



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rukiye KAPLAN

Danışman: Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN

TOKAT- 2024



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 Ayva 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, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

08/01/2024

Rukiye KAPLAN

ÖZET

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

Kaplan, Rukiye
Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aslıhan Demirdöven
Ocak 2024, x + 66 sayfa

Bu tez çalışmasında, güncel ve geleneksel durultma ajanları ile ultrason kombinasyonunun ayva suyunun berraklaştırılması üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla berrak ayva suyu üretimi için optimum sıcaklık, süre, ultrason frekansı ve durultma ajanı kombinasyonları belirlenmiştir. Güncel durultma ajanı olarak kazein, kitosan, ksantan gam kullanılırken geleneksel durultma ajanlarından jelatin, kizelsol ve bentonit kullanılmıştır. Güncel durultma ajanları kombinasyonu kullanılarak durultulan ayva suyu örneğinde en iyi berraklık değeri 40°C sıcaklık, 210 dk süre, 0.5 g/L kazein, 0.01 g/L ksantan gam ve 0.075 g/L kitosan kombinasyonu ile elde edilmiştir (2.82 ± 0.02 NTU). Geleneksel durultma ajanları kombinasyonu kullanılarak durultulan örneklerde en iyi berraklık değeri 40°C sıcaklık, 120 dk süre, 0.05 g/L jelatin, 0.75 g/L kizelsol ve 0.75 g/L bentonit kombinasyonu ile elde edilmiştir (3.30 ± 0.06). Ultrason teknolojisinin kullanıldığı örnekte ise 5 dk boyunca 45 kHz ultrason frekansı uygulandığında en düşük bulanıklık değeri elde edilmiştir (2.55 ± 0.32). Berraklaştırılan ayva suyu örneklerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi ve depolama süresince meydana gelen değişikliklerin izlenmesi amacıyla belirlenen kombinasyonlar kullanılarak laboratuvar ölçekli üretimler gerçekleştirilmiştir. Farklı yöntemlerle berraklaştırılan ayva sularının 0. 2. 4. ve 6. aylarda depolama süresince bulanıklık, renk, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (DPPH, ABTS+, FRAP), pH, titrasyon asitliği, suda çözünür kuru madde, esmerleşme indeksi gibi kalite özellikleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu tez çalışması; ayva suyu berraklaştırma sürecinde güncel durultma ajanları ve ultrason kombinasyonunun etkili bir alternatif olabileceğini ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, meyve suyu endüstrisinde durultma ajanı seçimi, ürün kalitesi ve maliyet üzerindeki etkileri anlamak için önemli bilgiler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ayva Suyu, Durultma, Kitosan, Kazein, Ksantan Gam, Ultrason, Kalite

ABSTRACT

THE EFFECTS OF NOVEL CLARIFYING AGENTS AND ULTRASOUND APPLICATION ON CLARIFICATION CONDITIONS AND QUALITY IN THE PRODUCTION OF QUINCE JUICE

Kaplan, Rukiye

Master's Thesis, Food Engineering Department

Advisor: Prof. Dr. Aslihan Demirdöven

January 2024, x + 66

In this thesis study, the investigation aimed to assess the effects of novel and traditional clarification agents in combination with ultrasound on the clarification of quince juice. For this purpose, the optimal temperature, duration, ultrasound frequency, and clarification agent combination were determined for producing clear quince juice. While novel clarification agents such as casein, chitosan, and xanthan gum were used, traditional clarification agents including gelatin, silica sol, and bentonite were employed. The best clarity value for quince juice clarified with a combination of contemporary clarification agents was achieved at 40°C temperature, 210 minutes duration, and a combination of 0.5 g/L casein, 0.01 g/L xanthan gum, and 0.075 g/L chitosan (2.82 ± 0.02 NTU). In the case of quince juice clarified with a combination of traditional clarification agents, the optimum clarity was obtained at 40°C temperature, 120 minutes duration, and a combination of 0.05 g/L gelatin, 0.75 g/L kieselsoil, and 0.75 g/L g bentonite (3.30 ± 0.06). In the sample treated with ultrasonic technology, the lowest turbidity value was achieved when applying a 45 kHz ultrasonic frequency for 5 minutes (2.55 ± 0.32). Laboratory scale production was carried out using the determined combinations in order to determine the quality characteristics of the clarified quince juice samples and to monitor the changes that occurred during storage. Quality characteristics such as turbidity, color, total phenolic substance, antioxidant capacity (DPPH, ABTS+, FRAP), pH, titratable acidity, water-soluble dry matter, browning index of quince juices clarified by different methods during the 0th, 2nd, 4th and 6th months of storage were determined. In conclusion, this thesis study demonstrates that the combination of modern clarification agents and ultrasound can be an effective alternative in the clarification processes of quince juice. The obtained data provide valuable insights into the selection of clarification agents, product quality, and cost implications in the fruit juice industry.

Keywords: Quince Juice, Clarifying Agents, Chitosan, Casein, Xanthan gum, Ultrasound, Quality

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar desteklerini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesiyle her aşamada bana rehberlik eden danışman hocam Sayın Prof. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde sabırla ve büyük bir ilgiyle elinden gelen desteği sağlayan, güler yüzü ve samimiyetiyle çalışmama katkıda bulunan değerli hocam Arş. Gör. Hilal MERAL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman duygusal ve zihinsel olarak beni güçlendiren, yanımda olduğu her an destekleriyle hayatıma anlam katan kıymetli kardeşim Dr. Özlem KAPLAN'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Her daim güven ve desteğini esirgemeyen değerli mesai arkadaşım Gıda Yüksek Mühendisi Miyase KAYALAR'a teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Rukiye KAPLAN

Tokat, Ocak 2024

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	II
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
TABLO LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER	6
2.1 Berrak Meyve Suyu Üretimi	6
2.2 Meyve Suyunun Durultulmasında Kullanılan Geleneksel ve Güncel Durultma Yardımcı Maddeleri	8
2.2.1 Geleneksel durultma yardımcı maddeleri	9
2.2.2 Güncel durultma yardımcı maddeleri.....	13
3. MATERYAL VE METOT	22
3.1 Materyal	22
3.1.1 Hammadde	22
3.1.2 Enzim ve durultma yardımcı maddeleri.....	22
3.2 Metot	22
3.2.1 Ayva suyu üretimi	22
3.2.2 Güncel durultma ajanları ile berraklaştırma koşullarının belirlenmesi.....	24
3.2.3 Güncel durultma ajanları için kombinasyon seçimi.....	26
3.2.4 Geleneksel durultma ajanları için berraklaştırma koşullarının belirlenmesi.....	27
3.2.5 Ultrason frekansı seçimi.....	28
3.2.6 Berrak ayva sularının depolanması	28
3.3 Analiz Yöntemleri.....	28
3.3.1 Alkol testi:.....	28

3.3.2 İyot testi:.....	28
3.3.3 Bulanıklık değeri:.....	29
3.3.4 Renk tayini:	29
3.3.5 Esmerleşme indeksi:.....	29
3.3.6 Suda çözünür kuru madde tayini:.....	29
3.3.7 pH tayini:.....	29
3.3.8 Titrasyon asitliği tayini:	29
3.3.9 Sıcak-Soğuk (Stabilite) testi:.....	30
3.3.10 Toplam fenolik madde tayini:	30
3.3.11 Antioksidan kapasite tayini:	30
3.4 İstatistiksel Değerlendirme.....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1 Dozaj Testleri Sonuçları.....	32
4.1.1 Güncel durultma yardımcı maddeleri dozaj testleri sonuçları	32
4.1.2 Güncel durultma ajanları için kombinasyon seçimi	35
4.1.3 Ultrason frekansı seçimi.....	37
4.1.4 Geleneksel durultma ajan kombinasyonu için dozaj seçimi	39
4.2 Berraklaştırılan Ayva Sularının Depolama Süresince Kalitelerinin Belirlenmesi	42
5. SONUÇ	53
6. KAYNAKLAR.....	57
EKLER	64
ÖZGEÇMİŞ	66

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 2.1. Kitosanın moleküler formülü.....	14
Şekil 2.2. Ksantan gaminin moleküler formülü	17
Şekil 3.1. Ayva suyu üretimi akış şeması	23
Şekil 3.2. Ayva suyunun durultulmasında optimum kitosan konsantrasyonunun belirlenmesi.....	25
Şekil A.1 Toplam fenolik madde tayininde kullanılan standart gallik asit kalibrasyon grafiği.....	64
Şekil A.2 ABTS metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği	64
Şekil A.3 DPPH metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği	65
Şekil A.4 FRAP metodu ile yapılan antioksidan aktivite tayininde kullanılan troloks kalibrasyon grafiği	65

TABLO LİSTESİ

Tablo No	Sayfa
Tablo 1.1. Ayva pulpunun özellikleri	2
Tablo 1.2. Ayva üretim verileri	3
Tablo 3.1. Güncel durultma ajanı kombinasyonları	26
Tablo 4.1. Ayva suyu kitosan dozaj testi NTU değerleri.....	32
Tablo 4.2. Ayva suyu kazein dozaj testi NTU değerleri.....	33
Tablo 4.3 Ayva suyu ksantan gam testi NTU değerleri.....	33
Tablo 4.4. Kazein, ksantan gam ve kitosan kombinasyonuna ait bulanıklık ve renk değerleri	36
Tablo 4.5. Ultrasonik frekans seçiminde elde edilen NTU ve renk (b^*) değerleri.....	37
Tablo 4.6. Jelatin, kizelsol ve bentonit kombinasyonuna ait NTU değerleri.....	41
Tablo 4.7. Bulanık ayva suyu analiz sonuçları	42
Tablo 4.8. Depolama süresince ayva sularının toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerindeki değişim.....	46
Tablo 4.9. Depolama süresince ayva sularının pH, Titrasyon asitliği ve SÇKM	47
Tablo 4.10. Depolama süresince ayva sularının NTU, Sıcak Soğuk Test, Esmerleşme indeksi değişimi	50

KISALTMALAR

Kısaltma

ΔE
 ΔC
 L^*
 a^*
 b^*
mg
g
kg
mL
L
 μL
v/v
v/w
w/v
°
s
kHz
dk
kDa
DPPH
FRAP
TEAC veya ABTS
SÇKM
TÜİK
NTU
PVPP
CMC
BL
DP
GEL

GÜN
U-GÜN

Açıklama

Toplam renk farkı
Renk yoğunluğu–doygunluk-kroma
Açıklık-Koyuluk
Kırmızılık
Sarılık
Miligram
Gram
Kilogram
Mililitre
Litre
Mikrolitre
Hacim/hacim
Hacim/ağırlık
Ağırlık/hacim
Derece
Saniye
Kilohertz
Dakika
Kilodalton
2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü
Trolox eşdeğer antioksidan kapasite
Suda çözünür kuru madde
Türkiye İstatistik Kurumu
Nephelometric Turbidity Unit
Polivinilpirrolidon
Karboksimetil selüloz
Bulanık ayva suyu
Depektinize ayva suyu
Geleneksel durultma ajanları ile durultulan ayva suları
Güncel durultma ajanları ile durultulan ayva suları
Güncel durultma ajanına ilave olarak ultrason uygulaması yapılarak durultulan ayva suları

1. GİRİŞ

Rosaceae familyasına ait ve Akdeniz bölgesine özgü bir meyve olan ayva (*Cydonia oblonga*), gıda ve tıp alanında önemli bir yere sahiptir ve bu nedenle uzun yıllardır araştırmalara konu olmaktadır. Ayva olgunlaştıkça altın sarısı renkli bir kabuğa sahiptir ve meyveleri sulu, hoş kokulu, biraz asidik veya ekşi bir tada sahip olmakta ve içerdikleri müsilağ kaplı kahverengi tohumlarla dikkat çekmektedir (Al-Zughbi ve Krayem, 2022). Meyve kabuğunda olgunlaştıkça kaybolan tüy benzeri yapılar bulunmaktadır. Dünya genelinde tahmini olarak 70'den fazla farklı genotipe ve çeşitte ayva yetiştirilmektedir (Rasheed ve ark., 2018a).

Ayva; potasyum, fosfor, magnezyum, kalsiyum, demir, bakır, çinko gibi mineral elementler bakımından zengin bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda askorbik asit, malik asit ve sitrik asit gibi organik asitleri içermektedir. Lif, nişasta, pektin, proteinler, vitaminler, tanenler, amino asitler ve polifenoller gibi besleyici bileşenler açısından da zengin bir meyve olan ayvanın bileşiminde ortalama olarak %9.1 karbonhidrat, %0.6 protein, %0.9 asit, %1.9 diyet lifi, %0.6 kül, %86.9 su, ve %0.1 toplam lipid bulunmaktadır (Hanan ve ark., 2020). Ayva meyvesi ve tohumlarında selüloz, D-ksiloz ve az miktarda L-arabinoz gibi çeşitli karbonhidratlar ile birçok çeşitte organik asit bulunmaktadır. Farklı ayva çeşitleri ile gerçekleştirilen bir araştırmada 21 amino asit tespit edilmiş olup, en yüksek amino asit konsantrasyonu ayva kabuklarında belirlenmiştir. Özellikle aspartik asit, hidrokisprolin ve asparajin amino asitleri önemli miktarda bulunmaktadır. Ayva reçelinin materyal olarak kullanıldığı bir araştırmada da asparajin, glisin, aspartik asit ve hidrokisprolin gibi amino asitlerin önemli miktarda bulunduğunu belirlenmiştir (Sabir ve ark., 2015a).

Ayva besleyici bileşenleri sayesinde insan sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahip olan ve yeterince değerlendirilemeyen bir meyvedir (Rather ve ark., 2023). Ayva meyvelerinin hafif buruk ve acı tatları yüksek konsantrasyonlarda prosiyanidin bileşenleri içermesi, yüksek flavanol ve pektin içeriği ile açıklanabilmektedir (Kuhlman ve ark., 2022). Ayva, antioksidan, antimikrobiyal ve antiülseratif özellikleri nedeniyle sağlığı geliştiren bileşiklerden olup önemli bir besin kaynağı olarak kabul edilmektedir (Hamauzu ve ark., 2006; Fattouch ve ark., 2007). Flavonoidler, kuersetin, rutin, kaempferol gibi polifenolik bileşik içeriği zengin olan ayva meyvesi, antioksidan özellik göstermektedir (Silva ve

ark., 2005). Yaprak, tomurcuk, tohum ve kabuk gibi meyveye ait tüm kısımlarının sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunmakla beraber özellikle ayva yapraklarının bazı kültürlerde kardiyovasküler ve dermatolojik sorunlar için kullanıldığı belirtilmektedir. Yapraklardan elde edilen infüzyonlar, antipiretik, sedatif, öksürük kesici ve ishal önleyici etkileri nedeniyle çeşitli geleneksel tıp sistemlerinde kullanımı günden güne yaygınlaşmaktadır (Ashraf ve ark., 2016). Ayrıca, tohumların öksürük, dizanteri, bronşit, kabızlık ve boğaz ağrısı gibi belirli durumlar için spesifik farmakolojik faydalarının bulunduğu yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Sabir ve ark., 2015b; Ashraf ve ark., 2016). Hayvan çalışmalarına odaklanan deneysel veriler, ayva parçalarının antispazmodik, antihipertansif, anti-ülseratif, hepatoprotektif ve böbrek koruyucu etkileri olduğunu göstermektedir (Fazeenah ve Quamri, 2016).

Rasheed ve ark., (2018), tarafından ayva pulpunun bileşimine yönelik gerçekleştirilen çalışmada elde edilen veriler; Hanan ve ark., (2020), çalışmaları dikkate alınarak Tablo 1.1.'de özetlenmiştir.

Tablo 1.1. Ayva pulpunun özellikleri (Rasheed ve ark., 2018b; Hanan ve ark., 2020)

Analiz	Sonuç
pH	3.43
Suda Çözünür Kurumadde (°Briks)	14.22
Asitlik (%)	0.9-1.25
Karbonhidrat (g/100g)	9.1-13.38
İndirgen şeker (g/100g)	5.15
Nem (g/100g)	84.27
Kül (g/100g)	0.62
Yağ (g/100g)	0.1-0.24
Protein (g/100g)	0.49-0.6
Lif (g/100g)	1.65-1.9
Askorbik Asit (g/100g)	15.46
Total Fenolik Madde (mg gallik asit /100g)	68.14
Antioksidan Kapasite (DPPH) (%)	50.05

2018 yılında dünya genelinde toplamda 82.941 hektar alanda 688.660 ton ayva üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye, ayva yetiştiriciliği konusunda lider konumda olup ülkemizi

Çin, Özbekistan, İran, Fas, Arjantin ve Azerbaycan gibi ülkeler takip etmektedir (Tablo 1.2). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2021 yılında ülkemizdeki toplam ayva üretimi 192.012 ton iken 2022 yılında %2.9 artarak 197.503 ton değerine ulaşmıştır.

Tablo 1.2. Ayva üretim verileri (Rather ve ark., 2020).

Sıralama	Ülke	Hasat yapılan Alan (Hektar)	Ayva Üretimi (Ton)
1	Türkiye	7.264	176.479
2	Çin	36.085	118.593
3	Özbekistan	4.293	76.865
4	İran	6.722	76.508
5	Fas	4.357	59.444
6	Azerbaycan	3.764	32.290
7	Arjantin	3.322	28.482
8	Sırbistan	1.893	12.318
9	Cezayir	1.860	11.693
10	İspanya	1.268	9.331

Ayva meyvesi, sertliği, asidik yapısı ve burukluğu nedeniyle doğrudan tüketimi kolay olmayan bir meyvedir (Rasheed ve ark., 2018a); ancak reçel, şarap, içecekler ve likör gibi yenilebilir veya içilebilir ürünlerde ve aromatik ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle bira ve yoğurt gibi ürünlerde kullanılmaktadır (Hummer ve ark., 2012). Ayrıca yüksek pektin içeriği (2g/100g) nedeniyle özellikle meyve püresi üretimi ve konserve endüstrisinde kullanılmaktadır (Rop ve ark., 2018; Hanan ve ark., 2020). Bu ürünlere karşılık son yıllarda en yaygın kullanım alanlarından birini de berrak ayva suyu üretimi oluşturmaktadır. Berrak ayva suyu üretimi estetik açıdan çekici ve hoş bir içecek sunma ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Berraklık, içeceğin kalitesi ve tazeliği konusunda olumlu bir algı yaratmakta ve tüketicinin bu ürünü satın alma olasılığını artırmaktadır. Ayrıca, berrak ayva suyu, içeriğindeki besin maddelerini ve biyoaktif bileşikleri daha iyi koruyarak, tüketicilere daha kaliteli ve sağlıklı bir içecek imajı sunar. Bu da meyve suyunun sağlık açısından faydalı olduğu izlenimini güçlendirir ve tüketicilerin tercihini artırır.

Yeni yaşam tarzları, tüketicileri sağlıklı beslenme alışkanlıklarından uzaklaştırmaktadır. Sağlık endişeleri arttıkça, endüstri de hastalıkları önleyici gıda ürünlerine olan ihtiyaca odaklanmaktadır. Günümüzde tüketiciler, diyetin sağlığa olan katkısının önemini daha iyi anlamakta ve bu nedenle biyoaktif bileşikler açısından zengin gıdaları satın almayı tercih etmektedirler (Mena ve ark., 2011). Meyve suları, yüksek biyoaktif bileşik içeriği nedeniyle özel ürünler olarak değerlendirilebilmektedir. Meyve suları, çoğu ülkede önemli ticari ürünlerdir ve sürekli artan talep görmektedir. Elma, armut, frenk üzümü ve nar gibi meyvelerden elde edilen sular, dünya genelinde insanlar tarafından tüketilmektedir (Wojdyło ve ark., 2014b). Meyve suyu, genel olarak tüketiciler tarafından taze meyveye uygun bir alternatif olarak algılanmaktadır ve bu nedenle meyve suyu üretimi bugünlerde yüksek ekonomik getiri sağlamaktadır (Cendres ve ark., 2012).

Berrak meyve suyu, meyve suyundaki koloidal bileşiklerin ve dağılmış öğelerin uzaklaştırıldığı işlemle elde edilen bir meyve suyu türüdür. Presleme sonucunda elde edilen meyve suyu genellikle bulanıktır. Bulanıklığın türü ve yoğunluğu, meyve çeşidi, meyvenin depolama süresi, presleme öncesi işlemler ve kullanılan presleme yöntemi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bu faktörlerin kombinasyonu, meyve suyunda oluşan bulanıklığın niteliğini ve şiddetini etkilemektedir (Taştan, 2014). Meyve suyunun durultulması genellikle iki aşamalı bir işlemle gerçekleştirilmektedir: "depektinizasyon" adı verilen aşamada kolloidlerin parçalandığı ve ardından "berraklaştırma" adı verilen aşamada bulanıklık parçacıklarının uzaklaştırıldığı bir süreç kullanılmaktadır. Meyve suyu işleme sürecinde, depektinizasyon aşamasında "enzimler" kullanılırken, berraklaştırma aşamasında ise "durultma yardımcı maddeleri"nden faydalanılmaktadır. Durultma yardımcı maddeleri genellikle geleneksel ve güncel olarak iki grupta toplanmaktadır. Geleneksel durultma yardımcı maddeleri arasında jelatin, bentonit, kizelsol ve aktif kömür bulunurken, güncel durultma yardımcı maddeleri arasında kitosan, kazein, albümin, polivinilpolipirrolidon (PVPP), ksantan gam, agar agar, keçiyoynuzu gamı, guar gam, sodyum aljinat, β -siklodekstrin, karboksimetil selüloz (CMC), tanen vb. bulunmaktadır (Cemeroğlu, 2013).

Geleneksel durultma işlemleri uzun yıllardır meyve suyu endüstrisinde kullanılmakta olup etkinliği ve güvenilirliği kanıtlanmıştır. Güncel durultma ajanlarına geçişin nedeni, daha etkin ve hızlı bir durultma süreci sağlamak, üretim verimliliğini artırmak ve kaliteyi iyileştirmektir. Güncel durultma ajanları, bazı durumlarda daha az miktarda kullanılarak

aynı berraklık düzeyini elde etmeye yardımcı olmaktadır. Bu durum dolaylı olarak maliyetleri düşürmekte ve çevreye olan zararlı etkiyi azaltmaktadır. Ayrıca, güncel ajanların meyve suyundaki istenmeyen bileşikleri daha etkin bir şekilde uzaklaştırdığı ve son ürünün daha iyi kalite ve lezzete sahip olduğu gözlemlenmiştir (Erkan-Koç, 2013; Orhan, 2014; Taştan, 2014).

Ultrasonik işlem, ısı olmayan bir yöntem olarak meyve suyu işleme için umut vaat eden bir alternatif olarak tanımlanmaktadır. Ultrason uygulaması, gıda endüstrisinde verimliliği artırmak için kimyasallar, basınç ve sıcaklık gibi diğer faktörlerle birlikte kullanılabilir. Ultrasonik işlem, termal yöntemlere kıyasla daha düşük sıcaklıklarda enzimler ve mikroorganizmaların etkin bir şekilde inaktive edilebilmesini sağladığı için daha kaliteli, lezzetli ve besleyici meyve sularının üretimini mümkün kılmaktadır (Dinçer ve Topuz, 2018).

Meyve suyu durultulmasında çeşitli güncel durultma maddelerinin kullanıldığı çalışmalar mevcuttur ancak literatürde ayva suyunun durultulması üzerine spesifik bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tür çalışmalarda, güncel durultma ajanları tek başına veya kombinasyonlar halinde kullanılmakta ve meyve suyunun kalite özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmaktadır (Erkan-Koç ve ark., 2015; Türkyılmaz ve ark., 2020; Diblan ve Özkan, 2021) Tez çalışması, konuyla ilgili geniş kapsamlı bir çalışma olup, literatüre bu kapsamdaki ilk verilerin sunulması özelliği taşımaktadır.

Tez kapsamında biyoaktif bileşikler açısından zengin ve endüstride uygulanan mevcut geleneksel yöntemle kıyasla bulanıklık ve tortu oluşumunun minimum düzeyde tutulduğu yüksek kaliteli ayva suyu üretimi için güncel durultma ajanları (kazein, kitosan, ksantan gum) kullanımı ile farklılığın daha net ortaya koyulması amacıyla geleneksel durultma ajanları (jelatin, kizelsol, bentonit) ve yeşil bir teknoloji olarak farklı frekanslardaki ultrason uygulamasının durultma koşulları ve meyve suyu kalitesine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayva suyunun durultulmasında en berrak durultma koşulunu sağlayan optimum sıcaklık, süre ve durultma ajanı kombinasyonu ile ultrason frekansının belirlenmesi yanında durultulan ayva suyunun kalite özellikleri ve altı aylık depolama süresince kalite özelliklerindeki değişimler belirlenen analiz yöntemleri ile incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Berrak Meyve Suyu Üretimi

Meyve suları bileşimlerinde yer alan polisakkarit (pektin, selüloz, hemiselülozlar, lignin ve nişasta), protein ve polifenoller nedeniyle bulanık bir yapıya sahiptir (Sandri ve ark., 2011). Bu bileşenler, su içerisinde çözünmeyen ve çökelme eğilimi gösteren parçacıklar oluşturur. Özellikle pektin, meyve suyunda bulanıklığın ana nedenlerinden biridir. Pektin, su ile temas ettiğinde jel benzeri bir yapı oluşturarak meyve suyuna kolloidal özellik kazandırmaktadır. Aynı şekilde, selüloz, hemiselülozlar ve lignin gibi polisakkaritler de benzer şekilde su içerisinde çözünmeyen partiküllerin oluşmasına neden olmaktadır. Meyve sularındaki proteinler ve polifenoller de bulanıklılık unsuru olabilmektedir. Bu nedenle, meyve suyunda bulanıklığı azaltmak ve berraklaştırmak için durultma işlemi, çeşitli durultma ajanları ve farklı filtrasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu işlemler, meyve suyunun berrak ve çekici bir görünüme kavuşmasını sağlayarak tüketici beğenisini arttırmaktadır. Durultma, berrak meyve suyu üretiminde temel bir adımdır ve meyve suyunun görünümünü ve pazarlanabilirliğini iyileştirmek için bulanıklığa neden olan maddelerin giderilmesine yardımcı olmaktadır (Cemeroğlu, 2013).

