekse bazik kizelsolün (-) yük yoğunluğu meyve suyunun pH değerine bağlı olarak değişmekte ve pH değeri arttıkça artmaktadır. Kizelsol tek başına değil genellikle jelatinle kullanılan bir durultma ajanıdır. Durultma için kullanılacak kizelsol dozajı jelatin dozajına bağlıdır (Gülcü, 2008).

Tajchakavit ve ark., (2001) çeşitli işleme koşulları altında üretilen berraklaştırılmış elma suyunda şişeleme sonrası bulanıklık oluşumu incelemiştir. Jelatin ve bentonitin farklı seyreltme faktörleri ve farklı oranları denenmiştir. Durultma prosedürünün ihmal edilmesi, bulanıklıkta 1.36 NTU'luk bir artışa ve daha büyük miktarlarda bulanıklığın görsel olarak gözlemlenmesine neden olmuştur. 1:1 jelatin/bentonit oranıyla durultma en düşük bulanık değerini vermiştir. Sonuçlar, durultma prosedürünün optimizasyonunun, elma suyunda şişeleme sonrası bulanıklığı geciktirmek için kullanılabileceğini göstermiştir. Lee ve ark., (2007) muz suyunun berraklaştırması için yalnızca bentonit ile jelatin- bentonit kombinasyonunun kullanılmasının bulanıklığı 29.6'dan (kontrol), sırasıyla 16.1 ve 21.9 NTU'ya azaltabileceğini bildirmişlerdir. Bağcı (2014), yüksek kaliteli nar suyu elde etmek için ultrafiltrasyon performansını artırmak ve berraklığı iyileştirmek üzerine çalışmıştır. Etkili bir ön durultma işlemi gerçekleştirmek için jelatin, bentonit ve polivinil polipirrolidon (PVPP) kullanmıştır. Bentonitin yüksek protein adsorblama kapasitesiyle entegrasyonu, ön arıtmanın verimliliğini önemli ölçüde artırmıştır. Büyük parçacıklar önemli ölçüde ortadan kaldırılmıştır. Direnç verilerine göre, PVPP ve bentonitin sıralı uygulanması kek tabakası oluşumunu ve kirlenmeyi

azaltmak ve dolayısıyla ultrafiltrasyon performansını artırmak için en iyi ön işlem olarak saptanmıştır.

Turfan (2008), yaptığı çalışmada nar suyu konsantresinin üretim ve depolama sürecinde antosiyanin değişimlerini incelemiştir. Çalışmada jelatin optimizasyonu için nar sularına 0.125, 0.250, 0.375, 0.500, 0.750 ve 1.000 g/L olacak şekilde 6 ayrı dozda jelatin çözeltisi eklenmiş ve +5°C'de 14 saat süreyle muhafaza etmiştir. Danelerden elde edilen nar suyuna ise, 0.400 g/L jelatin çözeltisi eklenmiş ve aynı sıcaklık, sürede bekletilmiştir. Kaba filtrasyondan geçirilen örneklerin bulanıklık değerleri belirlenmiştir. 500 mL ham nar suyuna %1'lik jelatin çözeltisinden 50 mL (1 g jelatin) uygulamasıyla en düşük bulanıklık değeri olan 4.4 birim değerine ulaşılmıştır. Danelerden elde edilen 1 L nar suyuna ise, %0.5'lik jelatin çözeltisinden 80 mL (0.4 g jelatin) uygulamasıyla 2.23 NTU değerine ulaşılmıştır. Hayoğlu ve ark., (2009) iki farklı üzüm cinsine ait üzüm sularının berraklaştırılmasında 10 mL/L jelatin kullanmış ve örnekleri 12 saat boyunca 5°C'de bekletmişlerdir. Jelatinle muamele edilmiş örneklerin berraklaştırılmamış örneklere göre daha iyi berraklığa sahip olduğu belirlenmiştir.

2.5. Güncel Durultma Ajanları

2.5.1. Kazein

Kazein, sütün bileşiminde bulunan en önemli proteindir. Berraklaştırma amacıyla genellikle şarap endüstrisinde kullanılmaktadır (Erkan-Koç, 2014). Proteinlerin fonksiyonel grupları olan ve kazeinin bileşiminde de bulunan –COOH, –NH₂ ve –OH fonksiyonel grupları ile polifenollerin yapısında bulunan –OH grupları arasında hidrojen bağı oluşur. Bu bağlar sayesinde polifenoller kazein ile ortamdan ayrıştırılır. Kazein ancak asidik ortamda tanenler ile kompleks oluşturabilir. Dolayısıyla, kazein meyve suyu gibi asidik ortamda flok oluşturma özelliği gösterir (Dıblan, 2013).

Dıblan ve Özkan (2021) berrak kırmızı üzüm suyunun bulanıklık ve renk değişimini gözlemlemek için yaptıkları çalışmada bentonit, kitosan ve kombinasyonlarını incelemiştir. Düşük renk kaybının gözlemlendiği ajanlar sırasıyla kazein, kitosan, albumin

ve jelatin olmuştur. Bentonitle kombinasyon halindeki albümin, kazein ve kitosan da benzer sonuçları vermiştir. Tek başına kazein (4.0 NTU ve %9.1 antosiyanin kaybı) ve bentonit ile kombinasyon halinde (4.4 NTU ve %12.3 antosiyanin kaybı), ardından bentonit+albumin (5.7 NTU ve %12.3 antosiyanin kaybı) en iyi berraklığı sağlamıştır. Tüm sonuçlar incelendiğinde kazein düşük bulanıklık ve yüksek antosiyanin açısından en verimli durultma ajanı olmuştur.

Ren ve ark., (2019) dut şarabının berraklaştırılması üzerine beş farklı durultma ajanının (bentonit, jelatin, kazein, yumurta albümini ve PVPP) etkilerini araştırmışlardır. Her bir durultma yardımcı maddesinin dut şarabının polifenolik bileşimi, rengi ve aroma profili üzerinde farklı etkileri olduğu belirlenmiştir. Kullanılan tüm durultma yardımcı maddeleri dut şarabının berraklaştırılmasında olumlu etki göstermiştir. Dut şarabı için en uygun durultma ajanının yumurta albümini olduğu belirlense de aromatik profil açısından PVPP, kazein ve bentonitin de önemli ölçüde etkisi olduğu saptanmıştır.

Lang ve ark., (2019) α -kazein veya β -kazeinin yaban mersini antosiyaninlerinin stabilitesi, antioksidan kapasitesi ve bunların etkileşim mekanizmaları üzerindeki koruyucu etkilerini incelemiştir. Floresans ve ultraviyole görünür absorpsiyon spektroskopisi ile yapılan çalışmada yaban mersini antosiyaninlerindeki en yüksek içerikli monomer olan malvidin -3-o-galaktosid (M3G) seçilmiş α -kazein ve β -kazeinin içsel floresansının, M3G tarafından söndürdüğü gözlenmiştir. Çalışmada α -kazein veya β -kazeinin antosiyaninlerin bozulmasını engelleyebildiği ve antioksidan aktivitelerini koruyabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

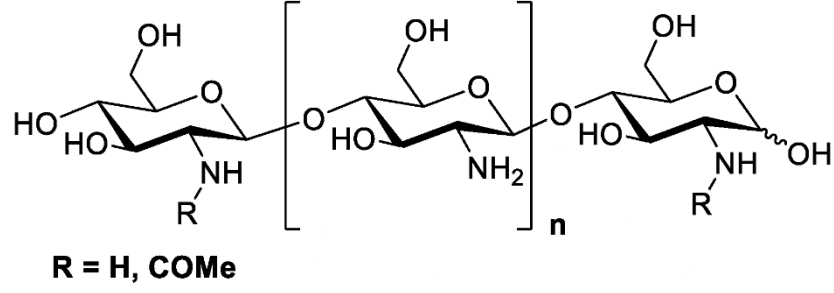
He ve ark., (2016) yaptıkları bir çalışmada α - ve β -kazeinin, üzüm kabuğu antosiyanin ekstraktlarındaki (GSAE) ana antosiyanin olan malvidin-3-O-glukozit (MG) ile etkileşimleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen çeşitli spektroskopik analizler, α - ve β -kazeinin MG'ye bağlandığını ve sırasıyla hidrofilik (van der Waals kuvvetleri veya hidrojen bağı) ve hidrofobik etkileşimler yoluyla kompleksler oluşturduğunu göstermiştir. Kazein ilavesi önemli ölçüde renk kaybını önlemiştir ve termal (80 °C/2 saat), oksidasyonu (%0.005 H₂O₂/ 1 saat) ve foton (5000 Lux/5 gün)

bozulmasını azaltmıştır. Kazein-antosiyenin etkileşiminin GSAE'nin termal, oksidasyon ve foto stabilitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

Türkyılmaz ve ark., (2021) nar sularında pastörizasyon ve depolamanın bulanıklık ve kopigmentasyon üzerine etkileri ile çeşitli hidrokolloid kombinasyonları üzerine yaptıkları araştırmada nar suyunun şişeleme sonrası bulanıklık oluşumunun önlenmesi ve pastörizasyon sonrası ve depolama sırasında antosiyenin içeriğinin yüksek olmasını hedeflemişlerdir. Çalışmada hidrokolloid (albümin, kazein, kitosan ve ksantan gam) kombinasyonlarını durultmada kullanmışlardır. Kazein, "albümin+ksantan gam" ve "albümin+kazein" pastörizasyondan sonra en yüksek berraklığı sağlarken, "albümin+kazein" ve "albümin+kazein+kitosan depolama sırasında en yüksek berraklığı sağlamıştır. Antosiyeninler ve fenolikler arasında kopigmentasyon meydana geldiğinden, "albümin+kazein" renk yoğunluğu stabilitesini "albümin+kazein+ksantan gam"a göre daha iyi (1.1 kat) artırmıştır. Bulanıklık azaltma oranının daha yüksek ve renk yoğunluğunun daha yüksek olması nedeniyle, uzun süreli depolamada berraklığı ve renk yoğunluğu yüksek nar suyu üretmek için "albümin+kazein" kombinasyonunun tercih edilebileceği tespit edilmiştir.

2.5.2. Kitosan

Kitosan, kitinin kısmi deasetilasyonu ile elde edilen modifiye bir karbonhidrat polimeridir. Oluşum sürecinde bazı *N*-asetilglukozamin kısımları glukozamin birimlerine dönüştürülür. Kitosanın yapısı üzerinde büyük miktarlarda protonlanmış-NH₂ gruplarının bulunması, pKa değerinin yaklaşık 6.5 olması nedeniyle asitli sulu ortamda çözünmektedir. Şekli 2.1 de görüldüğü gibi kitosan'da bulunan reaktif gruplar birincil amino grubu (C2) ile birincil ve ikincil hidroksil gruplarıdır (C6, C3). Bu fonksiyonel gruplar çok sayıda modifikasyona izin vererek yeni özellik ve davranışlara sahip polimerler üretirler (Aranaz ve ark., 2021).



Şekil 2. 1. Kitosanın moleküler yapısı

Kitosan, glikozaminoglikanlara (doğal olarak doğal dokularda bulunur) yapısal benzerliği ve biyoyumluluğu nedeniyle gıda, ilaç, boya, kozmetik ve tekstil endüstrileri dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Biyopolimer bazlı yenilebilir filmler ve kaplamalar, taze meyve ve sebzelerin hasat sonrası ömrünün uzatılmasında ve kalitesinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Taze meyve ve sebzeleri hasat sonrası depolama sırasında hasarlardan veya bozulmalardan, nem ve gaz transferini azaltarak, solunumu, yaşlanmayı vb. geciktirerek, yapısal bütünlüğü veya sertliği ve duyu özellikleri koruyarak korur. Çok işlevli kitosan bazlı kaplamaların veya filmlerin hazırlanmasını mümkün kılan teknoloji ilerlemesi, gıda uygulamaları için ambalaj malzemesi olarak kullanılma konusunda oldukça umut vericidir (Kumar ve ark., 2019). Bununla birlikte antibakteriyel, antifungal ve hipokolesterolemik etkileri, kıvam artırıcı, flok oluşturucu, durultma yardımcısı, absorbe edici, emülsifiye edici, jelleştirici, su ve pigment bağlayıcı gibi önemli fonksiyonları vardır (Kabanov ve Novinyuk, 2020).

Kitosan meyve sularının durultulmasında güçlü pozitif yük özelliği sayesinde negatif yüklü kolloidlerle etkileşime girerek bulanıklık yapan parçacıkları çöktürmektedir (Hafizoğlu, 2014).

Bilal ve ark., (2017) yaptığı bir çalışmada meyve suyu berraklaştırmada ligninolitik enzim karışımını aljinat-kitosan boncukları üzerinde etkili bir şekilde immobilize etmişlerdir. Hareketsizleştirilmiş ligninolitik enzimlerle yapılan muamelenin ardından önemli miktarda meyve suyu berraklığı elde edilmiştir. İşlem görmüş elma, üzüm, portakal ve nar suyunda berraklıktaki iyileşme yüzdesi sırasıyla %92.73, %78.16, %85.63

ve %94.54 olarak kaydedilmiştir. Aljinat-kitosan tanecikli ligninolitik enzimler, meyve sularının berraklaşmasına neden olmuştur; çünkü immobilizasyon, enzimatik aktiviteyi büyük ölçüde etkileyen yüksek pH, sıcaklık gibi aşırı çevresel koşullardan ve inhibitör bileşiklerden enzimlerin inaktivasyonunu önlemiştir.

Belgheisi ve Kenari (2019)'nin yaptığı bir araştırmada elma suyunun kitosan ve ultrason kombinasyon uygulamasıyla fizikokimyasal özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Ultrasonik banyo (40 ve 60°C'de 15, 30 ve 60 dakika süreyle) ve ultrasonik prob (40 ve 60°C'de 10, 15 ve 20 dakika süreyle) ile uygulama yapılmıştır. Ultrasonun pH değeri ve asitlik üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı, ultrason uygulamasının toplam katı madde miktarının ise kitosan ile kombinasyon halinde, kontrol grubu örneklerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ultrason uygulaması, elma suyunun pH ve asitlik gibi fizikokimyasal parametrelerini etkilemeden fenolik bileşikleri ve toplam antioksidan kapasitesini önemli ölçüde iyileştirmektedir. Sonuçlara göre kontrol numunelerinin bulanıklaşma noktası ile kitosan arasında önemli bir fark vardır.

Erkan-Koç ve ark., (2015) yaptığı araştırmada çeşitli protein ve polisakkarit bazlı durultma ajanlarının nar suyunun antioksidan bileşikleri ve rengi üzerine etkileri incelenmiştir. Protein bazlı (albümin, kazein ve jelatin) ve polisakkarit bazlı (kitosan ve ksantan zamkı) nar suyundaki toplam fenolikler, hidrolize edilebilir tanenler, antosiyaninler ve antioksidan aktivite üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Protein bazlı berraklaştırma maddeleri yani jelatin (6.04 NTU), kazein (6.53 NTU) ve albümin (10.10 NTU) bu fenolik maddeleri azaltarak düşük bulanıklık değerleri sağlamıştır. Protein bazlı durultma ajanlarının etkilerinden farklı olarak, polisakkarit bazlı durultma ajanlarının berraklaştırma etkisi sırasıyla, kitosan (10.30 NTU) ve ksantan gam (20.00 NTU) ile sonuçlanmıştır. Bu nedenle nar suyunun berraklaştırılmasında kitosan oldukça etkili olduğu düşünülmektedir.

Heidarizadeh ve ark., (2023) çilek suyunun niteliksel ve besleyici özelliklerinin kitosan uygulamasıyla artırılmasını incelemiştir. Çilek suyunda artırılmış berraklık elde etmek için 1 g/L konsantrasyonunda kitosan kullanılmasının optimal olduğu saptamıştır. Çilek suyunda önemli bir kalite parametresi olan rengin artırılması, kitosanın berraklaştırıcı

ajan olarak kullanılmasının dikkate değer avantajlarından biri olarak ortaya çıkmıştır. Mevcut çalışmanın sonuçları, kontrol numunesinin bulanıklığının 702.11 ± 1.76 olduğunu gösterirken, kitosan içeren numunenin bulanıklığını önemli ölçüde 12.29 ± 1.46 düşürdüğü belirlenmiştir. Buna göre çilek suyuna kitosan eklenmesiyle önemli ölçüde berraklığa ulaşıldığı gözlenmiştir.

2.5.3. Ksantan gam

Ksantan gam, *Xanthomonas campestris* bakterisinin ürettiği doğal bir polisakkarittir. Ksantan gam soğuk ve sıcak sıvıda kolayca dağılarak hızla viskoz çözeltiler üretmektedir. Bu çözeltiler, düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskoziteye, tuzlarla uyumluluğa, asidik ve alkali çözeltilerde stabiliteye, çeşitli pH seviyelerinde ve yüksek sıcaklıklarda bozulmaya karşı dirence sahiptir. Bu faktörler onu birçok gıda uygulaması için uygun hale getirir. İçeceklerde kıvam arttırma, fırıncılık ürünlerinde su bağlama ve tekstür iyileştirme, süt ürünlerinde ise emülsiyon stabilizasyonunu sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Habibi ve Darani, 2017).

Ksantan gamın bulanık elma sularının stabilitesi ve viskozitesi üzerine etkisi incelenen bir çalışmada ağırlıkça %0.4-0.5 oranında eklenen ksantan gamın elma suyunun depolanma süresi boyunca bulanıklık stabilitesini arttırdığı tespit edilmiştir (Ceneviz ve Lozano, 2001).

Aronya suyunda farklı polisakkarit bazlı durultma ajanları (kitosan, ksantan gam, karboksimetilselüloz, agar-agar, keçiyoynuzu zamkı (keçiyoynuzu zamkı) kullanılarak berraklaştırma sırasında meydana gelen değişiklikleri inceleyen bir çalışmada farklı polisakkaritin dozlarının, aronya sularının biyokimyasal parametrelerini önemli ölçüde etkilediği gözlenmiştir. Agar-agar (6.1 NTU), karboksimetilselüloz (6.9 NTU) ve ksantan gam (10.0 NTU) gibi polisakkarit bazlı berraklaştırma maddeleri, 16 saatlik uygulamadan sonra düşük bulanıklık değerleri ve daha yüksek biyoaktif bileşik ve antioksidan içeriği sağlamıştır. Bu nedenle agar-agar, karboksimetilselüloz ve ksantan gamın, aronya sularının berraklaştırılmasında kullanılabileceği belirlenmiştir (Lachowicz ve ark., 2018).

Türkyılmaz ve ark., (2019) yaptıkları araştırmada nar suyunda hidrokolloidlerin kombine kullanımı ve bunların berraklaştırma ve kopigmentasyon üzerine etkilerini incelenmişlerdir. Nar suları, hidrokolloidler (albümin, kazein, kitosan ve ksantan gam) ve birbirleriyle kombinasyon halinde kullanılarak berraklaştırılmıştır. En düşük bulanıklık 'kitosan+ksantan gam' ve 'albümin+kazein+kitosan' ile berraklaştırılan nar sularında gözlenmiştir. Çalışmada 'kitosan+ksantan gam' hem fenolik hem de antosiyanin kayıplarını önlediği ve aynı zamanda doğrudan ve dolaylı kopigmentasyon etkisi sağladığı için nar suyu berraklaştırması için 'kitosan+ksantan gam' kombinasyonu önerilmektedir.



3.MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez kapsamında kullanılan ‘Angelica’ cinsi kırmızı erikler 2022 yılının Ağustos ayında Tokat meyve-sebze halinden temin edilmiştir (Şekil 3.1). Erik suyu üretimi için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan katı meyve sıkacağı (Arçelik, K1579Y) kullanılmıştır.



Şekil 3. 1. Angelica cinsi kırmızı erik örnekleri

Depektinizasyon aşaması için pektin liyaz ve poligalakturanaz aktivitesine sahip (7700 Pectin/mL) pektolitik (Pektinex Ultra Color, Novozymes-Danimarka) enzim preparatı kullanılmıştır.

Durultma ajanı olarak; kitosan (Sigma 48165-100G, chitosan from crab shells) %0.1 kitosan çözeltisi olarak, kazein (Sigma C7078-500G, sığır sütünden elde edilmiş) %1 kazein çözeltisi olarak, ksantan gam (Sigma G1253-100G, *Xanthomonas campestris*)

%0.1 ksantan gam çözeltisi olarak, jelatin (Sigma G6144-100G,) %1 jelatin (Sigma G6144-100G, A tipi 80-100 Bloom) çözeltisi olarak, kizelsol (Tito, E551,250G) %1 kizelsol çözeltisi olarak ve bentonit (Sigma, 285234-500G) %1 bentonit çözeltisi olarak kullanılmıştır.

3.2. Enzim ve Durultma Ajanlarının Hazırlanması

%1 pektinaz çözeltisi: 1 mL pektinaz alınarak balon jodede 100 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır.

%1 jelatin çözeltisi: 1 g jelatin tartılarak yaklaşık 60 mL saf su içinde manyetik karıştırıcıda karıştırılarak ve 40 °C ye ısıtılarak çözdürülür. Balon jodaye alınıp 100 mL'ye saf suyla tamamlanmıştır.

%1 kizelsol çözeltisi: 1 mL kizelsol çözeltisi balon jodaye alınıp saf suyla 100 mL'ye balon jodede tamamlanmıştır.

%1 bentonit çözeltisi: 1 g bentonit tartılarak 10 mL saf su içinde çözdürülmüş, çözelti balon jodede 100 mL'ye saf su ile tamamlanmış ve yaklaşık 12 saat bekletilen çözeltinin berrak kısmı kullanılmıştır.

%1 kazein çözeltisi: 0.2 g sodyum hidrojen karbonat tartılarak balon jodede 25 mL su içinde çözdürülmüştür. Ardından 0.25 g kazein 25 mL saf suda çözdürülerek iki çözelti 50 mL'lik balon jodaye alınarak manyetik karıştırıcıda homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır.

%0.1'lik ksantan gam çözeltisi: 0.1 g ksantan gam tartılarak bir miktar saf suyla 60°C ısı ve karıştırma yardımıyla çözüldürülmüş ve balon jodede 100 mL'ye tamamlanmıştır.

%0.1'lik kitosan çözeltisi: Kitosan asidik ortamda çözüldüğü için önce %2'lik 50 mL asetik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Bunun için 1 mL asetik asit saf suda çözüldürülerek balon jodede 50 mL'ye tamamlanmış ve sonra %2'lik 50 mL kitosan çözeltisi

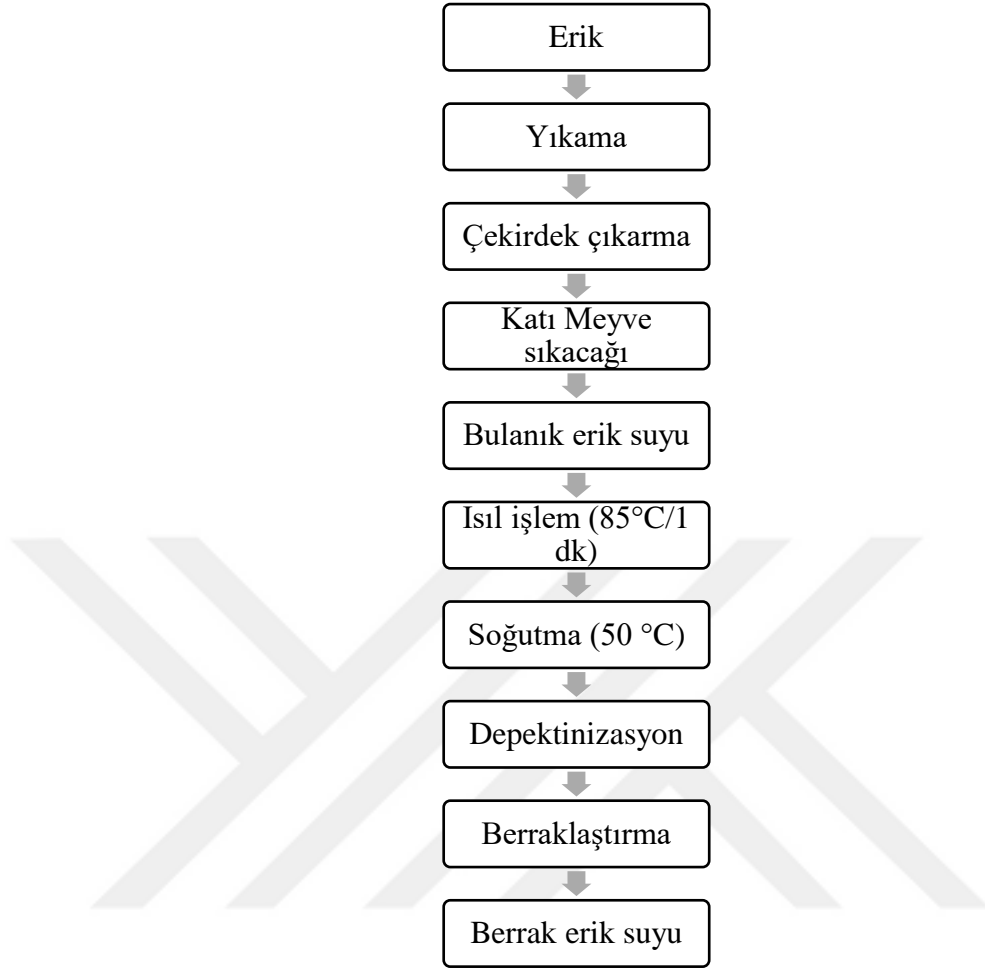
hazırlanmıştır. Bunun için 1 g kitosan tartılıp balon jode 50 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan %2'lik 50 mL asetik asit ve %2'lik 50 ml kitosan çözeltisi karıştırılarak 60°C'de 3 dk çözündürülmüş ve bu karışım çözeltiden 1 mL alınarak 100 mL' ye saf su ile tamamlanmıştır.