Meyve sularının durultulması işlemi, genellikle "depektinizasyon" ve "berraklaştırma" olmak üzere iki aşamada gerçekleşmektedir. Depektinizasyon aşamasında, meyve suyuna pektolitik ve gerektiğinde (elma, armut ve ayva gibi meyvelerde) amilolitik enzimler eklenerek, pektin ve nişasta gibi koruyucu kolloidlerin parçalanması sağlanmaktadır. Bu aşamada meyve suyu görünüş olarak değişmemekte, ancak viskozitesi düşmekte ve bulanıklık unsurları stabilize olmaktadır. Pektin parçalandığında, negatif yüklü pektin kılıfından ayrılan pozitif yüklü proteinler, flok oluşturma yeteneği kazanmaktadır. Berraklaştırma aşamasında ise durultma ajanları kullanılmaktadır. Bu ajanlar, meyve suyundaki parçalanmış pektin ve diğer bulanıklık unsurlarını çökelmeye teşvik etmektedir. Bu sayede meyve suyu berraklaşır ve istenmeyen partiküllerin uzaklaştırılması sağlanır. Genel olarak, durultma yöntemleri doğal sedimentasyon, soğuk ve sıcak depektinizasyon, dekantasyon, enzimatik, durultma ajanı kullanarak durultma, ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyon olmak üzere temel olarak altı kategoriye ayrılabilir (Lan ve ark., 2023). Doğal sedimentasyon yöntemi, meyve suyundaki partiküllerin kendi ağırlığına bağlı olarak çökmesini sağlar. Soğuk ve sıcak

depektinizasyon, meyve suyunun düşük veya yüksek sıcaklıklarda işlemde geçirilmesiyle istenmeyen partiküllerin uzaklaştırılmasını sağlar. Dekantasyon yöntemi, meyve suyunun döner bir çember içinde yüksek hızda dönerek, içerdği partiküllerin merkezkaç kuvvetiyle dışarı atılmasını sağlar. Enzimatik yöntem, meyve suyuna enzimlerin eklenmesiyle, pektin ve nişasta gibi koruyucu kolloidlerin parçalanmasını sağlar. Durultma ajanları kullanarak ise, meyve suyundaki parçalanmış pektin ve diğer bulanıklık unsurlarının flok oluşturarak çökelmeleri sağlanır. Ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyon yöntemlerinde ise membranlar aracılığıyla meyve suyundaki partiküller ve bulanıklık unsurları ayrıştırılarak berraklaştırma işlemini gerçekleştirilmektedir. Bu durultma yöntemleri, meyve suyunun kalitesini ve berraklığını artırarak tüketici için daha tüketilebilir bir ürün elde edilmesini sağlamaktadır; ancak her yöntemin avantaj ve dezavantajları bulunması ile beraber tercih edilecek yöntem, meyve suyu türüne ve özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle, meyve suyu üreticileri için uygun durultma yönteminin seçimi, kalite ve verimlilik açısından önemlidir ve dikkatlice değerlendirilmelidir. Bazı çalışmalar, mikrofiltrasyon ve ultrafiltrasyonun bazı fonksiyonel bileşiklerde kayıplara neden olabileceğini ve meyve sularının şişeleme sonrası bulanıklığa daha hassas hale gelebileceğini belirtmektedir (Cassano ve ark., 2011; Onsekizoglu Bagci, 2015). Bu nedenle, daha tatmin edici bir durultma etkisi elde etmek için çeşitli durultma yöntemlerinin kombinasyonu yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kombinasyon yöntemleri, meyve suyu ürünlerinin daha yüksek kalitede ve berraklıkta olmasını sağlamak ve tat ve görünüm özelliklerini iyileştirmektedir (Neifar ve ark., 2011).

Enzimatik durultma yöntemleri, pektinazlar ve amilazlar gibi enzimlerin kullanılmasıyla pektin ve nişastanın hidrolizine dayanmaktadır. Bu süreçte, enzimler protein ve fenol birlikteliğini azaltarak meyve suyunun bulanıklığını da azaltmaktadır. Ayrıca, enzimatik işlem meyve suyunda toplam çözünmüş kuru madde, toplam fenolik bileşik ve antioksidan aktivitenin artmasına yardımcı olmaktadır (Sojitra ve ark., 2016). Enzimatik durultma yönteminin etkinliği, kullanılan enzim türüne, enzim konsantrasyonuna, uygulama süresine, uygulama sıcaklığına ve pH gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, meyve suyu durultmada enzimatik işlem yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Enzim kullanımı, meyve ve sebze sularının işlenmesi ve durultulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, pektinazlar, selülozlar ve

hemiselülazların karşımı olan enzim preperatları kullanılmaktadır (Galante ve ark., 1998). Ayrıca, asidik pH değerinde aktif olan α -amilaz ve amiloglukosidaz gibi enzimler, nişasta içeren meyvelerin işlenmesinde kullanılmaktadır. Özellikle erken hasat edilen elma gibi meyvelerde nişasta hidrolizini hızlandırarak, bulanıklığı önlemeye yardımcı olmaktadır (Sharma ve ark., 2017).

Ceretti ve ark., (2017), nar suyunun durultulmasında proteaz-pektinazın etkisini araştırmıştır. Durultma işlemi 0.22-0.25 g proteaz-pektinaz (proteaz: pektinaz oranı 1:2) kullanılarak, 25-30°C sıcaklıkta 100-110 dk süreyle gerçekleştirilmiştir. Proteaz ve pektinaz enzim kombinasyonunun kullanımı nar suyunun berraklığını artırmıştır. Bu işlem, protein ve fenol madde bulanıklığını azaltmış ve böylece nar suyunun bulanıklığını düşürmüştür.

Durultma yardımcı maddesi kullanmak genel olarak, bulanıklığı önemli ölçüde azaltarak çeşitli ham meyve sularına kıyasla daha yüksek toplam fenolik bileşikler, toplam antosiyanin bileşikler ve antioksidan aktivite sağlamaya katkıda bulunmaktadır (Lachowicz ve ark., 2018). Meyve suyunun durultulmasında kullanılan durultma yardımcı maddeleri geleneksel ve güncel durultma yardımcı maddeleri olarak iki grupta incelenmektedir.

2.2 Meyve Suyunun Durultulmasında Kullanılan Geleneksel ve Güncel Durultma Yardımcı Maddeleri

Bir sıvı içerisinde bulunan ve aynı tür elektrik yükü taşıyan kolloidlerin üzerine zıt yüklü bir koloid eklenirse, kolloid parçacıkların yükleri giderilmekte ve önceden aynı tür yüklere sahip oldukları için birbirlerini iterek askıda kalmaktadırlar; ancak bu durumda, oluşan floklar çökmeye başlamakta ve meyve suyundaki diğer süspansiyon halindeki bulanıklık parçacıklarını da içlerine alarak hızla çökmektedirler. Böylece, mekanik yollarla ayrılamayan unsurlar, sedimentasyon veya filtrasyon gibi bir işlemle ayrılabilir hale gelmektedir (Cemeroğlu, 2013). Berraklaştırma aşamasında kullanılan durultma yardımcı maddeleri; geleneksel ve güncel durultma yardımcı maddeleri olarak iki başlık altında toplanabilmektedir.

Günümüzde geleneksel durultma yardımcı maddeleri olarak meyve suyu sektöründe ağırlıklı olarak jelatin, bentonit ve kizelsol kullanılmaktadır. Alternatif durultma yardımcı maddeleri üzerine odaklanan güncel araştırmalar ise kazein, albümin,

polivinilpolipirrolidon (PVPP), aktif kömür, ksantan gam, agaragar, keçiyoynuzu gamı, guar gam, sodyum aljinat, β -siklodekstrin, karboksimetil selüloz (CMC), tanen üzerinde yoğunlaşmaktadır (Cemeroğlu, 2013; Erkan-Koç ve ark., 2015; Türkyılmaz ve ark., 2020; Dıblan ve Özkan, 2021).

2.2.1 Geleneksel durultma yardımcı maddeleri

2.2.1.1 Jelatin

Jelatin, uzun zincirli bir protein olan ve temel amino asidi prolin içeren amino asitler arasında peptid bağıyla birleşen bir maddedir. Bu protein, sığır ve koyun derileri ile kıkırdak dokulardan elde edilmektedir. Jelatinin iki farklı çeşidi vardır: A tipi (asit hidrolizasyonu) ve B tipi (baz hidrolizasyonu) jelatin. A tipi jelatinin izoelektrik noktası pH 7.0-9.0 aralığında, B tipi jelatinin ise pH 4.4-5.0 aralığındadır. Her iki jelatin çeşidi, izoelektrik noktalarının altındaki pH değerlerinde pozitif yüklü hale geçmektedir. Jelatinin pozitif yükü, izoelektrik noktası ile ortamın pH derecesi arasındaki farka bağlı olarak artış göstermektedir. Bu nedenle, meyve sularının genellikle pH 3-4 aralığında bulunduğu düşünüldüğünde, A tipi jelatin B tipiyle karşılaştırıldığında daha fazla pozitif yüke sahiptir. Bu durum meyve suları durultulurken tercih edilen bir faktördür. Durultma işlemi için jelatin seçiminde Bloom sayısı da önemli bir kriterdir. Ortalama düzeyde (80-100) Bloom sayısına sahip jelatinin en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir. Jelatin, meyve suyuna eklendiğinde ortamın pH aralığında pozitif yüklü hale gelmekte ve içerisindeki peptid bağları sayesinde meyve suyundaki negatif yüklü polifenollerin hidroksil gruplarıyla hidrojen bağı oluşturarak flok oluşumunu desteklemektedir. Bu floklar, meyve suyundaki diğer bulanıklık oluşturan bileşenleri de beraberinde sürükleyerek meyve suyundan uzaklaştırmakta ve böylece meyve suyu filtre edilebilir bir nitelik kazanmaktadır (Cemeroğlu, 2013).

Onsekizoğlu ve ark., (2010), berraklaştırma ajanı olarak jelatin ve bentonit yanında ultrafiltrasyon işlemi uygulayarak elma suyunu berraklaştırmıştır. 0.1 g/kg jelatin ve 0.5 g/kg bentonit, 50°C'de 2 saat boyunca kullanılmış ve daha sonra ultrafiltrasyon (10 kDa) işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin elma suyunda bulanıklık oluşumunu azaltmak ve renk kalitesini iyileştirmek için etkili bir yöntem olduğu belirlemiştir.

Pirsa ve Mazhari (2017), yapmış olduğu çalışmada yeni bir durultma ajanı olarak L-askorbik asidi, elma konsantresinin renk, bulanıklık ve durultma kalitesini iyileştirmek

için kullanmıştır. Çalışmada bentonit-jelatin karışımı ve L-askorbik asit-jelatin-bentonit karışımı olmak üzere iki karışım kullanılmıştır. Karışımlar mayşe enzim tankına, ham elma suyuna, elma konsantresine ve durultma tankına dört ayrı aşamada ilave edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda mayşe enzim tankına ve ham elma suyuna L-askorbik asit eklenmesinin, elma konsantresinin kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı ancak durultma tankı ürününe eklenmesinin elma suyu kalitesini (en yüksek renk ve en düşük NTU değeri) önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir.

Meyve sularındaki fenoliklerin uzaklaştırılması için protein bazlı durultma ajanları (jelatin, kazein ve albümin) ile karbonhidrat bazlı durultma ajanları (kitosan ve ksantan gam) kullanılabilir. Jelatin, asidik meyve suları gibi düşük pH değerlerinde pozitif yük taşıdığı için yüksek moleküler ağırlıklı fenoliklerin uzaklaştırılmasında etkilidir. Benzer şekilde, kitosan da asidik meyve sularında güçlü pozitif yük taşıdığından, tanenler, sinamik asitler ve bunların türevleri gibi fenolik bileşikler uzaklaştırmada kullanılabilir (Lan ve ark., 2023).

2.2.1.2 Bentonit

Bentonit, doğal bir kil türü olup şişme özelliğine sahiptir. Durultma sürecinde, bentonit elektrik yükü ve adsorpsiyon etkisiyle katılmaktadır. Meyve suyu pH seviyesinde (-) elektrik yük oluşturup (+) yüklü proteinleri uzaklaştırarak protein stabilizasyonuna yardımcı olmaktadır. Bentonit tabakasının üst yüzeyi negatif yük taşıırken, yan yüzeyi pozitif yük taşır ve genel olarak negatif yük ağır basmaktadır. Bu nedenle, bentonitin durultma etkisi sadece adsorpsiyondan kaynaklanmamakta, aynı zamanda meyve suyuna negatif yük kazandırmasından da kaynaklanmaktadır. Negatif yük yoğunluğu, pH ve bentonit türüne bağlı olarak değişebilmektedir. Bentonit uygulamasıyla, meyve suyundaki metal iyonları, pestisit kalıntıları, biyogenik aminler ve hatta patulin gibi mikotoksinlerin miktarı azalmaktadır; ancak bentonit, tüm proteinleri uzaklaştırması nedeniyle bira ve şampanya gibi köpüklü içecekler için uygun bir adsorban değildir. Durultmada kullanılan başlıca bentonit türleri, Na-bentonit ve Ca-bentonittir. Bentonitin olumsuz yanlarından biri de meyve suyunda sodyum ve diğer metal iyonlarının artmasına neden olma olasılığıdır (Hafizoğlu, 2014).

Berrak bir meyve suyu elde etmek için, proteinlerin ve yüksek moleküler ağırlığa sahip fenolik bileşiklerin (>500 Da) uzaklaştırılması hedeflenmelidir. Özellikle bentonit, üzüm

suyu veya şarap depolaması sırasında bulanıklığı önlemek için en yaygın kullanılan durultma ajanıdır. Pozitif yüklü proteinler, bentonitin negatif yüklü yüzeyleriyle elektrostatik olarak etkileşime girmekte ve sonuçta çözünmeyen agregatların meyve suyundan veya şaraptan uzaklaştırılmasına yol açmaktadır. Bentonitin yüksek dozlarda kullanılması, özellikle kırmızı şaraplar gibi antosiyanin içeren içeceklerde parlak kırmızı rengin azalmasına neden olabilmektedir (Stankovic ve ark., 2012). Fenolik bileşikler, proteinlerle hidrojen bağları ve iyonik etkileşimler gibi zayıf moleküler etkileşimler aracılığıyla etkileşime girme eğilimindedir. Bentonit, pozitif yüklü katyonlar içerdiği için meyve suyu veya şarapta bazı negatif yüklü fenolik bileşiklerle etkileşime girerek protein-polifenol kompleksleri oluşturabilmektedir. Bu durumda, bentonit fenolik bileşiklerin çökmesine ve uzaklaştırılmasına katkıda bulunmakla beraber bu etkileşimlerin ve olası renk kayıplarının önlenmesi için dikkatli bir bentonit kullanımı gerekmektedir. Proteinler henüz polifenollere bağlanmamışsa, depolama sırasında durultma işlemi sırasında polifenol-protein komplekslerinin oluşma olasılığı yüksektir. Bu durum, üzüm suları ve şarapların depolama sürecinde bulanıklığın ana nedenidir. Bunun yanı sıra, meyve sularındaki proteinlerin uzaklaştırılması için bentonit dışında kitosan da kullanılabilir. Kitosanın proteinler üzerindeki etkisi tam olarak anlaşılmamış olsa da muhtemelen proteinlerin çökmesine yardımcı olan floglaşma özelliği gösterdiği düşünülmektedir (Bassi ve ark., 2000).

Bağcı (2014), çalışmasında, nar suyunu berraklaştırmak için PVP, bentonit ve ultrafiltrasyon uygulamıştır. Araştırma 0.4 g/L PVP ve 0.5 g/L bentonit, 50°C'de 1 saat 30 kDa ultrafiltrasyon membranı ile gerçekleştirilmiştir. İşlem sırasında transmembran basınç 3 bar olarak ayarlanmış ve besleme akış hızı saatte 700 litre olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda en düşük bulanıklık değerine nar suyu örneklerinde ulaşılırken pH, asidite, antioksidan kapasite, fenolik bileşiklerin değerlerinde de minimum kayıp gözlenmiştir. Aktif fenolik bileşikler ve proteinlerin azalması sayesinde oksidasyon ve polimerizasyon reaksiyonları, çökme, bulanıklık, kahverengileşme ve buruk tat oluşumu önlenmiştir.

Dıblan ve Özkan (2021), berrak kırmızı üzüm suyu üretiminde çeşitli durultma ajanlarının (bentonit, kitosan, bentonit+jelatin, bentonit+kazein, bentonit+albümin ve bentonit+kitosan) ayrı ayrı ve kombinasyon olarak durultma sırasında bulanıklık, renk, fenolik bileşim ve antioksidan aktivite özellikleri üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Çalışmada ilk olarak her bir durultma ajanı (bentonit, jelatin, albümin, kazein ve kitosan) için en iyi konsantrasyon (0.05-0.5 g/L), minimum bulanıklık ve minimum toplam antosiyanin kaybına neden olacak şekilde ayrı ayrı belirlenmiş ve sonrasında her durultma ajanı için seçilen konsantrasyon, bentonit için belirlenen en iyi konsantrasyonla (0.2 g/L) birleştirilmiştir. Seçilen konsantrasyonlarda tek ajanlı (bentonit ve kitosan) ve bentonitin diğer ajanlarla (kitosan, kazein, albümin ve jelatin) kombinasyonlarının antosiyaninler, fenolik bileşikler, renk değişiklikleri ve berrak üzüm suyunun bileşim özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Bulanıklık ve toplam fenolik madde değerleri arasındaki güçlü korelasyon kırmızı üzüm suyundaki bulanıklık oluşumunun fenolik içeriklere oldukça bağlı olduğunu göstermiştir. En iyi berraklık ve en az değişikliği bentonit+kazein sağlarken bunun ardından en iyi berraklık ve en az değişikliği bentonit+albümin sağlamıştır.

2.2.1.3 Kizelsol

Kizelsol, silisyumdioksidin sulu süspansiyonudur. Meyve suyu pH aralığında negatif yüklüdür ve durultma işleminde genellikle jelatinle kullanılmaktadır. Kizelsol, meyve suyu berraklaştırılmasında çeşitli fonksiyonları dolayısıyla tercih edilmektedir. Bunlardan birincisi, yeterli miktarda polifenol içermeyen meyve sularına eklenmesi sonucu, meyve suyundaki negatif yükleri artırmasıdır. Böylece jelatin-polifenol olarak floklaşmayan kalıntı jelatin, kizelsol ile flok oluşturmakta ve bu sayede uzaklaştırılabilmektedir. Kizelsolün diğer bir kullanım amacı ise, sıcak durultma olanağı sağlamasıdır. Sıcak durultmada (50°C) jelatin, polifenollerle tek başına flok oluşturmadağı için etkin bir berraklaştırma gerçekleştirilememektedir. Jelatinin daha iyi flok oluşturma için, kizelsol ile kombinasyonundan yararlanılmaktadır (Orhan, 2014).

Gülcü (2008), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kalecik karası ve yapıncak üzüm çeşitlerinden elde edilen üzüm sularının durultma işlemi için bentonit, jelatin, tanen ve kizelsol gibi durultma yardımcı maddeleri kullanılmıştır. Bu maddeler ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde üzüm sularına ilave edilmiş ve durultma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kontrol olarak durultulmamış üzüm suları kullanılmıştır. Çalışmada üretilen üzüm sularının fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Kalecik karası üzüm sularında "bentonit+jelatin+kizelsol" ve "bentonit+tanen+kizelsol" kombinasyonları en iyi berraklık düzeyine ulaşmıştır. Yapıncak üzüm sularında ise

"jelatin+kizelsol" ve "tanen+jelatin" kombinasyonları ile yapılan durultmalarda en iyi berraklık sağlanmıştır. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, kalecik karası üzüm sularında "tanen+jelatin" ve "bentonit+tanen+jelatin" kombinasyonları en fazla beğeni almıştır. Yapıncak çeşidinde ise "bentonit+jelatin" ve "jelatin+kizelsol" kombinasyonları en yüksek duyusal değerlendirme puanlarını almıştır.

Türkyılmaz ve ark., (2012), yaptıkları çalışmada siyah havuç suyunun durultulması için bir dizi durultma ajanı kullanmışlardır. Burada; depektinizasyon (50°C 2 saat 2.85 mL/L pektinaz, pektat liyaz ve endo poligalakturonaz karışım) yapılmış ve bentonit (%10 w/v, 0.715 g/L), jelatin (%2 w/v, 7.5 mL/L), kizelsol (%15 , v/v, 2.6 g/L) durultma ajanı olarak kullanılmıştır. Depektinizasyon ve bentonit uygulamaları, siyah havuç suyunun toplam monomerik antosiyanin içeriği değerinde sırasıyla %7 ve %20 artışa neden olurken, jelatin-kiselsol işlemi %10 azalmaya yol açmıştır. Depektinizasyon ve bentonit uygulamasının, siyah havuç suyunun rengi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu, jelatin-kiselsol işleminin ise olumsuz etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

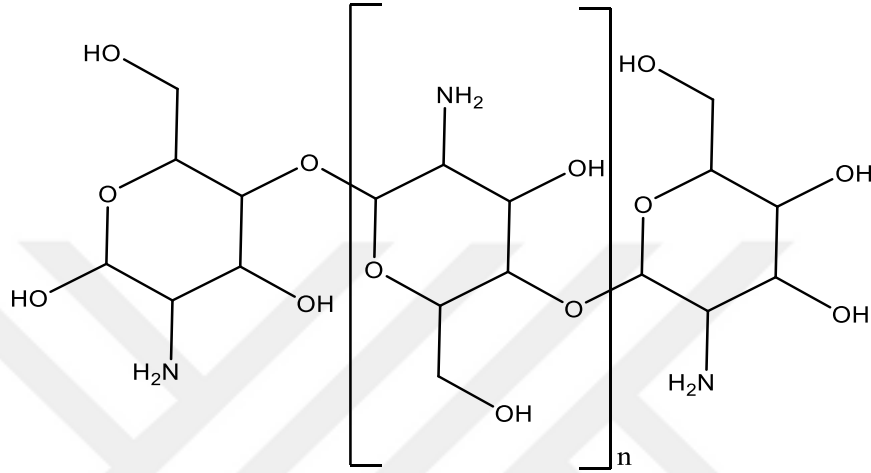
2.2.2 Güncel durultma yardımcı maddeleri

2.2.2.1 Kitosan

Kitosan, selülozdan sonra dünyadaki en yaygın ikinci biyopolimerdir (Chen ve ark., 2023). Kitosan, kitinden türetilen, β -(1,4)-glikozidik bağlarla bağlı N-asetil-D-glukozamin birimlerinden oluşan polikasyonik bir polisakkarittir (Sethi ve Kaith, 2022). Kitosan, asetik asit ve laktik asit gibi sulu çözeltilerde çözünebilir ve çözünürlüğü deasetilasyon derecesi (DD) ve moleküler ağırlığa bağlıdır (Ji ve ark., 2022). Kitosan, biyolojik olarak parçalanabilme, toksik olmama, biyolojik uyumluluk ve iyi film oluşturma gibi özellikleri nedeniyle gıda uygulamalarında akademik çevre ve endüstri tarafından yüksek değer verilen özel bir biyomateryaldir (Gao ve Wu, 2022). Şu anda, gıda koruma (Shen ve ark., 2022), gıda ambalajlama (Zhang ve ark., 2021) ve gıda işleme (Bilal ve ark., 2017) gibi birçok alanda kitosan türevleri geliştirilmiştir ve bunlar modern toplumun ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır.

CS, -OH, -O- ve -NH₂ grupları bakımından zengin olan kitosan molekülünün amino grup içeriği, viskozite, iyon değişim kapasitesi, flokülasyon kapasitesi ve N-seçici asilasyon kapasitesi gibi özelliklerle ilişkilidir (Huq ve ark., 2022). Ayrıca, kitosanın yapısında çok sayıda uzatılmış hidrojen bağıyla yarı kristalin yapılar bulunmakta, bu nedenle sadece

zayıf asidik çözeltilerde çözünmektedir (Şekil 2.1). Kitosan ayrıca çok sayıda birincil amin içerir ve diğer polisakkaritlerden ayrılan doğada nadir bulunan polikatyonik polimerlerden biridir. Kitosanın özellikleri; molekül ağırlığı, deasetilasyon derecesi (DD) (%50-100 aralığında), amino ve asetamido gruplarının dizisi ve ürün kalitesi gibi birçok parametreyle ilişkilidir (Pillai ve ark., 2009).



Şekil 2.1. Kitosanın moleküler formülü (Pillai ve ark., 2009)

Kitosan, antibakteriyel, antioksidan, adsorpsiyon, biyouyumluluk, anti-toksik ve film oluşturma özelliklerine sahiptir. Kitosanın antibakteriyel ve antioksidan özellikleri, gıda ambalajı, gıda koruma, gıda katkı maddeleri ve diğer alanlarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Gıda ambalaj sektöründe kitosan içeren fonksiyonelleştirilmiş ambalaj filmi, iyi mekanik özelliklere sahiptir; O₂ ve CO₂'ye seçici geçirgenliğe sahiptir (Cazón ve Vázquez, 2020). Bu nedenle, gıdanın taşınma, depolama ve dağıtım süreçlerinde kimyasal ve mikrobiyel etkilerden kaynaklanan kalite bozulmasını önleyerek gıda kalitesini korumada önemli bir rol oynamaktadır (Sahraee ve ark., 2019). Kitosanın makromoleküler zinciri, birçok amino, hidroksil ve eter bağı içerir, asilasyon, esterleştirme, karboksilasyon, eterleştirme, oksidasyon ve diğer reaksiyonlar için bir matris malzemesi olarak kullanılabilir (Dash ve ark., 2011). Bu da kitosanın gıda alanında daha yaygın bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. Kitosan, gıda ve içeceklerde bir durultma ajanı olarak da kullanılmaktadır (Neme ve ark., 2021). Şarap, bira, çay ve meyve suları gibi içeceklerin üretiminde, bulanıklığı gidermek için durultma ajanı olarak kullanılmaktadır. Durultma mekanizması, kitosanın asidik ortamda polikatyonik özellikler sergilemesi ve aniyonik bileşiklerle elektrostatik

etkileşimler yoluyla etkileşime girebilmesidir, bu nedenle kitosan gıda ve içecekler için bir durultma ajanı olarak kullanılabilir (Shen ve ark., 2022). Kitosan hidrojen bağları ve van der Waals kuvvetleri aracılığıyla polifenoller, proteinler, polisakkaritler ve metal iyonları ile etkileşime girerek bulanıklığı azaltabilmektedir (Bindes ve ark., 2019). Ayrıca, kitosan molekülündeki reaktif amino ve hidroksil grupları sayesinde manyetik nanopartikülleri kapsüle etmek için nanoteknolojinin kullanılması manyetik nanopartiküllerin agregasyonunu iyileştirmekte ve enzimin immobilizasyonunu kovalent bağ ile teşvik ederek enzimin aktivitesini ve stabilitesini önemli ölçüde artırmaktadır (Dal Magro ve ark., 2019).

Domingues ve ark., (2012), pasiflora meyve suyunun durultulmasında kitosan (0.03-0.1% (w/v)) ve 1 mL/ L pektinaz kullanmıştır. Bu çalışmada, meyve suyunun bulanıklığı neredeyse %100 azalmıştır.

Taştan ve Baysal (2015), berraklaştırma ajanı olarak 68.93 mg/100 mL kitosanı, 10°C sıcaklıkta 30 dk süreyle nar suyunun berraklaştırılmasında kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar, bentonit ve jelatin kullanılarak berraklaştırılan nar suyu ile karşılaştırıldığında benzer kalite özellikleri göstermiştir.

Taştan ve Baysal (2017), elma suyunun berraklığını artırmak için kitosanın kullanım potansiyelini değerlendirmiştir. Elma suyunda yapılan çalışmada 191.6 mg/100mL konsantrasyonda kitosanı 20°C sıcaklık ve 30 dk süre ile durultma ajanı olarak kullanmıştır. Çalışmada elma suyunda kitosan kullanımı ile düşük bulanıklık ve yüksek toplam fenolik madde içeriği elde edilmiştir. Depektinizasyon işlemi yapılmaksızın kitosan kullanımı ile elma suyu durultma işleminin daha kısa süre içinde gerçekleştirilebileceğini saptamıştır.

Yapılan çalışmalar, özellikle kitosan gibi polisakkarit bazlı durultma ajanlarının, bentonit, jelatin, albümin ve kazein gibi protein bazlı durultma maddelerine kıyasla bazı meyve suları için optimal durultma etkisi gösterdiğini ortaya koymuştur (Erkan-Koç ve ark., 2015); ancak kitosanın yüksek maliyeti bir dezavantaj olarak görülebilmektedir. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, kitosanın meyve suyu endüstrisinde kullanıma olasılığını artırmak için daha ekonomik üretim yöntemlerinin geliştirilmesi beklenmektedir.

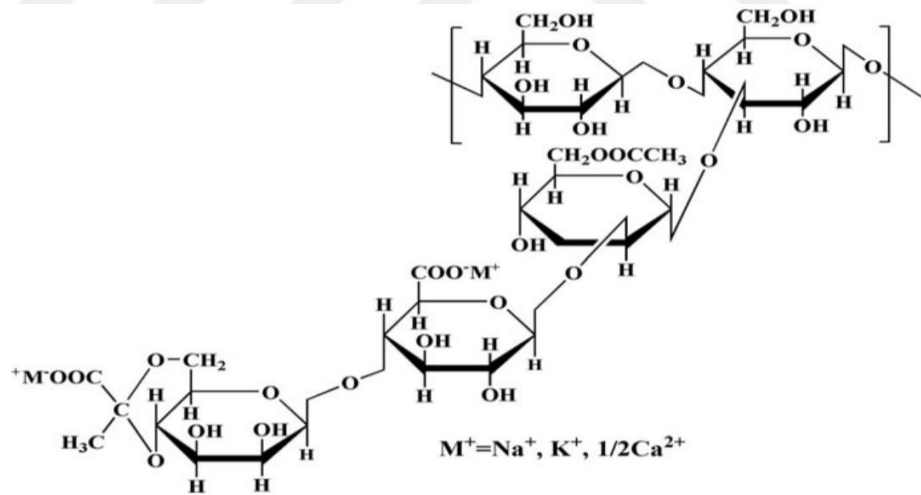
Chatterjee ve ark., (2004), tarafından yapılan çalışmada karides kabuğundan üretilen kitosan ile bentonitin ve jelatinin elma, üzüm, limon ve portakal sularının berraklaştırılmasındaki etkilerini karşılaştırmıştır. Meyve sularında bulanıklıktaki düşüş kitosan eklendikten hemen sonra gözlenmeye başlanmış ve 90 dk sonra dengeye ulaşmıştır. Yaygın olarak kullanılan bentonit ve jelatin bu açıdan kitosana göre daha az etkilidir. Berraklaştırma ajanları ile muameleye bağlı olarak bileşimdeki değişikliği belirlemek için, meyve suları toplam çözünür kuru madde, protein ve titre edilebilir asitlik analizlerine tabi tutulmuştur. Kitosan, bentonit ve jelatin uygulamasına bağlı olarak meyve sularının titre edilebilir asitliği ve toplam çözünür kuru maddedeki değişimi önemli bulunmamıştır; ancak meyve sularının protein içeriklerini önemli ölçüde düşürmüştür. Kitosan ile muameleden önce ve sonra meyve sularının duyusal değerlendirmesi aroma, görünüm, renk ve kabul edilebilirlik gibi kalite parametreleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Kitosan uygulamasından sonra meyve sularının görünüşü ve kabul edilebilirliğinin önemli ölçüde arttığı, diğer parametrelerdeki değişikliklerin ise anlamlı olmadığı saptanmıştır. Çalışma, düşük konsantrasyonlarda bile kitosanın farklı meyve sularını etkili bir şekilde durultmak için kullanılabileceğini göstermektedir.

Rungsardthong ve ark., (2006), tarafından yapılan bir araştırmada, elma suyunun durultulmasında fungal kaynaklı kitosanın kullanımı incelenmiştir. Araştırma sonucunda, fungal kaynaklı kitosan ve ticari olarak hazırlanan deniz kabuğu kaynaklı kitosan ile yapılan durultma uygulamaları sonucunda, elma suyunun bulanıklık değerleri 3.04 NTU ve 3.21 NTU olarak ölçülmüştür. 40 °C'de 0.7 g/L fungal kaynaklı kitosan uygulamasıyla maksimum berraklık sağlanmıştır.

2.2.2.2 Ksantan Gam

Mısır şekeri sakızı olarak da bilinen ksantan gam, gram-negatif bir bakteri olan *Xanthomonas campestris* tarafından ticari olarak üretilen beyaz veya açık sarı toz görünümünde olan bir mikrobiyal ekzopolisakkarittir. Bu dallı heteropolisakkarit, molar oranı 2:2:1 olan pentasakkarit üniteleri (D-glukoz, D-manoz ve D-glikuronik asit kalıntıları) içermektedir (Şekil 2.2). Ksantan gam, gıda, tıp, tekstil ve petrol endüstrilerinde geniş uygulamalara sahip önemli bir endüstriyel biyopolimerdir. Çeşitli gıda ve diğer endüstriyel ürünlerde stabilizasyon, jel oluşturma, emülsiyonlaştırma ve

kalınlaştırma ajanı olarak kullanılmaktadır (Bhat ve ark., 2022). Unlu mamullerde nem tutma ve doku iyileştirme için kullanılmakta iken, içeceklerin kıvamını artırmak amacıyla tercih edilmektedir. Ayrıca, süt ürünlerinde emülsiyonların stabilizasyonunu sağlayarak su ayrışmasını engellemeye yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda meyve suyu durultmasında ve kolloidlerin stabilizasyonunda da kullanılmaktadır (Erkan–Koç, 2013). Ksantan gamın geniş uygulamaları, bu gam tarafından sahip olunan fizikokimyasal özelliklere bağlanmaktadır. Ksantan gam, 1960'ların başlarında keşfedilen moleküler formülü $(C_{35}H_{49}O_{29})_n$ olan bir polisakkarittir. Ksantan gamının özellikleri arasında toksik olmaması, suda çözünür olması, biyolojik olarak parçalanabilir olması, biyolojik olarak uyumlu olması, termal olarak stabil olması, immünolojik bir ajan olması, asidik ve alkalik koşullarda kararlı olması yer almaktadır (Kumar ve ark., 2018). Düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskoz çözeltiler oluşturma özelliğindedir. Ksantanın, polielektrolit doğası olan polimerin çözülmesi ve elektrolitlerin sulu çözeltide salınması nedeniyle hem soğuk hem de sıcak suda yüksek çözünürlük göstermektedir (Born ve ark., 2005).



Şekil 2.2. Ksantan gamın moleküler formülü (Wang ve Wang, 2013).

Ksantan gam, gıda endüstrisinde meyve suyu, meyve püresi, toz içecekler, soslar, çikolatalar, tatlılar, jöleler, süt ürünleri, margarin, yoğurt, fırın ürünleri, dondurulmuş gıdalar, soslar ve et suları gibi çeşitli ürünlerde emülsifiye edici/stabilizatör ve kalınlaştırıcı/jelleştirici ajan olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ksantan gamın gıdalarda kullanımı FDA (Amerika Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından toksikolojik çalışmalara dayanarak onaylanmıştır (Sherley ve Priyadharshini, 2015). Gıdalardaki

dokuyu, viskoziteyi, görünümü, su tutma özelliğini ve aroma salınımını iyileştirmektedir. Ayrıca, iyi bir pseudoplastik davranış sergileyen ve iyi bir reolojik davranış gösteren bir özelliğe sahiptir. Fırın ürünlerinde (%0.05-0.03), salata soslarında (%0.1-0.5) ve hazır gıdalarda (%0.1-0.3) su tutma özelliklerini artırmak için jel oluşturunca olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda glutensiz fırın ürünlerine hamurun elastiklik kazanması için de ksantan gamı eklenmektedir (Petri, 2015). Gıda formülasyonlarında ksantan gam içeriği genellikle %0.05 ile %0.7 arasında değişmektedir (da Silva ve ark., 2017). Gıdalarda kullanılan ksantan gam, farklı pH değerlerine ve iyonik kuvvet değişikliklerine maruz kalır ve gıda bileşenleri de bu değişimleri etkileyebilmektedir (Freitas ve ark., 2011). Ksantan gamın düşük pH koşullarında uzun süreli stabilitesi, salata sosları gibi asidik gıda ürünleri için kullanışlı bir katkı maddesi yapmaktadır (Sworn, 2011). Ksantan gam, sosların emülsiyon stabilitesini etkileyerek farklı sıcaklıklarda viskozitesini korumakta ve salataya tutunma özelliğini artırmaktadır. Akış davranışı, endüstriyel olarak üretilen sosların karıştırma, pompalama ve dökme özelliklerini geliştirmektedir (Wang ve ark., 2016).

İçeceklerde ve meyve sularında, ksantan gam meyve püresinin uzun süreli süspansiyonunu artırmaktadır. Bu içeceğe dolgun bir tat, homojenlik ve iyi bir tat salımı sağlamaktadır. Disfaji hastaları genellikle soğuk içecekler tüketmekte ve bu içecekleri ksantan gam, karboksimetil selüloz, guar gam ve dekstrin gibi diğer kalınlaştırıcılarla birlikte kullanmaktadır. Ksantan gam içeceklerin elastik özelliğini artırmaktadır. Bu nedenle içeceklerde kalınlaştırıcı olarak kullanılmakta ve içeceklerdeki bileşenler arasında güçlü etkileşimler oluşturmaktadır (Cho ve Yoo, 2015). Film oluşturma özelliği sayesinde gıda ambalaj malzemelerinde kullanılabilecek benzersiz pseudoplastik ve fizikokimyasal özellikleri nedeniyle, ksantan gam gıda ambalaj malzemelerinde kullanılabilmektedir (Raschip ve ark., 2020).

Erkan-Koç ve ark., (2015), nar suyunda yapmış oldukları çalışmada doğal sedimantasyon ve durultma ajanlarının (protein bazlı (albümin, kazein ve jelatin) ve polisakkarit bazlı (kitosan ve ksantan gam)) nar suyunun toplam fenolikleri, hidrolize olabilen tanenleri, antosiyaninleri ve antioksidan aktivitesine etkilerini araştırmıştır. Protein bazlı ajanlar doğal sedimantasyona göre toplam fenolik maddeler (%7.2-17.2), hidrolize edilebilir tanenler (%16.7-59.5) ve antosiyaninlerde (%11.7-23.7) daha fazla azalmaya neden olurken polisakkarit bazlı ajanların bu bileşikler üzerinde doğal sedimantasyona benzer

etkiler gösterdiğini bulmuştur. Ayrıca polisakkarit bazlı ajanlarla durultulan örneklerin antioksidan aktiviteleri protein bazlı ajanlarla durultulan örneklerinkine göre daha yüksek belirlenmiştir (%2.4-26.6). Protein bazlı durultma ajanları, jelatin 6.04 NTU, kazein 6.53 NTU ve albümin 10.10 NTU, bulanıklık değerleri sağlarken polisakkarit bazlı durultma ajanları kitosan 10.3 NTU, ksantan gam 20.0 NTU bulanıklık değeri sağlamıştır. Kitosan ile durultma protein bazlı durultma ajanlarının etkilerine yakın bulanıklık değeri sağlaması ve protein bazlı durultma ajanlarından farklı olarak nar sularında doğal sedimantasyona yakın toplam fenolik madde, hidrolize edilebilir tanenler ve antosiyaninlere sahip olması nedeniyle nar suyunun durultulmasında tavsiye edilmektedir.

Lachowicz ve ark., (2018), yaptıkları çalışmada “aronya (chokeberry)” suyuna farklı polisakkarit bazlı durultma ajanlarının (kitosan, ksantan gamı, karboksimetilselüloz, agaragar, keçiyoynuzu gamı, β -siklodekstrin, guar gamı) dozları ve reaksiyon sürelerinin aronya suyunun fenolik bileşikleri, bulanıklık, renk değişikliği ve antioksidan aktivitesi üzerinde meydana getirdiği değişiklikleri araştırmıştır. Çalışmada, aronya sularında en düşük bulanıklık değerlerini elde etmek için durultma maddeleri 25°C'de 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 g/L dozlarda 1, 5, 16 saat uygulanmıştır. Ayrıca 16 saatlik uygulamanın ardından elde edilen aronya sularına 0.2 g/L dimetil dikarbonat ilave edilerek 5 °C'de 5 ay süreyle depolanmış ve bu süre sonunda durultma işleminin, aronya sularının fiziksel ve biyoaktif parametrelerinin içeriği üzerindeki kararlılığı araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda; durultma ajanlarının 16 saat sonra ortalama bulanıklık içeriği, 1 saat sonraki örneklerle göre %50 daha az bulunmuştur. 16 saatlik uygulamadan sonra agar-agar, karboksimetilselüloz ve ksantan gamın diğer durultma ajanlarına göre daha düşük bulanıklık değerleri, daha yüksek biyoaktif bileşik ve antioksidan içerik sağladığı bulunmuştur.

Chen ve ark., (2019), yapmış olduğu çalışmada “koca yemiş” suyunu farklı polisakkarit bazlı durultma ajanları (guar gam, keçiyoynuzu gamı, agar-agar, kitosan, ksantan gam ve sodyum aljinat) ile berraklaştırmıştır. Durultma ajanların koca yemiş suyunun geçirgenliği, bulanıklığı, protein içeriği, antioksidan bileşikleri ve aktivitesi ile rengi üzerindeki etkileri araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Her bir durultma ajanının optimum konsantrasyonu (0.05, 0.10, 0.30, 0.50, 1.00 g/L), koca yemiş suyunun en düşük bulanıklık değeri ile sonuçlanan konsantrasyon belirlenmiştir. Doğal sedimantasyona

birakılan meyve suyu 720 nm'de %64.2 transmittansa ve 152.5 NTU'luk bulanıklığa sahiptir. En yüksek transmittans ve en düşük bulanıklık 1.00 g/L agar-agar (%88.2 ve 23.75 NTU) ve 0.05 g/L ksantan gamda (%89.5 ve 31.65 NTU) elde edilmiştir. 0.10 g/L kitosanda %94.6 transmittans ve 15.65 NTU bulanıklık, 0.10 g/L sodyum aljinatta %96.3 transmittans ve 15.30 NTU bulanıklık elde edilmiştir. Bu sonuçlar, agar-agar, ksantan gam ve kitosanın koca yemiş suyunda berraklaştırıcı ajan olarak guar gam ve keçiyoynuzu gamından daha etkili olduğunu göstermektedir.

2.2.2.3 Kazein

Kazein, sütün pH 4.6'da çöktildiğinde elde edilen sütteki başlıca proteinlerden biridir. Kazein, elektroforez, kromatografik, enzimatik ve membran filtrasyon işlemleri kullanılarak diğer proteinlerden ayrılabilir (Kern ve ark., 2020). Kazein genellikle belirli ikincil yapıları olmayan doğal olarak düzensiz bir proteindir. Kompozisyon olarak, kazein dört alt fraksiyondan oluşur: α S1-, α S2-, β - ve κ -kazeinler, bu proteinler sığır sütünde yaklaşık olarak 4:1:4:1 molar oranında fosfoproteinler olarak karakterize edilmektedir. Bu dört protein fraksiyonu, 19 ile 25 kDa arasında değişen moleküler ağırlıklara ve 4.1 ile 5.3 arasında değişen ortalama izoelektrik noktalara sahiptir (Wusigale ve ark., 2020).

Son zamanlarda, şarabın kalite ve duyu çeşitliliğini artırmak için çeşitli çöktürme maddeleri araştırılmaktadır. Şarapta en yaygın kullanılan durultma yardımcı maddesi süt kazeinidir. Protein çöktürme ajanları, tanenlerle kompleks oluşturma yeteneğine sahiptir ve şarap içindeki partikülleri çökelmeye yönlendirebilir. Metal katyonlarının varlığında, bu kolloidler çözünmez hale gelir ve çökme eğilimi artar. Tanenlerle etkileşime girmeyen diğer proteinler ise şaraptaki partiküllerle birleşerek çökme eğilimindedir. Kazein gibi proteinler, şarapta düşük pH değerlerinde çözünmez hale gelir ve flokülasyona neden olur. Bu berraklaştırma ajanları aynı zamanda fenolik bileşikler bağlama ve ortadan kaldırma yeteneğine sahiptir; ancak, bazı durultma maddeleri alerjik maddeler içerebilir ve tüketici sağlığını tehlikeye sokabilir (Gaspar ve ark., 2019).

Dıblan ve ark., (2021), şarabın berraklaştırılmasında çeşitli durultma ajanlarını kullanmıştır. Çalışmada kazein dışındaki diğer protein bazlı berraklaştırma maddeleri (jelatin ve albümin), dozajları arttıkça daha yüksek bulanıklıklara neden olduğu saptanmıştır. Kazein berraklaştırmalarında konsantrasyon artışıyla bulanıklık artışının

gözenmemesinin nedeni, bu çalışmada kullanılan yüksek çözünürlüklü kazein (potasyum kazeinat) ile açıklanmaktadır. Potasyum kazeinat, normal kazeine kıyasla daha yüksek su çözünürlüğüne sahip olduğundan, üzüm polifenollerini ile daha yüksek bir afiniteye sahiptir. Fenolik bileşiklerin meyve sularından uzaklaştırılması için hem protein bazlı berraklaştırma ajanları (jelatin, kazein ve albümin) hem de karbonhidrat bazlı berraklaştırma ajanları (kitosan ve ksantan gam) kullanılabilir. Kazein, albümin ve ksantan gamın berraklaştırma mekanizmaları tam olarak aydınlatılmamıştır. Kazein, üründen tanenleri uzaklaştırmak için kullanılmaktadır çünkü protein yapısı bu özelliği taşımaktadır. Özellikle asidik ortamlarda tanenlerle kompleks oluşturma yeteneği tipiktir. Bu nedenle, kazein flok oluşturma işlemi, meyve suyu gibi asidik ortamlarda gerçekleşebilmektedir.

Türkyılmaz ve ark., (2020), yaptığı çalışmada yüksek berraklık ve antosiyanin içerikli nar suyu elde etmek için albumin, kazein, kitosan ve bu durultma ajanlarının kombinasyonlarının (albumin+kazein, albumin+kitosan, albümin+ksantan gamı, kazein+kitosan, kazein+ksantan gamı, kitosan+ksantan gamı, albumin+kazein+ksantan gam, albumin+kazein+kitosan, albumin+kazein+kitosan+ ksantan gam) tortu oluşumu, bulanıklık, fenolikler ve antosiyaninler üzerine etkilerini araştırmıştır. Kontrol grubunda (doğal sedimantasyon) en düşük tortu oluşumu ve en yüksek bulanıklık gözlemlenmiştir. Tek bir durultma ajanı ile yapılan uygulamalar arasında, en yüksek bulanıklık albumin ile durultulan meyve suyunda bulunmuştur. En düşük bulanıklık ise "albumin+kazein+kitosan" ve "kitosan+ksantan gam" ile muamele edilen nar sularında belirlenmiştir. "Kitosan+ksantan gam" kombinasyonu ile en yüksek fenolik madde ve antosiyanin değeri sağlamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Hammadde

Tez kapsamında kullanılan ayva meyveleri meyve-sebze halinden (TOKAT) temin edilmiştir.

3.1.2 Enzim ve durultma yardımcı maddeleri

Tez çalışmasında kullanılan enzim preparatları pektinaz ve amilaz Dimes Gıda San. ve Tic. A.Ş'den (TOKAT) temin edilmiştir.

Pektinex Ultra Color (Novozymes-Danimarka) enzim preparatı kullanılmıştır. Tez kapsamında kullanılan enzim pektin liyaz ve poligalakturanaz aktivitesine sahiptir ve aktivitesi 7700 Pectü/mL'dir.

Tez kapsamında 300 AGU/mL enzim aktivitesine sahip amilaz AG-300L (Novozymes-Danimarka) enzim preparatı kullanılmıştır.

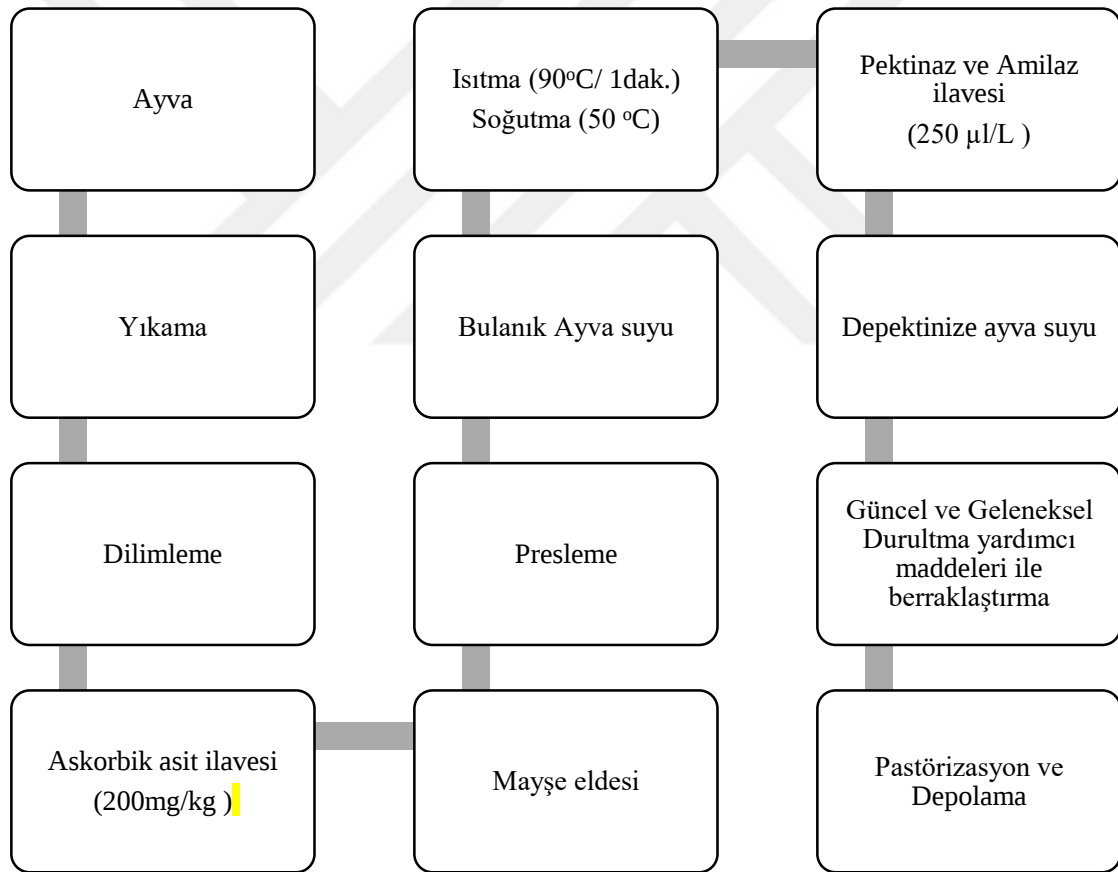
Çalışmada durultma yardımcı maddesi olarak ise; kitosan (Sigma 48165-100G, chitosan from crab shells), kazein (Sigma C7078-500G, sığır sütünden elde edilmiş), ksantan gam (Sigma G1253-100G, *Xanthomonas campestris*), jelatin (Sigma G6144-100G, A tipi 80-100 Bloom), kizelsol (Tito, E551, 250G) ve bentonit (Sigma, 285234-500G) kullanılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Ayva suyu üretimi

Ayva suyu üretimi için kullanılan ayva meyveleri yıkanarak hav tabakası uzaklaştırılmıştır. Bu ayvalar dilimlenmiş ve 200 mg/kg düzeyinde askorbik asit içeren su içerisinde enzimatik esmerleşmenin önüne geçmek amacıyla mayşe eldesine kadar bekletilmiştir. Ardından dilimlenen ayvalar, mutfak tipi kıyma makinesinden (Le Hachoir 1700, Tefal, Fransa) geçirilerek parçalanmış ve mayşe elde edilmiştir. Elde edilen ayva mayşesinin bileşimindeki bulanık ayva suyunun (BL) alınabilmesi için manuel hidrolik presten geçirilmiştir. Elde edilen ayva suyuna 200 mg/L askorbik asit ilave edildikten sonra endüstriyel işlemeye uygun olarak 90°C'ye ısıtılarak 1 dk bekletilmiş ve nişastanın retrogradasyonu sağlanmıştır. Bulanık ayva suyunun sıcaklığı, depektinizasyon işlemi

için buzlu su banyosunda 50°C'ye düşürülmüştür. Depektinizasyon işlemi öncesi bulanıklık değeri ölçülerek NTU (Nephelometric Turbidity Unit) birimi cinsinden kaydedilmiştir. 50°C'deki bulanık ayva sularına 250 µL/L pektinaz enzimi (7700 PECTU/mL) ilavesi yapılmış ve 30 dk sonra 250 µL/L amilaz enzimi (300 AGU/mL) ilave edilerek 45 dk beklenmiştir (Padma ve ark., 2017). Bekleme süresinin ardından pektinin parçalanma süreci alkol testi ile, nişastanın parçalanma süreci ise iyot testi ile takip edilerek alkol ve iyot testi negatif olduğu anda işlem sonlandırılmıştır. Depektinizasyon işlemi tamamlanan bulanık ayva suları (DP) durultma uygulamasının optimizasyon işlemleri için -18°C'de muhafaza edilmiştir. Ayva suyu üretiminde kullanılan prosesin iş akış şeması Şekil 3.1.'te verilmiştir.