3.3. Yöntem

Tez çalışmasında kullanılan eriklerin meyve suyuna işlenmesi, geleneksel ajanlarla (jelatin, bentonit, kizelsol) durultma koşullarının belirlenmesi, güncel durultma ajanlarıyla (kazein, kitosan, ksantan gam) durultma koşullarının saptanması, güncel durultma ajanları için ayrı ayrı dozaj testleriyle belirlenen ve en düşük bulanıklık değerini veren koşullarla üretilen erik suyunun bulanıklığa etkisini incelemek amacıyla farklı ultrason frekanslarının bulanıklık üzerine etkilerinin belirlenmesi, güncel ve geleneksel ajanların erik suyunun bulanıklık ve bazı kalite özelliklerinin 0, 2, 4 ve 6. aylarda etkilerinin incelenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu kapsamda durultma yardımcı maddesi dozu ile berraklaştırma süreleri bulanıklık (NTU) değerleri izlenerek seçilmiştir. Depolama süresi boyunca bulanıklık, renk, pH, titrasyon asitliği, sıcak-soğuk testi, suda çözünür kuru madde, toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan kapasite (FRAP, DPPH, ABTS) analizleri yapılmış sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

3.3.1. Erik suyu üretimi

Angelica cinsi kırmızı erikler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında Şekil 3.2'de gösterilen akış şemasına uygun olarak meyve suyuna işlenmiştir. Kırmızı erikler yıkanmış ve çekirdekleri çıkarılmıştır. Küçük parçalara ayrılan meyve katı meyve sıkacağından geçirilerek bulanık erik suyu elde edilmiştir. Bulanık meyve suyu 85°C'ye ısıtılarak 1 dk ısıtılıp işleme tabi tutulmuş ve renk stabilitesi sağlanmıştır (Şekil 3.3). Ardından soğuk su banyosuna alınarak hızla 50°C'ye kadar soğutulmuş ve depektinizasyon basamağına geçilmiştir.



Şekil 3. 2. Erik suyu üretimi akış şeması



Şekil 3. 3. Bulanık erik suyu örneği

3.3.2. Erik suyunun depektinizasyonu

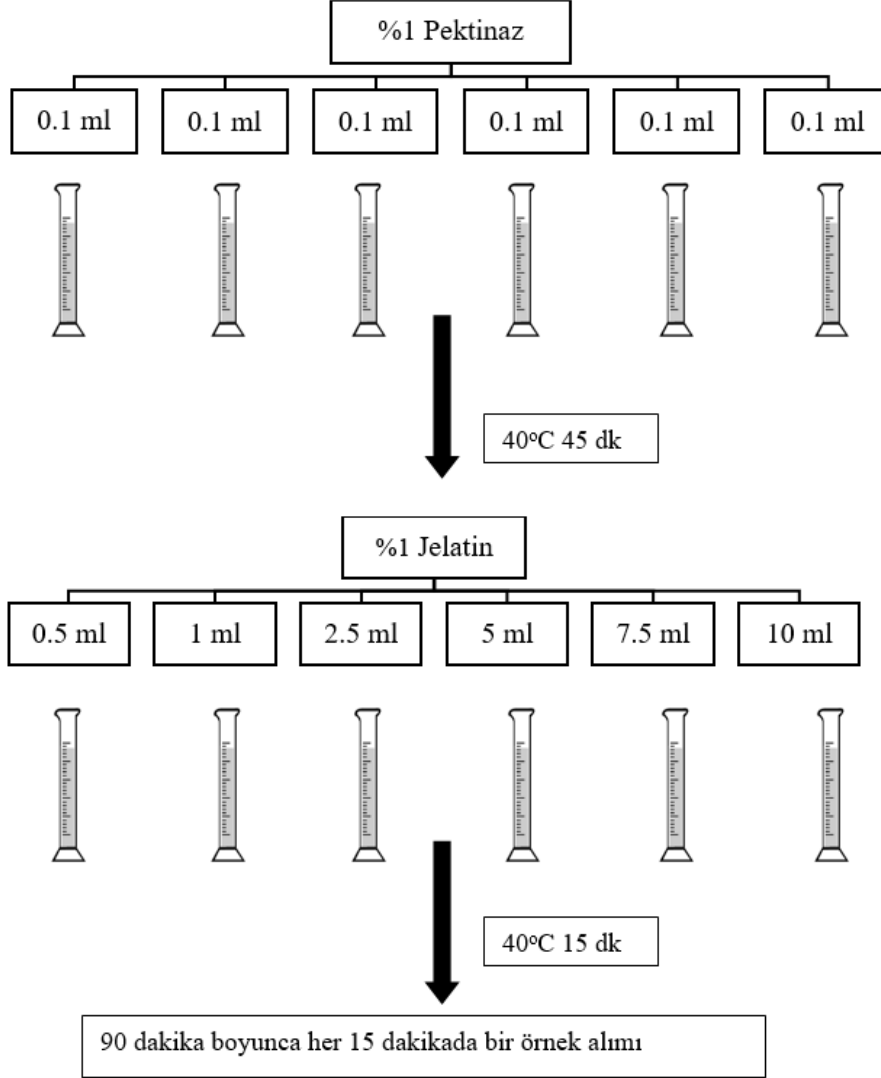
Bulanık kırmızı erik suyunun depektinizasyon aşamasında kullanılacak enzim dozunu belirlemek için dozaj testleri yapılmış ve süre, sıcaklık ve doz belirlenmesi yapılmıştır. Bu aşamada pektinin parçalanma düzeyi alkol testi ile takip edilmiştir.

Bulanık erik suları 50 mL hacimli mezürlere alınarak 40°C, 50°C ve 60°C üç ayrı sıcaklıkta su banyosu içerisinde örneklerin üzerine farklı konsantrasyonlarda olacak şekilde sırasıyla 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25 mL %1'lik pektinaz ilave edilmiştir. Örnekler cam baget yardımıyla karıştırılarak 60 dakika boyunca her 15 dakikada örnek alınarak alkol testi yapılmış ve pektinin parçalanma durumu izlenmiştir. Alkol testinin uygulanmasına ait detaylar 'Analiz Yöntemleri' başlığı altında verilmiştir.

Depektinizasyon koşulları 50 mL örnek için 0.05 mL%1 lik pektinaz ilavesiyle 40°C de ve 45 dakika depektinizasyonun sonlandığı belirlenmiş ve çalışmanın devamında bu koşullar kullanılarak depektinizasyon yapılmıştır.

Depolama aşaması için yaklaşık 25 litre bulanık erik suyu 40°C ye getirilip 2.5 ml %1 pektinaz ilave edilerek 45 dakika süreyle depektinizasyon uygulanmıştır. Kaba filtrasyondan geçirilerek geleneksel ve güncel durultma ajanlarının dozajların belirlenmesi için -18 °C de muhafaza edilmiş ve uygulamalar öncesi buzdolabı koşullarında çözündürülmüştür.

3.3.3. Geleneksel durultma dozaj testleri



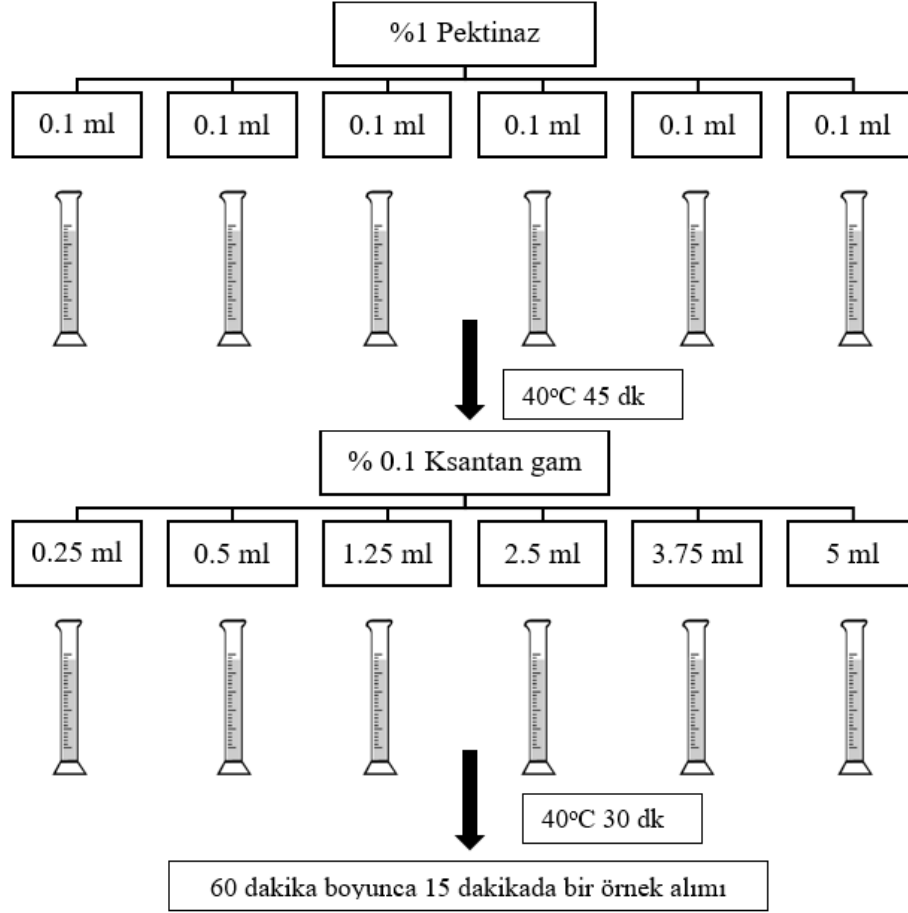
Şekil 3. 4. Geleneksel durultma ajanları dozaj testleri deneme deseni

Depektinizasyon aşamasından geçen meyve suları için önceden belirlenen 0.05 g/L, 0.1 g/L, 0.25 g/L, 0.5 g/L, 0.75 g/L ve 1 g/L oranlarıyla geleneksel durultma ajanları için Şekil 3. 4'te verilen dozaj testlerine geçilmiş ve jelatin+kiselsol+bentonit kombinasyonu için en düşük bulanıklık veren doz, sıcaklık ve süre seçilmiştir. Her bir ilaveden sonra erik suları cam bagetle karıştırılmış ve 15 dakika beklenerek diğer durultma ajanı eklenmiştir. Altı farklı mezür 40°C, 50°C ve 60°C'lik su banyosunda jelatin için 60 dk, kizelsol ve bentonit için 90 dk boyunca berraklaştırma uygulanmıştır. Her 15 dakikada bir 5 ml örnek alınarak bulanıklık (NTU) değeri ölçülmüştür. Tüm sonuçlar içinde

kaydedilen en düşük bulanıklık değeri baz alınarak sonraki durultma aşamasına geçilmiştir. Tüm ajanların dozaj testleri sonunda en düşük NTU değerini veren koşullar geleneksel berraklaştırma dozu olarak seçilmiştir.

3.3.4. Güncel durultma dozaj testleri

Depektinize erik suları için önceden belirlenen 0.05 g/L, 0.1 g/L, 0.25 g/L, 0.5 g/L, 0.75 g/L ve 1.00 g/L oranlarıyla her bir güncel durultma ajanı için ayrı ayrı dozaj testleri yapılmıştır. Hazırlanan %0.1 lik ksantan gam, %0.1 lik kitosan ve %1'lik kazein çözeltileri için 6 farklı doz (seyreltme faktörü göz önüne alınarak) ve üç farklı sıcaklıktaki (40°C, 50°C ve 60°C) su banyolarında 60 dakika boyunca berraklaştırma uygulanmıştır. Her 15 dakikada 5 mL örnek alınarak bulanıklık (NTU) değerleri belirlenmiştir. Tüm sonuçlar değerlendirilmiş ve en düşük NTU değerini veren berraklaştırma süresi, sıcaklığı ve güncel durultma ajanı dozu belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5. Güncel durultma ajanları dozaj testleri deneme deseni

3.3.4. Güncel durultma ajanlarının için kombinasyon seçimi

Geleneksel durultma ajanları endüstride yaygın olarak üçlü kombinasyon olan jelatin+kiselsol+bentonit sırası ile kullanılmaktadır. Bu nedenle güncel durultma ajanları içinde uygun kombinasyon seçimi ile minimum bulanıklık değerine sahip erik suyu üretim imkânı çalışmanın bu basamağında araştırılmıştır. Araştırmanın önceki aşamalarında çalışılan sıcaklık değerleri için 40°C en düşük NTU değerini verdiği için bu sıcaklık değeri kullanılarak en düşük NTU değeri veren dozajlar (kazein için 0.25 g/L, ksantan gam için 0.1 g/L ve kitosan için 0.75 g/L) kullanılarak kombinasyon dozaj testleri

gerçekleştirilmiştir. Her bir güncel durultma ajanının ilavesinden sonra erik suları 2 dakika boyunca cam bagetle karıştırılmış ve 15 dakika sonra diğer durultma ajanı ilave edilmiştir. Durultma ajanı ilavesi sırasıyla kazein, ksantan gam ve kitosan olarak gerçekleştirilmiştir. Durultma ajanı ilave etme işlemi tamamlandıktan sonra 60, 90 ve 120. dakikalarda örnekler alınarak bulanıklık (NTU) ve renk (a*) değerleri ölçülmüştür. Üç farklı durultma ajanının farklı oranlar kullanılarak erik suyuna eklenmesiyle yedi farklı kombinasyon oluşturulmuş hangi kombinasyonun durultmada daha etkin olduğu saptanmaya çalışılmıştır. Deneme deseni olarak oluşturulan kombinasyonlar Tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3. 1. Güncel durultma ajanı kombinasyonları

Kombinasyonlar	KAZEİN	K.GAM	KİTOSAN
1	Tam doz	Tam doz	Tam doz
2	1\2	1\4	1\4
3	1\4	1\2	1\4
4	1\4	1\4	1\2
5	0	1\2	1\2
6	1\2	0	1\2
7	1\2	1\2	0

3.3.5. Ultrasonik frekans seçimi

Güncel durultma ajanlarının en düşük bulanıklık (NTU) ve en iyi renk sonuçlarına sahip durultma kombinasyonu kullanılarak çalışılmıştır. 25, 37, 45 kHz ultrason frekanslarında ultrasonik su banyoları kullanılarak her durultma ajanı ilavesinin ardından 1 dakika ve 5 dakika ultrason uygulaması yapılmıştır. 60, 90, 120. dakikalarda örnek alınıp NTU ve renk değerleri ölçülmüştür. En düşük NTU değeri referans alınarak en uygun süre ve ultrason frekansı belirlenmiştir.

3.3.6. Berrak Erik Sularının Depolanması

Berrak erik sularının 6 aylık depolama sürecinde bulanıklık ve bazı kalite parametrelerinde meydana gelen değişimi belirlemek amacıyla iki ayda bir “Analiz Yöntemleri” başlığında verilen analizler gerçekleştirilmiştir. Bunun için depektinize erik suları (DP), geleneksel durultma ajanları ile durultulan erik suları (GEL), güncel durultma ajanları ile durultulan erik suları (GÜN) olmak üzere üç örnek grubu oluşturulmuştur. Her örnek grubu yukarıda anlatıldığı şekilde belirlenen doz ve sürede depektinizasyon ve berraklaştırma aşamalarından geçirilmiştir. Bu örnek grupları öncelikle endüstriyel üretimi modellemek amacıyla kaba filtre kağıdından geçirilmiş ve ardından 50 mL’lik santrifüj tüplerine konularak 85 °C’de 15 dakika pastörize edilmiş ve 6 ay süreyle buzdolabı koşullarında (+4 °C) sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

3.4. Analiz Yöntemleri

3.4.1. Alkol testi

Beş mL meyve suyu üzerine 5 mL %95 etil alkol eklenerek 3 kez alt üst edilmiştir. Örneklerde jelleşme olması pektin varlığını gösterirken, yüzeye hızlıca çıkan hava kabarcıklarının olması pektinin parçalanmış olduğunu göstermektedir. Jelleşme varlığı pozitif (+), jelleşme yokluğu (-) sonuç olarak değerlendirilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

3.4.2. Bulanıklık Tayini (NTU)

Erik sularının bulanıklık değeri (La Matte 2200, 2020 we, Amerika) marka türbidimetre kullanarak ölçülmüştür (Yemiş ve Arslantürk, 2016).

3.4.3. Renk Tayini

Erik sularında renk ölçümü Chromameter model renk cihazı Minolta (CR-300 model) ile Hunter renk ölçüm parametreleri kullanılarak L* (parlaklık), a* (kırmızı/yeşil) ve b*

(sarı/mavi) değerlerinin okunması ile gerçekleştirilmiştir. a* değerinin + olması kırmızı, - olması yeşili; b* değerinin + olması sarı, - olması ise maviyi temsil etmektedir (AOAC, 1996). Cihaz, beyaz bir standart plaka ile kalibre edilmiştir. Daha sonra erik sularına ait L*, a* ve b* değerleri kaydedilmiş, ΔE (toplam renk farkı), ΔC (renk yoğunluğu, croma değeri), Hue açısı (renk tonu) ve beyazlık indeksi değerleri ise aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(L^* - L^{\text{ref}*})^2 + (a^* - a^{\text{ref}*})^2 + (b^* - b^{\text{ref}*})^2]^{1/2}$$

$$\Delta C = [(a^* - a^{\text{ref}*})^2 + (b^* - b^{\text{ref}*})^2]^{1/2}$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

$$\text{Beyazlık İndeksi} = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

3.4.4. pH Değeri

Örneklerin pH değerleri yeterli miktarlarda örnek alınarak Hanna HI 2211 (Romanya) marka pH metre yardımı ile erik sularına probun doğrudan daldırılmasıyla ölçülmüştür.

3.4.5. Titrasyon Asitliği Tayini

AOAC (1995)'de belirtilen potansiyometrik yöntem ile belirlenmiştir. Erik suyu örneklerinden 5 mL alınarak üzerine 5 mL saf su eklenerek 2 kat seyreltilmiş ve üzerine 1 mL %2'lik fenolftaleyn eklenip 0.1 N NaOH ile pH 8.1 değerine kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH çözeltisinin miktarını kullanarak aşağıdaki formül yardımı ile erik sularının asitlik değeri g/L sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{Titration asitliği, \%} = V * f * E * 100 / M$$

V: Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, mL

F: Çözelti faktörü (0.9996)

E: 1 mL 0.1 N NaOH'ın eşdeğer asit miktarı (0.0064), sitrik asit cinsinden

M: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, mL

3.4.6. Sıcak-Soğuk Testi (Stabilite Testi)

Deney tüpüne 10 mL erik suyu alınmış ve 90°C'ye ısıtılmıştır, 5 dakika ısı işlemine tabi tutulduktan sonra deney tüpleri soğuk su banyosuna daldırılarak sıcaklığı -3°C ile -5°C'ye düşürülmüş ardından oda ısısına (20°C) gelmesi beklenmiştir. Başlangıç ve işlem sonundaki NTU değerleri ölçülerek bulanıklık değerleri karşılaştırılmıştır (Anonim, 2017).

3.4.7. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Erik sularının suda çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri Hanna HI 96801 (Romanya) marka dijital refraktometre kullanılarak 20°C'de belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010). Sıcaklık düzeltme değerleri tablosuna göre düzeltmeler yapılarak yorumlanmıştır (Ek-A.1).

3.4.8. Toplam Fenolik Madde Tayini

Standart eğrinin oluşturulması: Erik sularında toplam fenolik madde tayini için Franke ve ark., (2004)'nin tanımladığı spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda (0, 20, 40, 60, 80, 100 mg/L) stok gallik asit çözeltisinden 100 µl alınarak üzerine 2 mL (%10 v/v) Folin-Ciocalteu ayracı ve 1 mL %7'lik NaHCO₃ ilave edilmiştir (Cemeroğlu, 2013). 30 dakika karanlıkta bekletilen numunelerin 760 nm dalga boyunda konsantrasyonlarına karşı absorpsiyon değerleri okunarak kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur (Ek-A.2).

Örnek hazırlama: Erik suyu örneklerinin oluşturulan kalibrasyon eğrisine uyumlu olarak yorumlanabilmesi için seyreltme faktörleri denemeleri sonucu 10 kat seyreltme faktörünün uygun olduğu tespit edilmiştir. Buna göre 100 µL erik suları tüplere alınmış üzerine 900 µL saf su eklenerek seyreltilmiştir. Üzerine 2 mL (%10 v/v) Folin Ciocalteu reaktifi eklenip vorteksle karıştırılmıştır. Her bir tüp içerisine 1 mL %7'lik NaHCO₃ çözeltisi eklenerek vorteksle karıştırılmış ve 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. 30 dakika

sonunda spektrofotometrede saf suya karşı 760 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Seyreltmeler de dikkate alınarak sonuçlar gallik asit cinsinden mg GAE/L olarak verilmiştir.

3.4.9. Antioksidan Kapasite Tayini

Erik sularının antioksidan kapasite değerleri 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikal süpürme kapasitesi (DPPH) yöntemi, demir (III) iyonu indirgeyici antioksidan güç (FRAP) yöntemi ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikal süpürme kapasitesi) yöntemi

Erik sularında DPPH yöntemi ile antioksidan kapasitenin belirlenmesinde Brand-Williams ve ark., (1995)'nin tanımladığı yöntemi uygulanmıştır.

Standart eğrinin oluşturulması: 500 mg/L olarak hazırlanan stok troloks çözeltisi farklı konsantrasyonlarda (0, 50, 100, 150, 200, 250 mg/L) tüplere 100 µL alınarak üzerine 3900 µL 0.1 mM DPPH çözeltisi eklenmiştir. Karışım 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda absorbans değeri okunmuştur.

Örnek hazırlama: 30 kat seyreltilmiş erik suyu örneğinden 100 µL alınarak üzerine 3900 µL 0.1 mM DPPH çözeltisi eklenmiştir. Karışım 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda absorbans değeri okunmuştur. Okunan absorbans değerleri ile kalibrasyon eğrisinden ilgili absorbansa karşılık gelen konsantrasyon değerleri troloks cinsinden mM/L olarak hesaplanmıştır (Ek-A.3).

FRAP (Demir (III) iyonu indirgeyici antioksidan güç) yöntemi

Standart eğrinin oluşturulması: Bu tayin için önce FRAP reaktifi olarak adlandırılan bir çözelti hazırlanmıştır. Bu çözelti 300 mM sodyum asetat (pH 3.6) tampon çözeltisi, 20 mM sulu demir (III) klorür çözeltisi ve 10 mM sulu TPTZ (tripiridiltriazin) çözeltisinden oluşmaktadır. Hazırlanan çözeltiler 10/1/1 (20 mM sodyum asetat tampon çözeltisi / 20 mM sulu demir (III) klorür çözeltisi / 10 mM sulu TPTZ (tripiridiltriazin) çözeltisi)

oranında karıştırılarak açık sarı renkli bir çözelti elde edilmiştir. Stabil hale gelmesi için yaklaşık 2 saat karanlıkta bekletilen çalışma çözeltisi koyu sarı renge sahiptir. 500 mg/L olarak hazırlanan stok troloks çözeltisi farklı konsantrasyonlarda (0, 5, 10, 15, 20, 25 µmol/L) tüplere 100 µL alınarak üzerine 2900 µL FRAP çalışma çözeltisinden ilave edilmiş ve 4 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur (Benzie ve Strain, 1996).

Örnek hazırlama: 50 kat seyreltilen erik suyu örneklerinden 100 µL alınmış üzerlerine 2900 µL FRAP çalışma çözeltisinden ilave edilerek 4 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Kalibrasyon eğrisinden ilgili absorbansa karşılık gelen konsantrasyon değeri hesaplanmıştır (Ek-A.4). Sonuçlar troloks µm/L cinsinden verilmiştir.

ABTS / TEAC (Troloks eşiti antioksidan kapasite) yöntemi

Erik sularında TEAC yöntemi ile antioksidan kapasitenin belirlenmesinde Re ve ark., (1999) tarafından tanımlanan yöntem kullanılmıştır.