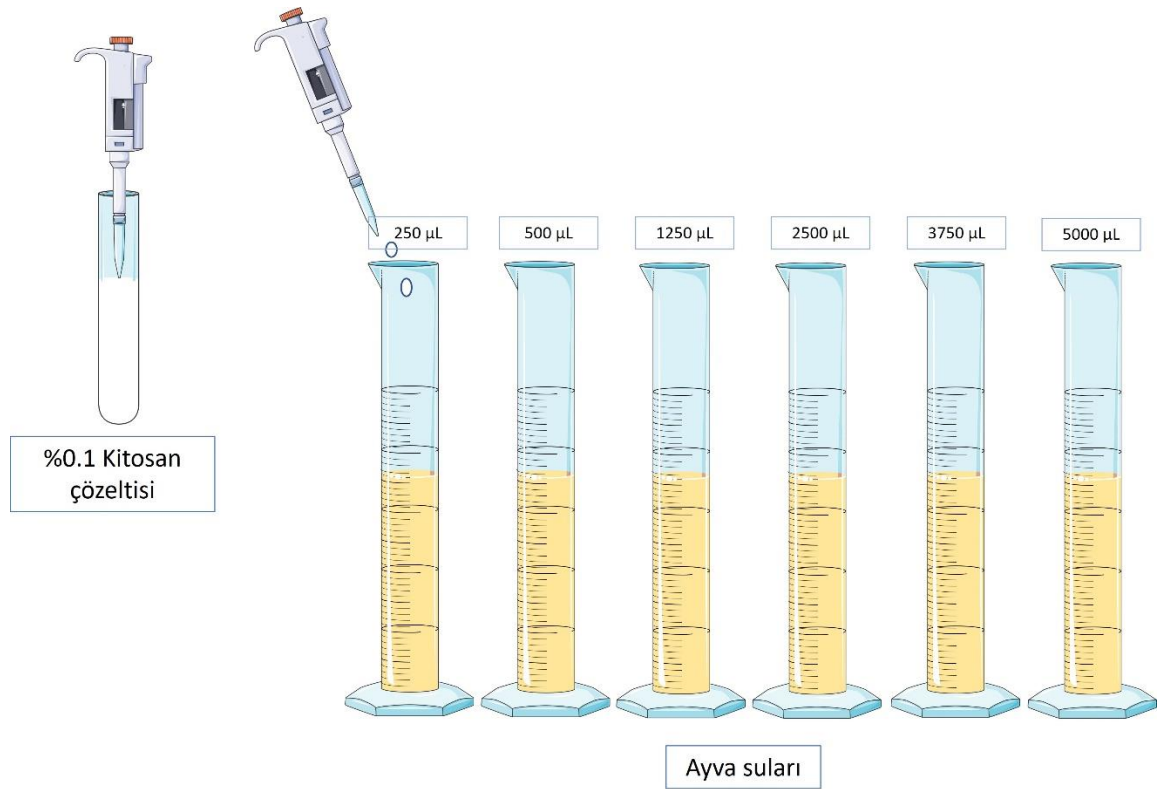
Şekil 3.1. Ayva suyu üretimi akış şeması

3.2.2 Güncel durultma ajanları ile berraklaştırma koşullarının belirlenmesi

Depektinizasyon işlemi tamamlanan ayva suyu örneklerinin berraklaştırma işlemi için öncelikle buzdolabı koşullarında kontrollü olarak çözünmesi sağlanmış ve her bir durultma ajanı için ayrı ayrı optimum sıcaklık ve durultma ajanı konsantrasyonları belirlenmiştir.

3.2.2.1 Kitosan Dozaj Testleri

Kitosan ile durultma işlemi için %0.1'lik kitosan çözeltisi kullanılmıştır. Öncelikle %2'lik 50 mL'lik asetik asit çözeltisi ile %2'lik kitosan çözeltisi karıştırılmış ve %1'lik kitosan çözeltisi elde edilmiştir. Karışım 60°C sıcaklıkta 3 dk ısıtılma işlemi tabi tutulmuştur. Yoğun bir kıvama sahip olan çözelti ile uygun dozajlama yapılabilmesi için 1:10 seyreltme oranı ile hazırlanan çözeltiden 10 mL alınarak 100 mL'ye tamamlanmıştır (Erkan-Koç ve ark., 2015; Türkyılmaz ve ark., 2021). Depektinize ayva suyu içeren 50 mL'lik altı ayrı mezürde 6 farklı dozda (0.005, 0.010, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100 g/L) %0.1'lik kitosan çözeltisi ile 3 farklı sıcaklıkta (40°C, 50°C, 60°C) dozaj testleri gerçekleştirilmiştir. Dozaj testleri süresince, her 15 dk bir üstte kalan berrak kısımdan örnek alınarak bulanıklık (NTU) değerleri belirlenmiştir. Optimum dozaj miktarı, en düşük NTU değerinin elde edildiği sıcaklık ve süre temel alınarak belirlenmiştir. Optimum kitosan konsantrasyonunun belirlenmesi için kullanılan deneysel tasarım Şekil 3.2.'de şematize edilmiştir.



Şekil 3.2. Ayva suyunun durultulmasında optimum kitosan konsantrasyonunun belirlenmesi

3.2.2.2 Ksantan Gam Dozaj Testleri

Ksantan gam ile durultma işlemi için %0.1'lik ksantan gam çözeltisi kullanılmıştır. %0.1'lik 100 mL ksantan gam çözeltisi, ultra saf su ile 60°C sıcaklıkta hazırlanmıştır (Fang ve ark., 2007; Erkan-Koç ve ark., 2015; Türkyılmaz ve ark., 2021). Ayva suyu içeren 50 mL'lik altı ayrı mezürde, 6 farklı dozda (0.005, 0.010, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100 g/L) olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta (40°C, 50°C, 60°C) deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler süresince, her 15 dk bir üstte kalan berrak kısımdan örnek alınarak NTU ölçümleri yapılmıştır. En düşük NTU değerinin elde edildiği ksantan gam kullanım dozu, sıcaklık ve süre değerleri optimum koşullar olarak belirlenmiştir. Uygulama Şekil 3.2'de verildiği gibi yürütülmüştür.

3.2.2.3 Kazein Dozaj Testleri

Kazein dozaj testi için %0.5'lik kazein çözeltisi kullanılmıştır. %0.5'lik kazein çözeltisi; hazırlanan %1'lik kazein ve %1'lik sodyum hidrojen karbonat çözeltisinin eşit oranda karıştırılması ile elde edilmiştir. Bu iki çözelti birleştirilerek alkali bir ortam

oluşturulmuştur (Castillo-Sánchez ve ark., 2008; Türkyılmaz ve ark., 2021). Sonrasında, 50 mL ayva suyu için 6 farklı dozda (0.025, 0.050, 0.125, 0.250, 0.375, 0.500 g/L) olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta (40°C, 50°C, 60°C) dozaj testleri gerçekleştirilmiştir. Testler süresince, her 15 dk'da bir üstte kalan berrak kısımdan örnek alınarak NTU ölçümleri yapılmıştır. En uygun sıcaklık ve süre en düşük NTU değeri temel alınarak seçilmiştir. Uygulama Şekil 3.2 de verildiği gibi yürütülmüştür.

3.2.3 Güncel durultma ajanları için kombinasyon seçimi

Ayva suyunda kullanılacak optimum kitosan, ksantan gam ve kazein miktarları ile sıcaklık belirlendikten sonra, durultma işlemi için en uygun kombinasyon ve süreyi belirlemek amacıyla Tablo 3.1.'de belirtilen dozlarda her bir durultma ajanının ilave edilmesiyle durultma işlemleri gerçekleştirilmiştir. İşlem sırasında her üç güncel durultma ajanı için en düşük NTU değerini veren 40°C sıcaklık kullanılmıştır. Her durultma ajanının ilavesinden sonra ayva suları 2 dk boyunca cam bagetle karıştırılmış ve 15 dk 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, 120, 150, 180 ve 210. dk'larda örnekler alınarak NTU değerleri ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri ölçülmüştür.

Durultma işlemleri, her bir durultma ajanının optimum dozda ilave edilmesi ve belirtilen sürelerde örneklerin alınmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, NTU değerleri ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri ölçülerek durultma ajanlarının etkinliği ve kombinasyonun uygunluğu değerlendirilmiştir (Tablo 3.1).

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

3.2.4 Geleneksel durultma ajanları için berraklaştırma koşullarının belirlenmesi

3.2.4.1 Jelatin Dozaj Testleri

Jelatin dozaj testinde %1 lik jelatin çözeltisi kullanılmıştır. Jelatinin 1 gramı 100 mL saf suyla tamamlanarak çözelti elde edilmiştir (Castillo-Sánchez ve ark., 2008; Erkan-Koç ve ark., 2015). Ardından, 50 mL'lik altı ayrı mezüre ayva suları konulmuş ve güncel durultma ajanları için optimum sıcaklık olarak belirlenen 40 °C'de 6 farklı dozda (0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 g/L) %1 lik jelatin çözeltisi ilave edilmiştir. Her 15 dk bir üstte kalan berrak kısımdan örnekler alınarak NTU ölçümleri yapılmıştır. En uygun jelatin dozu en düşük NTU değeri baz alınarak, jelatin için optimum doz belirlenmiştir.

3.2.4.2 Kizelsol Dozaj Testleri

Stok %1'lik kizelsol çözeltisi hazırlanmıştır. Kizelsol çözeltisinden 1 mL alınarak 100 mL'ye tamamlanmıştır (Hafizoğlu, 2014). Ardından, 100 mL'lik altı ayrı mezüre ayva suları konulmuş ve belirlenen optimum jelatin miktarına göre (500 µL/100 mL) jelatin çözeltisi ilave edilmiştir. Jelatin çözeltisi ilavesinden sonra 2 dk boyunca cam bagetle karıştırılmış ve 15 dk sonra kizelsol çözeltisi, 6 farklı dozda (0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 g/L) ilave edilmiştir. Her 15 dk bir üstte kalan berrak kısımdan örnekler alınarak NTU ölçümleri yapılmıştır. En düşük NTU değeri baz alınarak kizelsol için optimum doz belirlenmiştir.

3.2.4.3 Bentonit Dozaj Testleri

Bir gram bentonit, 1 gece önceden 100 mL su içerisinde çözülerek %1'lik bentonit çözeltisi hazırlanmış ve durultma amacıyla üstte kalan berrak kısım kullanılmıştır (Ferreira ve ark., 2001; Dıblan ve Özkan, 2021). Ayva suyu, altı ayrı 100 mL'lik mezüre konulmuştur. Belirlenen optimum jelatin ve kizelsol miktarına göre sırasıyla (500 µL/100 mL - 750 µL/100 mL), jelatin ve kizelsol çözeltileri belirlenen sıcaklıkta 6 ayrı mezüre 15 dk aralıklarla ilave edilmiştir. Her ilave sonrasında 2 dk boyunca cam bagetle karıştırılmış ve 15 dk sonra hazırlanan bentonit çözeltisinden 6 farklı dozda (0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 g/L) mezürlere ilave edilmiştir. 1 saat boyunca her 15 dk bir üstte kalan berrak kısımdan örnekler alınarak NTU ölçümleri yapılmıştır. En düşük NTU değeri baz alınarak bentonit için optimum doz belirlenmiştir.

3.2.5 Ultrason frekansı seçimi

Güncel durultma ajanları kullanılarak elde edilen en başarılı durultma kombinasyonu ile 25, 37, 45 kHz ultrason frekanslarında her durultma ajanı ilavesinin ardından 1 dk ve 5 dk ultrason uygulaması yapılmıştır. Ultrason uygulamaları ultrasonik su banyoları içerisinde (Elmasonic S100H; Transsonic TI-H-15, Almanya) gerçekleştirilmiştir. 60-210 dk işlem süresi boyunca 30 dk aralıklarla örnekleme yapılarak bulanıklık ve renk değerleri ölçülmüştür. En düşük NTU değeri baz alınarak en uygun süre ve ultrason frekansı belirlenmiştir.

3.2.6 Berrak ayva sularının depolanması

Ayva sularının berraklaştırılmasına yönelik yürütülen uygulamalar sonrasında; depektinize ayva suları (DP), geleneksel durultma ajanları ile durultulan ayva suları (GEL), güncel durultma ajanları ile durultulan ayva suları (GÜN) ve güncel durultma ajanına ilave olarak ultrason uygulaması yapılarak durultulan ayva suları (U-GÜN) olmak üzere dört örnek grubu oluşturulmuştur. Her örnek grubu yukarıda anlatıldığı şekilde belirlenen optimum 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 dk pastörize edilip 6 ay süresince buzdolabı koşullarında (+4 °C sıcaklıkta) muhafaza edilerek ve 2 ayda bir analize alınmıştır. Ayrıca depolama başlangıcında bulanık ayva suyuna (hammadde) ait analizlerde yürütülmüştür. Tez kapsamında yürütülen tüm analizlere ait detaylar aşağıda verilmiştir.

3.3 Analiz Yöntemleri

3.3.1 Alkol testi: Ayva sularına pektinaz enzimi eklenerek hazırlanan 5 mL'lik deney tüpleri, üzerlerine 10 mL %95'lik etanol eklenerek çalkalanmıştır. 1 dk sonra, gözle flok oluşumu gözlenmiştir. Bu flok oluşumu pektin varlığını gösterirken, deney tüpünde gözlemlenen ve hızla tüp yüzeyine çıkan hava kabarcıkları, pektinin parçalandığını göstermektedir (Cemeroğlu, 2010).

3.3.2 İyot testi: Bir tüpe 10 mL meyve suyu alınarak üzerine 1 mL %10'luk iyot çözeltisi eklenmiştir. Oluşan renk incelenerek nişastanın parçalanma düzeyi hakkında bilgi edinilmiştir. Bu teste göre eğer renk sarı (iyot çözeltisinin rengi) ise, nişasta parçalanmış,

renk violet, mavi ve koyu kahve ise nişastanın parçalanmadığı varsayılmıştır (Cemeroğlu, 2010).

3.3.3 Bulanıklık değeri: Ayva suyunun bulanıklık değerleri türbidimetre (La Matte 2200, 2020 we, Amerika) NTU cinsinde ölçülmüştür (Yemiş ve Arslantürk, 2016).

3.3.4 Renk tayini: Ayva suyunun renk ölçümleri Minolta (CR-300 model) renk ölçüm cihazı kullanılarak, örneklerin L^* , a^* , b^* değerlerinin ölçümü ile yapılmıştır. Ölçülen L^* , a^* ve b^* değerleri ile aşağıdaki formüller kullanılarak ΔE , ΔC ve Hue açısı değerleri hesaplanmıştır (Anonim, 1991).

$$\Delta E = [(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]^{1/2} \quad (3.1.)$$

$$\Delta C = [(a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]^{1/2} \quad (3.2.)$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (3.3.)$$

3.3.5 Esmerleşme indeksi: Esmerleşme indeksi tayini, 420 nm dalga boyundaki absorbans değerinin spektrofotometrede ölçülmesiyle yapılmıştır (Çınar, 2003).

3.3.6 Suda çözünür kuru madde tayini: Örneklerde suda çözünür kuru madde (briks) dijital ve sıcaklık düzeltmesi olan Hanna HI 96801 (Romanya) marka dijital refraktometre kullanılarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010).

3.3.7 pH tayini: Örneklerin pH değerleri, Hanna HI 2211 (Romanya) marka pH-metre kullanılarak 20 °C'de ölçülmüştür.

3.3.8 Titrasyon asitliği tayini: Örneklerden doğrudan 5 ml alınarak üzerine 1 ml fenolfitalein eklenip 0,1 N NaOH ile pembe fuşya renk görülene kadar titre edilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki formül kullanılarak % sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır (AOAC, 1995).

$$\text{Titrasyon asitliği \%} = V \cdot f \cdot E \cdot 100 / M$$

V: Harcanan 0.1N NaOH miktarı, mL

f: Çözelti faktörü

E: 1mL 0.1 N NaOH'in eşdeğer asit miktarı (0.00064), sitrik asit cinsinden

M: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, g

3.3.9 Sıcak-Soğuk (Stabilite) testi: Deney tüplerine 10 mL ayva suyu alınıp 95°C, 5 dk ısıtma işlemine tabi tutulmuş ardından turbidimetre ile NTU değerleri ölçülmüştür. Sonra buz banyosunda (-3°C ile -5°C) 5 dk tutulup, tekrar oda sıcaklığında (20°C) bekletilip turbidimetre ile NTU değerleri ölçülmüştür. Bu aşamalı sıcaklık dalgalanmalarında ürün üzerinde meydana gelen bulanıklık değişimi incelenmiştir (Anonim, 2017).

3.3.10 Toplam fenolik madde tayini: Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri, Folin Ciocalteu ayırıcı ile belirlenmiştir. Ayva suyu örneklerinden 1 mL örnek alınarak üzerine 2 mL Folin-Ciocalteu (%10'luk; v/v) ve 1 mL NaHCO₃ (%7'lik) ilave edilip 30 dk. karanlık ortamda bekledikten sonra 760 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür (Cemeroğlu, 2013). Kalibrasyon grafiği; stok galik asit çözeltisinin farklı konsantrasyonları kullanılarak oluşturulmuştur (Ek-A.1). Oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak sonuçlar hesaplanmıştır.

3.3.11 Antioksidan kapasite tayini: Meyve suyunun antioksidan kapasite tayini 3 farklı yöntemle analiz edilmiştir.

3.3.11.1 ABTS/TEAC (Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi):

- 20 mM Sodyum Asetat (pH 4.5) tampon çözeltisi hazırlanmıştır.
- 7 mM ABTS Çözeltisi hazırlanmıştır.
- 2.5 mM potasyum peroksidisülfat çözeltisi hazırlanmıştır.

Hazırlanan ABTS çözeltisi ve potasyum peroksidisülfat çözeltileri 1:1 oranında karıştırılıp 1 gece karanlıkta bekletilerek ABTS radikal stok çözeltisi hazırlanmıştır.

Hazırlanan ABTS radikal stok çözeltisinden 5 mL alınıp üzerine belirli oranlarda sodyum asetat tamponu ilave edilerek 734 nm de okuma yapılmak suretiyle absorbans değeri 0.700- 0.720 aralığında olacak şekilde seyreltilip ABTS çalışma çözeltisi hazırlanmıştır.

Ayva suyu örneklerinden 100 µL alınarak üzerine 2900 µL ABTS çalışma çözeltisi ilave edilip 30 dk karanlıkta bekletildikten sonra 734 nm dalga boyundaki absorbans değerleri ölçülmüştür (Re ve ark., 1999). Kalibrasyon eğrisini elde etmek için 500 mg/L trolox stok çözeltisi hazırlanıp farklı konsantrasyonlarda (0, 100, 200, 300, 400, 500 mg/L) kullanılarak 734 nm dalga boyundaki absorbans değerleri ölçülmüş ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (Ek-A.2).

3.3.11.2 DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl):

- 0,1 mM DPPH çözeltisi etil alkolle hazırlanmıştır.

Ayva suyu örneklerinden 100 µL alınmış, üzerlerine 3900 µL DPPH çözeltisinden ilave edilerek 30 dk karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm dalga boyundaki absorbans değerleri ölçülmüştür (Brand-Williams ve ark., 1995).

DPPH analizinde kalibrasyon eğrisini elde etmek amacıyla 500 mg/L troloks stok çözeltisi hazırlanıp farklı konsantrasyonlarda (0, 50, 100, 150, 200, 250 mg/L) kullanılarak 734 nm dalga boyundaki absorbans değerleri ile kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (Ek-A.3).

3.3.11.3 FRAP (ferrik iyon indirgeme antioksidan parametresi):

- 20 mM sodyum asetat (pH: 3.6) tampon çözeltisi hazırlanmıştır.
- 20 mM sulu demir (III) klorür çözeltisi hazırlanmıştır.
- 10 mM sulu TPTZ (tripiridiltriazin) çözeltisi hazırlanmıştır.

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 FRAP çalışma çözeltisi elde edilmiştir. FRAP çalışma çözeltisi analizden 2 saat önce hazırlanarak koyu renkli şişelerde muhafaza edilmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

Ayva suyu örneklerinden 100 µL alınmış üzerlerine 2900 µL FRAP çalışma çözeltisinden ilave edilerek 30 dk karanlıkta bekletildikten sonra 593 nm dalga boyundaki absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak “trolox eşdeğeri” cinsinden verilmiştir (Ek-A.4).

3.4 İstatistiksel Değerlendirme

Tez kapsamında elde edilen analiz sonuçları, SPSS istatistik paket program (Windows SPSS 21.0 Software) kullanılarak Duncan çoklu araştırma testine göre 0.05 güven aralığında değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Dozaj Testleri Sonuçları

4.1.1 Güncel durultma yardımcı maddeleri dozaj testleri sonuçları

Farklı kitosan, kazein ve ksantan gam dozlarının ayva suyunun bulanıklık değeri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, literatürde yapılmış olan çalışmalar incelenerek farklı doz (0.005, 0.010, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100 g/L) ve farklı sıcaklıklarda (40°C, 50°C, 60°C) uygulamalar yapılmıştır. Bu uygulama için laboratuvar ölçekli üretimi yapılan depektinize ayva suyunun 20°C'deki başlangıç bulanıklık değeri ortalama 135±1.78 NTU olarak ölçülmüştür. Uygulama sonucunda kitosan, kazein ve ksantan gam durultma ajanları için elde edilen NTU değerleri sırasıyla Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te verilmiştir. Kitosan için 75 dk'da 40°C (35.7 NTU) ve 50°C (19.2 NTU)'de en uygun dozaj 0.075 g/L belirlenirken 60°C'de en uygun dozaj 0.01g/L (20.8 NTU) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Kazein için 40°C sıcaklıkta en uygun dozaj 0.5 g/L (28.3 NTU) olacak şekilde işlem süresi 60 dk olarak belirlenmiştir (Tablo 4.2). Ksantan gam için en düşük bulanıklık değerine (41.7 NTU) 40°C sıcaklık değerinde 0.01 g/L dozaj ile 45 dk işlem süresi ile ulaşılmıştır.