Standart eğrinin oluşturulması: Bu tayin için önce ABTS radikal stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bunun için 7 mM ABTS çözeltisi ve 2.5 mM potasyum peroksidisülfat çözeltisi 1:1 oranında karıştırılıp 1 gece karanlıkta bekletilerek ABTS radikal stok çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan ABTS radikal stok çözeltisinden 1 mL alınıp üzerine önceden hazırlanmış 20 mM sodyum asetat (pH 4.5) tampon çözeltisi kademeli olarak ilave edilmiştir. Bu çözelti spektrofotometrede 734 nm de sürekli ölçülerek absorbans değeri 0.700- 0.720 aralığında olacak şekilde seyreltilip ABTS çalışma çözeltisi hazırlanmıştır. 500 mg/L olarak hazırlanan stok troloks çözeltisi farklı konsantrasyonlarda (0, 100, 200, 300, 400, 500 mg/L) tüplere 40 µL alınarak üzerine 4000 µL ABTS çalışma çözeltisinden ilave edilmiş ve 6 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Böylece standart çalışma eğrisi oluşturulmuştur.

Örnek hazırlama: 60 kat seyreltilen erik suyu örneklerinden 40 µL alınmış üzerlerine 4000 µL ABTS çalışma çözeltisinden ilave edilerek 6 dakika karanlıkta bekletilmiştir.

Bekleme süresi sonunda spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Kalibrasyon eğrisinden ilgili absorbansa karşılık gelen konsantrasyon değeri hesaplanmıştır (Ek-A.5). Sonuçlar troloks µm/L cinsinden verilmiştir.

3.4.10. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini

Erik sularının toplam monomerik antosiyanin içeriği Fuleki ve Francis (1968) tarafından geliştirilen pH diferansiyel yöntemi ile belirlenmiştir. pH-1.0 ve pH-4.5 arasındaki renk farklılıklarını belirlemek için bu pH değerlerinde iki farklı tampon çözelti hazırlanmıştır.

Maksimum dalga boyunda 400-600 nm aralığında absorbans değeri okumak için erik suyu örnekleri 10 kat seyreltilmiştir. Seyreltme faktörü ön denemelerle tespit edilmiştir. Beş mL erik suyu alınarak 50 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Seyreltilmiş erik sularından iki ayrı santrifüj tüpüne 10 mL alınmıştır. Santrifüj tüplerinden birindeki erik suyunun pH değeri 0.1 N HCl çözeltisi ile 1.0'e ayarlanmıştır. pH değeri ayarlanan erik suyu santrifüj tüpünün 50 mL çizgisine kadar pH-1 tamponu ile tamamlanmıştır. Diğer santrifüj tüpündeki erik suyunun pH değeri ise 0.1 N NaOH çözeltisi ile pH-4.5'e ayarlanmıştır. pH değeri ayarlanan erik suyu santrifüj tüpünün 50 mL çizgisine kadar pH-4.5 tamponu ile tamamlanmıştır. Hazırlanan örneklerin ağızları kapatılmış, ışık almaması için folyo ile sarılmış ve 2 saat buzdolabında bekletilmiştir. Hazırlanan meyve suyu örneklerinin hangi dalga boyunda maksimum absorbans değerini verdiğini bulmak amacı ile spektrofotometrede 400 nm ile 600 nm arasındaki dalga boyları taranmış ve maksimum absorbans değerinin alındığı dalga boyu belirlenmiştir. pH-1.0 ve pH-4.5 için hazırlanan örneklerin maksimum absorbans değeri verdiği dalga boyu ve bulanıklık unsurlarının tespit edilmesi amacıyla 700 nm dalga boyunda absorbans ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucu toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/L) aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam antosiyanin} = (A \times 10^3 \times M_w \times DF) / (\epsilon \times L)$$

$$\text{Absorbans (A)} = (A_{\text{max.}} - A_{700})_{\text{pH:1.0}} - (A_{\text{max.}} - A_{700})_{\text{pH:4.5}}$$

Mw: Molekül ağırlığı (449.2 g/L siyanidin 3-gkikozit)

DF: Seyreltme faktörü

ϵ : Molar absorbans (26900 siyanidin 3-glikozit)

L: Küvetin optik yolu

3.5. İstatistiksel Analiz

Varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile oluşturulan modelin deneysel verileri ne ölçüde karşıladığı belirlenmiştir. Doğrulama testlerinde ve erik suyu örneklerindeki istatistiksel değerlendirme Duncan testi ile %95 güven aralığında belirlenmiştir.

Çalışmada tüm analizler 3 paralel ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür ve elde edilen tüm veriler ortalama değer \pm standart sapma (SD) olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Dozaj Testleri ve Ultrason Frekans Uygulaması Sonuçları

4.1.1. Geleneksel durultma ajanlarının kombinasyonuna ait dozaj testleri sonuçları

Berrak meyve suyu üretiminde endüstride sıkça kullanılan durultma ajanlarından jelatin, kizelsol ve bentonitin kombinasyonu için dozaj testleri uygulanmıştır. Depektinizasyonda seçilen 40°C ile başlanmış sırasıyla %1'lik jelatin, %1'lik kizelsol ve %1'lik bentonit için sıcaklık ve dozaj denemeleri yapılmıştır. İlk olarak %1'lik jelatinin dozunun belirlenmesi için 40°C de farklı dozlar (0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 g/L) ilave edilmiş, 60 dakika boyunca her 15 dakikada bulanıklık (NTU) değerleri ölçülmüştür. En düşük bulanıklık (NTU) değerine karşılık gelen doz seçilerek jelatin dozu ve etki süresi saptanmıştır (Şekil 4.1). %1'lik kizelsol dozunun belirlenmesi için seçilen doz ve sürede jelatin ilave edilerek 40°C de farklı dozlarda kizelsol (0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 g/L) ilave edilmiştir. 90 dakika boyunca her 15 dakikada bulanıklık (NTU) değeri ölçülmüştür. En düşük bulanıklık (NTU) değerine karşılık gelen doz seçilerek kizelsol dozu ve süresi saptanmıştır (Şekil 4.2). Son olarak %1'lik bentonit dozunun belirlenmesi için seçilen dozlarda jelatin ve kizelsol eklenerek 40°C de farklı dozlarda (0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 g/L) bentonit ilave edilmiş, 90 dakika boyunca her 15 dakikada bulanıklık (NTU) değeri ölçülmüştür. En düşük bulanıklık (NTU) değerine karşılık gelen doz bentonit için uygun doz ve süre olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3). Böylece 40°C'de jelatin+kizelsol+bentonit kombinasyonu için uygulama süresi ve dozları belirlenmiştir (Tablo 4.1). Tüm denemeler 50°C ve 60°C için de tekrarlanmıştır (Tablo 4.2 ve Tablo 4.3). 40°C, 50°C ve 60°C'de yapılan tüm durultma denemelerinin bulanıklık (NTU) sonuçları incelendiğinde en iyi sonuçların 40°C'de alındığı görülmüştür.

Tablo 4.1'de 40 °C için geleneksel durultma yapmak için %1'lik jelatin, %1'lik kizelsol ve %1'lik bentonit miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan denemelerin sonuçları yer almaktadır. Jelatin için 60. dakikada 0.50 g/L dozda, bulanıklık (NTU) değeri 6.00 olarak ölçülmüştür. Şekil 4.1'de durultma aşamasındaki örneklerden 4 numaralı tüpte bulanıklığın diğer örneklere göre daha az olduğu, tortunun kalın bir tabaka halinde

ayrıldığı görülmektedir. Süre sonunda 1, 2 ve 3 numaralı tüplerde tortu ayrılması net bir şekilde gözlenmiştir. 0.50 g/L %1'lik jelatin eklenmiş örneğe 1.00 g/L %1'lik kizelsol eklenmesiyle 75. dakikada bulanıklık (NTU) değeri 2.1 NTU olarak ölçülmüştür. Şekil 4.2'de tüm tüplerde sıkı tortu oluşumu gözlemlenmiştir. %1'lik jelatin ve kizelsol eklenmiş erik suyu örneklerine %1'lik bentonit eklendiğinde örneklerin bulanıklık değerlerinin birbirleri arasındaki benzerliği ve örneklerin gözle değerlendirilmesi sonucu 0.50 g/L ilavesinde 60. dakikada bulanıklık değeri 0.09 NTU ölçülmüş ve bu değer optimum olarak seçilmiştir. Her bir durultma ajanı eklendiğinde bulanıklık (NTU) değerinin düşmesi, meyve suyu durultma teknolojisinde durultma ajanlarının kombinasyonunun daha etkin sonuçlar vereceğini ortaya koymuştur.

Tablo 4. 1. 40°C Jelatin, kizelsol ve bentonit kombinasyonu NTU* değerleri

JELATİN			JELATİN+ KİZELSOL				JELATİN+ KİZELSOL+ BENTONİT				
40°C			40°C				40°C				
Süre (dk)	%1 Jelatin (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)	Süre (dk)	%1 Jelatin (g/L)	%1 Kizelsol (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)	Süre (dk)	%1 Jelatin (g/L)	%1 Kizelsol (g/L)	%1 Bentonit (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)
15	0.05	45.5	15	0.5	0.05	>1000	15	0.05	1.00	0.05	9.68
	0.10	34.8		0.5	0.10	686		0.05	1.00	0.10	9.47
	0.25	59.7		0.5	0.25	772		0.05	1.00	0.25	16.00
	0.50	>1000		0.5	0.50	16.00		0.05	1.00	0.50	12.9
	0.75	>1000		0.5	0.75	29.00		0.05	1.00	0.75	3.14
	1.00	>1000		0.5	1.00	13.3		0.05	1.00	1.00	0.59
30	0.05	34.5	30	0.5	0.05	>1000	30	0.05	1.00	0.05	4.12
	0.10	28.2		0.5	0.10	704		0.05	1.00	0.10	2.91
	0.25	44.5		0.5	0.25	621		0.05	1.00	0.25	1.86
	0.50	>1000		0.5	0.50	10.49		0.05	1.00	0.50	0.64
	0.75	>1000		0.5	0.75	6.63		0.05	1.00	0.75	6.54
	1.00	>1000		0.5	1.00	4.57		0.05	1.00	1.00	2.00
45	0.05	54.3	45	0.5	0.05	>1000	45	0.05	1.00	0.05	2.32
	0.10	24.8		0.5	0.10	612		0.05	1.00	0.10	1.67
	0.25	53.00		0.5	0.25	31		0.05	1.00	0.25	1.17
	0.50	830		0.5	0.50	6.72		0.05	1.00	0.50	0.48
	0.75	>1000		0.5	0.75	4.52		0.05	1.00	0.75	0.62
	1.00	>1000		0.5	1.00	3.92		0.05	1.00	1.00	1.77
60	0.05	90.00	60	0.5	0.05	>1000	60	0.05	1.00	0.05	1.57
	0.10	59.7		0.5	0.10	21.00		0.05	1.00	0.10	0.99
	0.25	25.4		0.5	0.25	14.00		0.05	1.00	0.25	0.64
	0.50	6.00		0.5	0.50	4.97		0.05	1.00	0.50	0.09
	0.75	>1000		0.5	0.75	4.26		0.05	1.00	0.75	2.22
	1.00	>1000		0.5	1.00	3.41		0.05	1.00	1.00	0.04
75			75	0.5	0.05	939	75	0.05	1.00	0.05	1.15
				0.5	0.10	24		0.05	1.00	0.10	0.6
				0.5	0.25	9.8		0.05	1.00	0.25	0.35
				0.5	0.50	4.18		0.05	1.00	0.50	0.3
				0.5	0.75	5.94		0.05	1.00	0.75	2.85
				0.5	1.00	2.1		0.05	1.00	1.00	0.04
90			90	0.5	0.05	804	90	0.05	1.00	0.05	0.7
				0.5	0.10	21.00		0.05	1.00	0.10	0.42
				0.5	0.25	11.7		0.05	1.00	0.25	0.2
				0.5	0.50	3.6		0.05	1.00	0.50	0.07
				0.5	0.75	39.00		0.05	1.00	0.75	21.00
				0.5	1.00	2.28		0.05	1.00	1.00	0.09

*1000'in üzerindeki bulanıklık değerleri >1000 şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 4. 1. 40°C’de farklı miktarlarda %1 jelatin eklenmiş erik suyu örnekleri (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L)



Şekil 4. 2. 40°C’de farklı miktarlarda %1 kizelsol (jelatin+kizelsol) eklenmiş erik suyu örnekleri (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L)



Şekil 4. 3. 40°C’de farklı miktarlarda %1 bentonit (jelatin+kizelsol+bentonit) eklenmiş erik suyu örnekleri (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L)

Tablo 4. 2. 50°C Jelatin, kizelsol ve bentonit kombinasyonu NTU* değerleri

JELATİN			JELATİN+ KİZELSOL				JELATİN+ KİZELSOL+ BENTONİT				
50°C			50°C				50°C				
Süre (dk)	%1 Jelatin Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)	Süre (dk)	%1 Jelatin (g/L)	%1 Kizelsol Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)	Süre (dk)	%1 Jelatin (g/L)	%1 Kizelsol (g/L)	%1 Bentonit (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)
30	0.05	631	15	0.5	0.05	>1000	15	0.05	1.00	0.05	17.9
	0.10	>1000		0.5	0.10	>1000		0.05	1.00	0.10	27
	0.25	>1000		0.5	0.25	>1000		0.05	1.00	0.25	10.76
	0.50	>1000		0.5	0.50	701		0.05	1.00	0.50	12.8
	0.75	>1000		0.5	0.75	29		0.05	1.00	0.75	18.5
	1.00	>1000		0.5	1.00	31		0.05	1.00	1.00	>1000
45	0.05	12.5	30	0.5	0.05	>1000	30	0.05	1.00	0.05	6.37
	0.10	>1000		0.5	0.10	>1000		0.05	1.00	0.10	7.69
	0.25	>1000		0.5	0.25	722		0.05	1.00	0.25	11.8
	0.50	>1000		0.5	0.50	26		0.05	1.00	0.50	5.05
	0.75	>1000		0.5	0.75	28		0.05	1.00	0.75	5.4
	1.00	>1000		0.5	1.00	18.6		0.05	1.00	1.00	13.3
60	0.05	5	45	0.5	0.05	>1000	45	0.05	1.00	0.05	4.38
	0.10	>1000		0.5	0.10	788		0.05	1.00	0.10	24
	0.25	>1000		0.5	0.25	22		0.05	1.00	0.25	15
	0.50	>1000		0.5	0.50	32		0.05	1.00	0.50	12
	0.75	>1000		0.5	0.75	17.7		0.05	1.00	0.75	16
	1.00	>1000		0.5	1.00	11.6		0.05	1.00	1.00	16
			60	0.5	0.05	>1000	60	0.05	1.00	0.05	>1000
				0.5	0.10	655		0.05	1.00	0.10	25
				0.5	0.25	27		0.05	1.00	0.25	26.6
				0.5	0.50	17.4		0.05	1.00	0.50	13.7
				0.5	0.75	14.5		0.05	1.00	0.75	16.6
				0.5	1.00	9.78		0.05	1.00	1.00	14
			75	0.5	0.05	963	75	0.05	1.00	0.05	>1000
				0.5	0.10	27		0.05	1.00	0.10	15.6
				0.5	0.25	31		0.05	1.00	0.25	16.3
				0.5	0.50	12.4		0.05	1.00	0.50	6.1
				0.5	0.75	16.3		0.05	1.00	0.75	17.6
				0.5	1.00	7.44		0.05	1.00	1.00	21
			90	0.5	0.05	872	90	0.05	1.00	0.05	>1000
				0.5	0.10	25		0.05	1.00	0.10	995
				0.5	0.25	30		0.05	1.00	0.25	841
				0.5	0.50	11.6		0.05	1.00	0.50	22.9
				0.5	0.75	17.5		0.05	1.00	0.75	>1000
				0.5	1.00	8.22		0.05	1.00	1.00	>1000

*1000'in üzerindeki bulanıklık değerleri >1000 şeklinde ifade edilmiştir.

Tablo 4. 3. 60°C Jelatin, kizelsol ve bentonit kombinasyonu NTU* değerleri

JELATİN			JELATİN+ KİZELSOL				JELATİN+ KİZELSOL+ BENTONİT				
60°C			60°C				60°C				
Süre (dk)	%1 Jelatin Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)	Süre (dk)	%1 Jelatin (g/L)	%1 Kizelsol Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)	Süre (dk)	%1 Jelatin (g/L)	%1 Kizelsol (g/L)	%1 Bentonit (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)
30	0.05	654	15	0.5	0.05	>1000	15	0.05	1.00	0.05	12.8
	0.10	>1000		0.5	0.10	>1000		0.05	1.00	0.10	10.02
	0.25	>1000		0.5	0.25	>1000		0.05	1.00	0.25	4.5
	0.50	>1000		0.5	0.50	>1000		0.05	1.00	0.50	9.16
	0.75	>1000		0.5	0.75	>1000		0.05	1.00	0.75	2.55
	1.00	>1000		0.5	1.00	>1000		0.05	1.00	1.00	1.24
45	0.05	24.5	30	0.5	0.05	>1000	30	0.05	1.00	0.05	10.63
	0.10	>1000		0.5	0.10	>1000		0.05	1.00	0.10	9.4
	0.25	>1000		0.5	0.25	>1000		0.05	1.00	0.25	11.5
	0.50	>1000		0.5	0.50	>1000		0.05	1.00	0.50	>1000
	0.75	>1000		0.5	0.75	>1000		0.05	1.00	0.75	18.8
	1.00	>1000		0.5	1.00	982		0.05	1.00	1.00	0.7
60	0.05	11	45	0.5	0.05	>1000	45	0.05	1.00	0.05	8.85
	0.10	790		0.5	0.10	>1000		0.05	1.00	0.10	7.08
	0.25	>1000		0.5	0.25	>1000		0.05	1.00	0.25	8.7
	0.50	>1000		0.5	0.50	>1000		0.05	1.00	0.50	>1000
	0.75	>1000		0.5	0.75	830		0.05	1.00	0.75	6.3
	1.00	>1000		0.5	1.00	>1000		0.05	1.00	1.00	3.7
			60	0.5	0.05	>1000	60	0.05	1.00	0.05	6.29
				0.5	0.10	>1000		0.05	1.00	0.10	4.45
				0.5	0.25	>1000		0.05	1.00	0.25	10.6
				0.5	0.50	731		0.05	1.00	0.50	907
				0.5	0.75	730		0.05	1.00	0.75	5.75
				0.5	1.00	674		0.05	1.00	1.00	3.58
			75	0.5	0.05	983	75	0.05	1.00	0.05	5.75
				0.5	0.10	806		0.05	1.00	0.10	5
				0.5	0.25	26		0.05	1.00	0.25	>1000
				0.5	0.50	>1000		0.05	1.00	0.50	8.8
				0.5	0.75	742		0.05	1.00	0.75	6.3
				0.5	1.00	939		0.05	1.00	1.00	3.72
			90	0.5	0.05	799	90	0.05	1.00	0.05	2.82
				0.5	0.10	>1000		0.05	1.00	0.10	7.77
				0.5	0.25	684		0.05	1.00	0.25	15
				0.5	0.50	>1000		0.05	1.00	0.50	>1000
				0.5	0.75	943		0.05	1.00	0.75	7
				0.5	1.00	>1000		0.05	1.00	1.00	24.6

*1000'in üzerindeki bulanıklık değerleri >1000 şeklinde ifade edilmiştir.

Dozaj testi yapılan tüm sıcaklık değerlerine ait veriler incelendiğinde uygulama sıcaklığı arttıkça jelatin kaynaklı bulanıklığın arttığı, kizelsol ve bentonitin jelatin kaynaklı bulanıklığı gidermede yetersiz kaldıkları görülmektedir. Bu nedenle, en iyi durultma sıcaklığı geleneksel durultma ajanlarının kombinasyon halinde kullanımıyla 0.09 NTU değerlerini veren 40°C olarak seçilmiştir. Bu sıcaklıkta jelatin için 60. dakikada 0.5 g/L; kizelsol için 75. dakikada 1.00 g/L; bentonit için 60. dakikada 0.5 g/L ilavesi yapıldığı saptanmıştır.

Meyve suyu endüstrisinde büyük ölçekli üretimler yapıldığı göz önüne alındığında yapılan çalışmada ton başına sarfiyatı ve maliyeti önem arz etmektedir. Bir ton erik suyunun durultması için kullanılacak durultma ajanı miktarı ve maliyet hesabı yapıldığında; jelatin için 500 g 9.513 TL, kizelsol için 1000 g 297 TL ve bentonit için 500 g 2.387 TL olmak üzere toplam 12.197 TL olarak hesaplanmıştır (maliyet hesabı materyal metotta belirtilen durultma ajanları referans alınarak 19 Aralık 2023 tarihli kur değeri olan 1 Euro/31.74 TL üzerinden hesaplanmıştır).

Üzüm suyunun berraklaştırması üzerine yapılan bir çalışmada 600 µL jelatin kullanımının bulanıklığı %73.3 azalttığı, 950 µL bentonit kullanımının bulanıklığı %83.3 azalttığı belirlenirken jelatin ve bentonit kombinasyonunun kullanımı bulanıklığı %95.7 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Mazrou, 2020). Dereli ve ark., (2015) durultma ve pastörizasyonun siyah havuç suyuna etkilerini inceledikleri çalışmada jelatin, bentonit ve kizelsol kullanımının bulanıklığı 4 NTU değerine kadar gerilediğini tespit etmişlerdir. Bunun için bentonit (0.715 mL/L) 50 °C 30 dakika, jelatin (7.5 mL/L) ve kizelsol (2.6 mL/L) 4 °C 8 saat uygulamasının kullanımını önermektedirler. Orhan (2014) nar ve çilek sularının durultulması üzerine çalışmalar yapmış ve maksimum berraklığa 50 °C'de 0.2 g/L bentonit (%10'luk), 0.05 g/L jelatin (%1'lik) ve 0.8 mL/L kizelsol (%15'lik) uygulanmasıyla ulaşıldığını saptamıştır. Vardin (2003), nar suyunun berraklaştırılması üzerine yaptığı çalışmada en uygun dozun 1 g/L jelatin olduğunu tespit etmiştir. Dıblan (2013) üzüm suyunun durultulması konusunda yaptığı araştırmada 50°C'de 90 dakika 0.50 g/L jelatin uygulamasının 23.0 NTU bulanıklık değerine ulaştığı bununla birlikte 0.2 g/L bentonitle birlikte durultulmasında ise NTU değerinin 15.0 değerine gerilediği rapor

edilmiştir. Buna göre jelatinin protein kaynaklı olması nedeniyle, başka durultma ajanlarıyla kombinasyonunun tek başına kullanılmasına göre daha iyi berraklık değerleri sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.2. Güncel durultma ajanları için dozaj testi sonuçları

Güncel durultma ajanı olarak seçilen kazein, ksantan gam ve kitosanın berrak erik suyunun bulanıklık değeri üzerine etkisini belirlemek amacıyla, literatür çalışmaları dikkate alınarak farklı dozlar (0.005, 0.010, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100 g/L), çözelti konsantrasyonları dikkate alınarak ve farklı sıcaklıklarda (40°C, 50°C, 60°C) dozaj testleri yapılmıştır. Bu uygulama için laboratuvar ölçekli olarak üretimi yapılan bulanık erik suyunun bulanıklık değeri 1357.13±0.06 NTU olarak belirlenmiştir. Dozaj testleri sonucunda her üç güncel durultma ajanı için elde edilen bulanıklık (NTU) değerleri ksantan gam için Tablo 4.4'de, kitosan için Tablo 4.5'de ve kazein için Tablo 4.6'da verilmiştir.

En düşük bulanıklık değerleri, ksantan gam için 40°C'de 0.010 g/L ksantan gam eklenen örneklerin 60. dakikadaki bulanıklık değeri 0.83 NTU, 50°C'de 0.025 g/L ksantan gam eklenen örneklerin 60. dakikadaki bulanıklık değeri 10.5 NTU ve 60°C'de 0.005 g/L ksantan gam eklenen örneklerin 60. dakikadaki bulanıklık değeri 9.87 NTU olarak ölçülmüştür. 40°C'deki örneklerin en sıkı tortuya sahip olduğu (Şekil4.4), 50°C'de tortu gevşekliğinin gözle görülür şekilde belirgin olduğu ve örnek alımında tüm meyve suyuna yayıldığı (Şekil 4.5) ve 60 °C'deki örneklerde katmanlı ayrışmayla askıda tortu gözlenmiştir (Şekil 4.6). Ksantan gam için en uygun koşulların 0.83 NTU'ya karşılık gelen 40°C'de 0.010 g/L eklenerek 60 dakika boyunca berraklaştırılan örneklerde olduğu tespit edilmiştir.