Tablo 4.1. Ayva suyu kitosan dozaj testi NTU değerleri

KİTOSAN				
Süre (dk)	Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU)		
		40°C	50°C	60°C
30	0.005	49.6	33.4	49.5
	0.010	54.2	42.2	53.1
	0.025	66.8	45.1	58.5
	0.050	62.8	48.4	58.4
	0.075	77.9	45.6	95.3
	0.100	68.4	47.9	109.7
45	0.005	91.3	33.5	34.8
	0.010	57.3	28.6	38.1
	0.025	69.0	49.7	46.5
	0.050	71.9	60.9	51.0
	0.075	55.4	36.1	93.7
	0.100	62.2	38.4	109.7
60	0.005	76.0	32.7	23.6
	0.010	53.4	23.4	27.4
	0.025	62.7	43.7	33.7
	0.050	60.4	46.4	40.6
	0.075	46.3	26.3	91.6
	0.100	53.6	28.4	108.3
75	0.005	75.4	30.9	95.9
	0.010	49.5	20.4	20.8
	0.025	57.6	36.2	25.0
	0.050	50.9	40.9	32.5
	0.075	35.7	19.2	87.7
	0.100	43.9	21.2	92.7

Tablo 4.2. Ayva suyu kazein dozaj testi NTU değerleri

KAZEİN				
Süre (dk)	Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU)		
		40°C	50°C	60°C
30	0.025	59.7	98.8	245.3
	0.050	62.7	89.7	199.7
	0.125	63.3	79.3	366.7
	0.250	63.5	74.3	181.7
	0.375	49.2	69.8	146.7
	0.500	274.0	60.0	103.6
45	0.025	62.7	84.3	236.3
	0.050	54.1	79.3	171.0
	0.125	51.7	70.9	346.7
	0.250	54.1	63.9	160.0
	0.375	44.3	60.3	109.0
	0.500	36.5	71.2	77.5
60	0.025	54.8	50.2	212.7
	0.050	44.9	57.5	168.0
	0.125	45.2	65.1	313.7
	0.250	45.6	68.8	142.7
	0.375	37.0	78.3	82.5
	0.500	28.3	60.2	66.2
75	0.025	52.9	101.4	273.3
	0.050	47.2	65.1	147.0
	0.125	54.0	87.6	273.7
	0.250	99.8	77.6	108.6
	0.375	71.9	50.7	66.3
	0.500	38.7	45.1	53.2

Tablo 4.3 Ayva suyu ksantan gam testi NTU değerleri

KSANTAN GAM				
Süre (dk)	Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU)		
		40°C	50°C	60°C
30	0.005	77.3	88.9	66.1
	0.010	81.0	86.4	94.4
	0.025	74.0	85.6	81.1
	0.050	73.0	76.9	81.3
	0.075	85.5	97.4	83.0
	0.100	85.2	93.5	80.3
45	0.005	63.8	88.1	56.1
	0.010	41.7	68.5	88.5
	0.025	67.7	82.2	78.7
	0.050	68.7	85.3	82.0
	0.075	85.3	85.6	85.3
	0.100	84.5	92.8	82.0
60	0.005	58.7	83.4	52.0
	0.010	76.5	62.7	83.7
	0.025	95.4	78.3	75.7
	0.050	65.3	81.2	80.7
	0.075	84.3	83.1	82.0
	0.100	83.1	89.2	82.0
75	0.005	55.3	79.8	49.0
	0.010	72.6	61.0	79.0
	0.025	95.3	74.8	71.3
	0.050	66.7	87.6	79.0
	0.075	82.5	81.8	84.3
	0.100	83.8	87.2	82.0

Tüm bu veriler doğrultusunda nihai koşullar olarak, sıcaklık için 40°C; kitosan için 0.075 g/L; kazein için olarak 0.5 g/L; ksantan gam için 0.01 g/L dozlarında en düşük bulanıklık değerinin elde edildiği belirlenmiştir. Özetle endüstriyel uygulamalara ışık tutması açısından 40°C’de 1 ton ayva suyunun durultulması yani ayrı ayrı kullanılmaları halinde 75 g kitosan, 500 g kazein ve 10 g ksantan gam kullanımının ayva suyunun bulanıklığını önemli ölçüde azaltacağı belirlenmiştir. Literatürde çeşitli meyve sularının durultulmasında kullanılan kitosan, kazein ve ksantan gam için bildirilen optimum konsantrasyon değerleri çeşitlilik göstermektedir. Taştan ve Baysal (2017), berrak elma suyu üretiminde bir berraklaştırma ajanı olarak kitosanın kullanımını inceledikleri çalışmalarında, elma suyunun berraklaştırılması için optimum koşulların 100 mL elma suyu için 0.192 g kitosan konsantrasyonu, 20°C işlem sıcaklığı ve 30 dk. işlem süresi olarak belirlenmiştir. Optimum koşullarda elde edilen bulanıklık değeri ise elma suyu için 3.71 NTU olarak belirlenmiştir. Diblan ve Özkan (2021), kırmızı üzüm suyunun durultulmasında optimum kazein dozajını 0.05 g/L olarak belirlemiş ve bu kazein konsantrasyonu ile kırmızı üzüm suyunda 4.0 NTU bulanıklık değerine ulaşmıştır. Türkyılmaz ve ark., (2020), çalışmalarında nar sularını albümin, kazein, kitosan, ksantan gam ve birbirleriyle kombinasyon halinde kullanılarak berraklaştırmış. Bu çalışmada optimum ksantan gam konsantrasyonu 350 mL nar suyu için 0.026 g olarak belirlenmiştir. Chen ve ark., (2019), koca yemiş suyunun guar gam, keçiyoynuzu gamı, agar-agar, kitosan, ksantan gam ve sodyum aljinat ile berraklaştırılması üzerine yaptıkları çalışmada; 0.10 g/L kitosanda 15.65 NTU bulanıklık, 0.10 g/L sodyum aljinatta 15.30 NTU bulanıklık, 1.00 g/L agar-agar ile 23.75 NTU ve 0.05 g/L ksantan gamda 31.65 NTU bulanıklık elde etmiştir. Erkan-Koç ve ark., (2015), nar suyunda yapmış oldukları çalışmada protein bazlı (albümin, kazein ve jelatin) ve polisakkarit bazlı (kitosan ve ksantan gam) durultma ajanlarının nar suyunun durultulmasındaki etkisini araştırmıştır. Protein bazlı durultma ajanları 0.375 g/L jelatin 6.04 NTU, 0.375 g/L kazein 6.53 NTU ve 0.125 g/L albümin 10.10 NTU bulanıklık değerlerini sağlarken polisakkarit bazlı durultma ajanları 0.50 g/L kitosan 10.3 NTU, 0.075 g/L ksantan gam 20.0 NTU bulanıklık değeri sağlamıştır.

Tez kapsamında kazein, ksantan gam ve kizelsol için elde edilen bulanıklık değerlerine ait veriler incelendiğinde çalışılan üç güncel durultma yardımcı maddesinin ayrı ayrı kullanımlarında tek başlarına bulanıklığı önemli ölçüde azaltacağı belirlenmiştir. Fakat

elde edilen bulanıklık değerleri dünya çapında kabul gören $2 \leq \text{NTU}$ değerini sağlamadığından bu üç güncel durultma yardımcı maddesinin kombinasyon halinde kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu aşamada süre uzatımının endüstriyel uygulamalar için etkin bir yol olmaması nedeniyle kombinasyonlar halinde berraklaştırma uygulamalarına ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.

4.1.2 Güncel durultma ajanları için kombinasyon seçimi

Ayva suyunda kullanılacak optimum kitosan, ksantan gam ve kazein miktarları ile optimum sıcaklık değeri belirlendikten sonra, durultma için en uygun kombinasyon ve süreyi belirlemek amacıyla 40°C Tablo 4.4'te belirtilen dozlarda durultma ajanları ilave edilerek durultma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Durultma ajanı ilave etme işlemi tamamlandıktan sonra, 60, 90, 120, 150, 180 ve 210. dk örnekler alınarak NTU ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri ölçülmüştür. En uygun kombinasyon için ayva suyunda en düşük bulanıklık ve en yüksek b^* değerini sergileyen kombinasyon seçilmiştir. Buna göre, en düşük bulanıklık (NTU) (2.68 ± 0.14) ve en yüksek b^* değerini (6.50 ± 0.13) sağlayan 1 numaralı kombinasyon durultma işlemi için seçilmiştir. 1 numaralı kombinasyon 40°C ' sıcaklık ve 210 dk, 1 ton ayva suyunun durultulması için 500 g kazein, 10 g ksantan gam ve 75 g kitosan kullanımını önermektedir. Belirlenen bu konsantrasyon değerlerine göre 1 ton ayva suyunun durultulması için tahmini maliyet; 500 g kazein için 1.875 TL, 10 g ksantan gam için 387 TL, 75 g kitosan için 2.421 TL olmak üzere toplam 4.683 TL olarak hesaplanmıştır (maliyet hesaplamaları materyal metotta belirtilen marka referans alınarak ve dolar kuru 1 Dolar/28.60 TL değeri üzerinden hesaplanmıştır).

Literatürde berrak meyve suyu üretmek için çeşitli durultma ajanlarının kombinasyonlarının kullanımına yönelik çalışmalar mevcuttur. Diblan ve Özkan (2021), berrak kırmızı üzüm suyu üretiminde çeşitli durultma ajanları (bentonit, kitosan, bentonit+jelatin, bentonit+kazein, bentonit+albümin ve bentonit+kitosan) kombinasyonlarının bulanıklık üzerine etkilerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmaya göre, bentonit (0.2 g/L)+kazein (0.05 g/L) en iyi berraklık (4.4 NTU) sağlarken onun ardından en iyi berraklığı (5.7 NTU) bentonit (0.2 g/L)+albümin (0.05 g/L) sağlamıştır.

Tablo 4.4. Kazein, ksantan gam ve kitosan kombinasyonuna ait bulanıklık ve renk (b^*) değerleri

Durultma Ajanı	Oran	Doz (g/ton)	Kombinasyon Numarası	Süre (dk)	Bulanıklık (NTU)±STD	Renk b^* ±STD
			1	60	23.26±2.60	6.87±0.35
Kazein	Tam doz	500		90	12.22± 1.10	6.94±0.21
Ksantan Gam	Tam doz	10		120	10.16±1.68	6.81±0.06
Kitosan	Tam doz	75		150	6.97±0.61	6.81±0.10
				180	4.26±0.31	6.86±0.10
				210	2.68±0.14	6.50±0.13
			2	60	22.27±3.14	7.31±0.14
Kazein	½ doz	250		90	11.46±0.53	6.46±0.34
Ksantan Gam	¼ doz	2.5		120	8.91±0.51	7.21±0.21
Kitosan	¼ doz	18.75		150	7.43±0.25	7.17±0.27
				180	6.47±0.24	6.71±0.06
				210	5.69±0.21	6.81±0.11
			3	60	15.33±1.14	4.75±0.08
Kazein	¼ doz	125		90	12.68±0.54	4.81±0.06
Ksantan Gam	½ doz	5		120	10.52±0.32	5.47±0.15
Kitosan	¼ doz	18.75		150	8.65±0.30	5.30±0.19
				180	7.02±0.22	5.27±0.34
				210	5.62±0.28	5.10±0.13
			4	60	35.94±6.90	5.50±0.06
Kazein	¼ doz	125		90	19.54±2.22	5.14±0.11
Ksantan Gam	¼ doz	2.5		120	14.22±1.01	4.90±0.06
Kitosan	½ doz	37.5		150	12.47±0.68	5.26±0.18
				180	12.00±0.87	5.20±0.06
				210	12.43±0.90	5.23±0.08
			5	60	37.14±1.07	5.99±0.14
Kazein	0	0		90	25.51±0.99	5.99±0.06
Ksantan Gam	½ doz	5		120	18.08±0.51	5.81±0.23
Kitosan	½ doz	37.5		150	13.08±0.32	5.87±0.24
				180	12.43±0.12	5.83±0.10
				210	12.38±0.11	5.66±0.21
			6	60	33.44±2.55	5.16±0.04
Kazein	½ doz	250		90	20.78±0.44	5.13±0.14
Ksantan Gam	0	0		120	16.28±0.62	5.03±0.23
Kitosan	½ doz	37.5		150	14.12±0.96	5.26±0.07
				180	12.73±0.98	5.15±0.01
				210	12.68±1.04	5.16±0.01
			7	60	41.30±3.74	5.37±0.10
Kazein	½ doz	250		90	13.10±1.72	5.30±0.19
Ksantan Gam	½ doz	5		120	10.05±1.69	5.14±0.11
Kitosan	0	0		150	7.90±1.54	4.93±0.11
				180	7.74±0.81	5.07±0.03
				210	7.34±0.73	5.08±0.04

* Ayva suyunun durultulması için ayrı ayrı tam doz olarak 500 g/ton kazein, 75 g/ton kitosan ve 10 g/ton ksantan gam belirlenmiştir.

4.1.3 Ultrason frekansı seçimi

En başarılı güncel durultma ajanı kombinasyonu olan 1 numaralı kombinasyon (1 ton ayva suyunun durultulması için 500 g kazein, 10 g ksantan gam ve 75 g kitosan) seçilmiş ve her bir durultma ajanı ilavesinin ardından 1 dk ve 5 dk boyunca 25, 37, 45 kHz frekans değerlerinde ultrason uygulaması yapılmıştır. 60, 90, 120, 150, 180 ve 210. dk örnekler alınarak NTU değerleri ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri ölçülmüştür. Tablo 4.5. ultrasonik frekans seçimine ait sonuçlar yer almaktadır. Tabloya göre en düşük bulanıklık (NTU) değeri ve en yüksek b^* değeri 5 dk ve 45 kHz ultrason frekans uygulaması yapılan ayva suyunda 210. dk elde edilmiştir.

Tablo 4.5. Ultrasonik frekans seçiminde elde edilen NTU ve renk (b^*) değerleri

Ultrason uygulama süresi (dk)	Ultrason frekansı (kHz)	Süre (dk)	Bulanıklık değeri (NTU) $\pm$ STD	b^*
1	25	60	50.38 $\pm$ 8.82	6.60 $\pm$ 0.14
		90	27.28 $\pm$ 3.78	6.32 $\pm$ 0.28
		120	17.37 $\pm$ 3.21	6.03 $\pm$ 0.24
		150	12.76 $\pm$ 1.85	5.98 $\pm$ 0.09
		180	10.00 $\pm$ 2.16	5.99 $\pm$ 0.16
		210	8.21 $\pm$ 2.56	6.10 $\pm$ 0.23
	37	60	58.29 $\pm$ 4.42	6.61 $\pm$ 0.27
		90	24.67 $\pm$ 1.63	6.25 $\pm$ 0.11
		120	15.78 $\pm$ 1.14	5.98 $\pm$ 0.53
		150	12.13 $\pm$ 0.42	5.96 $\pm$ 0.27
		180	9.45 $\pm$ 0.89	5.89 $\pm$ 0.26
		210	7.20 $\pm$ 0.83	6.04 $\pm$ 0.09
	45	60	67.92 $\pm$ 7.53	7.05 $\pm$ 0.44
		90	32.70 $\pm$ 3.38	6.65 $\pm$ 0.21
		120	21.09 $\pm$ 4.87	6.28 $\pm$ 0.27
		150	13.28 $\pm$ 0.97	5.88 $\pm$ 0.18
		180	11.11 $\pm$ 0.99	5.60 $\pm$ 0.19
5	25	210	8.41 $\pm$ 0.75	5.75 $\pm$ 0.40
		60	45.51 $\pm$ 5.62	6.39 $\pm$ 0.15
		90	24.54 $\pm$ 1.35	6.03 $\pm$ 0.02
		120	15.70 $\pm$ 1.21	6.09 $\pm$ 0.11
		150	12.75 $\pm$ 0.42	6.00 $\pm$ 0.18
		180	10.79 $\pm$ 0.81	5.61 $\pm$ 0.25
	37	210	8.22 $\pm$ 0.85	6.00 $\pm$ 0.14
		60	49.14 $\pm$ 3.53	6.47 $\pm$ 0.11
		90	29.42 $\pm$ 4.58	5.99 $\pm$ 0.25
		120	20.01 $\pm$ 4.85	6.09 $\pm$ 0.33
		150	15.51 $\pm$ 3.54	6.09 $\pm$ 0.33
		180	13.83 $\pm$ 4.03	5.95 $\pm$ 0.09
	45	210	11.55 $\pm$ 1.82	5.95 $\pm$ 0.16
		60	87.97 $\pm$ 17.26	7.19 $\pm$ 0.38
		90	30.46 $\pm$ 1.42	6.18 $\pm$ 0.57
		120	18.23 $\pm$ 2.25	5.73 $\pm$ 0.22
		150	12.36 $\pm$ 0.34	6.08 $\pm$ 0.42
		180	9.43 $\pm$ 0.39	6.23 $\pm$ 0.22
		210	6.79$\pm$0.43	6.20$\pm$0.24

$\pm$ Verilere ait standart sapma

Güncel durultma ajanlarının kombinasyonları kullanılarak yapılan durultmada en düşük bulanıklık (NTU) ve renk b^* değerleri (2.68 ± 0.14 NTU; 6.50 ± 0.13) 1 numaralı kombinasyonda elde edilmiştir. Bir numaralı kombinasyon kullanımına ilave olarak ultrason uygulaması yapılan ayva suları için en düşük bulanıklık (NTU) ve renk b^* (6.79 ± 0.43 NTU; 6.20 ± 0.24) değerleri 5 dk süreyle 45 kHz ultrason uygulanan örneklerde elde edilmiştir. Ultrasonik frekans seçimi sırasında ultrason uygulamasının bulanıklık değerini artırdığı görülmüştür. Ultrasonik frekans seçimi sırasında meydana gelen bulanıklık değerindeki artışın, kavitasyon kabarcıkları tarafından uygulanan yüksek basınç nedeniyle durultma sırasında oluşan flokların parçalanmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Örnekler endüstriyel üretimi modellemek amacıyla kaba filtre kağıdından geçirildiğinde yalnızca güncel durultma ajanları kullanılarak üretilen ayva sularında bulanıklık (NTU) değeri 2.82 ± 0.02 , b^* değeri ise 7.41 ± 0.40 olarak elde edilirken, seçilen frekans ve süredeki ultrason uygulamasının, güncel durultma ajanlarına ilave olarak ultrason uygulanan ayva sularında bulanıklık (NTU) değeri 2.55 ± 0.32 , b^* değeri ise 8.51 ± 0.15 olarak elde edilmiştir. Bu durum, ultrasonun uygulamasının bulanıklığı azalttığını ve ürünün renk özelliklerini iyileştirdiğini göstermektedir.

Abid ve ark., (2014), işlenmiş elma suyunda ultrason yöntemini uygulayarak L^* ve b^* değerlerinde önemli bir artış ve a^* değerinde bir düşüş olduğunu bulmuştur. Abid ve diğerleri (2013), ultrason uygulamasının, kontrol örneklerine kıyasla ultrason uygulanan örneklerin renginde önemli değişikliklere neden olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca, Tiwari ve ark., (2010), üzüm suyunun ısıtılması sırasında kontrol uygulamasına kıyasla farklı ultrason seviyelerinde ultrason uygulamasının tüm seviyelerinde parlaklıkta artışlar meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Belgheisi ve Kenari (2019), ultrases, kitosan kullanarak ve bu yöntemlerin kombinasyonunu kullanarak elma suyunun özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ultrason uygulamasının, elma suyunun pH ve asitlik gibi fizikokimyasal parametrelerini etkilemeden fenolik bileşikler ve toplam antioksidan kapasitesini önemli ölçüde iyileştirdiğini bulmuşlardır. Bu nedenle tüketici sağlığı açısından elma suyunun kalitesinin artırılması için ultrason teknolojisinin kullanılmasını önermektedirler.

4.1.4 Geleneksel durultma ajan kombinasyonu için dozaj seçimi

Ayva suyunun berraklaştırılmasında kullanılacak jelatin, kizelsol ve bentonit miktarlarını belirlemek amacıyla endüstride uygulandığı şekilde üçlü kombinasyon için dozaj belirleme testleri gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık olarak güncel durultma ajanlarında optimum sıcaklık olarak belirlenen 40°C kullanılmıştır. İlk olarak jelatin için farklı doz (0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 g/L) uygulamalar yapılmış, bulanıklık (NTU) değerine göre jelatin için uygun doz belirlenmiştir (Tablo 4.6). Belirlenen dozda jelatin ilave edildikten sonra, farklı dozlarda (0.05; 0.10; 0.25; 0.50; 0.75; 1.00 g/L) kizelsol ilave edilmiş ve bulanıklık (NTU) değerleri değerlendirilerek kizelsol için optimum doz saptanmıştır. Ardından belirlenen dozda jelatin ve kizelsol ilave edilen meyve sularına farklı dozlarda (0.05; 0.10; 0.25; 0.50; 0.75; 1.00 g/L) bentonit ilave edilmiş ve bulanıklık (NTU) değerine ölçülerek optimum bentonit miktarı saptanmıştır. Bu sonuçlara göre jelatin için 60 dakika sonra, jelatin+kizelsol için 105 dakika sonra ve jelatin+ kizelsol+ bentonit kombinasyonu için de 120 dakika sonra bulanıklık değerleri dengeye gelmiştir.

Tablo 4.5 geleneksel durultma için jelatin, kizelsol ve bentonit miktarının saptanması amacıyla yapılan dozaj denemelerine ait sonuçlar yer almaktadır. Tabloya göre jelatin için 60. dk'da, 0.05 g/L dozajda ve 40°C sıcaklıkta 71.67 NTU değeri elde edilmiştir. 40°C de 0.05 g/L jelatine ilave olarak 0.75 g/L kizelsol eklendiğinde 105. dk'da en düşük bulanıklık değeri 7.73 NTU olarak elde edilmiştir. 40°C de 0.05 g/L jelatin ve 0.75 g/L kizelsol ilavesine ek olarak bentonit eklendiğinde en düşük bulanıklık (NTU) değeri 120. dk'da 0.75 g/L bentonit ilavesinde 2.38 NTU olarak elde edilmiştir. Jelatin protein kökenli bir durultma ajanıdır ve kendisi de bulanıklığı artırıcı etkiye sahiptir. Jelatinin fazla kullanılması jelatin bulanıklığını oluşturur ve durultmanın tersi yönünde bir etki ortaya çıkar (Mariod ve Fadul, 2013). Bu nedenle jelatin konsatrasyonunun durultmada dikkatle seçilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak çalışmamızda, 1 ton ayva suyunun berraklaştırılması için 40 °C sıcaklık ve 120 dk'da 50 g jelatin, 750 g kizelsol ve 750 g bentonit kombinasyonunun kullanım gerekliliğini ortaya koymaktadır. 1 ton ayva suyunun durultulması için hesaplanan tahmini maliyet; 50 g jelatin için 1.273 TL, 750 g kizelsol için 195 TL ve 750 g bentonit için 3.384 TL olmak üzere toplam 4.852 TL dir (maliyet hesaplamaları materyal metotta belirtilen markalar referans alınarak ve dolar kuru 1 Dolar/28.60 TL üzerinden hesaplanmıştır).

Güncel ve geleneksel durultma ajanlarına ait kombinasyon uygulamaları kıyaslanadığında endüstriyel olarak berraklaştırma maliyetinin mevcut kur üzerinden; güncel (kazein+ksantan gam+kitosan) durultma yardımcı maddesi kombinasyonun 1 ton ayva suyu üretimi için 4.683 TL olduğu, geleneksel (jelatin+ kizelsol+ bentonit) durultma yardımcı maddesi kombinasyonuna ait maliyetin ise 4.852 TL olduğu görülmektedir. Güncel durultma ajanı kombinasyonu ile 1 ton ayva suyu üretiminde 169 TL daha düşük maliyet ortaya çıkmaktadır. Yapılan uygulamaların bulanıklık üzerine etkisi irdelendiğinde bulanık ayva suyunu NTU değeri 645 ± 10.39 iken, güncel durultma ajanı kombinasyonu ile NTU değerinin 2.82 ± 0.02 'ye gerilediği, güncel ve ultrason kombinasyonu sonucunda NTU değerinin 2.55 ± 0.32 'e kadar düştüğü, geleneksel durultma ajanlarına ait kombinasyonda ise en düşük NTU değerinin 3.60 ± 0.06 olarak belirlendiği görülmektedir. Güncel durultma ajanı kombinasyonunun hem maliyet hem de berraklık bakımından üstün olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6. Jelatin, kizelsol ve bentonit kombinasyonuna ait NTU değerleri

JELATİN			JELATİN+ KİSELSOL				JELATİN+ KİSELSOL+ BENTONİT				
40°C			40°C				40°C				
Süre (dk)	Jelatin Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU/AU)	Süre (dk)	Jelatin (g/L)	Kzelsol Doz (g/L)	Bulanıklık (NTU)	Süre (dk)	Jelatin (g/L)	Kzelsol (g/L)	Bentonit (g/L)	Bulanıklık (NTU)
30	0.05	118.00	15	0.05	0.05	131.00	15	0.05	0.75	0.05	36.33
	0.10	677.33 AU		0.05	0.10	129.67		0.05	0.75	0.10	23.57
	0.25	306.33		0.05	0.25	74.93		0.05	0.75	0.25	13.10
	0.50	210.00		0.05	0.50	51.47		0.05	0.75	0.50	11.47
	0.75	193.67		0.05	0.75	39.83		0.05	0.75	0.75	12.86
	1.00	177.33		0.05	1.00	40.37		0.05	0.75	1.00	11.47
45	0.05	79.67	30	0.05	0.05	98.67	30	0.05	0.75	0.05	21.80
	0.10	266.33		0.05	0.10	78.57		0.05	0.75	0.10	15.00
	0.25	314.33		0.05	0.25	39.10		0.05	0.75	0.25	14.03
	0.50	200.33		0.05	0.50	25.23		0.05	0.75	0.50	40.33
	0.75	187.67		0.05	0.75	15.57		0.05	0.75	0.75	10.81
	1.00	173.33		0.05	1.00	15.57		0.05	0.75	1.00	13.27
60	0.05	<u>71.67</u>	45	0.05	0.05	77.87	45	0.05	0.75	0.05	13.30
	0.10	193.33		0.05	0.10	56.90		0.05	0.75	0.10	12.04
	0.25	324.33		0.05	0.25	29.13		0.05	0.75	0.25	10.00
	0.50	230.00		0.05	0.50	19.60		0.05	0.75	0.50	9.32
	0.75	188.33		0.05	0.75	11.60		0.05	0.75	0.75	5.35
	1.00	173.33		0.05	1.00	13.25		0.05	0.75	1.00	3.27
			60	0.05	0.05	64.17	60	0.05	0.75	0.05	9.98
				0.05	0.10	40.13		0.05	0.75	0.10	7.79
				0.05	0.25	23.67		0.05	0.75	0.25	5.92
				0.05	0.50	15.33		0.05	0.75	0.50	4.29
				0.05	0.75	10.63		0.05	0.75	0.75	3.78
				0.05	1.00	10.77		0.05	0.75	1.00	2.20
			75	0.05	0.05	52.73	75	0.05	0.75	0.05	6.17
				0.05	0.10	32.57		0.05	0.75	0.10	4.29
				0.05	0.25	20.47		0.05	0.75	0.25	3.70
				0.05	0.50	12.93		0.05	0.75	0.50	2.81
				0.05	0.75	8.63		0.05	0.75	0.75	3.48
				0.05	1.00	9.24		0.05	0.75	1.00	8.68
			90	0.05	0.05	47.53	90	0.05	0.75	0.05	5.57
				0.05	0.10	28.77		0.05	0.75	0.10	3.79
				0.05	0.25	18.40		0.05	0.75	0.25	3.24
				0.05	0.50	15.67		0.05	0.75	0.50	2.73
				0.05	0.75	8.05		0.05	0.75	0.75	2.60
				0.05	1.00	8.37		0.05	0.75	1.00	2.36
			105	0.05	0.05	44.63	105	0.05	0.75	0.05	4.92
				0.05	0.10	28.00		0.05	0.75	0.10	3.19
				0.05	0.25	17.60		0.05	0.75	0.25	3.26
				0.05	0.50	14.07		0.05	0.75	0.50	2.84
				0.05	0.75	<u>7.73</u>		0.05	0.75	0.75	2.51
				0.05	1.00	7.78		0.05	0.75	1.00	3.04
			120	0.05	0.05		120	0.05	0.75	0.05	4.88
				0.05	0.10			0.05	0.75	0.10	3.11
				0.05	0.25			0.05	0.75	0.25	2.95
				0.05	0.50			0.05	0.75	0.50	2.67
				0.05	0.75			0.05	0.75	0.75	<u>2.38</u>
				0.05	1.00			0.05	0.75	1.00	3.06

4.2 Berraklaştırılan Ayva Sularının Depolama Süresince Kalitelerinin Belirlenmesi

Berraklaştırılan ayva suyu örneklerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi ve depolama süresince meydana gelen değişikliklerin izlenmesi amacıyla dozaj testleri sonucu elde edilen verilere göre laboratuvar ölçekli üretimler gerçekleştirilmiştir. Bulanık ayva suyu için mayşe verimi % 62 olarak hesaplanmıştır. Bulanık ayva suyu için yalnızca 0. ay da analizler gerçekleştirilmiş olup Tablo 4.7’de analiz sonuçları verilmiştir. DP, GEL, GÜN ve U-GÜN için 0. 2. 4. ve 6. aylarda analizler gerçekleştirilmiş olup sonuçlar kendi aralarında ve literatürle kıyaslanmıştır.

Tablo 4.7. Bulanık ayva suyu analiz sonuçları

Analiz	Sonuç
Bulanıklık Değeri (NTU)	645±10.39
Sıcak-soğuk testi	638.67±17.16
Esmerleşme indeksi	0.984±0.03
pH	3.35±0.01
Titrasyon Asitliği (%)	0.67±0.01
ŞÇKM (%)	11.48±0.00
Toplam Fenolik Madde (mg/L)	504.576±13.24
DPPH(mg/L)	261.45±40.87
ABTS(mg/L)	2066.41±2.47
FRAP (mg/L)	46.774 ±2.38
L*	68.75±0.06
a*	0.7±0.06
b*	16.26±0.15
ΔC	16.27±0.15
Hue°	87.44±0.23
ΔE	70.65±0.05
Beyazlık indeksi	35.23±0.10

± Verilere ait standart sapma

Wojdyło ve ark., (2014a), 11 farklı ayva çeşidi için; ayva sularının verim, bulanıklık ve bulanıklık stabilitesi, viskozite, renk, kuru madde, toplam çözünür katı madde, toplam titrasyon asitliği, pH gibi bazı fizikokimyasal kalite parametrelerini araştırmıştır. pH değeri, 3.13 ile 3.36 arasında, toplam titrasyon asitliği değeri %0.87 ile %1.22 arasında ve suda çözünür kuru madde %9.7 ile %13.3 arasında değiştiğini bulmuştur. Bu çalışmada elde edilen bulanık ayva suyunda pH değeri 3.35±0.01, titrasyon asitliği değeri %0.67±0.01 ve suda çözünür kuru madde içeriği %11.48 olarak ölçülmüştür. Aynı çalışmada bulanıklık değerleri ayva çeşitlerinde oldukça farklılık göstermiş olup 83 NTU ile 3880 NTU arasında değişmiştir. Bu araştırmada elde edilen bulanık ayva suyunda ise

bulanıklık değeri 645 ± 10.39 NTU olarak ölçülmüştür. Ek olarak Wojdyło ve ark., (2014a), çalışmalarında örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 32.05 ile 49.99, 0.16 ile 2.11 ve 1.40 ile 15.46 arasındadır. Araştırmada ise elde edilen bulanık ayva suyu için L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 68.75, 0.7 ve 16.26 olarak ölçülmüştür. ΔC , Hue° ve ΔE değerleri karşılaştırıldığında, tez çalışmasında sırasıyla 16.27, 87.44 ve 70.65 bulunurken Wojdyło ve ark., (2014a) çalışmasında ΔC ; 1.95 ile 16.96, Hue°; -88.94 ile 88.56 ve ΔE ; 45.05 ile 64.49 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Wojdyło ve ark., (2014b) 11 farklı ayva çeşidi için ayva sularının antioksidan kapasitelerini DPPH, ABTS, FRAP analiz metodları kullanarak değerlendirmiştir ve sonuçları mM Trolox/100mL olarak vermişlerdir. DPPH sonuçları; 2.1 ile 7.2 arasında, ABTS sonuçları; 7.8 ile 10.8 arasında, FRAP sonuçları; 0.2 ile 1.5 arasında değişmektedir. Bu çalışmada bulanık ayva suyu DPPH sonuçları; 261.45 mg/L, ABTS sonuçları; 2066.41 mg/L, FRAP sonuçları 46.774 mg/L olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak elde edilen bulanık ayva suyuna ait verilerinin literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Depolama süresince ayva sularının kalite özelliklerinin belirlenmesi açısından gerçekleştirilen analiz sonuçları Tablo 4.8- 4.11’de yer almaktadır.

Tablo 4.8’de depolama süresi boyunca ayva sularının toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Başlangıçta en yüksek toplam fenolik madde içeriği DP ayva suyunda iken (643.28 ± 9.25 mg/L) onu sırasıyla GÜN (618.70 ± 11.19 mg/L), GEL (571.53 ± 3.88 mg/L) ve U-GÜN (512.20 ± 8.93 mg/L) ayva suyu takip etmektedir ($p < 0.05$). Güncel durultma ajanına ilave olarak ultrason uygulaması yapılarak üretilen ayva suyu (U-GÜN)’da ultrason uygulamasının toplam fenolik madde içeriğini azalttığı görülmüştür. Ultrasonun fenolik madde içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Sun ve ark., (2015), ultrasonun taze elma suyu üzerindeki etkileri araştırdıkları çalışmalarında, ultrason işleminden sonra taze elma suyunun toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğinin kontrol örneklerine göre daha fazla bozunduğunu bulmuşlardır. Ultrasonun taze elma suyunun esmerleşmesini engelleyebildiği, ancak toplam fenolik içerik, toplam flavonoid içeriği ve klorojenik asit içeriğini ve antioksidan aktiviteyi azalttığını saptamışlardır. Caminiti ve ark., (2011), ultrasonun elma ve yaban mersini suyu karışımının toplam fenolik içeriğini etkilemediğini belirtmişlerdir. Tiwari ve ark., (2008), çilek suyunun antosiyanin içeriğinin düşük ultrasonik yoğunlukta arttığını ve yüksek ultrasonik

yoğunlukta azaldığını tespit etmişlerdir. Durultma seviyesi arttıkça fenolik madde içeriğinin azalması beklenen bir durumdur. Depolama süresince ayva sularının toplam fenolik madde içeriği açısından değişimi incelendiğinde; tüm ayva sularında toplam fenolik madde içeriğinde kayıplar olduğu ve 6 ay sonunda en düşük toplam fenolik madde içeriğinin güncel durultma ajanları kullanılarak üretilen ayva suyunda olduğu görülmüştür (174.35 ± 2.97 mg/L) ($p < 0.05$). Altı ay sonunda güncel durultma ajanlarına ilave olarak ultrason uygulanan örneklerin toplam fenolik madde içeriği 191.30 ± 4.64 mg/L olarak bulunmuş olup aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Başlangıçta (0. ay) GÜN örneklerinden daha az toplam fenolik madde içeren U-GÜN örneklerinin 6. ayın sonunda GÜN örneklerinden daha fazla toplam fenolik madde içermesi ultrason uygulamasının depolama aşamasında fenolik madde içeriğini korumaya yardımcı olduğunu gösterir. Ayva suyunun fenolik bileşikleri, antioksidan özelliği ve depolanabilirliği üzerine yapılan bir araştırmada, depolama süresince (4°C ve 30°C) polifenol içeriğinde özellikle prosiyanidinlerde depolama süresince, toplam polifenol içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir (Wojdyło ve ark., 2014a). Oszmianski ve ark., (2011), 30°C 'de depolanan elma sularında prosiyanidin monomerleri, dimeleri ve trimerlerinin benzer davranışlar sergilediğini belirtmiştir. Wojdyło ve ark., (2014a) bu bileşenleri elma suyuna göre daha yüksek oranda içeren ayva sularının, depolama sırasında depolimerizasyonun etkisi ve bunların temel birimlere dönüşümünün bir sonucu olarak toplam polifenol içeriğinin azaldığını belirtmiştir. Tüm bu veriler depolama süresince fenolik madde içeriğindeki azalmayı açıklayıcı niteliktedir. Benzer şekilde bu çalışmada da depolama süresince toplam fenolik madde içeriği azalmıştır.

Depolama süresince ayva sularının antioksidan kapasiteleri 3 farklı yöntem ile analiz edilmiştir. DPPH analizine göre başlangıçta GEL numunesi en yüksek antioksidan kapasiteye sahip iken (368.12 ± 40.40 mg/L) onu sırasıyla DP, GÜN ve U-GÜN örnek grupları takip etmektedir. İstatistiksel değerlendirme başlangıçta DP, GEL ve GÜN numunelerinin antioksidan kapasiteleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğunu gösterirken, ultrason uygulaması ile elde edilen U-GÜN örneğinin antioksidan kapasitesindeki azalışın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0.05$). Sun ve ark., (2015), benzer şekilde ultrasonun taze elma suyunun toplam fenolik içerik, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktiviteyi azalttığı ortaya koymuştur. ABTS analizine göre başlangıçta en yüksek antioksidan kapasite değeri DP numunesinde

(2584±3.20 mg/L) görülmüştür ve onu takiben, U-GÜN, GEL ve GÜN örnekleri gelmektedir (p <0.05). FRAP analizi incelendiğinde başlangıçta, U-GÜN numunesi (48.85±4.37 mg/L) en yüksek antioksidan kapasite değerine sahiptir ve onu GÜN, DP ve GEL numuneleri takip etmiştir (p <0.05). Depolama süresince DPPH analizine göre 6. ayın sonunda tüm ayva sularında başlangıca göre antioksidan kapasite artış gözlemlenmiştir. ABTS ve FRAP analizine göre tüm ayva sularında 6 aylık depolama süresinin sonunda antioksidan kapasitede düşüş gözlemlenmiştir (p <0.05).

Wojdyło ve ark., (2014a), ayva sularında antioksidan kapasitede depolama süresince önemli bir değişim olmadığını rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar tez kapsamında elde edilen sonuçlarla farklılık göstermektedir. Bilindiği üzere, meyvelerin ve dolayısıyla meyve sularının bileşimi çok çeşitlidir ve antioksidan aktiviteleri, yapılarında bulunan biyoaktif bileşiklerin miktarına ve türüne bağlıdır. Dolayısıyla üretimde kullanılan meyvenin bileşimi depolama süresince antioksidan kapasitede değişimi etkileyebilir. Yapılan bir çalışmada, depolamanın ilk 8 gününden sonra nar suyu toplam antioksidan aktivitesinde artış göstermiştir. Çalışmada bu aktivitedeki artış, polifenollerin polimerizasyon reaksiyonlarına girme konusundaki güçlü eğilimleriyle açıklanmıştır (Pinelo ve ark., 2004). Bu sayede ortaya çıkan oligomerler, yük delokalizasyonu için daha geniş alanlara sahiptir. Polimerizasyon derecesi kritik bir değeri aştığında, artan moleküler karmaşıklık DPPH radikalleri ile reaksiyona giren hidroksil gruplarının mevcudiyetini azaltır, bu da antiradikal kapasitede bir azalmaya neden olur (Piljac-Žegarac ve ark., 2009). Bu çalışmada da DPPH analizine göre depolama süresince ayva suyunun antioksidan aktivitesindeki artışa benzer bir etkinin neden olduğu düşünülmektedir.

Çalışmalar her ne kadar antioksidan kapasitenin fenolik madde içeriği ile paralel olarak değişebileceğini ortaya koysa da, her bir biyoaktif bileşiğin antioksidan kapasite analizlerine katkısı farklıdır. Ayva suyu için polifenolik bileşenlerin içerikleri ABTS+, DPPH ve FRAP ile bireysel olarak korele edildiğinde, toplam polimerik prosiyanidinler için belirgin korelasyonlar gözlemlenmemiştir. Ayva suyundaki hidroksisinnamik asitlerle ilgili olarak, içerikleri antioksidan kapasite ile güçlü bir şekilde korele olurken, sadece DPPH testi için düşük bir korelasyon gözlemlenmiştir (Wojdyło ve ark., 2014a). Her bir testin antioksidan kapasite belirlemedeki hassasiyeti ve hangi biyoaktif birleşikle korele şekilde antioksidan kapasiteyi ortaya koyduğu önemli bir parametredir. Dolayısıyla bu çalışmada DPPH testine göre antioksidan kapasitenin artmasının aksine

ABTS+ ve FRAP testlerinde azalması literatürdeki bu veriler ile açıklanabilmektedir. Bu toplam anioksidan kapasite belirleme testlerinin yanı sıra, her bir hedef biyomolekülün HPLC gibi teknikler kullanılarak belirlenmesiyle antioksidan kapasitedeki değişim daha net bir şekilde ortaya koyulabilecektir.

Tablo 4.8. Depolama süresince ayva sularının toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerindeki değişim

	Ay	DP	GEL	GÜN	U-GÜN
Toplam Fenolik Madde (mg/L)	0	643.28±9.25 ^{aA}	571.53±3.88 ^{aC}	618.70±11.19 ^{aB}	512.20±8.93 ^{aD}
	2	338.76 ±2.72 ^{bA}	270.68±3.06 ^{bB}	263.05±1.69 ^{bC}	258.25±1.29 ^{bD}
	4	280.57±3.62 ^{cA}	208.25±2.49 ^{cB}	194.69±8.77 ^{cC}	209.94±2.98 ^{cB}
	6	278.59±3.62 ^{cA}	190.74±8.04 ^{dB}	174.35±2.97 ^{dC}	191.30±4.64 ^{dB}
Toplam Antioksidan K. (DPPH)(mg/L)	0	346.67±12.82 ^{cA}	368.12±40.40 ^{abA}	309.57±32.80 ^{bcA}	293.04±31.75 ^{cB}
	2	332.17±2.61 ^{cB}	330.72±1.33 ^{bB}	292.46±0.50 ^{cC}	355.65±1.74 ^{abA}
	4	394.57±11.87 ^{bA}	337.17±8.23 ^{bB}	336.96±5.00 ^{bB}	329.57±4.60 ^{bB}
	6	456.52±0.31 ^{aA}	403.26±7.43 ^{aB}	381.08±5.24 ^{aC}	384.35±7.71 ^{aC}
Toplam Antioksidan K. (ABTS) (mg/L)	0	2584.36±3.20 ^{aA}	2366.41±5.46 ^{aBC}	2317.69±6.01 ^{aC}	2474.10±8.15 ^{aAB}
	2	2320.26±2.70 ^{bA}	2233.08±4.28 ^{bB}	2268.97±6.27 ^{aBC}	2071.54±2.77 ^{bC}
	4	2073.23±1.33 ^{cA}	1512.72 ±1.82 ^{cB}	1377.33 ±2.21 ^{bD}	1480.92±2.98 ^{cC}
	6	1757.85±8.32 ^{dA}	1417.33±14.22 ^{dBC}	1373.23a±5.16 ^{bC}	1474.77 ±3.84 ^{cB}
Toplam Antioksidan K. (FRAP)(mg /L)	0	46.39±2.13 ^{aBC}	45.17±0.81 ^{aC}	47.32±0.93 ^{aB}	48.85±4.37 ^{aA}
	2	15.99±0.00 ^{dA}	13.58 ±4.38 ^{dB}	13.36±1.07 ^{dB}	13.58±2.48 ^{dB}
	4	24.11±3.06 ^{bA}	22.01±2.05 ^{bB}	22.54±3.12 ^{bB}	21.64±2.03 ^{bB}
	6	18.72±2.70 ^{cA}	15.46±1.85 ^{cA}	21.07±22.22 ^{cA}	19.57±17.91 ^{cA}

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

Tablo 4.9 depolama süresince ayva sularının pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde özelliklerindeki değişimi göstermektedir. Tablo 4.9'a göre başlangıçta DP, GEL, GÜN ve U-GÜN ayva sularında pH değerinin azalması ve titrasyon asitliğinin artması yönünde bir değişiklik vardır. 6. ayın sonunda GEL ve U-GÜN örneği titrasyon asitliği değişimi hariç, diğer örneklerin pH ve titrasyon asitliği değerlerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p< 0.05). Suda çözünür kuru madde içeriği DP örneğinde diğerleriyle karşılaştırıldığında nispeten daha yüksek bulunmuştur (%12.28) ve onu takiben U-GÜN numunesi (%10.95) gelmektedir GEL ve GÜN numunelerinde ise SÇKM eşit (%10.28) bulunmuştur. Berraklaştırma uygulaması yapılmadığı için DP örneğinde SÇKM içeriğinin fazla olması beklenen bir durumdur. Tablo 4.9'deki veriler incelendiğinde depolama süresince tüm ayva sularında pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde içeriğinde yüksek oranda bir değişim olmadığı görülmektedir (p< 0.05). Taştan (2014), gerçekleştirdiği çalışmada, depolama süresi boyunca hem elma

suyu hem de elma suyu konsantresi örneklerinin pH değerlerinde bir azalma tespit etmiştir. Elma suyu örneklerinde 6 aylık depolama sonrasında, en fazla azalmanın geleneksel durultma yöntemi uygulanmış örneklerde (3.70) meydana geldiği, en az değişimin ise kitosan ile durultulan örneklerde (3.74) gözlemlendiği belirlenmiştir. Elma suyu konsantresi örneklerinde ise 6 aylık depolama sonrasında, en fazla azalmanın yine geleneksel durultma yöntemi uygulanmış örneklerde (3.76) gerçekleştiği, en az değişimin ise depektinizasyon+kitosan ile durultulan örneklerde (3.82) olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada elma suyu konsantresi örneklerinin asitlik değerlerinde depolama süresi boyunca bir artış olduğu belirlenmiştir. Altı aylık depolama sonrasında, en fazla artışın depektinizasyon+kitosan uygulaması ile durultulan örneklerde (0.82), en az değişimin ise kitosan ile durultulan örneklerde (0.68) meydana geldiği tespit edilmiştir. Araştırmacı, bu artışın nedenini, yetersiz pastörizasyon uygulamasının mikroorganizma gelişimine yol açması nedeniyle ortaya çıktığını öne sürmüştür. Tez çalışmasında ise maksimum 0.05'lik bir artış gözlenmektedir.

Tablo 4.9. Depolama süresince ayva sularının pH, Titrasyon asitliği ve SÇKM

	Ay	DP	GEL	GÜN	U-GÜN
pH	0	3.34±0.01 ^{aC}	3.33±0.01 ^{aC}	3.49±0.01 ^{aA}	3.46±0.01 ^{aB}
	2	3.24±0.01 ^{bC}	3.26±0.01 ^{bB}	3.43±0.01 ^{bA}	3.43±0.01 ^{aA}
	4	3.17±0.01 ^{cD}	3.19±0.01 ^{cC}	3.35±0.01 ^{cB}	3.37±0.01 ^{bA}
	6	3.12±0.02 ^{dC}	3.15±0.02 ^{dB}	3.32±0.03 ^{dA}	3.32±0.03 ^{cA}
Titrasyon Asitliği	0	0.63±0.01 ^{bA}	0.58±0.01 ^{aB}	0.55±0.01 ^{bC}	0.58±0.01 ^{bB}
	2	0.67±0.01 ^{aA}	0.62±0.04 ^{aB}	0.55±0.01 ^{bC}	0.58±0.01 ^{bBC}
	4	0.65±0.01 ^{abA}	0.58±0.01 ^{aC}	0.57±0.01 ^{bC}	0.61±0.02 ^{aB}
	6	0.67±0.01 ^{aA}	0.61±0.03 ^{aB}	0.6±0.03 ^{aBC}	0.59±0.01 ^{bC}
SÇKM	0	12.28±0.00 ^{aA}	10.28±0.00 ^{cC}	10.28±0.00 ^{cC}	10.95±0.12 ^{aB}
	2	12.01±0.06 ^{bA}	10.38±0.00 ^{bB}	10.35±0.06 ^{bcB}	10.38±0.00 ^{cB}
	4	12.03±0.06 ^{bA}	10.58±0.08 ^{aB}	10.43±0.06 ^{bC}	10.58±0.01 ^{bB}
	6	11.91±0.06 ^{cA}	10.56±0.00 ^{aB}	10.59±0.05 ^{aB}	10.64±0.10 ^{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 4.10 depolama süresi boyunca ayva sularının NTU, sıcak-soğuk testi, esmerleşme indeksi değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre başlangıçta U-GÜN ayva suyunun en düşük bulanıklık değerine (2.55±0.32 NTU) sahip olduğu görülmektedir. GÜN ayva suyunun başlangıç NTU değeri 2.82±0.02'dir ve U-GÜN örneğiyle karşılaştırıldığında bulanıklık değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yok iken DP (12.64±0.14 NTU)

ve GEL (3.60 ± 0.06 NTU) ayva sularından daha düşük NTU değerine sahiptir ($p < 0.05$). Ayrıca, NTU değerleri tüm ayva sularında zamanla azalmıştır ($p < 0.05$). Her örnek grubu için 2'şer aylık sonuçlar değerlendirildiğinde aylar arasındaki en az değişiklik U-GÜN örneklerinde olup U-GÜN örnekleri için 2. ay, 4.ay ve 6. ay arasında istatistiksel olarak bir fark saptanmamıştır. Bu sonuç ultrason uygulamasının bulanıklık stabilitesi açısından önemli olduğunu göstermektedir. Bu depolama süresince ayva suyundaki bulanıklık kaynaklarının zamanla çökmesinin bir sonucu olarak yorumlanmıştır. Sıcak-soğuk (stabilite) testi olan aşamalı sıcaklık dalgalanmalarında ürün üzerinde meydana gelen bulanıklık değişimini incelendiğinde tüm örneklerin NTU değerinde bir artış gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Stabilite testinden en çok etkilenen örnek DP ayva suyu örneği olmuştur (82.5 ± 2.79 NTU) ($p < 0.05$). Bulanıklık etkenleri hala içerisinde mevcut olan DP örneği sıcak-soğuk testi sonrasında NTU değerlerinde ciddi artışa neden olmuştur. Sıcak-soğuk testi neticesinde tüm depolama sürelerinde en iyi sonucu GÜN ve U-GÜN ayva suyu örnekleri sergilemiş ve NTU değerleri sırasıyla 1.02 ± 0.11 ve 0.54 ± 0.10 olarak bulunmuştur.

Esmerleşme indeksi meyve suyu örneklerindeki renk değişikliklerini belirlemek için kullanılır. Bu indeksin yüksek olması, meyve suyunun daha fazla esmerleştiğini ve bu da genellikle istenmeyen bir renk değişikliğini işaret eder. Bu durum, özellikle meyve suyu üreticileri için önemlidir, çünkü tüketiciler genellikle taze ve doğal renklere sahip meyve sularını tercih ederler. Meyve suyunda esmerleşme indeksi, genellikle renk değişikliklerini ölçmek için kullanılan bir parametredir. Tablo 4.10'daki verilere göre başlangıçta esmerleşme indeksi en düşük olan örnek GEL ayva suyu örneğidir (0.18 ± 0.02) ve GÜN (0.25 ± 0.03), U-GÜN (0.37 ± 0.01), DP (0.91 ± 0.02) örneği onu takip etmektedir. Esmerleşme indeksi depolama süresi boyunca tüm örneklerde azalmış olup ($p < 0.05$) ve sadece GEL numunesindeki değişim istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. 6. ayın sonunda DP örneği hariç diğer tüm örneklerde hemen hemen aynı esmerleşme indeksi değeri (yaklaşık 0.19) gözlemlenmiştir ve bu değer başlangıçtaki GEL ayva suyu örneğiyle aynıdır. Najman ve ark., (2023), yaptıkları araştırmada, ayvanın oldukça belirgin bir esmerleşme eğilimine sahip bir meyve türü olduğunu göstermiştir. Çalışmada taze meyvenin esmerleşme indeksinin çok yüksek olduğu ve 124.84 ± 15.08 değerine ulaştığı ortaya koyulmuştur. En düşük esmerleşme indeksinin kaynatılmış ayvada (89.78 ± 0.31), en yüksek esmerleşme indeksi ise taze sıkılmış ayva suyunda

gözlemlenmiştir (155.36 ± 2.92). Uygulanan işlemin veya ışığa maruz kalmanın etkisi altında ayva meyvelerinin renk değişimindeki koyu tonlara doğru olan yüksek esmerleşme oranı, Guiné ve Barroca'nın (2014), hava koşullarına maruz kalan ayva meyvesinin esmerleşme reaksiyonu kinetiği üzerine yaptığı araştırmada da doğrulanmıştır. Yazarlar, meyvenin kesildikten hemen sonra 50 olan esmerleşme indeksinin hava koşullarına 2 saat maruz bırakıldıktan sonra yaklaşık 140'a yükseldiğini göstermişlerdir. Bu değişikliklerin büyük kısmı, maruz kalma süresinin ilk 30 dakikasında gerçekleşmiştir. Literatüre göre, gıda ürünlerinin rengi birçok faktörden etkilenir, bunlar arasında: taşıma ve depolama koşulları, renkli maddelerin (özellikle klorofiller ve karotenoidler) parçalanmasının gerçekleştiği koşullar; işleme (özellikle ısı işlem); enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları bulunmaktadır. Enzimatik meyve esmerleşme reaksiyonları, peroksidaz ve oksidoreduktaz gibi enzimlerin yüksek aktivitesinden kaynaklanmaktadır, özellikle de polifenol oksidazın etkisi yüksektir. Bu enzim, ayvada bulunan fenolik bileşenlerin oksidasyonunu katalizler, örneğin; monofenollerin difenollere ve bunların kinonlara oksidasyonunu, ardından da koyu renkli bileşiklere polimerizasyonu gibi. Bu şekilde başlatılan enzimatik esmerleşme süreci doğal koşullar altında, ona duyarlı maddeler tamamen koyulaştığında durur. Nitekim bu çalışmada da, esmerleşme indeksinin zamanla azalması ve 6. ayın sonunda tüm örneklerin benzer bir esmerleşme indeksine sahip olması literatürde var olan bu veri ile açıklanabilir. Ayrıca, kinonlar ayvada bulunan fenolik bileşenlerle enzimatik olmayan reaksiyonlara girebilir ve kahverengi melanoidinlerin oluşumuna yol açabilir, bu da Maillard reaksiyonunun geç aşamalarında heksozların, fruktanların, amin bileşenlerinin veya pirol bileşenlerinin kondensasyonu sonucu oluşur (Najman ve ark., 2023). Tüm bu açıklamalara ilaveten tez çalışmasında ayva suyu üretim sürecinin belli basamaklarında yapılan askorbik asit ilavesinin de esmekleşmeyi engellemede başarılı olduğu söylenebilir.

Tablo 4.10. Depolama süresince ayva sularının NTU, Sıcak Soğuk Test, Esmerleşme indeksi değişimi

	Ay	DP	GEL	GÜN	U-GÜN
NTU	0	12.64±0.14 ^{aA}	3.60±0.06 ^{aB}	2.82±0.02 ^{aC}	2.55±0.32 ^{aC}
	2	5.30±0.35 ^{bA}	1.07±0.16 ^{cC}	2.47±0.06 ^{bB}	1.13±0.03 ^{bC}
	4	1.40±0.22 ^{cAB}	1.60±0.38 ^{bA}	0.98±0.17 ^{cB}	1.17±0.14 ^{bAB}
	6	0.91±0.12 ^{cB}	0.39±0.05 ^{dC}	0.38±0.11 ^{dC}	1.21±0.25 ^{bA}
Sıcak Soğuk Testi	0	82.5±2.79 ^{aA}	11.80±0.75 ^{aB}	7.24±0.22 ^{aC}	7.66±0.08 ^{bC}
	2	47.60±0.44 ^{bA}	12.32±1.76 ^{aB}	1.03±0.54 ^{bD}	9.18±0.03 ^{aC}
	4	3.54±0.49 ^{cA}	0.50±0.08 ^{bB}	0.34±0.05 ^{cB}	0.37±0.10 ^{dB}
	6	2.07±0.02 ^{cA}	0.52±0.03 ^{bC}	1.02±0.11 ^{bB}	0.54±0.10 ^{cC}
Esmerleşme İndeksi	0	0.91±0.02 ^{aA}	0.18±0.02 ^{bD}	0.25±0.03 ^{aC}	0.37±0.01 ^{aB}
	2	0.61±0.07 ^{bA}	0.23±0.02 ^{aBC}	0.19±0.00 ^{bC}	0.28±0.00 ^{bB}
	4	0.23±0.02 ^{cA}	0.18±0.01 ^{bB}	0.18±0.00 ^{bB}	0.17±0.01 ^{cB}
	6	0.23±0.01 ^{cA}	0.19±0.00 ^{bB}	0.18±0.00 ^{bB}	0.19±0.00 ^{dB}

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

Tablo 4.11 depolama süresi boyunca ayva sularının renklerindeki değişim özelliklerini göstermektedir. Tablo 4.11’de verilen değerler incelendiğinde; L^* renk parlaklığını ifade eder; L^* değeri arttıkça renk daha açık, azaldıkça daha koyu bir ton alır. Renk L^* değerinin başlangıçta en iyi değer olarak GÜN örneğinde (77.80 ± 0.04) olduğu ve onu DP (77.54 ± 0.06), GEL (75.8 ± 0.05) ve U-GÜN (60.26 ± 0.11) takip ettiği görülmüştür. GÜN ve DP örneğinin L^* değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken diğer örneklerde $p < 0.05$ anlam düzeyinde istatistiksel fark görülmektedir. L^* değerinin tüm örneklerde depolama süresince azaldığı ve 6. ayın sonunda tüm örneklerde hemen hemen aynı olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). Renk a^* kırmızıdan yeşile olan renk tonunu belirtir; pozitif değerler kırmızı, negatif değerler yeşil tonlarına işaret eder. Renk b^* sarıdan maviye olan renk tonunu gösterir; pozitif değerler sarı, negatif değerler mavi tonlarına işaret eder. Ayva suyu örneği için renk b^* değeri daha önemli bir parametredir. Renk b^* değeri başlangıçta U-GÜN örneğinde en yüksek değere sahiptir (8.51 ± 0.15). Renk b^* değeri depolama süresince pozitif olarak ölçülmüştür ve depolama süresince tüm örneklerde bu pozitif eğilim azalmıştır ($p < 0.05$). Croma değeri, renk doygunluğunu belirten bir ölçüdür; yüksek croma değerleri canlı renkleri, düşük değerler

ise soluk renkleri ifade eder. Renk croma açısından U-GÜN örneği en yüksek değere sahiptir ve depolama süresince tüm örneklerde azalmıştır ($p<0.05$). Hue°, renk tonunu ifade eder ve 0 ile 360 derece arasında ölçülür; kırmızı, yeşil, mavi gibi temel renkleri belirtir. Depolama süresi sonunda tüm örneklerde benzer bir Hue° değeri ölçülmüştür (~83). ΔE değeri iki renk arasındaki renk farkını ölçer; ne kadar yüksekse, iki renk arasındaki fark o kadar belirgindir. Tüm örneklerde başlangıçta renk ΔE değerinin depolama sonrasında düştüğü görülmektedir ($p<0.05$). Bu depolama sürecinde renk değişikliklerinin meydana geldiğini, ancak bu değişikliklerin başlangıçta ölçülen kadar büyük olmadığını gösterir. Değerler ne kadar küçükse, renk değişiklikleri o kadar daha az belirgindir. Bu durum, depolama sırasında meydana gelen renk değişikliklerinin başlangıçta ölçülen değerden daha az olduğunu gösterir. Yani, depolama sonrasında ΔE değerinin düşmesi, başlangıçta gözlemlenen renk değişikliklerinin bir miktar azaldığını göstermektedir. Beyazlık İndeksi, bir renk örneğinin ne kadar beyaz olduğunu ölçen bir metriktir. 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. U-GÜN örneği bu açıdan diğer örneklerle göre daha yüksek bir değer ile en iyi değeri yansıtmıştır (40.66 ± 0.10). Renk beyazlık indeksinin depolama süresi sonrasında tüm örneklerde artmıştır ($p<0.05$). Bu artış depolama süresi sonunda ürünün daha açık ve beyaz bir renk tonu aldığını gösterir. Sonuç olarak, ayva suyunun depolama süresinde içindeki bileşenlerin okside olması veya meyve suyu içindeki doğal bileşenler arasında gerçekleşen etkileşimler ayva suyunda renk değişikliklerine yol açabilir.

Tablo 4.11. Depolama süresi boyunca ayva sularının renk özelliklerindeki değişim

	Ay	DP	GEL	GÜN	U-GÜN
Renk L*	0	77.54±0.06 ^{aA}	75.88±0.05 ^{aB}	77.80±0.04 ^{aA}	60.26±0.11 ^{aC}
	2	39.76±0.52 ^{cC}	40.22±0.03 ^{cB}	42.56±0.57 ^{bA}	40.31±0.02 ^{cB}
	4	39.63±0.20 ^{cA}	39.48±0.12 ^{cA}	38.02±1.32 ^{cB}	39.68±0.05 ^{dA}
	6	42.83±0.10 ^{bAB}	42.67±0.05 ^{bB}	43.02±0.16 ^{bA}	42.98±0.25 ^{bA}
Renk a*	0	-0.99±0.01 ^{dB}	-0.57±0.03 ^{bA}	-0.84±0.19 ^{cB}	-1.33±0.18 ^{cC}
	2	-0.70±0.01 ^{bC}	-0.64±0.03 ^{dB}	-0.36±0.05 ^{aA}	-0.68±0.01 ^{bBC}
	4	-0.84±0.07 ^{cB}	-0.62±0.09 ^{cdA}	-0.61±0.06 ^{bA}	-0.70±0.07 ^{bAB}
	6	-0.42±0.06 ^{aB}	-0.25±0.02 ^{aA}	-0.29±0.05 ^{aA}	-0.33±0.02 ^{aB}
Renk b*	0	8.40±0.07 ^{aA}	6.47±0.15 ^{aC}	7.41±0.40 ^{aB}	8.51±0.15 ^{aA}
	2	5.86±0.05 ^{cA}	5.29±0.04 ^{bB}	4.07±0.08 ^{cC}	5.29±0.05 ^{cB}
	4	7.24±0.13 ^{bA}	6.59±0.42 ^{aB}	6.40±0.13 ^{bB}	6.47±0.12 ^{bB}
	6	5.18±0.04 ^{dA}	4.51±0.08 ^{cB}	4.46±0.05 ^{cB}	4.33±0.10 ^{dB}
Renk Croma	0	8.46±0.07 ^{aA}	6.49±0.15 ^{aC}	7.46±0.42 ^{aB}	8.62±0.18 ^{aA}
	2	5.90±0.05 ^{cA}	5.32±0.03 ^{bB}	4.08±0.08 ^{cC}	5.33±0.05 ^{cB}
	4	7.28±0.18 ^{bA}	6.62±0.42 ^{aB}	6.43±0.12 ^{bB}	6.53±0.11 ^{bB}
	6	5.20±0.04 ^{dA}	4.52±0.08 ^{cB}	4.47±0.05 ^{cB}	4.37±0.10 ^{dB}
Renk Hue	0	-83.25±0.04 ^{aB}	-84.99±0.14 ^{bC}	-83.54±1.22 ^{aBC}	-81.11±1.05 ^{aA}
	2	-83.19±0.13 ^{aA}	-83.28±0.32 ^{aA}	-84.90±0.62 ^{aB}	-82.71±0.01 ^{bA}
	4	-83.51±0.59 ^{aA}	-84.47±0.70 ^{bA}	-84.53±0.60 ^{aA}	-83.7 ±0.40 ^{bcA}
	6	-85.67±0.61 ^{bA}	-86.79±0.27 ^{cB}	-86.25±0.67 ^{bB}	-85.22±0.78 ^{cA}
Renk ΔE	0	78.00±0.06 ^{aA}	76.16±0.53 ^{aB}	78.15±0.23 ^{aA}	60.88±0.11 ^{aC}
	2	40.20±0.06 ^{cC}	40.57±0.03 ^{cB}	42.75±0.11 ^{bA}	40.66±0.04 ^{cB}
	4	40.29±0.03 ^{cA}	40.03±0.54 ^{cA}	38.92±1.29 ^{cB}	40.21±0.18 ^{dA}
	6	43.14±0.11 ^{bAB}	42.90±0.01 ^{bB}	43.25±0.05 ^{bA}	43.20±0.25 ^{bA}
Renk Beyazlık İndeksi	0	24.00±0.04 ^{dC}	24.98±0.46 ^{dB}	23.43±0.10 ^{cD}	40.66±0.10 ^{dA}
	2	60.53±0.05 ^{bA}	60.01±0.02 ^{bB}	57.59±0.12 ^{bC}	59.92±0.05 ^{bB}
	4	60.81±0.05 ^{aB}	60.89±0.58 ^{aB}	61.95±1.33 ^{aA}	60.67±0.10 ^{aB}
	6	57.41±0.10 ^{cAB}	57.51±0.02 ^{cA}	57.16±0.05 ^{bBC}	57.05±0.24 ^{cC}

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

5. SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında güncel durultma ajanlarının (kazein, kitosan ve ksantan gam), geleneksel durultma ajanlarının (jelatin, kizelsol, bentonit) ve güncel durultma ajanları ile ultrason kombinasyonunun ayva suyunun durultulmasındaki etkisi araştırılmıştır. En berrak ayva suyu eldesini sağlayan optimum sıcaklık, süre ve durultma ajanı kombinasyonu ile ultrason frekansının belirlenmesinin yanı sıra, altı aylık depolama süresi boyunca ayva suyunun kalite özelliklerindeki değişimler de incelenmiştir. Bu sonuçlara göre; 1 ton ayva suyunun güncel durultma ajanı kombinasyonu kullanılarak durultulmasında en iyi berraklık değeri (2.68 NTU) 40°C sıcaklık, 210 dk süre, 500 g/ton kazein, 10 g/ton ksantan gam ve 75 g/ton kitosan kombinasyonu ile elde edilmiştir. Güncel durultma ajanları kombinasyon için 1 ton ayva suyunun durultulmasında yaklaşık maliyet 500 g/ton kazein için 1.875 TL, 10 g/ton ksantan gam için 387 TL, 75 g/ton kitosan için 2.421 TL olmak üzere toplam 4.683 TL olarak hesaplanmıştır.

Bir ton ayva suyunun geleneksel durultma ajanı kombinasyonu kullanılarak durultulmasında ise en iyi berraklık değeri (2.38 NTU) 40°C sıcaklık, 120 dk süre, 50 g/ton jelatin, 750 g/ton kizelsol ve 750 g/ton bentonit kombinasyonu ile elde edilmiştir. Bu kombinasyon için 1 ton ayva suyunun durultulmasında yaklaşık maliyet 50 g/ton jelatin için 1.273 TL, 750 g/ton kizelsol için 195 TL ve 750 g/ton bentonit için 3.384 TL olmak üzere toplam 4.852 TL olarak hesaplanmıştır. Güncel durultma ajanı kombinasyonu ile 1 ton ayva suyu üretiminde 169 TL daha düşük maliyet ortaya çıkmaktadır. Yapılan uygulamaların bulanıklık üzerine etkisi irdelendiğinde bulanık ayva suyunu NTU değeri 645 ± 10.39 iken, güncel durultma ajanı kombinasyonu ile NTU değerinin 2.82 ± 0.02 'ye gerilediği, güncel ve ultrason kombinasyonu sonucunda NTU değerinin 2.55 ± 0.32 'e kadar düştüğü, geleneksel durultma ajanlarına ait kombinasyonda ise en düşük NTU değerinin 3.60 ± 0.06 olarak belirlendiği görülmektedir. Güncel durultma ajanı kombinasyonunun hem maliyet hem de berraklık bakımından üstün olduğu görülmektedir.

Aşamalı sıcaklık dalgalanmalarını içeren sıcak-soğuk (stabilite) testi sonuçları incelendiğinde, genel olarak tüm örneklerin NTU değerlerinde bir artış olduğu görülmüştür ve stabilite testinden en çok etkilenen örnek depektinize ayva suyu örneği olmuştur. Depektinize ayva suyu örneğinde bulanıklık etkenlerinin hala varlığını

sürdürmesi nedeniyle sıcak-soğuk testi sonuçlarında NTU değerlerinde ciddi bir artış gözlemlenmiştir. Tüm depolama süresi boyunca sıcak-soğuk testindeki en iyi sonuçlar geleneksel durultma ajanı kullanılarak üretilen ayva suları ve güncel durultma ajanına ilave olarak ultrason uygulaması yapılarak üretilen ayva suyu örneklerinde gözlemlenmiştir.

Başlangıçta, depektinize ayva suyu en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahipken, güncel durultma ajanları kullanılarak üretilen, geleneksel durultma ajanları kullanılarak üretilen ve güncel durultma ajanlarına ilave olarak ultrason uygulanarak üretilen ayva suları sırasıyla azalan fenolik madde içeriğine sahiptir. Güncel durultma ajanlarına ek olarak uygulanan ultrason ile üretilen ayva suyunda, ultrasonun toplam fenolik madde içeriğini başlangıçta azalttığı gözlemlenmiştir.

Depolama süresince ayva sularının toplam fenolik madde içeriği açısından yapılan incelemelerde, tüm ayva sularında toplam fenolik madde içeriğinde belirgin kayıplar yaşandığı ve 6 ayın sonunda en düşük toplam fenolik madde içeriğinin güncel durultma ajanları kullanılarak üretilen ayva suyunda olduğu belirlenmiştir (174.35 ± 2.97 mg/L). Ayva suyundaki fenolik bileşiklerin depolama süresince azalması, benzer şekilde literatürde de gözlemlenen bir durumdur.

Antioksidan kapasite değerlendirmeleri ise, DPPH, ABTS⁺ ve FRAP testleri aracılığıyla yapılmıştır. Başlangıçta, göre en yüksek antioksidan kapasiteye; DPPH analizine göre geleneksel durultma ajanları kullanılarak üretilen ayva suyu örnekleri, ABTS⁺ analizine göre depektinize ayva suyu örnekleri ve FRAP analizine göre güncel durultma ajanlarına ilave olarak ultrason uygulanarak üretilen ayva suyu örnekleri sahiptir. DPPH analizine göre, 6. ayın sonunda tüm ayva suyu örneklerinde artış gözlemlenmiştir. Bu durum, depolama süresince ayva suyundaki antioksidan kapasitenin arttığını göstermektedir; ancak, ABTS⁺ ve FRAP testleriyle elde edilen sonuçlar, antioksidan kapasitede bir düşüş olduğunu işaret etmektedir. Bu çelişkili bulgular, ayva suyu bileşimindeki karmaşıklığın ve antioksidan aktivitenin farklı koşullar altında nasıl değişebileceğini göstermektedir. Çalışmalar, antioksidan kapasitenin fenolik madde içeriği ile benzer bir eğilim gösterse de, her biyoaktif bileşiğin antioksidan kapasite testlerine katkısının farklı olduğunu unutulmamalıdır. Testler arasındaki bu farklılıkların, her bir testin belirli biyoaktif bileşiklere karşı hassasiyetini ve ilişkisini gösteren önemli parametreler olduğu

belirtilmiştir. Bu nedenle, antioksidan kapasitedeki değişimi daha net bir şekilde anlamak için toplam antioksidan kapasite belirleme testlerinin yanı sıra, her bir hedef biyomolekülün belirlenmesinde kullanılan tekniklerin kullanılması daha etkin olabilecektir. Elde edilen veriler, belirli fenolik bileşenlerin antioksidan kapasite üzerindeki etkilerini anlamamıza ve bu bileşenlerin depolama süresince nasıl değişebileceğine dair değerli bilgiler sunmaktadır.

Renk özellikleri açısından değerlendirildiğinde; renk b^* , renk croma, renk ΔE ve renk beyazlık indeksi parametrelerinde en iyi sonuç güncel durultma ajanına ilave olarak ultrason uygulaması yapılarak üretilen ayva suyu örneklerinde gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar güncel durultma ajanına ilave olarak ultrason uygulaması koşullarının ayva suyunun durultulmasında en uygun koşullar olduğunu göstermektedir.

Meyve suyu endüstrisinde kullanılan çeşitli durultma ajanları arasında yapılan seçim, ürün kalitesi, maliyet, uygulanabilirlik ve tüketicilerin talepleri gibi bir dizi faktörü içermektedir. Meyve suyu durultulmasında kullanılan ajanların avantajları kadar çeşitli dezavantajları da mevcuttur. Geleneksel durultma ajanlarından jelatin, kollajenin hidroliziyle elde edilen bir hayvansal protein türevidir. Dezavantajları arasında dini veya kültürel sınırlamalara tabi olması, bazı tüketiciler için uygun olmaması ve çözünürlük sorunları yer almaktadır. Ayrıca, jelatin kullanımı nedeniyle ürünler genellikle sınırlı bir pazar payına hitap edebilmektedir. Kizelsol, silika nanopartiküllerinden oluşan bir çözeltidir ve meyve suyu endüstrisinde bulanıklığı azaltmak amacıyla kullanılır, ancak, yüksek maliyeti ve doğal olmayan bir madde olarak algılanabilmesi nedeniyle bazı üreticiler için tercih edilmeyebilir. Bentonit, kil minerallerinden elde edilen bir doğal malzemedir ve meyve suyu endüstrisinde durultma amacıyla kullanılabilir. Bazı durumlarda da ürüne hafif bir tortu bırakabilir, bu da estetik açıdan dezavantajlı bir durumdur.

Bu çalışmada kullandığımız güncel durultma ajanlarından kazein, kitosan ve ksantan gam gibi doğal maddeler, özellikle doğal ve organik ürün taleplerinin yüksek olduğu pazarlarda tercih edilmektedir. Her ne kadar her biri özel avantajlara sahip olsa da bazı önemli dezavantajları da bulunmaktadır. Kazein, sütten elde edilen bir protein türevidir ancak, alerjen olma potansiyeli nedeniyle bazı tüketiciler için sorun teşkil edebilir ve sulu ortamlarda çözünürlüğü zayıf olduğundan, homojen bir karışım elde etmek zor olabilir.

Kitosan, durultmanın yanı sıra, antimikrobiyal özellikleri nedeniyle meyve suyu endüstrisinde tercih edilebilir; ancak yüksek maliyeti bir dezavantajdır. Ksantan gam, doğal bir kalınlaştırıcı olarak bilinir ve meyve suyu endüstrisinde kullanıldığında durultma etkisi sağlayabilir. Bununla beraber viskozite ve tekstürde değişikliklere neden olabilir, bu da ürünün genel kabulünü zorlaştırabilir. Sonuç olarak, meyve suyu üreticileri durultma ajanı seçerken, ürün özellikleri, tüketici beklentileri, işleme maliyetleri ve pazar talepleri gibi bir çok faktörü dikkate almalıdır. Optimal sonuca ulaşmak için her durultma ajanının avantajları ve dezavantajları birlikte değerlendirilmelidir. Kitosan ve kazein gibi bazı güncel durultma ajanları, geleneksel durultma ajanlarına göre daha maliyetlidir. Düşük maliyetli alternatif berraklaştırma ajanlarının araştırılması, daha ekonomik seçenekleri keşfetmek açısından önemlidir. Farklı doğal veya sentetik maddelerin performansını değerlendirmek, maliyeti düşürebilir ve aynı zamanda işlem etkinliğini artırabilir.

Bu tez çalışmasında kullanılan ultrasonik teknolojinin meyve suyu durultma süreçlerindeki avantajları çok yönlüdür. Hız ve verimlilik açısından, ses dalgalarının etkili kullanımı partiküllerin hızlı ve homojen bir şekilde dağılmasına imkan tanır, bu da durultma işleminin hızını artırırken verimliliği optimize edebilir. Ayrıca, ultrasonik enerjinin berraklık ve renk kalitesi üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Sıvı içindeki mikroorganizmaların, hücrelerin ve diğer partiküllerin parçalanması, meyve suyunun berraklığını artırırken istenmeyen bulanıklıkları azaltır ve ürünün doğal renk tonlarını korur. Ultrason teknolojisi endüstriye kolay uygulanabilir ve mevcut üretim hatlarına sorunsuz entegre olabilir.

Bu tez çalışmasında elde edilen veriler ayva suyunun berraklaştırılması çerçevesinde laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiş olup bu çalışma ile elde edilen verilerin ayva suyunun endüstriyel boyutta üretilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Geleneksel durultma ajanlarına alternatif olarak kullanılabilecek bu koşulların diğer meyve sularında da denenmesinin ve kalite özelliklerindeki değişimlerinin incelenmesinde literatüre katkısı olacaktır. Ayrıca farklı durultma yardımcı maddeleri (albümin, agar agar, keçiyoynuzu gamı, guar gam, sodyum aljinat, β -siklodekstrin, karboksimetil selüloz (CMC), tanen vb. gibi) ve kombinasyonları kullanılarak başta ayva suyu olmak üzere diğer meyve sularının durultulması ve kalite özelliklerinin iyileştirilmesi için araştırmalar yapılabileceği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aadil, R. M., Zeng, X.-A., Sun, D.-W., Wang, M.-S., Liu, Z.-W. ve Zhang, Z.-H., 2015. Combined effects of sonication and pulsed electric field on selected quality parameters of grapefruit juice. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1, Part 2), 890-893.
- Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M. M., Wu, T., Lei, S., Khan, M. A. ve Zeng, X., 2014. Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. *Ultrasonics sonochemistry*, 21(3), 984-990.
- Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S., Zhang, X. ve Zeng, X., 2013. Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice. *Ultrasonics sonochemistry*, 20(5), 1182-1187.
- Al-Zughbi, I. ve Krayem, M., 2022. Quince fruit *Cydonia oblonga* Mill nutritional composition, antioxidative properties, health benefits and consumers preferences towards some industrial quince products: A review. *Food Chemistry*, 393, 133362.
- Anonim, 1991. Minolta CR-300 Chromameter Operator'S Instruction Manual. Minolta-Crop., Ramsey, NJ.
- Anonim, AOAC., 1995. Official Methods Of Analysis Of AOAC International, 16th Ed.
- Anonim, 2017. [http://www.megep.meb.gov.tr_gida_teknolojisi-Meyve-Sebze Suyu Üretimi](http://www.megep.meb.gov.tr_gida_teknolojisi-Meyve-Sebze_Suyu_Uretimi) (Erişim Tarihi: 06.08.2021).
- Ashraf, M. U., Muhammad, G., Hussain, M. A. ve Bukhari, S. N., 2016. *Cydonia oblonga* M., a medicinal plant rich in phytonutrients for pharmaceuticals. *Frontiers in Pharmacology*, 7, 163.
- 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.
- Bassi, R., Prasher, S. O. ve Simpson, B. K., 2000. Removal of selected metal ions from aqueous solutions using chitosan flakes. *Separation Science and Technology*, 35(4), 547-560.
- Belgheisi, S. ve EsmaeilZadeh Kenari, 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.
- Bhat, I. M., Wani, S. M., Mir, S. A. ve Masoodi, F., 2022. Advances in xanthan gum production, modifications and its applications. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 102328.
- Bilal, M., Asgher, M., Iqbal, H. M., Hu, H. ve Zhang, X., 2017. Delignification and fruit juice clarification properties of alginate-chitosan-immobilized ligninolytic cocktail. *LWT*, 80, 348-354.
- Bindes, M. M. M., Reis, M. H. M., Cardoso, V. L. ve Boffito, D. C., 2019. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from green tea leaves and clarification with natural coagulants (chitosan and *Moringa oleífera* seeds). *Ultrasonics sonochemistry*, 51, 111-119.
- Born, K., Langendorff, V. ve Boulenger, P. (2005). Xanthan. *Biopolymers Online*. In: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. ve Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.