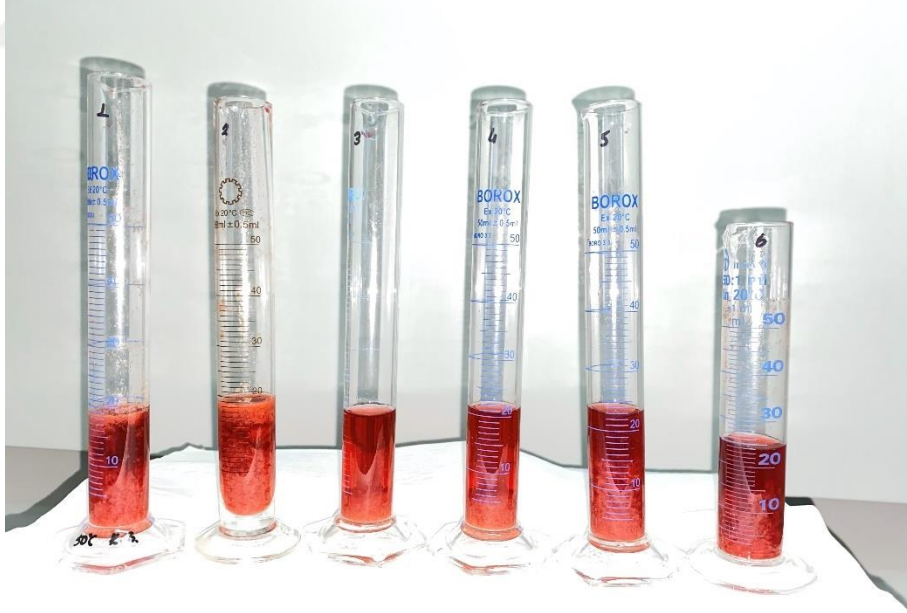
Tablo 4. 4. Erik suyu ksantan gam dozaj testi NTU değerleri

KSANTAN GAM				
Süre (dk)	Doz (g/L)	BULANIKLIK* (NTU)		
		40 °C	50°C	60°C
30	0.005	10.78	25	19
	0.010	7.24	692	22
	0.025	11.8	12.8	10.2
	0.050	18.5	18.8	29
	0.075	22.2	18.8	>1000
	0.100	24	31	19
45	0.005	10.14	18.4	26
	0.010	6.56	832	16.5
	0.025	17.2	11.4	680
	0.050	16.9	14.8	16.7
	0.075	21	16.6	25
	0.100	23	14.5	733
60	0.005	9.08	18.2	<u>9.87</u>
	0.010	<u>0.83</u>	>1000	15.5
	0.025	20.80	<u>10.5</u>	16.5
	0.050	22.8	13.8	630
	0.075	19	700	20
	0.100	16	>1000	>1000

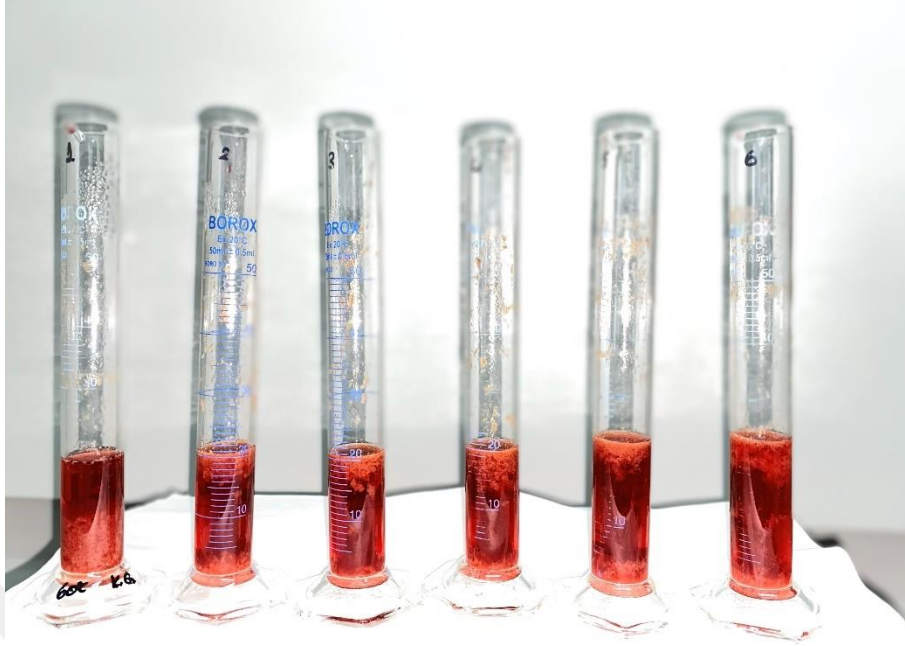
*1000'in üzerindeki bulanıklık değerleri >1000 şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 4. 4. Ksantan gam ile 40°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)



Şekil 4. 5. Ksantan gam ile 50°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)



Şekil 4. 6. Ksantan gam ile 60°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)

Fang ve ark., (2007) defne meyvesi suyunun durultulması için iki farklı ksantan gam/kitosan ve jelatin/bentonit kombinasyonunu kullanmıştır. Bulanıklık açısından ham meyve suyunun başlangıç değeri 1010 NTU iken, ksantan gam/kitosan ve jelatin/bentonit ile işlenmiş meyve suyunun bulanıklığı sırasıyla 69.3 ve 73.1 NTU olarak ölçülmüştür. Erkan-Koç (2013) nar suyu ve konsantrelerinin berraklaştırılması üzerine çeşitli durultma ajanlarının etkilerini incelemiştir. Yapılan optimizasyonda nar suyunun 534 NTU değerinden 0.075 g/L ksantan gamın 4°C’de 16 saat uygulanmasıyla çalışmamızla benzerlik göstererek 20.00 NTU’ya gerilediğini tespit etmiştir. Fakat bu değere doğal sedimentasyonla da ulaşıldığından alternatif durultma yardımcı maddelerinin kullanımı ya da kombinasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır.

Kitosan ile berraklaştırılan erik sularında 40°C’de 0.075 g/L kitosanın 60. dakikadaki bulanıklık değeri 6.65 NTU, 50°C’de 0.075 g/L kitosanın 60. dakikadaki bulanıklık değeri 7.52 NTU ve 60°C’de 0.025 g/L kitosanın 60. dakikadaki bulanıklık değeri 6.05 NTU olarak ölçülmüştür. Kitosanla durultma için en iyi koşulların 6.05 NTU’ya karşılık gelen 60°C’de 0.025 g/L kitosanın 60 dakikalık berraklaştırma ile elde edildiği tespit

edilmiştir (Tablo 4.5). Şekil 4.7’de 40°C’de tüm örneklerde oldukça sıkı tortu oluşumu ve net bir çökme gözlenmiştir. Askıda partikül olmayışı berraklığın gözle görülür seviyede olmasına katkı sağlamıştır. Şekil 4.8’de 50°C’deki örneklerde 5 numaralı (0.075g/L) ve 6 numaralı (0.1 g/L) mezürde net çökme gözlenmiştir. Şekil 4.9’da 60°C’de 5 ve 6 numaralı örneklerde çökme görülmüş fakat tortu sıkılaşmamıştır, 3 numaralı tüpte tortu tabakası yüzeyde toplanmış olsa da en düşük bulanıklık değerine sahiptir. 1, 2 ve 4 numaralı tüplerde çökme net olarak gerçekleşmemiş katmanlı ayrışma görülmüştür.

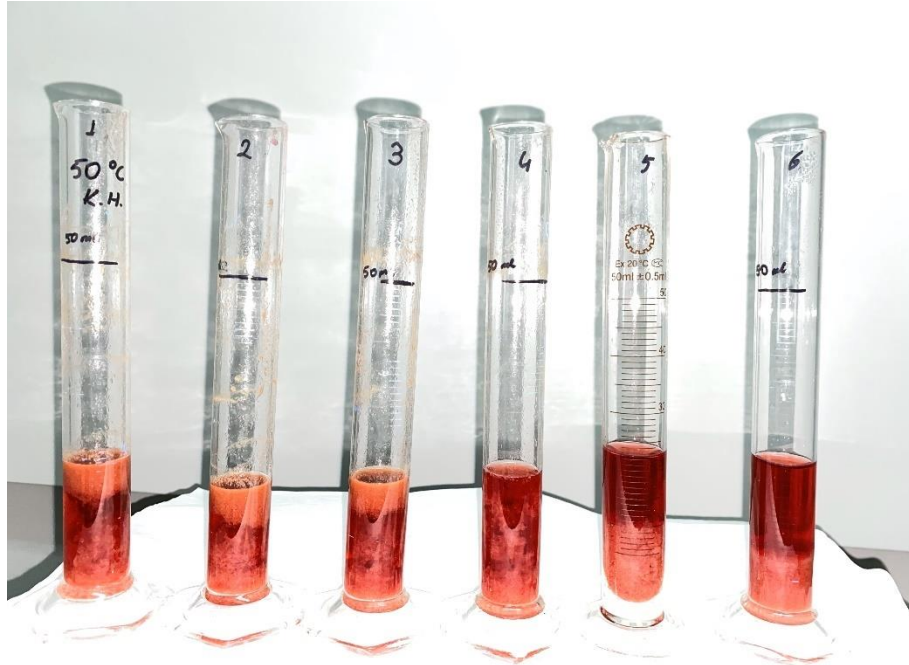
Tablo 4. 5. Erik suyu kitosan dozaj testi NTU değerleri

KİTOSAN				
Süre (dk)	Doz (g/L)	BULANIKLIK* (NTU)		
		40 °C	50°C	60°C
30	0.005	16.4	16	28
	0.010	16.9	25	17
	0.025	15.9	733	11.8
	0.050	15.6	14.2	16.5
	0.075	13.7	13.6	22.9
	0.100	11.7	13.4	9.63
45	0.005	15.8	>1000	20.7
	0.010	14.5	>1000	16.3
	0.025	11.5	>1000	12
	0.050	10.12	>1000	22
	0.075	8.74	9.44	13.1
	0.100	9.53	9.27	7.52
60	0.005	12.7	968	19.3
	0.010	12.8	15	14.7
	0.025	9.27	675	6.05
	0.050	7.32	>1000	>1000
	0.075	6.65	7.52	9.97
	0.100	7.73	7.57	8.8

*1000’in üzerindeki bulanıklık değerleri >1000 şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 4. 7. Kitosan ile 40°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)



Şekil 4. 8. Kitosan ile 50°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)



Şekil 4. 9. Kitosan ile 60°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.005 g/L; no 2:0.010g/L; no 3:0.025g/L; no 4:0.050 g/L; no 5:0.075 g/L; no 6:0.1 g/L)

Defne meyvesi suyunun durultulması üzerine yapılan çalışmada kitosan ve sodyum aljinat kombinasyonu için optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. 25 °C’de 2 saat berraklaştırılan meyve suyu 0.05 g/L kitosan ve 0.05 g/L sodyum aljinat kullanılması durumunda transmittans değeri %0.08’den %91.2’ye yükselmiştir (Wu ve ark., 2022). Kivi suyunun modifiye edilmiş kitosanla berraklaştırılması için yapılan bir araştırmada 600 µg/mL kitosan konsantrasyonu ve 70 °C ısıtma sıcaklığının %99.3’lük berraklaştırma sağladığı rapor edilmiştir (Diao ve ark., 2021). Elma suyunun kitosanla berraklaştırılması üzerine yapılan bir çalışmada 0.1, 0.5, 0.7 ve 1.0 g/L kitosan konsantrasyonuyla 30, 35 ve 40 °C sıcaklıkları için optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda 0.7 g/L kitosan konsantrasyonu, 40 °C sıcaklık normlarının maksimum berraklığı sağladığı rapor edilmiştir (Rungsardthong, 2006). Tastan ve Baysal (2015) nar suyu kitosanla berraklaştırılması üzerine çalışmalar yapmış ve 68.93 mg/mL konsantrasyonunda kitosanın 30 dakika boyunca uygulanmasıyla optimum noktaya ulaşılmıştır. Elma suyunun kitosanla berraklaştırılması konusunda yapılan bir çalışmada 191.6 mg /mL

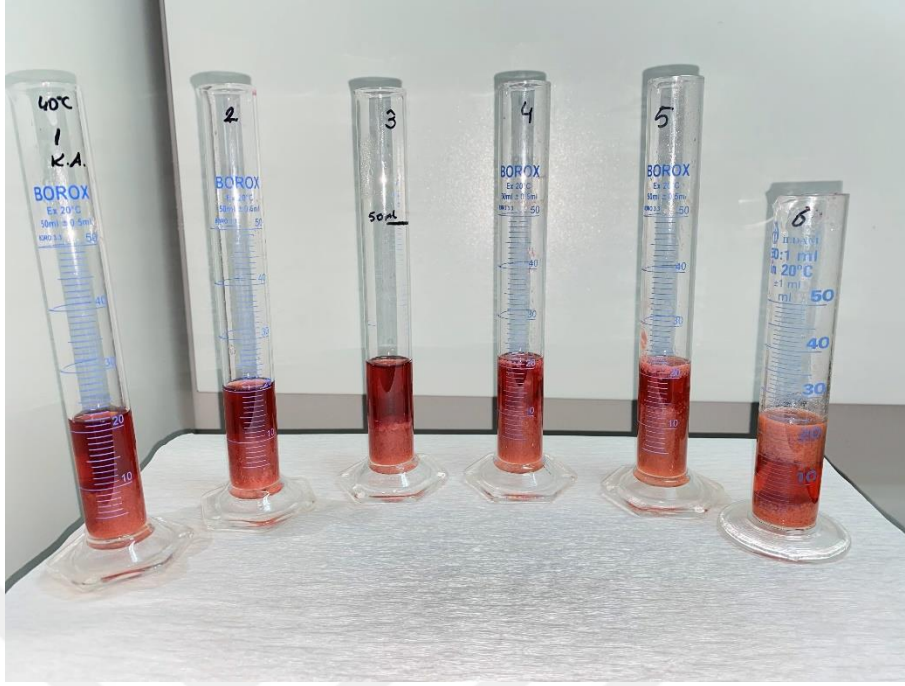
kitosanın 30 dakika muamelesinin en başarılı berraklık değerini sağladığı belirlenmiştir (Taştan ve Baysal, 2017).

Tablo 4.6 'da kazein ilave edilerek berraklaştırılan erik suyu örneklerinde ise 40°C'de 0.25 g/L kitosanın 60. dakikadaki bulanıklık değeri 7.51 NTU, 50°C'de 0.05 g/L kitosanın 45. dakikadaki bulanıklık değeri 25.2 NTU ve 60°C'de 0.05 g/L kitosanın 30. dakikadaki bulanıklık değeri 30.0 NTU olarak ölçölmüştür. Kazeinle berraklaştırmada en iyi berraklaştırma koşulların 7.51 NTU'ya karşılık gelen 40°C'de 0.25 g/L kitosanın 60 dakika boyunca yapılan berraklaştırma ile elde edildiği saptansa da 40°C'de 4, 5 ve 6 numaralı örneklerde (şekil 4.10) ve özellikle 50°C ve 60°C'de yapılan berraklaştırmadaki tüm örneklerde (şekil 4.11 ve şekil 4.12) gevşek tortu ve meyve suyunda askıda kalan partiköller görölmüştür ve kazeinin tek başına durultmada çok etkin olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuç kazeinin de tıpkı jelatin gibi protein kaynaklı olması sonucunda tek başına kullanımının berraklaştırma yerine bulanıklığı arttırması ile açıklanabilmektedir.

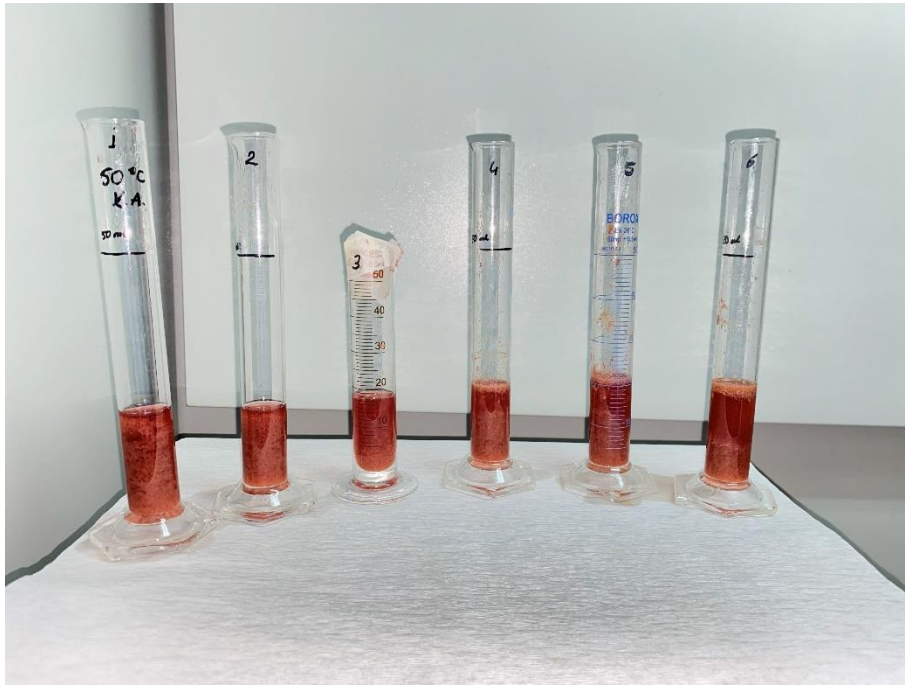
Tablo 4. 6. Erik suyu kazein dozaj testi NTU değerleri

KAZEİN				
Süre (dk)	Doz (g/L)	BULANIKLIK* (NTU)		
		40 °C	50°C	60°C
30	0.05	14.1	27.9	<u>30</u>
	0.10	13.7	14	866
	0.25	12.9	781	970
	0.50	13	816	>1000
	0.75	19.5	16	893
	1.00	6	9	>1000
	45	0.05	11.1	<u>25.2</u>
0.10		9.98	16	18
0.25		9.09	>1000	880
0.50		9.7	721	>1000
0.75		25.4	33.3	706
1.00		6	36.6	942
60		0.05	9.78	27.3
	0.10	8.52	919	733
	0.25	<u>7.51</u>	957	896
	0.50	18	>1000	741
	0.75	4	>1000	>1000
	1.00	12	32.5	>1000

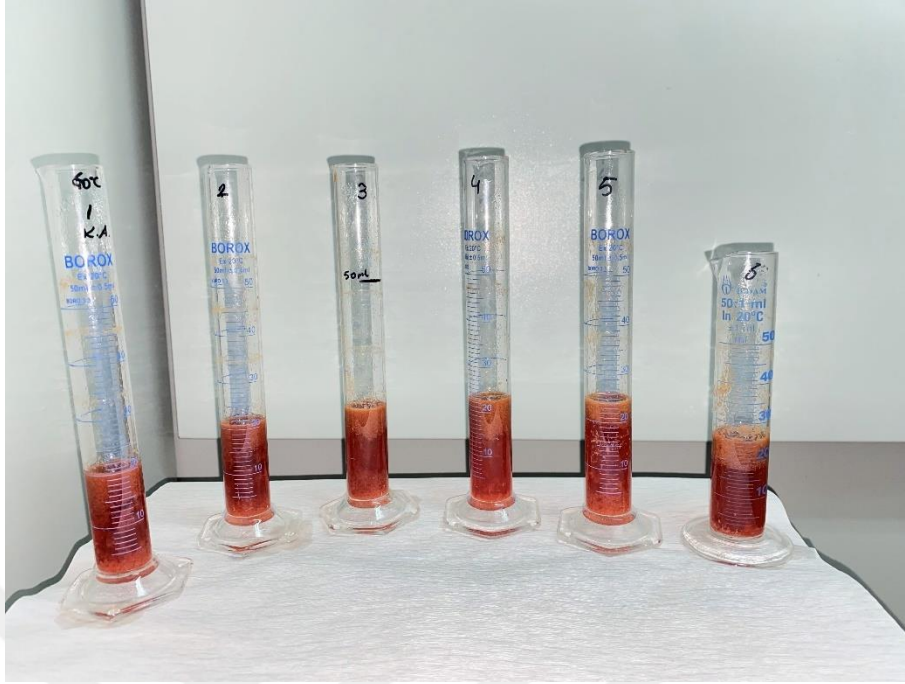
*1000'in üzerindeki bulanıklık değerleri >1000 şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 4. 10. Kazein ile 40°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L)



Şekil 4. 11. Kazein ile 50°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L)



Şekil 4. 12. Kazein ile 60°C’de berraklaştırılan erik suyu örneklerinin 60 dakika sonundaki tortu görünümü (no 1:0.05 g/L; no 2:0.10g/L; no 3:0.25g/L; no 4:0.50 g/L; no 5:0.75 g/L; no 6:1.00 g/L)

Erkan-Koç ve ark. (2015) doğal sedimantasyon, albümin, kazein ve jelatinin nar suyu berraklaştırılması üzerindeki etkisini karşılaştırmıştır. Kazein için 4°C’de 0.375 g/L uygulamasının çalışmamızla benzerlik göstererek 6.5 NTU bulanıklık değerine ulaştığını belirlemiştir. Kalecik karası üzümünden üretilen üzüm suyunu durultma üzerine yapılan bir çalışmada bentonit, kazein, albümin, jelatin ve kitosanın farklı kombinasyonları denenmiştir. Kazeinin 0.5 g/L konsantrasyonunun 50°C’de 90 dakika boyunca inkübasyonu ile 2.2 NTU ya ulaştığı belirlenmiştir (Dıblan, 2013).

Tez kapsamında yapılan dozaj testlerinde kazein, ksantan gam ve kitosan için elde edilen bulanıklık değerleri incelendiğinde üç güncel durultma yardımcı maddesinin bulanıklığı önemli ölçüde azalttığı ancak dünya genelinde bir meyve suyunun berrak kabul edilmesi için $2 \leq$ NTU değerini karşılamadığı için kombinasyonlarının denenmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Literatürde yapılan araştırmalar göz önüne alındığında güncel durultma ajanlarının birlikte kullanılmalarının daha etkin berraklaştırma sağlayacağı ve endüstride uygulanabilirliği açısından bulanıklık değerini önemli ölçüde azaltacağı kanısına varılmıştır. Üç durultma ajanı için de en düşük bulanıklık değeri 40°C’de elde edilmiş ve

bir sonraki aşamada yapılacak kombinasyon denemeleri için çalışılacak sıcaklık olarak seçilmiştir. Buna göre 40°C sıcaklık için; ksantan gam dozu 0.010 g/L; kitosan dozu 0.075 g/L; kazein dozu 0.25 g/L olarak belirlenmiştir.

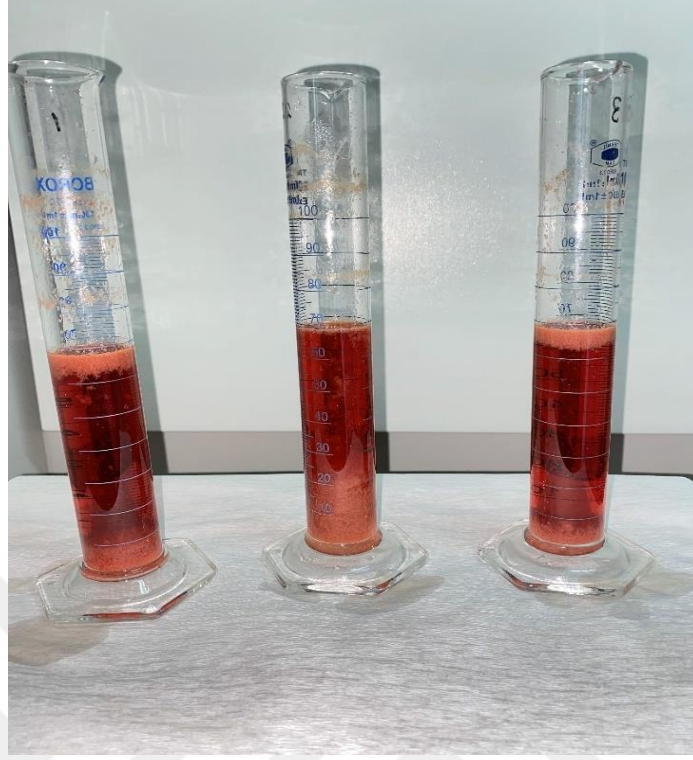
4.1.3. Güncel durultma ajanları için kombinasyon seçimi

Erik sularının berraklaştırılması için oluşturulan yedi ayrı kombinasyona ait berraklaştırma uygulamalarının bulanıklık değerleri Tablo 4.7’de verilmiştir. Güncel durultma ajanlarının her biri için ayrı ayrı yapılan dozaj testleri sonucunda çalışma sıcaklığı 40°C olarak belirlendiğinden, kombinasyon basamağı bu sıcaklık koşunda yürütülmüştür. 40°C’de Tablo 4. 7’de belirtilen dozlarda erik suyuna eklenen durultma ajanlarının 60, 90 ve 120. dakikadaki bulanıklık ve renk (a^*) değerleri ölçülmüştür. Sonuçlara göre en düşük bulanıklık değeri ve en iyi renk (a^*) değeri 2. kombinasyonun 120. dakikasında belirlenmiştir, bu koşullardaki bulanıklık değeri 1.68 ± 0.03 NTU, a^* değeri 34.43 ± 1.17 olarak ölçülmüştür, 2. kombinasyon için depektinizasyondan sonra 0.025 g/L kazein, 15 dakika sonra 0.01 g/L ksantan gam ve 15 dakika sonra 0.075 g/L %0.1 kitosan eklenerek 120. dakikada en düşük bulanıklığa ulaşılmıştır.

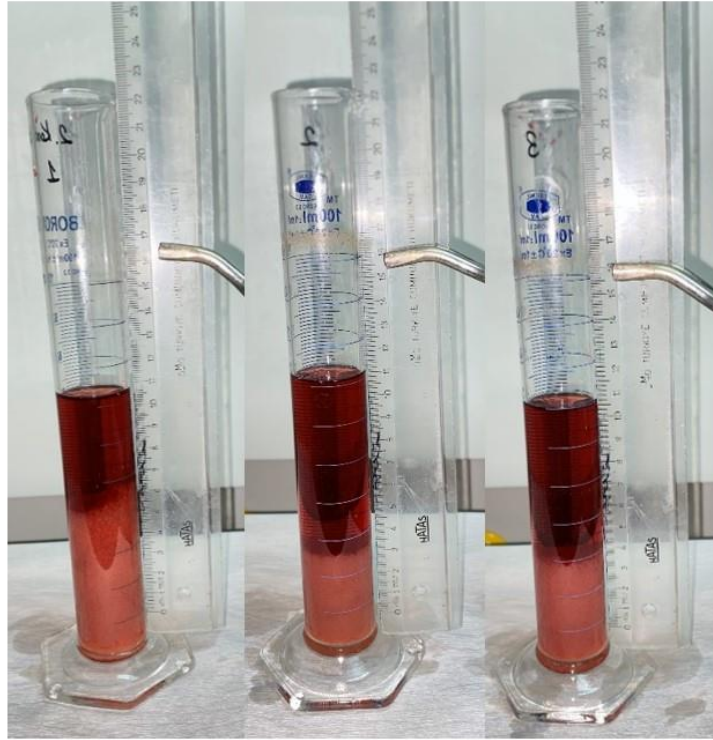
Çalışılan kombinasyonlardaki örneklerin tortu sıklıkları incelendiğinde Şekil 4.13’deki 1 numaralı kombinasyonda tortu yüzeyde toplanmış ve bir miktar meyve suyuna dağılmıştır. Diğer tüm kombinasyonlarda tortu dibe çökmüştür. Sırasıyla tortu kalınlıkları ortalaması Şekil 4.14’de (2. kombinasyon) 4 cm, Şekil 4.15’de (3.kombinasyon) 1.3 cm, Şekil 4.16’da (4. Kombinasyon) 2.3 cm, Şekil 4.17’de (5. kombinasyon) 2.16 cm, Şekil 4.18’de (6. Kombinasyon) 2.3 cm ve Şekil 4.19’da (7. kombinasyon) 2.6 cm olarak ölçülmüştür. Tüm sonuçlar Tablo 4.7’de elde edilen bulanıklık (NTU) değerleriyle paralellik göstermektedir.

Tablo 4. 7. Kazein, ksantan gam ve kitosan kombinasyonuna ait bulanıklık ve renk (a*) değerleri

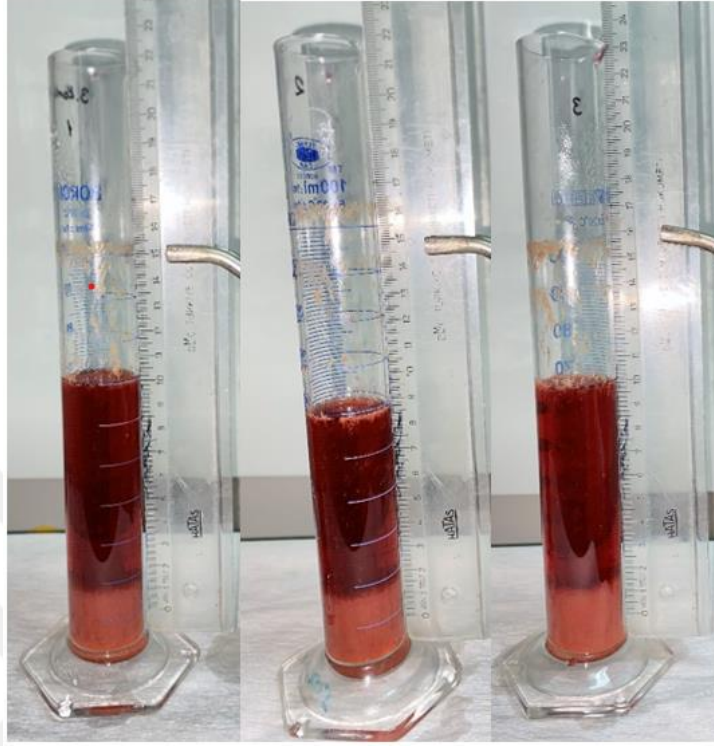
Durultma Ajanı	Oran	Doz (g/ton)	Kombinasyon Numarası	Süre (dk)	Bulanıklık (NTU)±STD	Renk a*±STD
			1			
Kazein	Tam doz	250		60	7.81±3.61	31.63±0.77
Ksantan Gam	Tam doz	10		90	8.54±4.88	31.25±0.83
Kitosan	Tam doz	75		120	15.27±11.13	30.03±0.84
			2			
Kazein	½ doz	125		60	5.17±0.24	35.06±0.86
Ksantan Gam	¼ doz	2.5		90	1.97±0.04	34.28±0.59
Kitosan	¼ doz	18.75		120	1.68±0.03	34.43±1.17
			3			
Kazein	¼ doz	62.5		60	12.30±0.20	33.79±0.43
Ksantan Gam	½ doz	5		90	4.01±0.03	33.84±0.66
Kitosan	¼ doz	18.75		120	1.95±0.09	32.01±0.50
			4			
Kazein	¼ doz	62.5		60	14.53±0.58	33.16±0.38
Ksantan Gam	¼ doz	2.5		90	7.44±0.29	33.15±0.47
Kitosan	½ doz	37.5		120	4.33±0.18	28.78±0.68
			5			
Kazein	0	0		60	12.26±1.20	31.51±1.00
Ksantan Gam	½ doz	5		90	8.20±0.32	31.28±1.18
Kitosan	½ doz	37.5		120	6.53±0.20	30.10±0.41
			6			
Kazein	½ doz	125		60	12.32±0.48	31.18±0.86
Ksantan Gam	0	0		90	5.92±0.34	31.34±0.79
Kitosan	½ doz	37.5		120	5.21±0.29	30.28±0.23
			7			
Kazein	½ doz	125		60	5.45±1.74	31.60±1.03
Ksantan Gam	½ doz	5		90	3.28±0.35	32.36±1.41
Kitosan	0	0		120	2.97±0.27	31.04±1.15



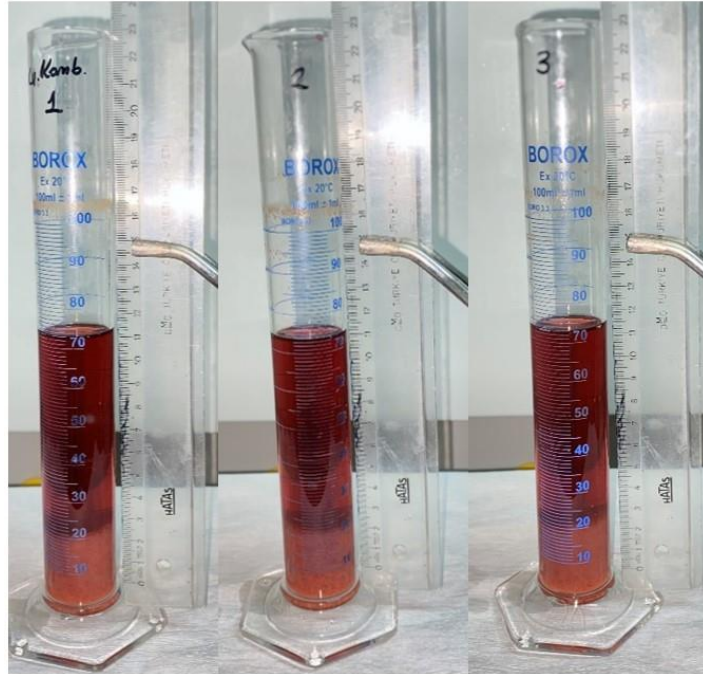
Şekil 4. 13. Güncel durultma ajanlarının 1. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları



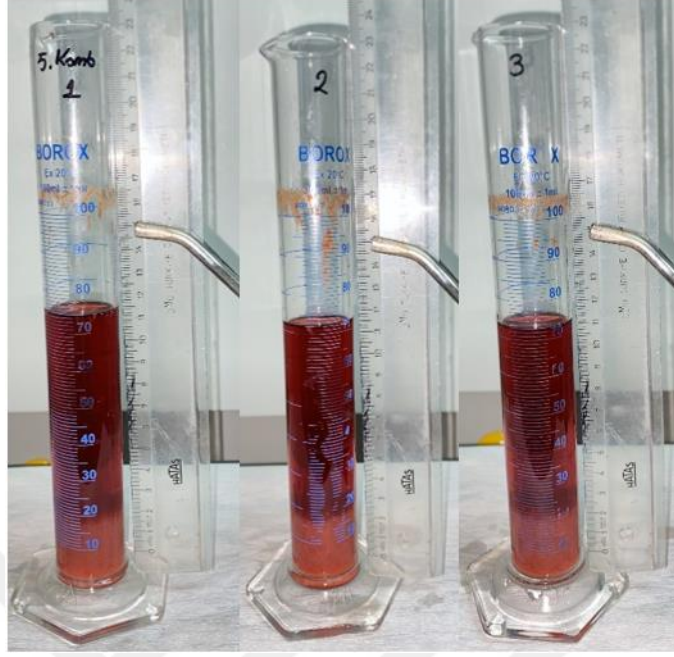
Şekil 4. 14. Güncel durultma ajanlarının 2. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları



Şekil 4. 15. Güncel durultma ajanlarının 3. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları



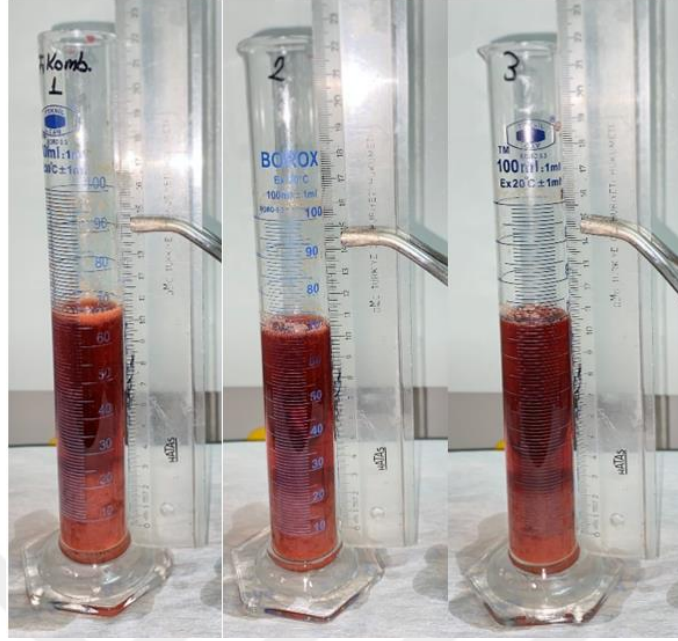
Şekil 4. 16. Güncel durultma ajanlarının 4. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları



Şekil 4. 17. Güncel durultma ajanlarının 5. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları



Şekil 4. 18. Güncel durultma ajanlarının 6. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları



Şekil 4. 19. Güncel durultma ajanlarının 7. kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmaya ait tortu kalınlıkları

Seçilen 2. kombinasyon dikkate alındığında 1 ton berrak erik suyunun güncel durultma ajanları ile berraklaştırılması için 125 g kazein, 2.5 g ksantan gam ve 18.75 g kitosan kullanımı ön görülmektedir. Maliyet hesabı yapıldığında 125 g kazein için 460 TL, 2.5 g ksantan gam için 102 TL ve 18.75 g kitosan için 98 TL olmak üzere toplam 660 TL olarak hesaplanmıştır (maliyet hesabı materyal metotta belirtilen durultma ajanları referans alınarak 19.12.2023 tarihli kur değeri olan 1 Euro/31.74 TL üzerinden hesaplanmıştır).

Geleneksel ve güncel ajanlarla durultma yöntemleri maliyet açısından karşılaştırıldığında; geleneksel (jelatin+bentonit+kizelsol) ajanlarla durultma maliyeti 1 ton erik suyu için 12.197 TL iken güncel (ksantan gam+kazein+kitosan) ajanlarla durultma maliyetinin 1 ton erik suyu için 660 TL olduğu görülmektedir. Bu da maliyet açısından güncel durultma ajanlarının kullanım maliyetinin geleneksel uygulamalara göre çok daha ucuz olduğunu göstermektedir.

Bulanıklık değerlerinin karşılaştırılmasında endüstriyel üretime paralel olması için durultulan örnekler kaba filtreden süzülmüştür. Örneklerin bulanıklık (NTU) ve renk değerleri incelendiğinde geleneksel ajanların kombinasyonu ile berraklaştırma uygulamasındaki ulaşılan en düşük bulanıklık (NTU) ve en iyi renk (a^*) değeri sırasıyla

filtrasyon öncesi 0.09 NTU; 36.14 iken filtrasyon sonrası 0.07 NTU; 30.54 olarak belirlenmiştir. Güncel durultma ajanlarının kombinasyonu ile yapılan berraklaştırmada ulaşılan en düşük bulanıklık (NTU) ve renk (a^*) değeri sırasıyla filtrasyondan önce 1.68 ± 0.03 NTU; 34.43 ± 1.17 iken, filtrasyon işleminden sonra 0.50 NTU; 32.78 olarak ölçülmüştür. Bulanıklık değerleri incelendiğinde meyve suyu endüstrisinde kabul edilen bulanıklık $2 \leq \text{NTU}$ değeri göz önünde bulundurulduğunda güncel ajanlarla yapılan berraklaştırmanın geleneksel yöntemlerle yapılan berraklaştırmaya göre bir miktar yüksek bulanıklık değerine sahip olduğu ancak bu uygulama ile de kristal berraklıkta erik suyu üretiminin mümkün olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak güncel durultma yönteminin maliyeti 11.537 TL daha düşük, renk (a^*) değeri iyileşmiş ve kabul edilebilir bulanıklık (0.50 NTU) değerinde olup endüstriye uygulanabilir bir yöntem olduğu saptanmıştır.

4.1.4 Ultrason frekans seçimi

Güncel durultma ajanlarıyla yapılan denemeler sonucu en düşük bulanıklık koşulunu sağlayan 2 numaralı (0.125 g/L kazein, 0.025 g/L ksantan gam, 0.1875 g/L kitosan) kombinasyon kullanılarak farklı ultrason frekanslarının berraklaştırmadaki etkileri belirlenmiştir. Her bir durultma ajanı ilavesinden sonra 1 ve 5 dk boyunca 25, 37, 45 kHz ultrason frekansı uygulanan örnekler 60, 90.120 dakika boyunca örnek alınarak bulanıklık (NTU) ve renk (a^*) değerleri ölçülmüştür (Tablo 4.8).

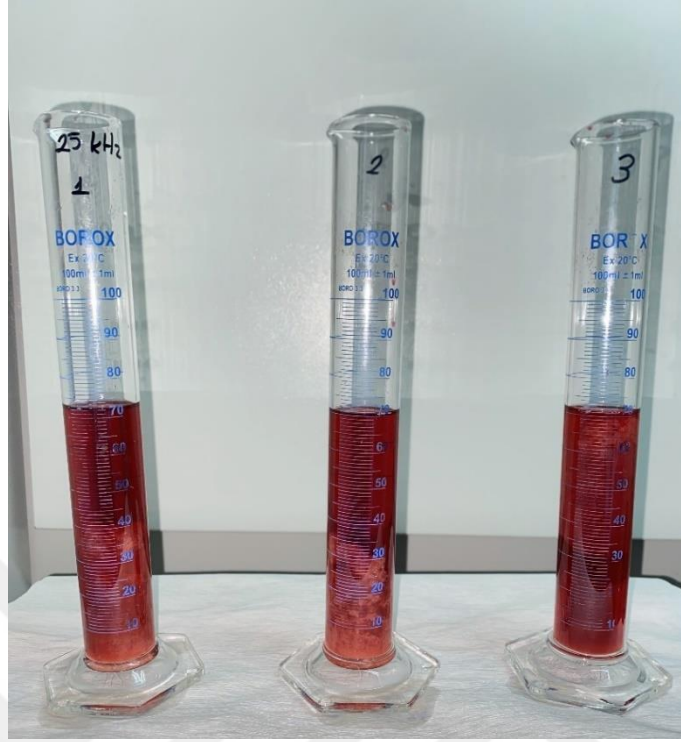
Şekil 4.20 (5 dakika 25 kHz), Şekil 4.21 (5 dakika 37 kHz) ve Şekil 4.22 (5 dakika 45 kHz), Şekil 4.23 (1 dakika 25 kHz), Şekil 4.24 (1 dakika 37 kHz) ve Şekil 4.25 (1 dakika 45 kHz)'de ultrason frekansı uygulanmasının örneklerdeki tortu dağılımına etkileri görülmektedir. 1 ve 5 dakika süreleri karşılaştırıldığında 5 dakika ultrason uygulanmış örneklerin 1 dakika ultrason uygulanmış örneklere göre daha bulanık olduğu görülmektedir. Süre uzadıkça tortunun erik suyunda dağılma eğilimi artmıştır. Bu durumun ultrason frekansının yaydığı titreşimlerin tortuyu parçalamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Frekanslar karşılaştırıldığında 37 kHz frekans uygulaması her iki sürede de tortuyu tüm örneğe dağıtarak bulanıklığın artmasına neden olmuştur. 1 ve 5 dakika uygulama süresinde frekans arttıkça tortu çökme miktarı artmıştır.

Görsel değerlendirmesi yapılan tüm örneklerin Tablo 4.8’de bulanıklık değerleri incelendiğinde birbirine uyumlu sonuçlarının alındığı görülmüştür. Tablo 4.8’de verilen sonuçlara göre en düşük bulanıklık (NTU) ve en iyi renk (a^*) değeri 1 dakika boyunca 45 kHz uygulanmış örneğin 210. dakikasında elde edilmiştir.

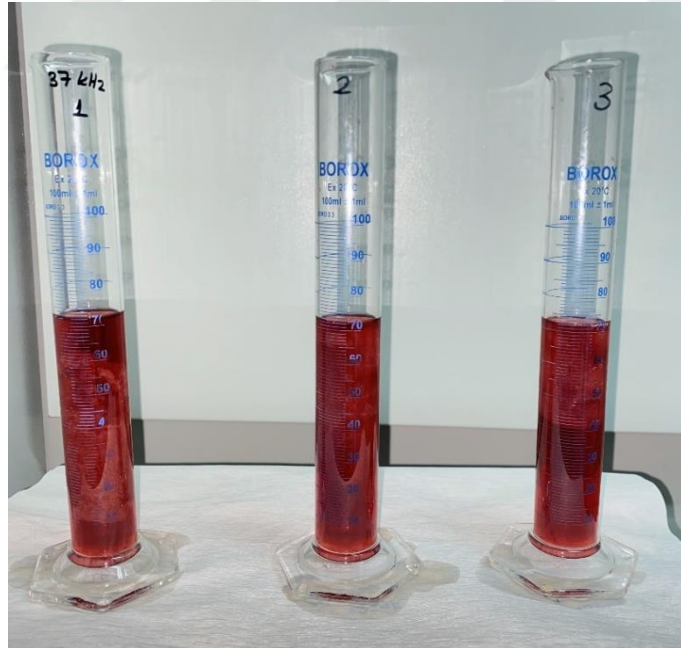
Tablo 4. 8. Ultrasonik frekans seçiminde elde edilen NTU ve renk (a^*) değerleri

Ultrason uygulama süresi (dk)	Ultrason frekansı (kHz)	Süre (dk)	Bulanıklık* değeri (NTU) \pm STD	a^*
1	25	60	8.55 \pm 0.59	23.98 \pm 0.37
		90	5.97 \pm 0.04	21.96 \pm 3.08
		120	5.18 \pm 0.01	21.56 \pm 3.49
	37	60	12.80 \pm 0.04	23.28 \pm 2.16
		90	10.51 \pm 0.09	20.81 \pm 2.80
		120	7.25 \pm 0.03	22.75 \pm 4.14
	45	60	7.76 \pm 0.41	24.10 \pm 0.53
		90	5.62 \pm 0.20	24.26 \pm 0.33
		120	4.36\pm0.40	23.82\pm1.02
5	25	60	11.93 \pm 0.05	22.96 \pm 3.31
		90	8.95 \pm 0.35	23.36 \pm 4.31
		120	7.50 \pm 0.05	24.10 \pm 2.95
	37	60	>1000	20.82 \pm 1.99
		90	>1000	21.18 \pm 2.41
		120	>1000	21.50 \pm 1.89
	45	60	12.07 \pm 0.26	23.43 \pm 2.61
		90	10.15 \pm 1.16	25.37 \pm 0.09
		120	8.48 \pm 0.86	25.45 \pm 0.55

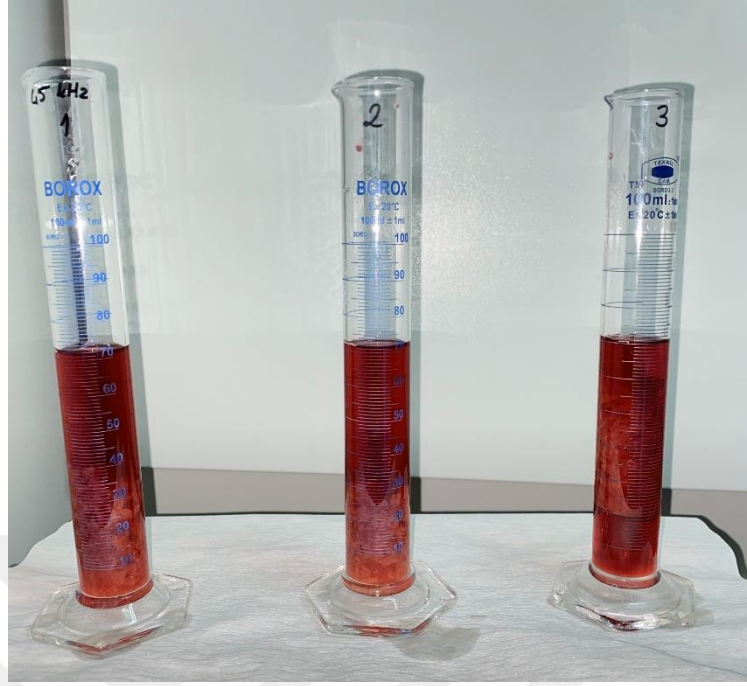
**1000’in üzerindeki bulanıklık değerleri >1000 şeklinde ifade edilmiştir; \pm Verilere ait standart sapma



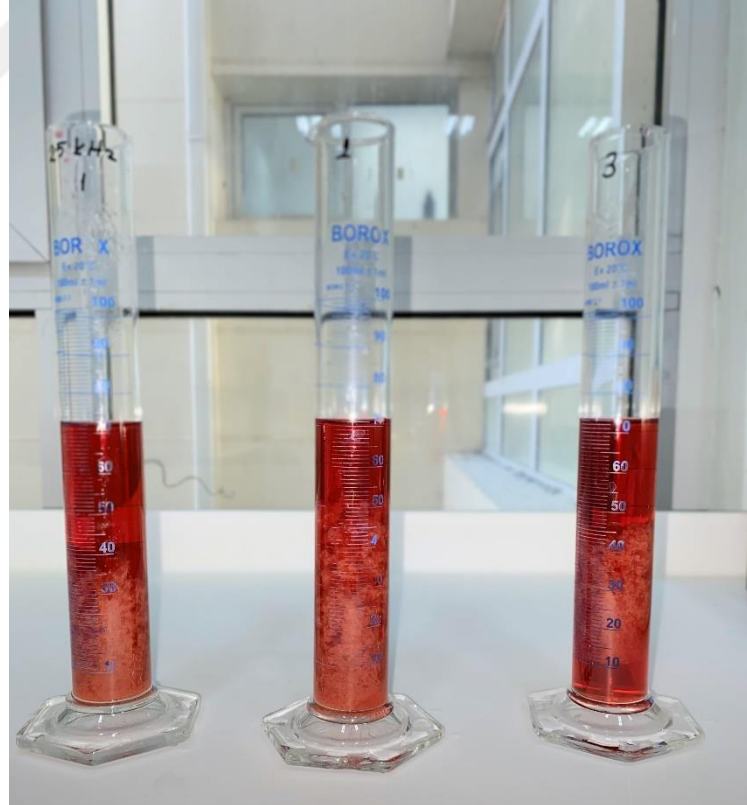
Şekil 4. 20. 25 kHz-5 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı



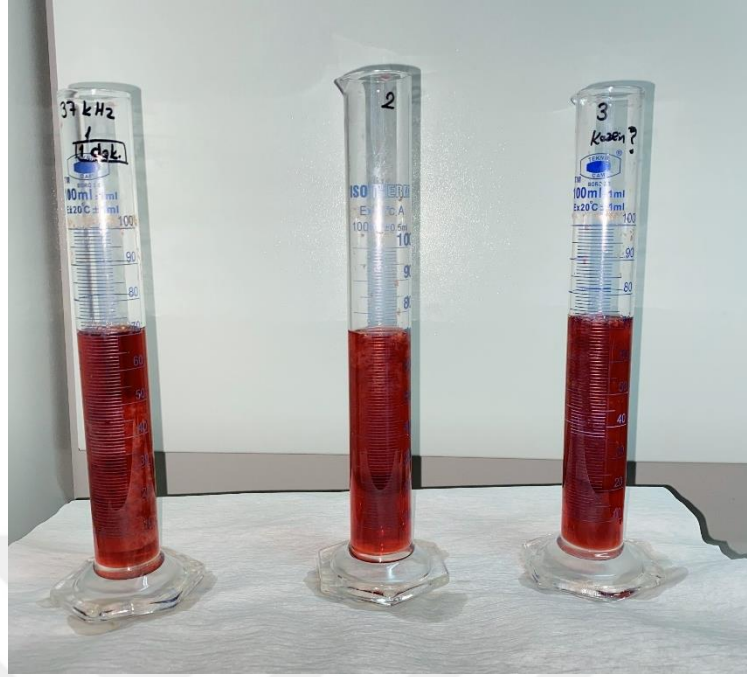
Şekil 4. 21. 37 kHz-5 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı



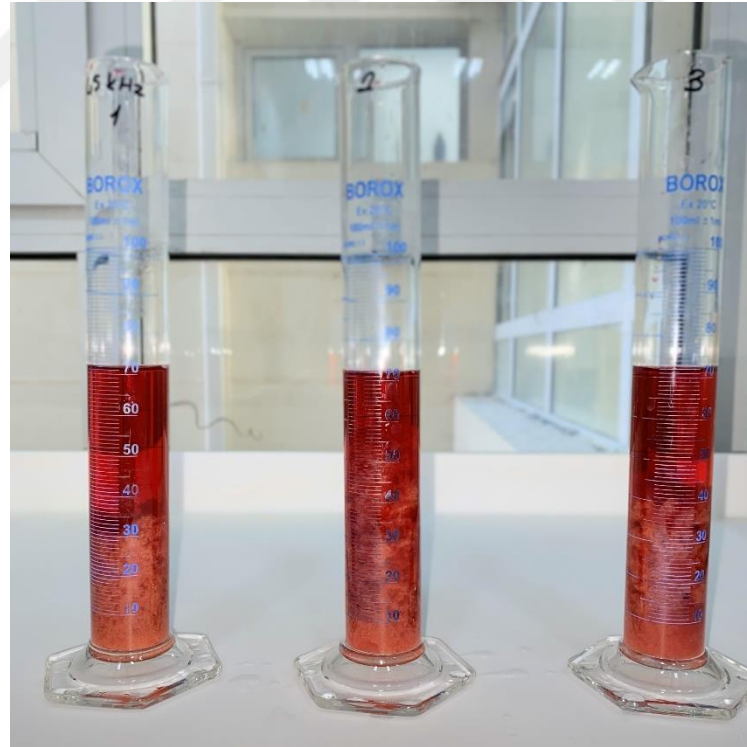
Şekil 4. 22. 45 kHz-5 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı



Şekil 4. 23. 25 kHz-1 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı



Şekil 4. 24. 37 kHz-1 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı



Şekil 4. 25. 45 kHz-1 dakika ultrason frekansı uygulanmış örneklerin tortu dağılımı

Güncel durultma ajanlarıyla berraklaştırılan örneklerin en düşük bulanıklık değeri 1.68 ± 0.03 NTU, renk (a^*) değeri 34.43 ± 1.17 olarak ölçülürken güncel durultma ve 45

kHz ultrason frekansı uygulaması sonucunda ulaşılan en düşük bulanıklık değeri 4.36 ± 0.40 NTU, renk (a^*) değeri 23.82 ± 1.02 olarak ölçülmüştür. Örnekler endüstriyel üretime benzerlik göstermesi açısından filtrasyon sonrasındaki bulanıklık değerleri ise güncel ajanlarla yapılan berraklaştırma erik suyunun bulanıklık değeri 0.50 NTU, renk a^* değeri 32.78 iken 45 kHz ultrason frekansı uygulanmış örneklerin bulanıklık değeri 2.35 NTU, renk değeri (a^*) 22.87 olarak ölçülmüştür. Ultrason uygulamasının erik sularında bulanıklığı artırdığı ve renk (a^*) değerinde yani erik sularının kırmızılıklarında kayıplar meydana geldiği belirlenmiştir.

Kalsi ve ark., (2022) 40 kHz ultrason frekansı uyguladıkları guava suyu örneklerinde frekans uygulama süresi arttıkça bulanıklık değerinin arttığını tespit etmişlerdir. Başlangıç bulanıklık değeri 0.33 olan örneklerin 20°C 2 dakika ultrason uygulanması sonucu bulanıklık değeri 0.45, 6 dakika ultrason uygulanması sonucu örneğin bulanıklık değeri 0.46, 10 dakika ultrason uygulanması sonucu örneğin bulanıklık değeri 0.58 olarak ölçülmüştür. Guava suyunda bulanıklık arzu edilen bir durum olduğundan elde edilen sonuçlar olumlu görülmüştür. Basumatary ve ark., (2020), termonikasyonun pomelo suyuna etkilerini inceledikleri bir çalışmada 40°C'de 15, 30, 45 ve 60 dakika boyunca 44 kHz ultrason frekans uygulamışlardır. Başlangıç bulanık değeri 0.553 olan örneklerin sırasıyla bulanıklık değerleri 1.537, 1.557, 1.560 ve 1.561 olarak ölçülmüş frekans uygulama süresi arttıkça bulanıklık değerinin arttığı tespit edilmiştir. Aakil ve ark., (2013), yaptıkları çalışmada ultrason uygulamasının greyluft suyunun kalitesine etkilerini incelemişlerdir. 20°C 28 kHz frekansta 30, 60 ve 90 dakika boyunca greyluft suyunda uygulama yapılmıştır. Başlangıç bulanık değeri 0.221 olan örnek 30 dakikada 0.225, 60 dakikada 0.299, 90 dakikada 0.315 olarak ölçülmüştür. Süre arttıkça bulanıklık değeri artmıştır. Tiwari ve ark., (2008) ultrason uygulamasının portakal suyunun kalitesine etkilerini inceledikleri çalışmada portakal suyu örneklerine 2, 4, 6, 8 ve 10 dakika boyunca 20 kHz frekansta ultrason uygulamışlardır. Yapılan 2 dakika ultrason uygulamasının örneklerin bulanıklığını kontrole göre %222 arttırdığı, 10 dakika ultrason uygulamasının örneklerin bulanıklığını kontrole göre %63 arttırdığı tespit edilmiştir. Amaral ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada camu-camu (*Myrciaria dubia*) nektarının işlenmesiyle elde edilen meyve suyunda 40, 50, 60°C'de 30 ve 60 dakika süreyle 40 kHz ultrason frekansı uygulamışlardır. Pastörize edilmiş örneğe kıyasla bulanıklık değeri artış

göstermiştir. 40°C’de 60 dakika ultrason uygulaması ise 30 dakika ultrason uygulamasına göre daha yüksek bulanıklık değerine sahiptir. Ultrason uygulama süresi arttıkça bulanıklık değerinin arttığı tespit edilmiştir. Belgheisi ve Kenari (2019) elma suyunun niteliksel özelliklerini iyileştirmek için yaptıkları çalışmada 40°C’de 15, 30 ve 60 dakika boyunca 37 kHz ultrason frekansı uygulamışlardır. Bulanıklık değerleri kontrol örneğinden (1.3 kat) yüksek çıkmıştır. Ultrason uygulama süresi arttıkça bulanıklık değeri 1.4 ile 1.6 kat arasında değişiklik göstermiştir. Tez çalışmasında elde edilen verilerin literatürle uyumlu olduğu görülmüştür.

4.2. Güncel Ajanlarla Durultulan Erik Sularının Depolama Süresince Kalite Değişimleri

Belirlen doz ve süreler dikkate alınarak yapılan laboratuvar ölçekli üretimler sonrasında berrak erik sularının depolama süresince kalite değişimleri belirlenmiştir. Bu kapsamda DP; durultma yardımcı maddeleri eklenmemiş yalnızca depektinize edilmiş erik suyu örnek grubunu, GEL; geleneksel (jelatin+bentonit+kizelsol) durultma yardımcı maddeleriyle berraklaştırılmış erik suyu örnek grubunu, GÜN; güncel (kazein+ksantan gam+kitosan) durultma yardımcı maddeleriyle berraklaştırılmış erik suyu örnek grubunu ifade etmektedir. Ultrasonik frekans uygulamasının erik sularının bulanıklık değerlerini artırması nedeniyle depolama aşamasında bu gruba yer verilmemiştir. Bu aşamada bulanık ve hiçbir işlem uygulanmamış erik suyunun depolama başlangıcındaki bazı kalite özellikleri ise Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4. 9. Bulanık erik suyu analiz sonuçları

Analiz	Sonuç
Bulanıklık Değeri (NTU)	1357±9.85
Sıcak-soğuk testi	854.33±2.08
pH	3.47±0.01
Titrasyon Asitliği (% sitrik asit)	1.56±0.01
ŞÇKM (%)	19.37±0.10
Toplam Fenolik Madde (mg GAE/L)	691.299±31.89
DPPH (mg troloks/L)	1377.50±119.24
ABTS (mg troloks/L)	9006.154±1.60
FRAP (µmol troloks/L)	2258.727±42.19
Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/L)	13.91±0.98
<i>L</i> *	35.46±0.02
<i>a</i> *	32.19±0.01
<i>b</i> *	43.94±0.01
ΔC	54.47±0.0
Hue°	0.94±0.0
ΔE	65±0.01
Beyazlık indeksi	84.46±0.01

± Verilere ait standart sapma

Musaoğlu (2022) erik meyvesinin suda çözünür kuru madde değerini %26, pH değerini 3.77, toplam fenolik madde değerini (mg GAE/g) 0.297, titrasyon asitliği değerini %0.64, DPPH (% inhibisyon) 60.408, ABTS (% inhibisyon) 46.205 ve FRAP (% inhibisyon) 0.487 olarak bulmuştur. Olawuyi ve ark., (2020) erik suyu üzerine yaptıkları çalışmada işlenmemiş erik suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği 377.0 mg/L, DPPH 508.6 mg/L, ABTS 1308.9 mg/L, FRAP 642.9 mg/L, pH değeri 3.21 ve suda çözünür kuru madde miktarını 11.10 olarak rapor etmişlerdir. Ozcelik ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada kırmızı erik suyunun pH değeri 4.23, titrasyon asitliği (sitrik asit, g/L) 4.43, toplam fenolik bileşik içeriği (mg gallik asit/L) 631.88, DPPH %79.51 ve suda çözünür kuru madde değeri %9.85 olarak belirlenmiştir. Adedokun ve ark., (2022) erik suyuna ait özellikleri belirledikleri çalışmada ise pH değerini 3.88, suda çözünür kuru madde değerini 6.05, titrasyon asitliğini 0.22, toplam fenolik madde içeriğini yaklaşık 700 mg/L, DPPH değerini yaklaşık 50 µmol/mL, FRAP değerini yaklaşık 1800 µM/L, *L** değerini 14.08, *a** değerini 15.240 ve *b** değerini 6.42 olarak tespit etmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçların literatürle karşılaştırılmasında görülen farklılığın kullanılan erik çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.10’da depolama süresi boyunca berrak erik sularının toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişimler incelenmiştir. Depolama başlangıcında (0. ay) fenolik madde içeriği en yüksek DP örneğinde iken (602.88 ± 20.83 mg GAE/L) onu sırasıyla GÜN (416.44 ± 33.16 mg GAE/L) ve GEL (389.04 ± 17.46 mg GAE/L) takip etmektedir. İstatistiksel olarak DP grubu örneklerin fenolik madde içeriği diğer örnek gruplarından 0. ay itibariyle farklıdır ($p < 0.05$). DP grubu örneklerde fenolik madde içeriğinin yüksek çıkmasının nedeni hem güncel hem de geleneksel durultma ajanlarının berraklaştırma aşamasında fenolik maddelere olan çöktürme etkisinden kaynaklanmaktadır. Depolama süresi boyunca tüm örnekler için toplam fenolik madde içeriğinin 2. ayda bir miktar azalmasının depolamaya bağlı olduğu düşünülürken 4. ayda ani artışa degradasyonun ve kondense olmanın sebep olduğu düşünülmektedir (Bakan, 2012). Depolama (6 ay) sonunda en düşük fenolik madde içeriğinin GEL örnek grubuna ait iken (491.86 ± 26.95 mg GAE/L), en yüksek fenolik madde içeriğinin ise GÜN örnek grubunda (696.95 ± 17.31 mg GAE/L) olduğu belirlenmiştir. Depolama sonu itibariyle tüm örnek grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, ayrıca tüm örnek gruplarında kendi içinde değerlendirildiğinde 0, 2, 4 ve 6. aylardaki fenolik madde değişimi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Fenolik madde içeriğinin yüksek olması özellikle kırmızı meyve sularında fonksiyonel özellikler dikkate alındığında istenen bir durumdur (Apaydın, 2008). Güncel ajanlarla yapılan berraklaştırmanın geleneksel ajanlara kıyasla daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip olması sağlık açısından bir avantaj olarak düşünülmektedir. Erceyes (2014) farklı vişne suları üzerinde yaptığı çalışmada depolama süresi boyunca vişne sularını fenolik madde içeriklerinde 10 aylık depolama süresi sonunda artış belirlemiştir.

Depolama süresi boyunca erik suyunun antioksidan kapasite içeriği üç farklı yöntemle analiz edilmiştir (Tablo 4.10). DPPH yöntemi dikkate alındığında depolama başlangıcında en yüksek antioksidan kapasite GÜN grubu örneklerinde belirlenmiştir ($p < 0.05$). Güncel ajanlarla berraklaştırılan erik sularında DPPH antioksidan kapasite değerinin (1644.17 ± 104.08 mg/L) yüksek çıkması kitosan ve ksantan gamin antioksidan aktiviteye sahip olmalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Erkan-Koç, 2013).

Depolama süresi boyunca görülen dalgalanmanın ilk etapta antioksidan aktivitede görülen artışın polifenollerin polimerizasyona uğrama eğilimleri sonucunda kaynaklanabileceği fakat daha sonra polifenollerin aşırı polimerize olmasından ve DPPH ile reaksiyona girecek hidroksil grubunun azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Pinelo, 2004). Depolama süresi sonunda ise tüm örnek gruplarının DPPH antioksidan aktivite değerlerinde kayıp olduğu tüm örnek grupları için bu kaybın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ayrıca tüm örnek gruplarında kendi içinde değerlendirildiğinde 0, 2, 4 ve 6. aylardaki DPPH antioksidan kapasite değerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Erdal (2020) tarafından nar suyunda farklı jelatin türlerinin durultma üzerine etkileri incelenmiştir. Nar sularında jelatin için 0. gündeki antioksidan aktivite değeri 1070.96 ± 3.2 mg GAE/L iken 120 günlük depolama süresi sonunda 1784.69 ± 2.4 mg GAE/L olarak belirlenmiştir.

ABTS yönteminde ise başlangıçta en yüksek antioksidan kapasite değeri GÜN grubuna (8683.07 ± 3.55 mg/L) ait olup onu sırasıyla DP ve GEL örnekleri takip etmektedir, fakat belirlenen farklılık 0. ay itibariyle istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Durultmanın antioksidan aktiviteyi azalttığı bilinmektedir (Orhan, 2014). Güncel durultma ajanlarından kitosanın antioksidan etkiye sahip olması GÜN grubu örneklerinin GEL grubu örneklerine göre daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip oluşunu açıklamaktadır. Depolama süresi boyunca örneklerin tümünün ABTS antioksidan kapasite değerlerinde kayıp gözlenmiştir. Altıncı ayın sonunda ABTS değerleri dikkate alındığında GÜN ve DP grupları arasında istatistiksel farklılık yoktur ($p > 0.05$). Fakat depolama süresi sonunda tüm örnek gruplarının ABTS antioksidan kapasite değerinde azalma tespit edilmiştir. Erceyes (2014), yaptığı çalışmada vişne sularının depolama süresi boyunca antioksidan aktivitelerini incelemiş ve çalışmaya benzer şekilde antioksidan kapasite değerlerinde kayıp saptamıştır. Chen ve ark. (2020) kırmızı ahududu antosiyaninlerinin meyve suyundaki bozunma kinetiği üzerine çalışmalarında TEAC ve DPPH yöntemleriyle belirlediği antioksidan kapasite değerlerinin depolama süresine bağlı olarak azaldığını saptamıştır.

FRAP yöntemiyle belirlenen antioksidan kapasite değerlerinde ise başlangıçta en yüksek antioksidan kapasite değeri DP örneğinde (2237.71 ± 9.65 $\mu\text{mol/L}$) olup onu GÜN ve

GEL örnekleri takip etmektedir, ancak belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$). Durultma yapılmış örneklerde antioksidan aktivitenin düşük çıkması durultmanın antioksidan aktiviteyi azaltmasından kaynaklanmaktadır (Orhan, 2014). Depolama süresi sonunda en yüksek FRAP antioksidan kapasite değeri GÜN grubu örneklere ($615.35\pm 3.65 \mu\text{mol/L}$) aittir. Depolama sonunda GEL grubundaki FRAP antioksidan kapasite değeri diğer gruplardan farklıdır ($p<0.05$). Bu durum geleneksel durultmada kullanılan jelatinin, yük etkileşiminin flok oluşturmasıyla açıklanabilir. Diğer durultma ajanlarına göre daha büyük flok oluşturma eğilimde olan jelatin, flokların çökmesiyle beraberinde antosiyaninleri de sürüklemektedir (Dıblan, 2013).

Antioksidan aktiviteyi etkileyen en önemli unsurlardan biri meyvedeki antosiyanin içeriğidir. Antosiyanin içeriğini etkileyen parametreler oldukça fazladır. Depolama süresinin uzun olması, pH artışı, sıcaklık artışı gibi nedenler antosiyanin içeriğini azaltarak fenolik madde miktarında düşüşe sebep olur. Buradaki düşüşe sebep olan birincil nedenin depolama süresi olduğu görülmektedir. Sonuçların toplam fenolik madde değerleriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada farklı vişne türlerinden elde edilen meyve sularının 10 ay boyunca FRAP yöntemiyle antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Örneklerin depolama süresi sonunda neredeyse tamamında antioksidan aktivitenin azaldığı saptanmıştır (Erceyes, 2014).

Toplam monomerik antosiyanin içeriği incelendiğinde 0. ay itibarıyla en yüksek değer DP örnek grubuna ($15.25\pm 0.35 \text{ mg/L}$) ait olduğu görülmektedir ve DP grubu ile GÜN grubu arasında depolama başlangıcında istatistiksel bir farklılık yoktur ($p>0.05$). DP grubu örneklerin antosiyanin içeriğinin GEL ve GÜN grubu örneklerinden yüksek olmasının nedeninin berraklaştırma uygulamasının antosiyanin kayıplarına neden olmasından kaynaklanmaktadır (Orhan, 2014). İkinci ayda antosiyanin içeriğinde bir miktar azalma görülmüş fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Dördüncü ayda antosiyanin içeriğindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ($p<0.05$). Antosiyanin kaybının depolamaya bağlı olduğu düşünülmektedir (Erkan-Koç, 2014). Dördüncü ayda GEL ve GÜN grubu örnekler kıyaslandığında GÜN grubu örneklerin ($13.08\pm 1.14 \text{ mg/L}$) anlamlı şekilde daha yüksek antosiyanin içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu durumun güncel durultmada kullanılan kitosanın

antioksidan aktivitesinden ya da geleneksel durultmada kullanılan jelatinin flok oluşturma mekanizmasında antosiyaninleri de beraberinde sürükleyebileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Fang ve ark., 2006). Altıncı ayda DP ve GEL grubu örneklerde antosiyanin içeriğindeki görülen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Yapılan bir çalışmada nar sularında monomerik antosiyanin içeriğinde artış belirlenmiş ve bu monomerik antosiyaninlerin kondense tanen içerikleriyle reaksiyona girdiğini ve antosiyaninlerin polimerize olduğunu göstermiştir (Türkyılmaz ve Özkan, 2014). Bakan (2012) yaptığı çalışmada nar, vişne ve üzüm sularının 12 aylık depolama süresi boyunca bazı aylarda artışlar olduğunu tespit etmiştir. GÜN örnek grubunun depolama süresi sonunda antosiyanin içeriğindeki azalma 6. ay itibariyle istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu durum berraklaştırmada kullanılan yardımcı maddelerden kitosanın güçlü partikül çöktürme özelliğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Dıblan, 2013). Tablo 4.12’de bulunan bulanıklık değerleri bu durumu desteklemektedir.

Tablo 4. 10. Depolama süresince erik sularının toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve toplam monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişim

	Ay	DP	GEL	GÜN
Toplam Fenolik Madde (mg GAE/L)	0	602.88±20.83 ^{bA}	389.04±17.46 ^{cB}	416.44±33.16 ^{cB}
	2	204.01±3.53 ^{cB}	162.49±8.36 ^{dC}	243.28±6.58 ^{dA}
	4	807.97±29.81 ^{aA}	539.89±31.74 ^{aB}	762.77±49.52 ^{aA}
	6	605.99±63.19 ^{bB}	491.86±26.95 ^{bC}	696.95±17.31 ^{bA}
Antioksidan Kapasite (DPPH)(mg/L)	0	1419.17±107.77 ^{bA}	885.83±170.63 ^{cB}	1644.17±104.08 ^{bA}
	2	1256.67±64.15 ^{cA}	1344.17±43.90 ^{bA}	1248.33±59.07 ^{cA}
	4	4031.67±52.04 ^{aA}	3944.17±173.36 ^{aA}	4044.17±133.66 ^{aA}
	6	169.67±1.82 ^{dB}	158.56±3.96 ^{dC}	183.00±7.23 ^{dA}
Antioksidan Kapasite (ABTS) (mg/L)	0	8406.15±23.55 ^{aA}	7129.23±4.37 ^{aA}	8683.07±3.55 ^{aA}
	2	6558.46±5.04 ^{bB}	6163.59±5.87 ^{abB}	7814.87±1.93 ^{aA}
	4	6406.15±14.41 ^{bA}	5252.31±19.41 ^{bcA}	4898.46±30.78 ^{bA}
	6	4990.77±8.00 ^{bA}	4036.92±5.45 ^{cB}	4575.39±5.12 ^{bAB}
Antioksidan Kapasite (FRAP) (µmol/L)	0	2237.71±9.65 ^{aA}	2222.53±45.48 ^{aA}	2231.87±39.59 ^{aA}
	2	620.61±47.72 ^{cA}	497.43±22.86 ^{cB}	662.64±61.93 ^{bcA}
	4	760.42±45.07 ^{bA}	572.738±25.38 ^{bB}	712.55±20.89 ^{bA}
	6	606.60±7.08 ^{cA}	491.01±1.82 ^{cB}	615.35±3.65 ^{cA}
Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/L)	0	15.25±0.35 ^{aA}	13.75±0.26 ^{aB}	14.58±0.54 ^{aA}
	2	15.36±0.17 ^{aA}	11.02±0.58 ^{abC}	14.47±0.51 ^{aAB}
	4	10.91±1.58 ^{bA}	7.01±0.44 ^{cB}	13.08±1.14 ^{aA}
	6	12.02±1.61 ^{bA}	9.18±0.44 ^{bcB}	9.46±1.14 ^{bB}

± Verilere ait standart sapma; *^{a-d} Aynı sütunda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır; **^{A-D} Aynı satırda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

Tablo 4.11 depolama süresi boyunca berrak erik sularının pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeriklerindeki değişimi göstermektedir. Depolama başlangıcı olan 0. ayda GEL ve GÜN grubu örneklerindeki pH değerinin DP örneğinden yüksek olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Bu duruma berraklaştırmanın pH değerini yükseltici etkisi açıklık getirmektedir (Apaydın, 2008). pH değerinin 2. ayda GEL grubunda gösterdiği artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu durumun depolamanın proteolizi arttırarak amonyak benzeri maddeler ortaya çıkarmasından

kaynaklandığı sanılmaktadır (Erceyes, 2014). Depolamanın 4. ve 6. aylarında ise tüm örnek gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sonunda en düşük pH değerine GÜN grubu örnekler (3.31 ± 0.01) sahiptir. Güncel durultma ajanlarından kitosanın hazırlanmasında kullanılan asetik asidin örneklerin pH değerini düşürdüğü düşünülmektedir (Erkan-Koç, 2013). Apaydın (2008) yaptığı çalışmada nar suyu konsantrelerinin depolanması sürecinde pH değerinin düştüğünü belirlemiştir. Tüm örnek grupları kendi içinde değerlendirildiğinde ise tüm aylarda pH değişiminin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Titrasyon asitliği verileri incelendiğinde 0. ayda en düşük değer GEL grubu örnekler ($p<0.05$) ait (1.38 ± 0.01) olup onu GÜN ve DP grubu örnekler takip etmektedir. Floklar halindeki çökeltme organik asitleri de beraberinde sürükleyerek titrasyon asitliğini düşürmektedir. Durultma ajanları içinde yüksek flok oluşturma kapasitesine sahip olan jelatin, titrasyon asitliğini düşürerek GEL grubu örneğin düşük titrasyon asitliği değerini açıklamaktadır (Ercan, 2017). Depolama sonunda tüm örnek grupları incelendiğinde GEL grubuna ait titrasyon asitliği değerinin diğer örnek gruplarında istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Apaydın (2008) yaptığı çalışmada nar suyu konsantrelerinin depolanmasında titrasyon asitliği değerinin azaldığını tespit etmiştir. Erkan-Koç (2013) çeşitli durultma ajanlarıyla berraklaştırılan nar suyu konsantrelerinin depolanması üzerine yaptığı çalışmada örneklerin titrasyon asitliği değerlerinin azaldığını belirlemiştir. Tez kapsamında elde edilen sonuçlar literatürle uyum içerisindedir.