- Caminiti, I. M., Noci, F., Muñoz, A., Whyte, P., Morgan, D. J., Cronin, D. A. ve Lyng, J. G., 2011. Impact of selected combinations of non-thermal processing technologies on the quality of an apple and cranberry juice blend. *Food Chemistry*, 124(4), 1387-1392.
- Cassano, A., Conidi, C. ve Drioli, E., 2011. Clarification and concentration of pomegranate juice (*Punica granatum* L.) using membrane processes. *Journal of Food Engineering*, 107(3), 366-373.
- Castillo-Sánchez, J. X., García-Falcón, M. S., Garrido, J., Martínez-Carballo, E., Martins-Dias, L. R. ve Mejuto, X. C., 2008. Phenolic compounds and colour stability of Vinhão wines: Influence of wine-making protocol and fining agents. *Food Chemistry*, 106(1), 18-26.
- Cazón, P. ve Vázquez, M., 2020. Mechanical and barrier properties of chitosan combined with other components as food packaging film. *Environmental Chemistry Letters*, 18(2), 257-267.
- Cemeroğlu, B. S., 2010. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.
- Cemeroğlu, B. S., 2013. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Bizim Grup.
- Cendres, A., Chemat, F., Page, D., Le Bourvellec, C., Markowski, J., Zbrzezniak, M., Renard, C. M. G. C. ve Plocharski, W., 2012. Comparison between microwave hydrodiffusion and pressing for plum juice extraction. *LWT - Food Science and Technology*, 49(2), 229-237.
- Cerreti, M., Liburdi, K., Benucci, I., Emiliani Spinelli, S., Lombardelli, C. ve Esti, M., 2017. Optimization of pectinase and protease clarification treatment of pomegranate juice. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 58-65.
- Chatterjee, S., Chatterjee, S., Chatterjee, B. P. ve Guha, A. K., 2004. Clarification of fruit juice with chitosan. *Process Biochemistry*, 39(12), 2229-2232.
- Chen, Y., Liu, Y., Dong, Q., Xu, C., Deng, S., Kang, Y., Fan, M. ve Li, L., 2023. Application of functionalized chitosan in food: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 235, 123716.
- Chen, H., Chen, Y., Ye, X., Liu, D., Chen, J., 2019. Turbidity, antioxidant compounds, color, and dynamics of clarification of bayberry juice using various polysaccharide- based clarifying agents. *Food Process and Preservation*, 43, 13980.
- Cho, H. M. ve Yoo, B., 2015. Rheological characteristics of cold thickened beverages containing xanthan gum-based food thickeners used for dysphagia diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(1), 106-111.
- Çınar, İ., 2003. Klasik Ve Sıcak Durultma Tekniklerinin Vişne Suyu Üretiminde Kıyaslanması. *Sakarya University Journal of Science*, 7(3), 124-131.
- da Silva, L. C. C., Targino, B. N., Furtado, M. M., de Oliveira Pinto, M. A., Rodarte, M. P. ve Hungaro, H. M., 2017. Xanthan: biotechnological production and applications. In *Microbial production of food ingredients and additives* (pp. 385-422). Elsevier.
- Dal Magro, L., de Moura, K. S., Backes, B. E., de Menezes, E. W., Benvenuti, E. V., Nicolodi, S., Klein, M. P., Fernandez-Lafuente, R. ve Rodrigues, R. C., 2019. Immobilization of pectinase on chitosan-magnetic particles: Influence of particle preparation protocol on enzyme properties for fruit juice clarification. *Biotechnology Reports*, 24, e00373.

- Dash, M., Chiellini, F., Ottenbrite, R. M. ve Chiellini, E., 2011. Chitosan—A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. *Progress in polymer science*, 36(8), 981-1014.
- Diblan, S. ve Özkan, M., 2021. Effects of various clarification treatments on anthocyanins, color, phenolics and antioxidant activity of red grape juice. *Food Chemistry*, 352, 129321.
- Dinçer, C., ve Topuz, A., 2018. Meyve Suyu İşlemede Ultrases Kullanımı. *Gıda*, 43 (4) 569-581 .
- Domingues, R. C. C., Junior, S. B. F., Silva, R. B., Cardoso, V. L. ve Reis, M. H. M., 2012. Clarification of passion fruit juice with chitosan: Effects of coagulation process variables and comparison with centrifugation and enzymatic treatments. *Process Biochemistry*, 47(3), 467-471.
- Erkan-Koç, B., Türkyılmaz, M., Yemiş, O. ve 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.
- Erkan-Koç, B., 2013. Nar sularının çeşitli durultma yardımcı maddeleri ile durultulması ve konsantrelerin depolanması sürecinde bileşimindeki değişimler Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Fang, Z., Zhang, M., Du, W. ve 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.
- Fattouch, S., Caboni, P., Coroneo, V., Tuberoso, C. I. G., Angioni, A., Dessi, S., Marzouki, N. ve Cabras, P., 2007. Antimicrobial Activity of Tunisian Quince (*Cydonia oblonga* Miller) Pulp and Peel Polyphenolic Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(3), 963-969.
- Fazeenah, A. A. ve Quamri, M. A., 2016. Behidana (*Cydonia oblonga* Miller)—a review. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 5(11), 79-94.
- Ferreira, R. B., Piçarra-Pereira, M. A., Monteiro, S., Loureiro, V. I. B. ve Teixeira, A. R., 2001. The wine proteins. *Trends in Food Science and Technology*, 12(7), 230-239.
- Freitas, F., Alves, V. D. ve Reis, M. A., 2011. Advances in bacterial exopolysaccharides: from production to biotechnological applications. *Trends in biotechnology*, 29(8), 388-398.
- Galante, Y. M., Conti, A. ve Monteverdi, R. (1998). Application of Trichoderma enzymes in the food and feed industries.
- Gao, Y. ve Wu, Y., 2022. Recent advances of chitosan-based nanoparticles for biomedical and biotechnological applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 203, 379-388.
- Gaspar, L. M., Machado, A., Coutinho, R., Sousa, S., Santos, R., Xavier, A., Figueiredo, M., Teixeira, M. d. F., Centeno, F. ve Simões, J., 2019. Development of Potential Yeast Protein Extracts for Red Wine Clarification and Stabilization. *Frontiers in Microbiology*, 10.
- Guiné, R. P. ve Barroca, M. J., 2014. Quantification of browning kinetics and colour change for quince (*Cydonia oblonga* Mill.) exposed to atmospheric conditions. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16(4), 285-298.
- Gülcü, M., 2008. Durultma Durultma Yardımcı Maddelerinin Üzüm Suyu Kalitesi Üzerine Etkileri(Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

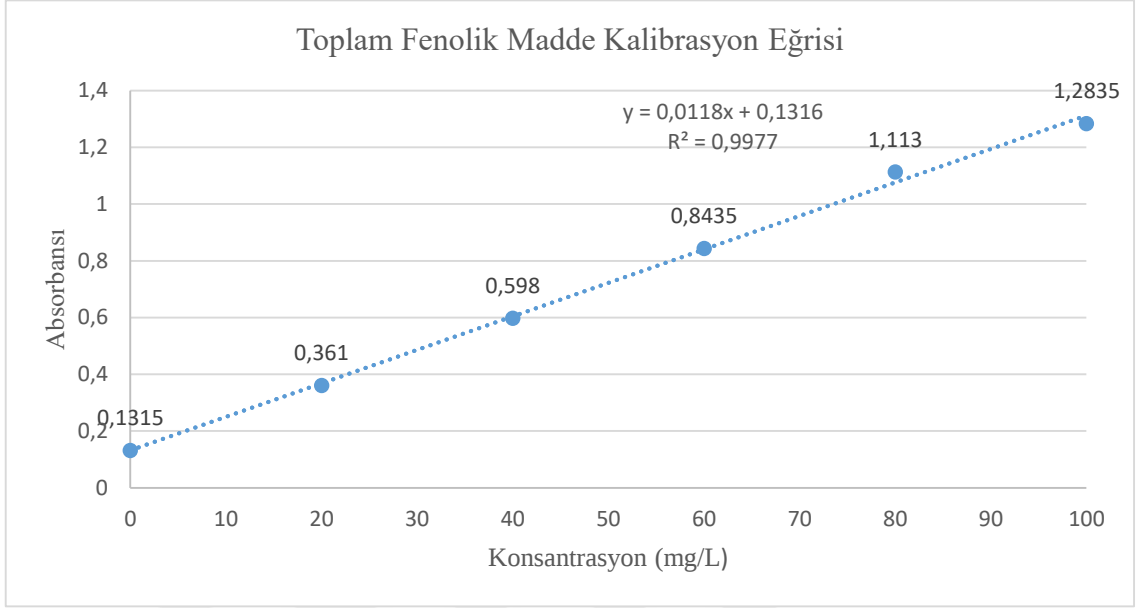
- Hafizoğlu, C., 2014. Farklı Durultma Yardımcılarının Meyve Suyunun Mineral Profili Üzerine Etkisi Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Hamaizu, Y., Inno, T., Kume, C., Irie, M. ve Hiramatsu, K., 2006. Antioxidant and Antiulcerative Properties of Phenolics from Chinese Quince, Quince, and Apple Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(3), 765-772.
- Hanan, E., Sharma, V. ve Ahmad, F., 2020. Nutritional composition, phytochemistry and medicinal use of quince (*Cydonia oblonga* Miller) with emphasis on its processed and fortified food products. *Journal of Food Processing Technology*, 11(6), 1-13.
- Hummer, K. E., Pomper, K. W., Postman, J., Graham, C. J., Stover, E., Mercure, E. W., Aradhya, M., Crisosto, C. H., Ferguson, L., Thompson, M. M., Byers, P. ve Zee, F., 2012. Emerging Fruit Crops. In M. L. Badenes ve D. H. Byrne (Eds.), *Fruit Breeding* (pp. 97-147). Springer US.
- Huq, T., Khan, A., Brown, D., Dhayagude, N., He, Z. ve Ni, Y., 2022. Sources, production and commercial applications of fungal chitosan: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*.
- Ji, M., Li, J., Wang, Y., Li, F., Man, J., Li, J., Zhang, C., Peng, S. ve Wang, S., 2022. Advances in chitosan-based wound dressings: Modifications, fabrications, applications and prospects. *Carbohydrate Polymers*, 120058.
- Kuhlman, B., Hansen, J., Jørgensen, B., du Toit, W. ve Moore, J. P., 2022. The effect of enzyme treatment on polyphenol and cell wall polysaccharide extraction from the grape berry and subsequent sensory attributes in Cabernet Sauvignon wines. *Food Chemistry*, 385, 132645.
- Kumar, A., Rao, K. M. ve Han, S. S., 2018. Application of xanthan gum as polysaccharide in tissue engineering: A review. *Carbohydrate Polymers*, 180, 128-144.
- Lachowicz, S., Oszmiański, J. ve 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.
- Lan, T., Wang, J., Bao, S., Zhao, Q., Sun, X., Fang, Y., Ma, T. ve Liu, S., 2023. Effects and impacts of technical processing units on the nutrients and functional components of fruit and vegetable juice. *Food Research International*, 168, 112784.
- Mariod, A. A. ve Fadul, H., 2013. Review: gelatin, source, extraction and industrial applications. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(2), 135-147.
- Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D. A., Bartual, J., Saura, D. ve Martí, N., 2011. Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *Journal of the Sci of Food and Agriculture*, 91(10), 1893-1906.
- Najman, K., Adrian, S., Sadowska, A., Świąder, K., Hallmann, E., Buczak, K., Waszkiewicz-Robak, B. ve Szterk, A., 2023. Changes in Physicochemical and Bioactive Properties of Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) and Its Products. *Molecules*, 28(7).
- Neifar, M., Ellouze-Ghorbel, R., Kamoun, A., Baklouti, S., Mokni, A., Jaouani, A. ve Ellouze-Chaabouni, S., 2011. Effective Clarification of Pomegranate Juice Using Laccase Treatment Optimized By Response Surface Methodology Followed By Ultrafiltration. *Journal of Food Process Engineering*, 34(4), 1199-1219.

- Neme, K., Nafady, A., Uddin, S. ve Tola, Y. B., 2021. Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: Food security implication and challenges. *Heliyon*, 7(12), e08539.
- Onsekizoglu Bagci, P., 2015. Potential of Membrane Distillation for Production of High Quality Fruit Juice Concentrate. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(8), 1098-1113.
- Onsekizoglu, P., Bahceci, K. S. ve Acar, M. J., 2010. Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: A comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*, 352(1), 160-165.
- Orhan, B., 2014. Nar ve Çilek Sularının Sıcak Durultma Yöntemiyle Durultulması (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Oszmianański, J., Wojdyło, A. ve Kolniak, J., 2011. Effect of pectinase treatment on extraction of antioxidant phenols from pomace, for the production of puree-enriched cloudy apple juices. *Food Chemistry*, 127(2), 623-631.
- Padma, P. N., Sravani, P., Mishra, P., Sneha, N. ve Anuradha, K., 2017. Synergistic effect of multiple enzymes on apple juice clarification. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(10), 1-5.
- Petri, D. F., 2015. Xanthan gum: A versatile biopolymer for biomedical and technological applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(23)
- Piljac-Zegarac, J., Valek, L., Martinez, S. ve Belščak, A., 2009. Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage. *Food Chemistry*, 113(2), 394-400.
- Pillai, C. K., Paul, W. ve Sharma, C. P., 2009. Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in polymer science*, 34(7), 641-678.
- Pinelo, M., Manzocco, L., Nuñez, M. J. ve Nicoli, M. C., 2004. Interaction among phenols in food fortification: negative synergism on antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(5), 1177-1180.
- Pirsa, M., Mazhari, M.M., 2017. Effects of L-Ascorbic Acid, Bentonite and Gelatin on Clarification of Apple Concentrate and Optimization with Desirability Function. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 13(7), 262-271.
- Raschip, I. E., Fifere, N., Varganici, C.-D. ve Dinu, M. V., 2020. Development of antioxidant and antimicrobial xanthan-based cryogels with tuned porous morphology and controlled swelling features. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 608-620.
- Rasheed, M., Hussain, I., Rafiq, S., Hayat, I., Qayyum, A., Ishaq, S. ve Awan, M., 2018a. Chemical composition and antioxidant activity of quince fruit pulp collected from different locations. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2320-2327.
- Rasheed, M., Hussain, I., Rafiq, S., Hayat, I., Qayyum, A., Ishaq, S. ve Awan, M. S., 2018b. Chemical composition and antioxidant activity of quince fruit pulp collected from different locations. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2320-2327.
- Rather, G. A., Bhat, M. Y., Sana, S. S., Ali, A., Gul, M. Z., Nanda, A. ve Hassan, M., 2020. Quince. In G. A. Nayik ve A. Gull (Eds.), *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits* (pp. 397-416). Springer Singapore.
- Rather, J. A., Yousuf, S., Ashraf, Q. S., Mir, S. A., Makroo, H. A., Majid, D., Barba, F. J. ve Dar, B., 2023. Nutritional and bioactive composition, nutraceutical potential,

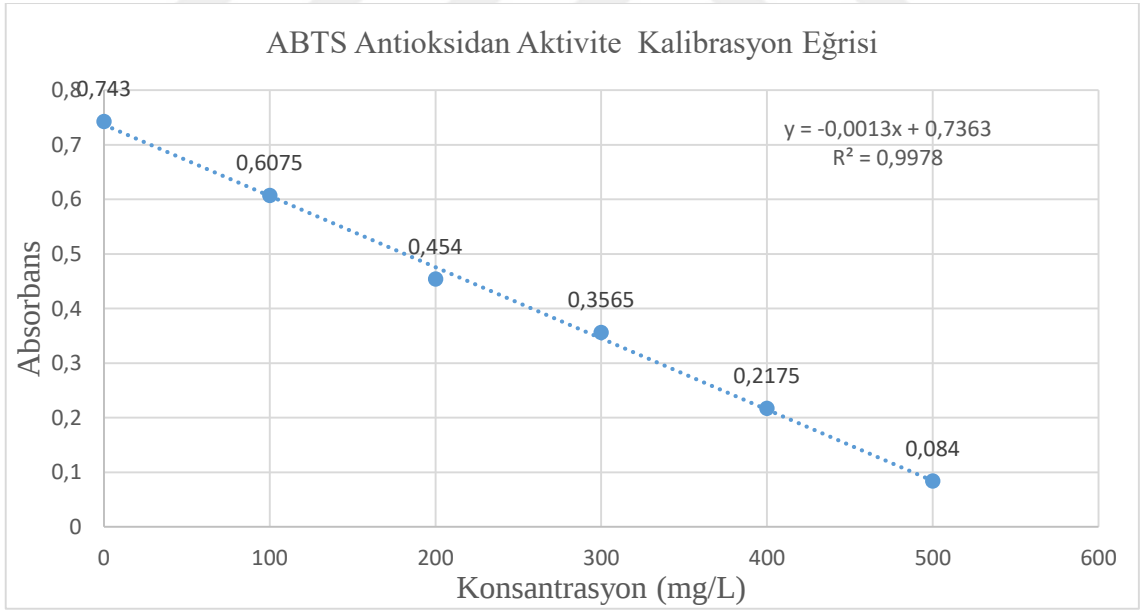
- food and packaging applications of *Cydonia oblonga* and its byproducts: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 105000.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Rop, O., Balík, J., Řezníček, V., Juríková, T., Škardová, P., Salaš, P., Sochor, J., Mlček, J. ve Kramářová, D., 2018. Chemical characteristics of fruits of some selected quince (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivars. *Czech Journal of Food Sciences*, 29, 65-73.
- Rungsardthong, V., Wongvuttanakul, N., Kongpien, N. ve Chotiwaranon, P., 2006. Application of fungal chitosan for clarification of apple juice. *Process Biochemistry*, 41(3), 589-593.
- Sabir, S., Qureshi, R., Arshad, M., Amjad, M. S., Fatima, S., Masood, M. ve Chaudhari, S. K., 2015a. Pharmacognostic and clinical aspects of *Cydonia oblonga*: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(11), 850-855.
- Sabir, S., Qureshi, R., Arshad, M., Amjad, M. S., Fatima, S., Masood, M., Saboon ve Chaudhari, S. K., 2015b. Pharmacognostic and clinical aspects of *Cydonia oblonga*: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(11), 850-855.
- Sahraee, S., Milani, J. M., Regenstein, J. M. ve Kafil, H. S., 2019. Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: A review. *Food Bioscience*, 32, 100451.
- Sandri, I. G., Fontana, R. C., Barfknecht, D. M. ve da Silveira, M. M., 2011. Clarification of fruit juices by fungal pectinases. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2217-2222.
- Sethi, S. ve Kaith, B. S., 2022. A review on chitosan-gelatin nanocomposites: Synthesis, characterization and biomedical applications. *Reactive and Functional Polymers*, 105362.
- Sharma, H. P., Patel, H. ve Sugandha, 2017. Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices-A review. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*, 57(6), 1215-1227.
- Shen, W., Yan, M., Wu, S., Ge, X., Liu, S., Du, Y., Zheng, Y., Wu, L., Zhang, Y. ve Mao, Y., 2022. Chitosan nanoparticles embedded with curcumin and its application in pork antioxidant edible coating. *International Journal of Biological Macromolecules*, 204, 410-418.
- Sherley, K. I. ve Priyadharshini, R., 2015. Review on production of Xanthan gum in batch and continuous reactors. *International Journal of ChemTech Research*, 8(2), 711-717.
- Silva, B. M., Andrade, P. B., Martins, R. C., Valentão, P., Ferreres, F., Seabra, R. M. ve Ferreira, M. A., 2005. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) Fruit Characterization Using Principal Component Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(1), 111-122.
- Sojitra, U. V., Nadar, S. S. ve Rathod, V. K., 2016. A magnetic tri-enzyme nanobiocatalyst for fruit juice clarification. *Food Chemistry*, 213, 296-305.
- Stankovic, S., Jovic, S., Zivkovic, J. ve Pavlovic, R., 2012. Influence Of Age On Red Wine Colour During Fining With Bentonite And Gelatin. *International Journal of Food Properties*, 15(2), 326-335.
- Sun, Y., Zhong, L., Cao, L., Lin, W. ve Ye, X., 2015. Sonication inhibited browning but decreased polyphenols contents and antioxidant activity of fresh apple (*malus*

- pumila mill, cv. Red Fuji) juice. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8336-8342.
- Sworn, G., 2011. Xanthan gum-functionality and application. *Practical food rheology: An interpretive approach*, 85-112.
- 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.
- Tastan, Ö. ve Baysal, T., 2015. Clarification of pomegranate juice with chitosan: Changes on quality characteristics during storage. *Food Chemistry*, 180, 211-218.
- Taştan, Ö. ve 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., O'Donnell, C., Patras, A. ve Cullen, P., 2008. Anthocyanin and ascorbic acid degradation in sonicated strawberry juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 10071-10077.
- Tiwari, B. K., Patras, A., Brunton, N., Cullen, P. J. ve O'Donnell, C. P., 2010. Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. *Ultrasonics sonochemistry*, 17(3), 598-604.
- Türkyılmaz, M., Hamzaoglu, F. ve Özkan, M., 2020. Combined use of hydrocolloids in pomegranate juice and their effects on clarification and copigmentation. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(4), 1426-1436.
- Türkyılmaz, M., Hamzaoglu, F. ve Özkan, M., 2021. Effects of pasteurization and storage on turbidity and copigmentation in pomegranate juices clarified with various hydrocolloid combinations. *Food Chemistry*, 358, 129803.
- Türkyılmaz, M., Yemiş, O. ve Özkan, M., 2012. Clarification and pasteurisation effects on monomeric anthocyanins and percent polymeric colour of black carrot (*Daucus carota* L.) juice. *Food Chemistry*, 134(2), 1052-1058.
- Wang, A. ve Wang, W., 2013. Gum-g-Copolymers: Synthesis, Properties, and Applications. In S. Kalia ve M. W. Sabaa (Eds.), *Polysaccharide Based Graft Copolymers* (pp. 149-203). Springer Berlin Heidelberg.
- Wang, Z., Wu, J., Zhu, L. ve Zhan, X., 2016. Activation of glycerol metabolism in *Xanthomonas campestris* by adaptive evolution to produce a high-transparency and low-viscosity xanthan gum from glycerol. *Bioresource Technology*, 211, 390-397.
- Wojdyło, A., Teleszko, M. ve Oszmiański, J., 2014a. Antioxidant property and storage stability of quince juice phenolic compounds. *Food Chemistry*, 152, 261-270.
- Wojdyło, A., Teleszko, M. ve Oszmiański, J., 2014b. Physicochemical characterisation of quince fruits for industrial use: yield, turbidity, viscosity and colour properties of juices. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(8), 1818-1824.
- Wusigale, Liang, L. ve Luo, Y., 2020. Casein and pectin: Structures, interactions, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 391-403.
- Yemiş, O. ve Arslantürk, H. G., 2016. Berrak nar suyu ve konsantrelerinde bulanıklık oluşumu. *Akademik Gıda*, 14(3), 275-283.
- Zhang, X., Ismail, B. B., Cheng, H., Jin, T. Z., Qian, M., Arabi, S. A., Liu, D. ve Guo, M., 2021. Emerging chitosan-essential oil films and coatings for food preservation-A review of advances and applications. *Carbohydrate Polymers*, 273, 118616.

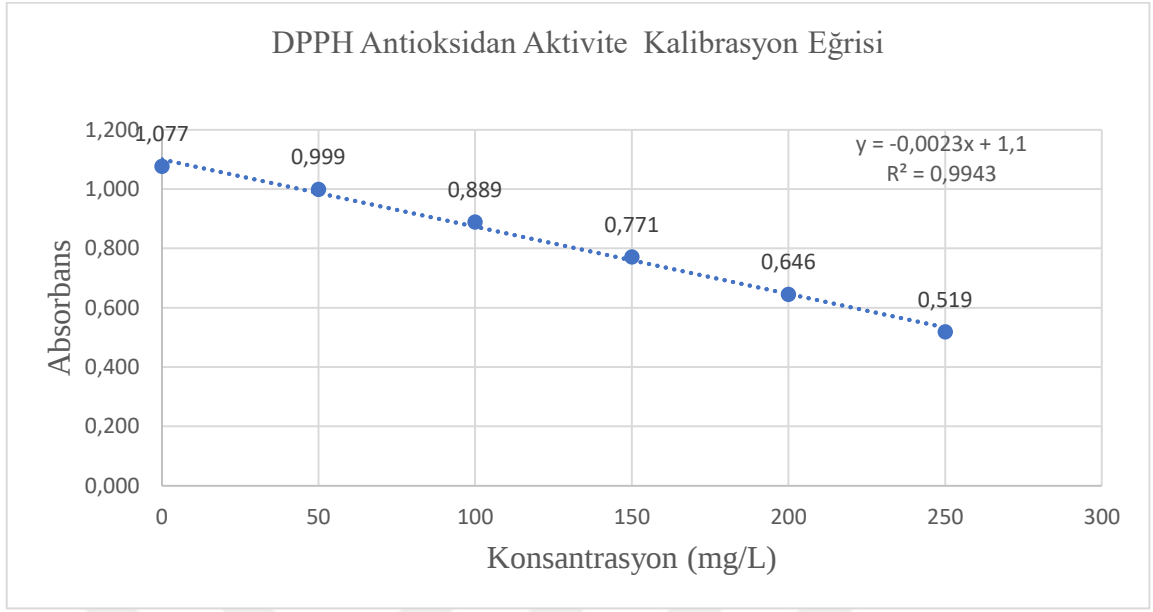
EKLER



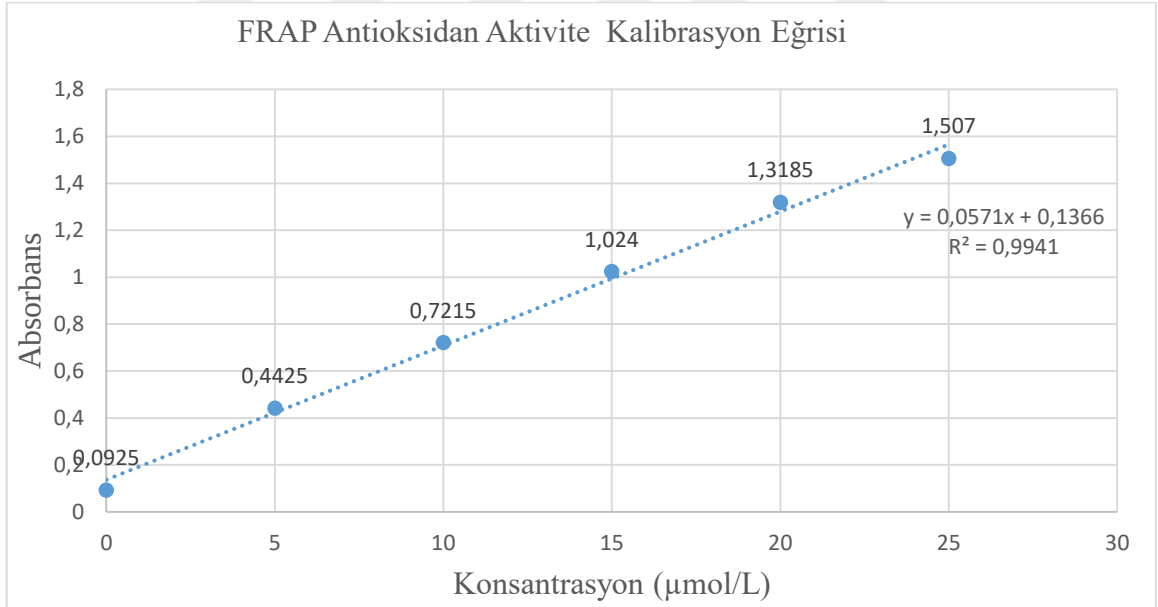
Şekil A.1 Toplam fenolik madde tayininde kullanılan standart gallik asit kalibrasyon grafiği



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



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



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