Suda çözünür kuru madde içeriği 0. ayda en düşük GEL grubu örneklerde (16.59 ± 0.06) görülmekte bunu sırasıyla DP ve GÜN grubu örnekler takip etmektedir ($p<0.05$). GEL grubu örneklerin düşük olmasının durultmada kullanılan jelatinin güçlü tortu çöktürme etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Erkan-Koç, 2013). Bu durumu bulanıklık (NTU) değeri diğer örneklerle kıyasla düşük olan GEL örnek grubu da desteklemektedir. Erkan-Koç (2013) çeşitli durultma ajanlarıyla berraklaştırılan nar suyu konsantrelerinin depolanması üzerine yaptığı çalışmada örneklerin 120 gün depolanması sonucu jelatin, kazein ve ksantan gam ile berraklaştırılan örneklerin suda çözünür kuru madde içeriğinin azaldığını tespit etmiştir. Apaydın (2008) yaptığı çalışmada nar suyu konsantrelerinin 8 ay depolanması sürecinde suda çözünür kuru madde içeriğinin azaldığını belirlemiştir.

Depolama sonunda ise GEL grubu örneklerdeki SÇKM değişimi diğer örnek gruplarının değişimine göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4. 11. Depolama süresince erik sularının pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde içerikleri

	Ay	DP	GEL	GÜN
pH	0	3.40±0.01 ^{CB}	3.45±0.01 ^{BA}	3.45±0.01 ^{BA}
	2	3.55±0.01 ^{AB}	3.58±0.00 ^{AA}	3.57±0.01 ^{AB}
	4	3.45±0.02 ^{BA}	3.37±0.01 ^{CC}	3.40±0.01 ^{CB}
	6	3.36±0.01 ^{DA}	3.34±0.01 ^{DB}	3.31±0.01 ^{DC}
Titrasyon Asitliği (%sitrik asit)	0	1.57±0.02 ^{AA}	1.38±0.01 ^{AB}	1.53±0.05 ^{AA}
	2	1.53±0.01 ^{AB}	1.29±0.01 ^{BB}	1.53±0.04 ^{AA}
	4	1.47±0.06 ^{BA}	1.25±0.01 ^{CB}	1.50±0.01 ^{AA}
	6	1.48±0.06 ^{BA}	1.25±0.03 ^{CB}	1.48±0.04 ^{AA}
SÇKM	0	18.83±0.06 ^{CB}	16.59±0.06 ^{BC}	19.04±0.12 ^{AA}
	2	19.14±0.14 ^{BA}	16.14±0.00 ^{CB}	19.11±0.06 ^{AA}
	4	19.55±0.06 ^{AA}	16.85±0.15 ^{AC}	19.03±0.15 ^{AB}
	6	18.77±0.00 ^{CA}	16.17±0.00 ^{CB}	18.77±0.00 ^{BA}

± Verilere ait standart sapma; *^{a-d} Aynı sütunda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır; **^{A-D} Aynı satırda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

Tablo 4.12 depolama süresince erik sularının bulanıklık (NTU) ve sıcak soğuk testi değerlerini göstermektedir. Bulanıklığı ifade eden NTU değeri depolama başlangıcında en düşük GEL grubu örneklerde (0.27±0.07) belirlenmiştir ($p<0.05$). GEL grubu örneklerin GÜN grubu örneklere göre 0, 2 ve 4. aylarda daha düşük bulanıklık değerine sahip olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). İkinci ayda GÜN grubu örneklerde bulanıklığın yüksek çıkması örnekleme hatası olarak değerlendirilmektedir. Bu çıkarım yapılırken stabiliteyi ifade eden sıcak soğuk testi sonuçları incelenmiş ve benzerlik olduğu görülmüştür. Depolamanın 2. ve 4. aylarında azalan bulanıklık değeri 6. ayda tüm örneklerde bir miktar artış göstermiştir. Lee ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada durultulmuş ve durultulmamış muz sularının depolama süresince bulanıklık düzeyleri belirlenmiştir. Durultulmamış muz sularında bulanıklık artışının durultulmuş

örneklere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmada; bulanıklık oluşumunun lag faz, gelişme fazı ve terminal faz olmak üzere 3 aşamada gerçekleştiği bildirilmiştir. Lag fazda bulanıklığa neden olmayan protein-polifenol kompleksinin oluştuğu, bulanıklık oluşumu için bu kompleksin oksidasyon veya polimerizasyona uğraması gerektiği ile açıklanmıştır. Protein-polifenol interaksyonu gerçekleştiğinde ise oluşan kompleks bulanıklık oluşumunu hızlandırmakta ve bu faz, gelişme fazı olarak tanımlanmaktadır (Siebert 1999 a, b). Depolamanın 4. ayına kadar devam eden azalma, lag fazın devam ettiğini 6. aydaki artış ise kompleksin gelişme fazında olduğunu göstermektedir. Depolama süreci sonunda DP grubu örneklerin GEL ve GÜN örnek gruplarına göre daha yüksek bulanıklık değerine sahip olduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Durultma ile potansiyel bulanıklık etmeni öncül maddeler ortamdan uzaklaştırıldığı için durultulmamış örneklerde bulanıklık oluşumunun daha fazla görülmesi beklenen bir sonuçtur. Depolama sonunda ise tüm örnek gruplarının berrak olarak nitelendirilebileceği açıktır.

Stabilite testi olarak bilinen sıcak soğuk testi bulanıklıkla ilişkilidir. Başlangıçta DP örnek grubunun stabilitesinin GEL ve GÜN örnek grubuna göre daha düşük tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu durum bulanıklıkla birlikte değerlendirildiğinde beklenen bir sonuçtur. Zamanla artan stabilitenin 6. ayın sonunda berraklaştırılan GEL ve GÜN grubu örneklerin stabilitesi incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p > 0.05$). Stabilite testi öncesi bulanıklık değerleri ile kıyaslandığında DP ve GEL gruplarındaki değişimin depolamanın 2. ayında belirgin bir şekilde bozulduğu görülmektedir. Bu durum analiz hatası olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 4. 12. Depolama süresince erik sularının bulanıklık (NTU) ve sıcak soğuk testi değerleri

	Ay	DP	GEL	GÜN
Bulanıklık (NTU)	0	13.13±0.06 ^{aA}	0.27±0.07 ^{abC}	0.67±0.01 ^{abB}
	2	1.87±0.02 ^{baA}	0.19±0.05 ^{bcC}	0.72±0.05 ^{abB}
	4	0.40±0.01 ^{daA}	0.10±0.02 ^{ccC}	0.25±0.03 ^{cbB}
	6	0.82±0.05 ^{caA}	0.32±0.03 ^{abB}	0.37±0.02 ^{bbB}
Sıcak Soğuk Testi (NTU)	0	12.41±0.04 ^{baA}	0.27±0.03 ^{bcC}	0.58±0.24 ^{abB}
	2	1300.67±91.22 ^{aaA}	1.29±0.01 ^{abB}	0.39±0.00 ^{abB}
	4	0.87±0.07 ^{caA}	0.24±0.04 ^{bbB}	0.22±0.08 ^{bcB}
	6	0.27±0.04 ^{caA}	0.02±0.02 ^{cbB}	0.02±0.01 ^{cbB}

± Verilere ait standart sapma; *^{a-d} Aynı sütunda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır; **^{A-D} Aynı satırda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

Tablo 4.13’de depolama süresi boyunca berrak erik sularının renk değerlerindeki değişim görülmektedir. L^* değeri attıkça açıklık, azaldıkça koyuluk değeri artar. Başlangıçta L^* değerinin en yüksek olduğu grup GEL örnek grubu (49.32 ± 0.03) olup onu sırasıyla GÜN (46.13 ± 0.03) ve DP örnek grubu (40.34 ± 0.02) takip etmektedir ($p<0.05$). L^* değerinin durultulan örneklerde daha yüksek olması durultmanın esmer pigmentleri uzaklaştırmasından kaynaklanmaktadır (Turfan, 2008). Depolamanın 2. ayında DP örnek grubundaki (26.20 ± 0.37) ani düşüşe bulanıklık seviyesi yüksek meyve suyundaki partiküllerin çökmesinin neden olduğu düşünülmektedir (Karaca, 2011). Tablo 4.12’deki bulanıklık değerlerinde değişim bu durumu destekler niteliktedir. Depolamanın 4. ve 6. aylarında tüm örnek gruplarında L^* değerinde zamanla yükselme olduğu görülmüş GEL ve GÜN grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu yükselmeye antosiyaninin oksidasyonla parçalanarak ışığı daha iyi yansıtmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Karaca, 2011).

Erik suyu için önemli bir parametre olan a^* değeri arttıkça kırmızılık, azaldıkça yeşillik artmaktadır. Depolama başlangıcında en yüksek çıkan a^* değeri DP örnek grubuna

(36.63±0.03) aittir ($p<0.05$). Bulanıklığın a^* değeri üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle berraklaştırma yapılmamış örnek grubunda a^* değeri daha yüksek belirlenmiştir (Karaca, 2011). Depolama sonunda en yüksek a^* değerine GÜN grubu (52.02±0.18) örneklerin sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Geleneksel durultmaya kıyasla güncel durultmanın yüksek a^* değerine sahip olması güncel ajanların endüstride kullanılabilirliği ve antosiyanin içeriği yüksek meyve suları için umut vericidir. Tüm örnek gruplarının a^* değeri depolama süresi sonunda artmıştır ancak GEL grubundaki a^* değeri değişimi istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Depolama süresince Tablo 4.11'de görülen asitliğin artmasıyla kırmızı renk tonunda artış gözlenmiştir (Karaca, 2011).

Renk b^* değeri arttıkça sarılığın arttığı, azaldıkça maviliğin arttığı bilinmektedir. Depolamanın 0. ayında en yüksek b^* değeri DP örnek grubuna (44.33±0.04) ardından sırasıyla GÜN ve GEL grubu örneklerine aittir ($p<0.05$). Durultma işlemi bulanıklık etmeni partikülleri ortadan kaldırmaktadır. Erik suyunda bulanıklık etmeni partiküllerin uzaklaşması b^* değerinin azalarak mavi rengin arttığını göstermektedir (Karaca, 2011). Depolama süresi boyunca b^* değerinde DP grubu örneklerde dalgalanmalar görülse de GEL ve GÜN grubu örnekler için sürekli artış olduğu saptanmıştır. Görülen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama süresi sonunda DP ve GÜN örnek grubu arasındaki istatistiksel farklılık önemlidir ($p<0.05$).

Tablo 4. 13. Depolama süresi boyunca erik sularının renk L*, a* ve b* değerlerindeki değişim

Renk	Ay	DP	GEL	GÜN
L*	0	40.34±0.02 ^{cC}	49.32±0.03 ^{cA}	46.13±0.03 ^{cB}
	2	26.20±0.37 ^{dC}	40.17±0.18 ^{dA}	39.22±0.14 ^{dB}
	4	53.94±1.32 ^{bC}	63.96±0.04 ^{bA}	59.05±1.06 ^{bB}
	6	93.46±3.88 ^{aAB}	97.94±0.50 ^{aA}	92.54±0.05 ^{aB}
a*	0	36.63±0.03 ^{cA}	34.88±0.01 ^{cC}	36.44±0.01 ^{cB}
	2	26.78±0.15 ^{dC}	32.57±0.15 ^{dB}	34.13±0.18 ^{dA}
	4	43.32±0.41 ^{bA}	36.68±0.15 ^{bC}	40.27±0.28 ^{bB}
	6	49.92±2.90 ^{aA}	45.37±0.70 ^{aB}	52.02±0.18 ^{aA}
b*	0	44.33±0.04 ^{bA}	36.67±0.03 ^{dC}	41.45±0.04 ^{dB}
	2	42.31±0.22 ^{bB}	42.05±0.63 ^{cB}	43.81±0.17 ^{cA}
	4	61.13±1.37 ^{aA}	46.17±0.49 ^{bC}	53.14±1.40 ^{bB}
	6	42.62±7.51 ^{bB}	48.96±0.90 ^{aAB}	56.98±0.13 ^{aA}

± Verilere ait standart sapma; *^{a-d} Aynı sütunda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır; **^{A-D} Aynı satırda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

Tablo 4.14'de depolama süresi boyunca berrak erik sularının renk özelliklerini yorumlamada kullanılan ΔC , hue°, ΔE ve beyazlık indeksi değerleri yer almaktadır. Croma olarak ifade edilen ΔC değeri renkteki yoğunluğu ifade etmektedir. Depolamanın 0. ayında en yüksek ΔC değeri DP grubu örneklerle (57.51 ± 0.04) aittir ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca GEL ve GÜN grubu örneklerdeki ΔC değerleri yükselmiş, 6. ayın sonunda ise en yüksek değer GÜN grubu örneklerde (77.36 ± 0.18) belirlenmiştir ($p<0.05$). Renk yoğunluğunu etkileyen faktörlerden biri antosiyanin stabilitesini etkileyen kopigmentasyon reaksiyonlarıdır. Kopigment maddeler antosiyaninleri stabilize ederek kopigmentasyon reaksiyonlarını oluşturmaktadır. Bu reaksiyonların iki sonucu bulunmaktadır. Birincisi batokromik değişim olarak adlandırılan, antosiyaninlerin maksimum absorbans gösterdiği dalga boyunda görülen değişim olup, bunun sonucunda renk, kırmızıdan maviye doğru değişmektedir. Bu durum, mavileşme (bluing) olarak da adlandırılmaktadır. Diğeri ise, hiperkromik etki olarak bilinmekte ve antosiyaninlerin renk yoğunluğunda görülen artışı ifade etmektedir (Cavalcanti ve ark., 2011). Burada

gerçekleşen reaksiyon hiperkromik etki olarak ifade edilebilir. Nar suyu konsantrelerinde yapılan bir çalışmada depolama sırasında renk yoğunluğunda artışlar tespit ettiğini bildirmiştir (Karaca, 2011).

Hue° renk tonunu ifade etmektedir. Başlangıçta en yüksek değer DP örnek grubuna (0.88±0.00) aittir fakat diğer örnek grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 2., 4. ve 6. aylarında GEL ve GÜN örnek grupları kendi arasında değerlendirildiğinde renk tonu artışı istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p>0.05$). Hue° açısındaki artış bazı çalışmalarda antosiyaninlerin parçalanmasından kaynaklansa da durultma yapılan çalışmalarda özellikle jelatinin floklaştırma etkisiyle antosiyanini uzaklaştırmasından kaynaklanmaktadır (Dıblan, 2013). Yapılan bir çalışmada nar suyu konsantrelerinin depolanmasında örneklerin Hue° değerlerinde artışlar saptanmıştır (Erkan-Koç, 2013).

Toplam renk farkını ifade eden ΔE değerine ait veriler incelendiğinde ise tüm örnek grupları kendi içinde tüm aylarda değişim göstermiştir ve bu değişim tüm aylarda tüm örnek grupları için istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Bu sonucu örnekler için L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim de desteklemektedir. Taştan (2014), yaptığı çalışmada kitosanla durultulmuş nar suyu örneklerinin 6 ay depolama süresi boyunca ΔE değerinin arttığını rapor etmiştir. Zhang ve ark., (2023) yaptıkları çalışmada lotus tohum suyunun farklı sıcaklıklardaki 6 aylık depolamanın ilk 4 ayı boyunca örneklerin ΔE değerinde artış olduğunu rapor etmişlerdir. Laorko ve ark., (2013) ananas suyu üzerinde yaptıkları çalışmada farklı sıcaklıklarda (4°C, 27°C ve 37°C) 6 ay boyunca depolanan örneklerin ΔE değerinin zamanla arttığını tespit etmişlerdir.

Beyazlık indeksi değeri 0. ayda en yüksek DP (82.86±0.02) grup örneklerde iken onu sırasıyla GÜN (77.13±0.02) ve GEL (71.62±0.01) grubu örnekler takip etmektedir ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca GEL ve GÜN örnek grubunda 2. ayda artış gösteren değer 4. ve 6. aylarda düşüş göstermiştir ($p<0.05$). Depolama DP ve GEL grubu örneklerde beyazlık indeksinde azalmaya sebep olurken GÜN grubu örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa neden olmamıştır ($p>0.05$). Beyazlık İndeksi, bir örneğin ne kadar beyaz olduğunu ölçen bir değerdir. Bu indeks, bir nesnenin göreceli

beyazlığını belirtir; düşük bir değer daha yoğun ve renkli bir nesneyi, yüksek bir değer ise daha açık ve beyaz bir nesneyi ifade edebilir (Kaplan, 2024). Bu görüş depolama sonu itibarıyla GÜN grubu örneklerin beyazlık indeksi bakımından daha açık ve beyaz olarak değerlendirilmesine sebep olmuştur.

Tablo 4. 14. Depolama süresi boyunca erik sularının ΔC , Hue $^\circ$, ΔE ve beyazlık indeksi değerlerindeki değişim

RENK	Ay	DP	GEL	GÜN
ΔC	0	57.51±0.04 ^{cA}	50.61±0.03 ^{dC}	55.19±0.03 ^{cB}
	2	50.07±0.10 ^{dC}	53.19±0.58 ^{cB}	55.53±0.24 ^{cA}
	4	74.93±0.88 ^{aA}	58.97±0.29 ^{bC}	67.59±1.23 ^{bB}
	6	65.71±7.11 ^{bB}	66.75±1.13 ^{aB}	77.36±0.18 ^{aA}
Hue $^\circ$	0	0.88±0.00 ^{bA}	0.81±0.00 ^{dA}	0.85±0.00 ^{cA}
	2	1.01±0.01 ^{aA}	0.91±0.37 ^{aB}	0.91±0.12 ^{bB}
	4	0.95±0.02 ^{aA}	0.90±0.01 ^{bB}	0.92±0.01 ^{aB}
	6	0.70±0.06 ^{cB}	0.82±0.00 ^{cA}	0.83±0.00 ^{dA}
ΔE	0	70.25±0.04 ^{cC}	70.66±0.04 ^{cB}	71.93±0.04 ^{cA}
	2	56.51±0.26 ^{dC}	66.65±0.37 ^{dB}	67.99±0.12 ^{dA}
	4	92.32±0.30 ^{bA}	87.00±0.17 ^{bC}	89.06±0.68 ^{bB}
	6	114.21±1.08 ^{aC}	118.52±0.29 ^{aB}	120.48±0.09 ^{aA}
Beyazlık İndeksi	0	82.86±0.02 ^{aA}	71.62±0.01 ^{bC}	77.13±0.02 ^{bB}
	2	89.18±0.25 ^{aA}	80.05±0.51 ^{aC}	82.33±0.27 ^{aB}
	4	87.95±1.42 ^{aA}	69.11±0.27 ^{cC}	78.24±1.48 ^{bB}
	6	66.08±7.50 ^{bB}	66.78±1.15 ^{dB}	77.51±0.18 ^{bA}

± Verilere ait standart sapma; *^{a-d} Aynı sütunda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır; **^{A-D} Aynı satırda ayrı harflerle kodlanmış ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$).

5. SONUÇ

Çalışmada geleneksel ve güncel durultma ajanları ile güncel durultma ajanlarının ultrasonla kombinasyonunun erik suyunun berraklaştırılması üzerine etkileri araştırılmıştır. Dozaj testleri sonucunda en düşük bulanıklık değerine karşılık gelen normlar belirlenmiş ardından 6 aylık depolama süresi boyunca erik suyundaki kalite değişimleri incelenmiştir.

Geleneksel durultma için en düşük bulanıklık (0.09 NTU) değerlerine, jelatin için 0.5 g/L, kizelsol için 1.00 g/L, bentonit için 0.5 g/L kombinasyonunda ulaşılmıştır. Buna göre 1 ton erik suyunun berraklaştırılması için kullanılacak durultma ajanı miktarı ve maliyet hesabı yapıldığında; jelatin için 500 g 9.513 TL, kizelsol için 1000 g 297 TL ve bentonit için 500 g 2.387 TL olmak üzere toplam 12.197 TL olarak hesaplanmıştır. Güncel ajanlarla berraklaştırmada en düşük bulanıklık (1.68 ± 0.03 NTU) değeri 0.25 g/L kazein, 0.1 g/L ksantan gam, 0.75 g/L kitosan kombinasyonunda sağlanmıştır. Bu aşamada 1 ton erik suyunun berraklaştırılması için 125 g kazein, 2.5 g ksantan gam ve 18.75 g kitosan kullanımı ön görülmektedir. Maliyet hesabı yapıldığında 125 g kazein için 460 TL, 2.5 g ksantan gam için 102 TL ve 18.75 g kitosan için 98 TL olmak üzere toplam 660 TL olarak hesaplanmıştır. Geleneksel ve güncel ajanlarla berraklaştırma yöntemleri maliyet açısından karşılaştırıldığında; geleneksel ajanlarla berraklaştırma maliyeti 1 ton erik suyu için 12.197 TL iken güncel ajanlarla berraklaştırma maliyetinin 1 ton erik suyu için 660 TL olduğu görülmektedir (maliyet hesabı materyal metotta belirtilen durultma ajanları referans alınarak 19 Aralık 2023 tarihli kur değeri olan 1 Euro/31.74 TL üzerinden hesaplanmıştır).

Tez kapsamında elde edilen bulanıklık değerleri filtre edilmemiş meyve sularına aittir ve endüstriyel üretimde kristal berraklık sağlanması için filtrasyon zaruridir. Örnekler filtrasyondan geçirildiğinde geleneksel durultma ajanların kombinasyonunda 0.07 NTU, güncel durultma ajanlarının kombinasyonunda ise 0.50 NTU değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerler meyve suyu endüstrisinde kristal berraklık için kabul edilen bulanıklık ($2 \leq \text{NTU}$) değeri göz önünde bulundurulduğunda hem güncel durultma ajanları kombinasyonun

hem de geleneksel durultma ajanları için umut vericidir. Ayrıca güncel durultma ajanlarının maliyet açısından geleneksel durultma yardımcı maddelerinden daha düşük maliyetleri nedeniyle üstün oldukları belirlenmiştir.

Sonuç olarak güncel durultma yardımcı maddeleri kombinasyonun maliyeti 11.537 TL daha düşük, renk (a^*) değeri iyileşmiş ve kabul edilebilir bulanıklık (0.50 NTU) değerinde olup endüstriye uygulanabilir bir yöntem olduğu saptanmıştır. Ultrason uygulamasında ise örneklerin bulanıklığını arttırması nedeniyle berrak erik suyu üretimi için uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Depolama süresi boyunca yapılan analizler sonucunda toplam fenolik madde miktarı artarken antioksidan aktivite değerleri (DPPH, ABTS, FRAP) düşmüştür. Toplam fenolik madde miktarının artması istenen bir durumdur. Güncel durultmadaki artış geleneksel uygulamaya göre daha fazla olmuştur. Antioksidan kapasiteleri ise zamanla azalmıştır. Diğer kırmızı meyvelerde de olduğu gibi erik suyunun içerdiği yüksek antosiyanin seviyesinden dolayı depolamada azalmalar görülmesi beklenen bir durumdur. pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde değerlerinde de düşüş gözlenmiştir. Renk değerleri (L^* , a^*) iyileşmiş, toplam monomerik antosiyaninin ise hiperkromik etkiden dolayı kayıp görülmüştür.

Sonuç olarak tez kapsamında çalışılan kitosan, kazein ve ksantam gamın belirlenen doz ve sürelerde kullanımının berrak erik suyu üretiminde kullanılabileceği ve maliyet açısından düşünüldüğünde önemli bir avantaj olduğu belirlenmiştir. Tez kapsamında elde edilen verilerin endüstriyel uygulamalara geçmeden önce pilot ve endüstriyel ölçekte deneyerek ölçek büyütme çalışmalarının yapılması gerekliliği unutulmamalıdır.

6. KAYNAKÇA

- Aadil, M. R., Zeng, X. A., Han, Z. and Sun, D. W., 2013. Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 141 (3), 3201-3206.
- Adedokun, O. T., Matemu, A., Höglinger, O., Mlyuka, E. and Adedeji, A., 2022. Evaluation of functional attributes and storage stability of novel juice blends from baobab, pineapple, and black-plum fruits. *Heliyon*.
- Amaral, F. C., Moura, L. G. S., Oliveira, K., Lopes, J. P., Mar, J. M., Sanches, E. A., Faccini, F., Bakry, A. M., Paulino, N. B. and Campelo, P. H., 2019. Thermosonication applied on camu–camu nectars processing: effect on bioactive compounds and quality parameters. *Food and Bioproducts Processing*, 116, 212-218.
- Anonim, 2017. <http://www.megep.meb.gov.tr> gıda teknolojisi- Meyve- Sebze Suyu Üretimi (Erişim Tarihi: 17.12.2021).
- Anonim, 2017. <http://www.megep.meb.gov.tr> gıda teknolojisi- Meyve-Sebze Suyu Üretimi (Erişim Tarihi: 13.12.2021).
- Anonim, 2022. <https://www.tarimorman.gov.tr/>,(Ziyaret Tarihi: 03.01.2024).
- Apaydın, E., 2008. Nar Suyu Konsantresi Üretim ve Depolama Sürecinde Antioksidan Aktivitedeki Değişimler.(Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Aranaz, I., Alcantara, A. R., Civera, M. C., Arias. C., Elorza, B., Caballero, H. A. and Acosta, N., 2021. Chitosan: an overview of its properties and applications. *Polymers*, 13(19), 3256.
- Bagci, P. O., 2014. Effective clarification of pomegranate juice: A comparative study of pretreatment methods and their influence on ultrafiltration flux. *Journal of Food Engineering*, 141, 58-64.
- Bakan, A., 2012. Meyve Sularında Raf Ömrü Süresince Antioksidan Aktivite ve Kalite Değişimi.(Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Basumatary, B., Nayak K. P., Chandrasekar, C. M., Nath, A., Nayak, M. and Kesavan, R. K., 2020. Impact of thermo sonication and pasteurization on the physicochemical. Microbiological And Antioxidant Properties of Pomelo (Citrus Maxima) Juice, 2056-2073.
- Belgheisi, S. and Kenari, Z. E. R., 2019. Improving the qualitative indicators of apple juice by *chitosan* and ultrasound. *Food Science & Nutrition*, 7(4), 1214-1221.
- Benzie, I. F. F. ve Strain, J. J., 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Bilal, M., Asgher, M., Iqbal, M. N. H., Hu, H. and Zhang, X., 2017. Delignification and fruit juice clarification properties of alginate-chitosan-immobilized ligninolytic cocktail. *LWT*, 80, 348-354.
- Cavalcanti, R. N., Santos, D.T. and Meireles, M.A.A. 2011. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems-an overview. *Food Research International*, 44, 499–509.
- Cemeroğlu, B. ve Karadeniz, F., 2001. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Dergisi* Yayın No: 25, 384 s, Ankara.
- Cemeroğlu, B. S., 2010. Gıda Analizleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*.

- Cemeroğlu, B. S., 2013. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Bizim Grup.
- Ceneviz, D.B. and Lozano, JE., 2001. The effect of hydrocolloids on the stability and viscosity of cloudy apple juices. *Food Hydrocolloids*, 15 (1), 1-7.
- Çetinkaya, Ö., 2005. Jelatin Bentonit İle Ön Floklaşırmanın Elma Suyunun Ultrafiltrasyon Performansı Üzerine Etkileri.(Yüksek lisans tezi), Hacettepe Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Chen, J., Du, J., Li, M. and Li, C., 2020. Degradation kinetics and pathways of red raspberry anthocyanins in model and juice systems and their correlation with color and antioxidant changes during storage. *LWT*, 128.
- Dereli, U., Türkyılmaz, M., Yemiş. O. and Özkan. M., 2015. Effects of clarification and pasteurization on the phenolics, antioxidant capacity, color density and polymeric color of black carrot (*daucus carota* l.) juice. *Journal of Food Biochemistry*, 39 (5), 528-537.
- Diao, Y., Yu, X., Zhang, C. and Jing, Y., 2021. Optimisation of the clarification of kiwifruit juice with tannic acid-modified chitosan. *Czech Journal of Food Sciences*, 39 (3), 189–196.
- Dıblan, S. and Özkan, M., 2021. Effects of various clarification treatments on anthocyanins, color, phenolics and antioxidant activity of red grape juice. *Food Chemistry*, 352.
- Dıblan, S., 2013. Kalecik Karası Üzümlerden (*Vitis Vinifera* L.) Üretilen Kırmızı Üzüm Suyunun Çeşitli Durultma Yardımcı Maddeleri ile Durultulması ve Durultmanın Üzüm Suyu Rengi Üzerine Etkisi.(Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Ekşi, A., 1988. Meyve suyu durultma tekniği, Gıda teknolojisi derneği yayınları, 127 s.
- Ercan, O., 2017. Yaban Mersininden Meyve Suyu Üretimi ve Durultmada Kullanılacak Yardımcı Madde Miktarlarının Belirlenmesi.(Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Erceyes, E., 2014. Vişne Suyu Konsantresinin Üretim ve Depolama Süresince Kalite Değişimleri.(Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Erdal, M., 2020. Farklı Jelatin Tipleri ve Enzimlerin Nar Suyu Durultma Potansiyeli Üzerine Etkilerinin Araştırılması.(Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Erkan-Koç, B., 2013. Nar Sularının Çeşitli Durultma Yardımcı Maddeleri ile Durultulması ve Konsantrelerin Depolanması Sürecinde Bileşimindeki Değişimler.(Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Erkan-Koç B., Türkyılmaz, M., Yemiş, O. and Özkan. M., 2015. Effects of various protein- and polysaccharide-based clarification agents on antioxidative compounds and colour of pomegranate juice. *Food Chemistry*, 184, 37-45.
- Fang, Z., Zhang, M., Sun, Y. and Sun, J. 2006. How to improve bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) juice color quality: Effect of juice processing on bayberry anthocyanins and polyphenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(1), 99–106.
- Fang, Z., Zhang, M., Du, W., and Sun, J. 2007. Effect of fining and filtration on the haze formation in bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(1), 113–119.
- FAO, 2024, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>., (Ziyaret tarihi: 03.01.2024).

- Gülcü, M., 2008. Durultma Yardımcı Maddelerinin Üzüm Suyu Kalitesi Üzerine Etkileri.(Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Habibi, H. and Darani, K. K., 2017. Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 130-140.
- Hafizoğlu, C., 2014. Farklı Durultma Yardımcılarının Meyve Suyunun Mineral Profili Üzerine Etkisi.(Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Hayoğlu, İ., Kola, O., Kaya, C., Özer, S. and Türkoğlu, H., 2009. Chemical and sensory properties of verjuice, a traditional turkish non-fermented beverage from kabarcık and yediveren grapes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33 (1), 252-263.
- He, Z., X, M., Zeng, M., Qin, F. and Chen, J., 2016. Interactions of milk α - and β -casein with malvidin-3-*o*-glucoside and their effects on the stability of grape skin anthocyanin extracts. *Food Chemistry*, 199, 314-322.
- Heidarizadeh, F., Kolahi, M. and Akhond. M., 2023. Enhancing the qualitative and nutritional properties of strawberry juice through chitosan treatment. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(10), 5214-5226.
- Kabanov, V.L. and Novinyuk, L. V., 2020. Chitosan application in food technology: a review of recent advances. *Food Systems*, 3 (1).
- Kalsi, S. B., Singh, S. and Alam, Ş. M., 2022. Influence of ultrasound processing on the quality of guava juice. *Journal of Food Process Engineering*, 46(6).
- Kaplan, R., 2024. Berrak Ayva Suyu Üretiminde Yeni Durultma Ajanları ile Ultrason Uygulamasının Durultma Koşulları Ve Kaliteye Etkileri.(Yüksek Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Karaca, E., 2011. Nar Suyu Konsantresi Üretiminde Uygulanan Bazı İşlemlerin Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi.(Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Kumar, S., Ye, F., Dobretsov, S. and Dutta, J., 2019. Chitosan nanocomposite coatings for food, paints, and water treatment applications. *Applied Sciences*, 9 (12), 2409.
- Lachowicz, S., Oszmiański, J. and Kalisz, S., 2018. Effects of various polysaccharide clarification agents and reaction time on content of polyphenolic compound, antioxidant activity, turbidity and colour of chokeberry juice, *LWT*, 92, 347-360.
- Lang, Y., Gao, H., Tian, J., Shu, C., Sun, R., Li, B. and Meng, X., 2019. Protective effects of α -casein or β -casein on the stability and antioxidant capacity of blueberry anthocyanins and their interaction mechanism. *LWT*, 115.
- Laorko, A., Tongchitpakdee, S. and Youravong, 2013. Storage quality of pineapple juice non-thermally pasteurized and clarified by microfiltration. *Journal of Food Engineering*, 116 (2), 554-561.
- Lee, W.C., Yusuf, S., Hamid, N.S.A. and Baharin, B.S., 2007. Effects of fining treatment and storage temperature on the quality of clarified banana juice. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 40 (10), 1755–1764.
- Mazrou, S., Messaoudi, M., Begaa, S., Innocent, C. and Akretche, D., 2020. Clarification of the algerian grape juice and their effects on the juice quality. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 34 (1), 1-11.

- Musaoğlu, G., 2022. Ala Erik ve Üryani Erik Takviyesiyle Üretilen Dondurmaların Bazı Özelliklerinin Karşılaştırılması.(Yüksek Lisans Tezi), Kastamonu Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kastamonu.
- Onsekizoğlu, P., 2010. Elma Suyu Üretiminde Ozmotik Destilasyon ve Membran Destilasyon Uygulamalarının Ürün Kalitesine Etkileri.(Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Orhan, B., 2014. Nar ve Çilek Sularının Sıcak Durultma Yöntemiyle Durultulması.(Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Olawuyi, F. I., Akbarovich, A. S., Kim, C. K. and Lee, Y., 2020. Effect of combined ultrasound-enzyme treatment on recovery of phenolic compounds, antioxidant capacity, and quality of plum (*Prunus salicina* L.) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (1).
- Ozcelik, F., Akan, E. ve Kınık, Ö., 2021. Use of cornelian cherry, hawthorn, red plum, roship and pomegranate juices in the production of water kefir beverages. *Food Bioscience*, 42.
- Pinelo, M., Manzocco, L., Núñez, M.J. and Nicoli, M.C. 2004. Interaction among phenols in food fortification: Negative synergism on antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1177–1180.
- Ren, M., Liu, S., Li, R., Sen, Y., Huang, W. and Zhan, J., 2019. Clarifying effect of different fining agents on mulberry wine. *International Journal of Food Science & Technology*, 55 (4).
- Rungsardthong, V., Wongvuttanakul, N., Kongpien, N. and Chotiwaranon, P., 2006. Application of fungal chitosan for clarification of apple juice. *Process Biochemistry*, 41 (3), 589-593.
- Siebert, K.J. 1999a. Protein–polyphenol haze in beverages. *Food Technology*, 53, 54–57.
- Siebert, K.J. 1999b. Effect of protein–polyphenol interactions on beverage haze, stabilization and analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 353–362.
- Tajchakavit, S., Boye, JI. and Couture, R., 2001. Effect of processing on post-bottling haze formation in apple juice. *Food Research International*, 34 (5), 415-424.
- Tastan, O. and Baysal T., 2015. Clarification of pomegranate juice with chitosan: Changes on quality characteristics during storage. *Food Chemistry*, 180, 211-218.
- Taştan, Ö., 2014. Berrak Meyve Suyu Üretiminde Durultma Ajanı Olarak Kitosan Kullanımının Meyve Suyu ve Konsantresinin Kalite Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi.(Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Taştan, Ö. and Baysal, T., 2017. Chitosan as a novel clarifying agent on clear apple juice production: Optimization of process conditions and changes on quality characteristics. *Food Chemistry*, 237, 818-824.
- Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P. and Cullen, P., J., 2008. Effects of sonication on the kinetics of orange juice quality parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 2423-2428.
- Turfan, Ö., 2008. Nar Suyu Konsantresi Üretim ve Depolama Sürecinde Antosiyaninlerdeki Değişimler.(Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

- Türkyılmaz, M. and Özkan, M. 2014. Effects of condensed tannins on anthocyanins and colour of authentic pomegranate (*Punica Granatum L.*) juices. *Food Chemistry*, 164, 324–331.
- Türkyılmaz, M., Hamzaoğlu, F. and Özkan, M., 2021. Effects of pasteurization and storage on turbidity and copigmentation in pomegranate juices clarified with various hydrocolloid combinations. *Food Chemistry*, 358.
- Türkyılmaz, M., Hamzaoğlu, F. and Özkan, M., 2019. Combined use of hydrocolloids in pomegranate juice and their effects on clarification and copigmentation. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(4), 1426-1436.
- USDA, 2022. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2344760/nutrients>. National Nutrient Database for Standard. Erişim Tarihi (03.01.2024).
- Vardin, H. and Fenercioğlu, H., 2003. Study on the development of pomegranate juice processing technology: Clarification of pomegranate juice. *Food*, 47 (5), 300-303.
- Wu, A., Lv, J., Ju, C., Wang, Y., Zhu, Y. and Chen, J., 2022. Optimized clarification technology of bayberry juice by chitosan/sodium alginate and changes in quality characteristics during clarification. *Foods* 2022, 11(5), 671.
- Yaşar, Ö., 2019. Iğdır’da Yetişen Yerli Karaerik (*Prunus Domestica L.*) Genotiplerinin Fenolojik, Pomolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.(Yüksek Lisans Tezi), Iğdır Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Iğdır.
- Yemiş, O. ve Arslantürk, H. G., 2016. Berrak nar suyu ve konsantrlerinde bulanıklık oluşumu. *Akademik Gıda*, 14(3), 275-283.
- Zhang, Y., Xu, Y., Wang Q., Zhang, J., Dai, X., Miao, S. and Lu, X., 2023. The antioxidant capacity and nutrient composition characteristics of lotus (*Nelumbo nucifera Gaertn.*) seed juice and their relationship with color at different storage temperatures. *Food Chemistry*, 18, 100669.

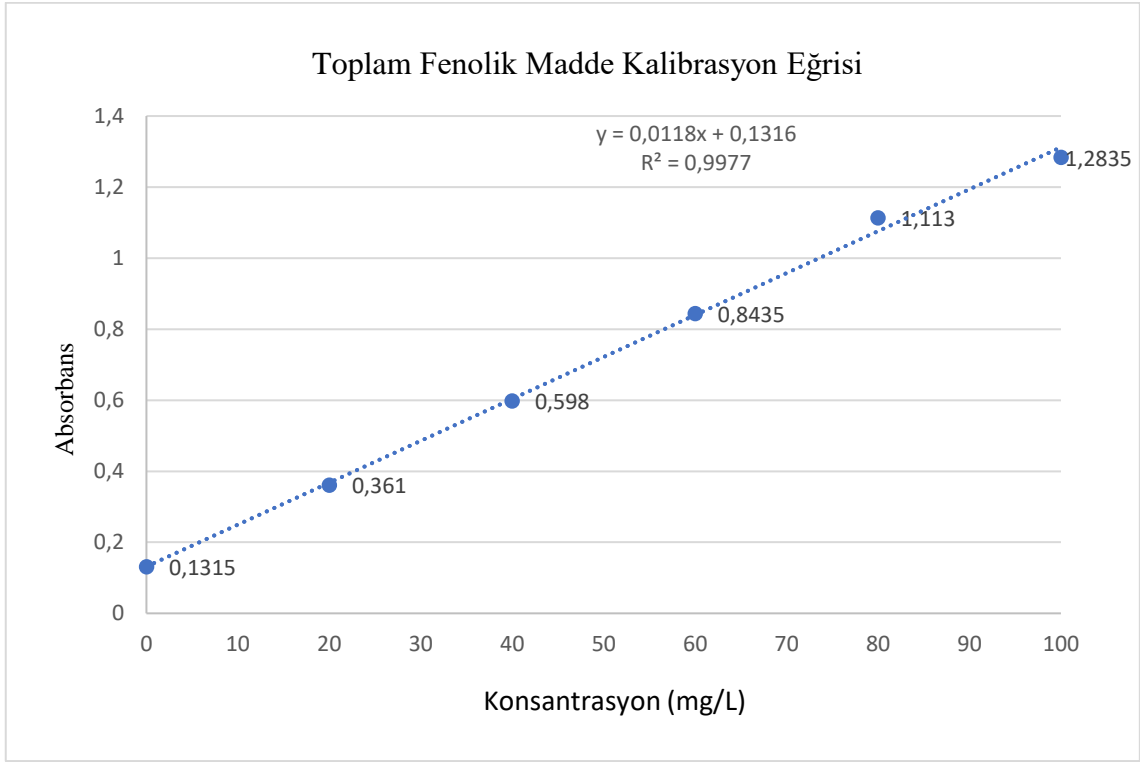
7. EKLER

Tablo 1: Refraktometreyle Suda Çözünen Kuru Madde Tayini için Düzeltme Faktörleri

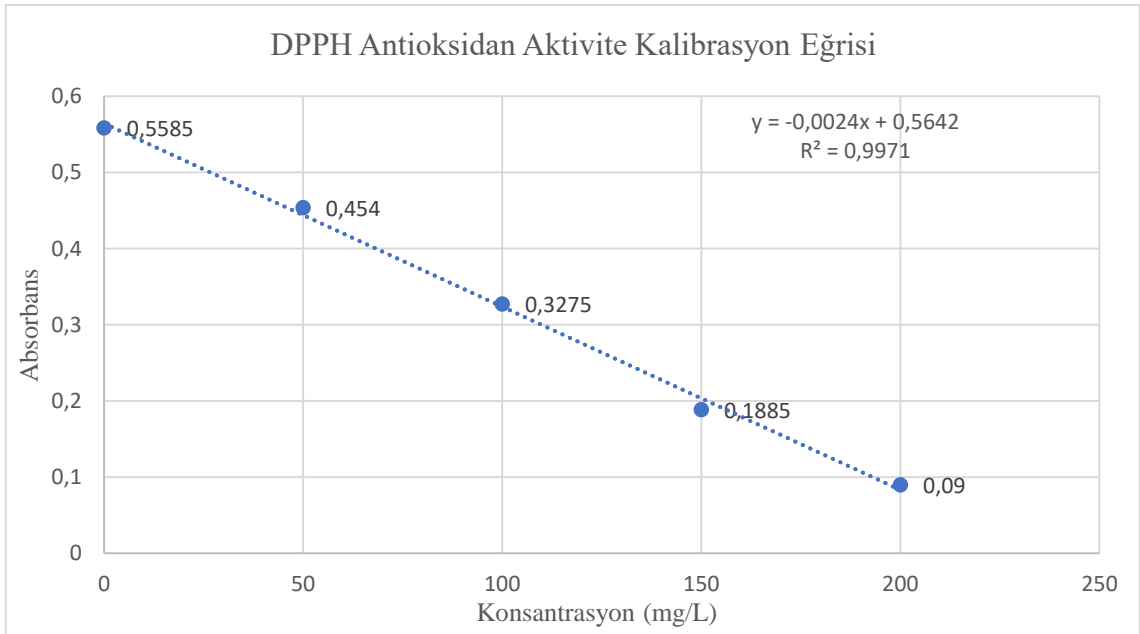
Sıcaklık	Çözünmüş Kuru Madde içeriği, %														
	10-19 °C'ler arasındaki kuru madde (%) okumalarından çıkarılacak değerler														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
10	0,50	0,54	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,78	0,79
11	0,46	0,49	0,53	0,55	0,58	0,60	0,62	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71
12	0,42	0,45	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,63	0,63
13	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55
14	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48
15	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34	0,34	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40
16	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32
17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24
18	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
19	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Sıcaklık	Çözünmüş Kuru Madde içeriği, %														
	21-30 °C'ler arasındaki kuru madde (%) okumalarından eklenecek değerler														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
21	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
22	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
23	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32
25	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
26	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
27	0,48	0,50	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
28	0,56	0,57	0,60	0,61	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,65
29	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
30	0,72	0,74	0,77	0,78	0,79	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

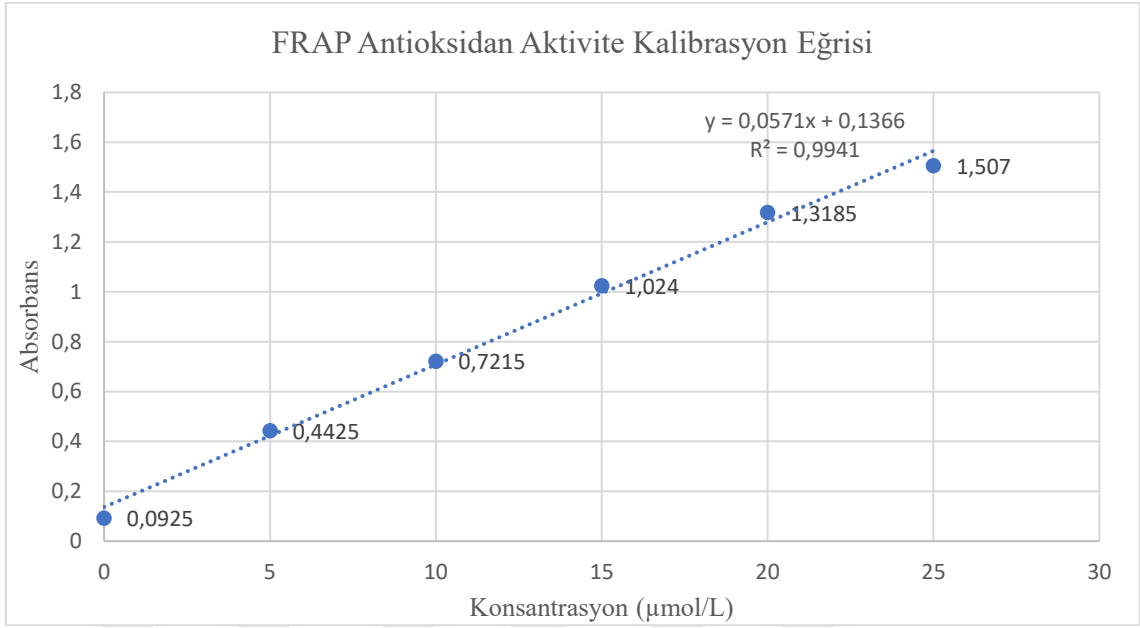
Tabla A. 1. Suda çözünür kuru madde tayininde kullanılan sıcaklık düzeltme faktörü tablosu



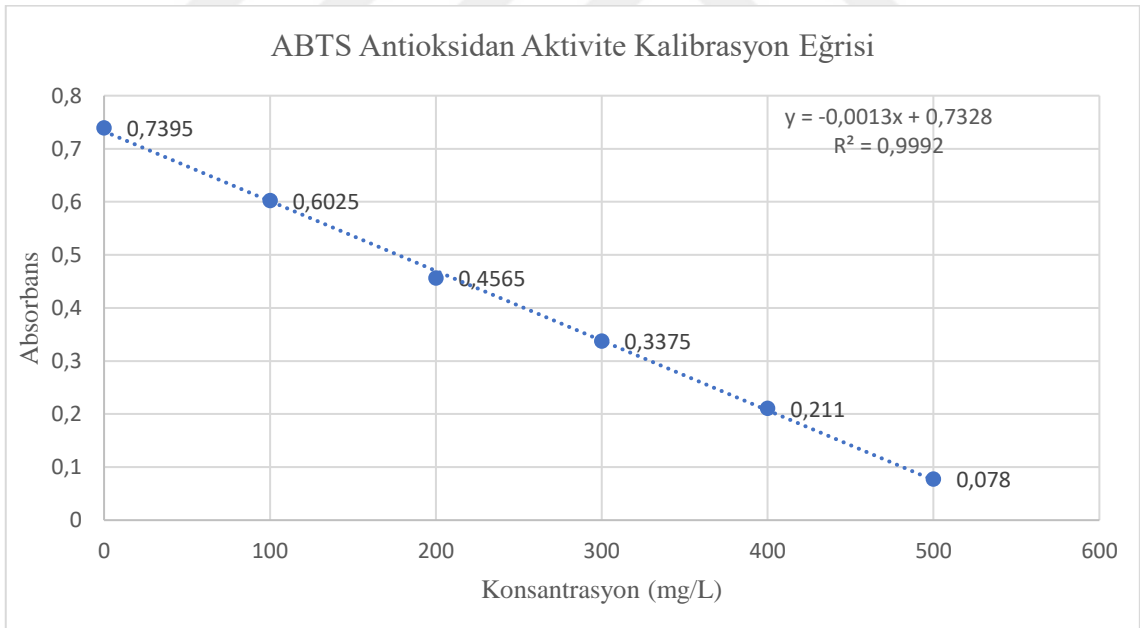
Şekil A. 1. Toplam fenolik madde tayininde kullanılan standart gallik asit kalibrasyon grafiği



Şekil A. 2. DPPH metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği



Şekil A. 3. FRAP metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği



Şekil A. 4. ABTS metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği