



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KARALAHANA VE MAYDANOZ
SULARINDA FARKLI AJANLARLA
KLOROFİL STABİLİZASYONUNUN
KİNETİK MODELLENMESİ**

Halime YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Halime YILMAZ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARALAHANA VE MAYDANOZ SULARINDA FARKLI AJANLARLA KLOROFİL STABİLİZASYONUNUN KİNETİK MODELLENMESİ

Halime YILMAZ

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

Danışman: Prof. Dr. Selman TÜRKER

2022, 62 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Selman TÜRKER

Doç. Dr. İsmail TONTUL

Doç. Dr. Kübra Sultan ÖZDEMİR BİLİCİ

Son yıllarda daha da bilinçlenen tüketicilerin, doğal ürünlere olan ilgisinin arttığı gözlenmektedir. Bu bağlamda kolay ulaşılabilir ve zengin besin içeriğine sahip olan meyve ve sebze sularının popüleritesi her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada klorofil içeriği bakımından zengin olan karalahana ve maydanoz sularında klorofil degradasyonunu yavaşlatarak daha stabil bir renkte ürün elde etmek amaçlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak ayrı ayrı hazırlanan karalahana ve maydanoz sularına 4 farklı stabilizatör madde (L-askorbik asit, Tween 20, $ZnCl_2$, Ksantan gam) 3 farklı konsantrasyonda ilave edilmiştir. Daha sonra farklı sıcaklık (70, 80 ve 90°C) ve sürelerde ısı işlem uygulanarak klorofil degradasyon kinetiği hesaplanmıştır. Klorofil stabilizasyonu sağlamada en etkili madde ve konsantrasyonları belirlenmiştir. Ardından bu madde ve konsantrasyonlar, karalahana ve maydanoz suyu karışımına 5 farklı kombinasyon halinde ilave edilmiş ve en etkili kombinasyon tespit edilmiştir. Klorofilin parçalanma hızını yavaşlatan ve klorofil stabilizasyonu sağlamada en etkili sonucu veren konsantrasyonlar L-askorbik asit için %0.5, Tween 20 için %0.1, $ZnCl_2$ için 600 ppm ve ksantan gam için %0.01 olarak belirlenmiştir. Kombinasyonlar arasında da stabilizasyonu sağlamada en etkili karışımın %0.5 L-askorbik asit + %0.01 ksantan gam olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Degradasyon Kinetiği, Karalahana, Klorofil, Maydanoz, Stabilizasyon.

ABSTRACT

MS THESIS

KINETIC MODELING OF CHLOROPHYLL STABILIZATION WITH DIFFERENT AGENTS IN BLACK CHALLENGE AND PARSLEY JUICES

Halime YILMAZ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE FOOD ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Selman TÜRKER

2022, 62 Pages

Jury

Assoc. Prof. Selman TÜRKER

Assoc. Prof. İsmail TONTUL

Assoc. Prof. Kübra Sultan ÖZDEMİR BİLİCİ

It is observed that consumers, who have become more conscious in recent years, have increased their interest in natural products. In this context, the popularity of fruit and vegetable juices, which are easily accessible and rich in nutrients, is increasing day by day. In this study, it was aimed to obtain a more stable color product by slowing down the chlorophyll degradation in kale and parsley juices, which are rich in chlorophyll content. For this purpose, 4 different stabilizer substances (L-ascorbic acid, Tween 20, ZnCl₂, Xanthan gum) were added in 3 different concentrations to the kale and parsley juices prepared separately. Then, chlorophyll degradation kinetics were calculated by applying heat treatment at different temperatures (70, 80 and 90°C) and times. The most effective substances and their concentrations in providing chlorophyll stabilization were determined. Then, these substances and concentrations were added to the mixture of kale and parsley juice in 5 different combinations and the most effective combination was determined. The concentrations that slow down the degradation rate of chlorophyll and provide the most effective results in stabilizing chlorophyll were determined as 0.5% for L-ascorbic acid, 0.1% for Tween 20, 600 ppm for ZnCl₂ and 0.01% for xanthan gum. Among the combinations, it was observed that the most effective mixture in providing stabilization was 0.5% L-ascorbic acid + 0.01% xanthan gum.

Keywords: Chlorophyll, Degradation Kinetics, Kale, Parsley, Stabilization

ÖNSÖZ

Tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarının alt yapısı kullanılarak yürütülmüştür.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini esirgemeyen, görüş ve düşünceleriyle bu tezin oluşmasında büyük emeği olan, bilgi ve tecrübeleriyle yoluma ışık tutan değerli danışman hocam Prof. Dr. Selman TÜRKER'e,

Tezimin hazırlanması sırasında, yardımlarını, desteğini ve fikirlerini esirgemeyen ve çalışmamın her aşamasında destek olan, anlayış gösteren ve bilgilerini paylaşarak bana yol gösteren çok değerli hocam Doç. Dr. İsmail TONTUL ve Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU'na,

Laboratuvar çalışmalarında yanımda olan, manevi desteğini hep hissettiğim ve benimle bilgisini paylaşan doktora öğrencisi Merve AYDIN'a ve diğer tüm arkadaşlarıma,

Eğitim hayatım süresince maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan, hedeflerim doğrultusunda beni teşvik eden, elde ettiğim tüm başarılarımı borç bildiğim babam Ahmet YILMAZ'a ve annem Ayten YILMAZ'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün BAP-221319003 No'lu proje desteğinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmamı destekleyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Halime YILMAZ
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
EK LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Klorofil.....	4
2.2. Stabilize Edici Maddeler	8
2.2.1. L-Askorbik asit	9
2.2.2. Tween-20	10
2.2.3. Çinko klorür ($ZnCl_2$).....	11
2.2.4. Ksantan gam.....	12
2.3. Klorofil Stabilizasyonu Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal	15
3.2. Deneme Deseni	15
3.2.1. Sebze sularının hazırlanması.....	16
3.2.2. Klorofil stabilite çalışmaları.....	16
3.2.3. Analiz yöntemleri.....	20
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	23
4.1. Askorbik Asit İlave Edilmiş Örneklerin Sonuçları	23
4.2. Tween-20 İlave Edilmiş Örneklerin Sonuçlar	29
4.3. $ZnCl_2$ İlave Edilmiş Örneklerdeki Sonuçlar	33
4.4. Ksantan Gam İlave Edilmiş Örneklerdeki Sonuçlar	39
4.5. Karalahana ve Maydanoz Suları Karışımına İlave Edilen Farklı Kombinasyonlara Ait Sonuçlar	43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
5.1. Sonuçlar	48

5.2. Öneriler	49
6. KAYNAKLAR	50
EKLER	62

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Klorofil a ve b'nin molekül yapısı (Anonim, 2018).....	6
Şekil 2.2. L-Askorbik asidin kimyasal yapısı (Sharma ve ark., 2020).....	10
Şekil 2.3. Tween-20 kimyasal yapısı (Anonim, 2022c)	11
Şekil 2.4. Çinko klorür ($ZnCl_2$) kimyasal yapısı (Anonim, 2022d)	12
Şekil 2.5. Ksantan gam kimyasal yapısı (Anonim, 2022e)	12
Şekil 3.1. Analiz için hazırlanmış numuneler.....	16
Şekil 3.2. Karalahana ve maydanoz sularının eldesi	17
Şekil 3.3. Araştırmaya ait akım şeması	19
Şekil 3.4. Karalahana ve maydanoz suları renk analizi	20
Şekil 3.5. a) Homojenizatörde sebze sularını karıştırma b) Santrifüjde faz ayırma c) Analize hazırlanmış örnekler d) Spektrofotometrede klorofilin absorbans değerleri ölçümü	21
Şekil 4.1. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler	24
Şekil 4.2. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği	25
Şekil 4.3. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler	27
Şekil 4.4. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği	28
Şekil 4.5. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler	30
Şekil 4.6. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği	30
Şekil 4.7. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler.....	32
Şekil 4.8. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği.....	33
Şekil 4.9. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler.....	34
Şekil 4.10. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği.....	35

Şekil 4.11. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler.....	37
Şekil 4.12. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği.....	38
Şekil 4.13. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler	39
Şekil 4.14. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği	40
Şekil 4.15. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler	42
Şekil 4.16. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği	43
Şekil 4.17. Farklı kombinasyonlar ilave edilmiş karalahana ve maydanoz suları karışımında farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği	44
Şekil 4.18. (a) Kontrol, (b) K-1, (c) K-2, (d) K-3, (e) K-4 ve (f) K-5 örneklerinde farklı sıcaklıklarda ısıtma işlemi süresince klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler.....	46

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. Karalahana ve maydanoz sularında kullanılan stabilizatörler ve kullanım konsantrasyonları	15
Çizelge 4.1. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler.....	26
Çizelge 4.2. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler.....	28
Çizelge 4.3. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler.....	31
Çizelge 4.4. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler.....	33
Çizelge 4.5. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler	36
Çizelge 4.6. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler	38
Çizelge 4.7. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler.....	41
Çizelge 4.8. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler.....	43
Çizelge 4.9. Farklı kombinasyonlar ilave edilmiş sebze suyu karışımında farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler.....	47

EK LİSTESİ

EK 1. 115°C’de Karalahana suyunda klorofil parçalanma hızına ait grafik	62
EK 2. 115°C’de Maydanoz suyunda klorofil parçalanma hızına ait grafik.....	63
EK 3. 115°C’de Karalahana ve maydanoz suyu karışımına ilave edilen kombinasyonların klorofil parçalanma hızına ait grafik	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a*	: (a+) kırmızı ve (a-) yeşil renk değeri
b*	: (b+) sarı ve (b-) mavi renk değeri
°C	: Santigrat derece
h*	: Renkteki değişim
L*	: (0-100) Parlaklık renk değeri
%	: Yüzde

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AA	: L-Askorbik asit
Cu	: Bakır
dk	: Dakika
Ea	: Aktivasyon enerjisi (kJ/ mol)
g	: Gram
Kal	: Kilokalori
KsG	: Ksantan Gam
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
nm	: Nanometre
pH	: Potansiyel hidrojen
ppm	: Milyonda bir kısım
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
s	: Saniye
TW-20	: Tween-20
Zn	: Çinko
ZnCl ₂	: Çinko klorür

1. GİRİŞ

Son yıllarda insanların yoğun çalışma hayatı, gelişen teknoloji ile birlikte zaman harcama alışkanlıklarının değişmesi, yaşam tarzının modernleşmesi ve beslenme alışkanlıklarının değişmesi birçok kişinin sağlıksız bir yaşam sürdürmesine neden olmaktadır. Özellikle yetersiz ve dengesiz besin değerine sahip ürünlerin fazlaca tüketimi vücudumuzdaki yaşamsal fonksiyonlarda aksaklıklar meydana getirmektedir. Ancak birçok tüketici beslenmenin sağlıkları üzerine etkilerini daha fazla irdelemeye başlamış ve bu durum sağlıklı ya da biyoaktifçe zengin gıdalara olan talebi artırmıştır. Bu ürünlere yönelik artan pazar talebi, gıda endüstrisini sağlıksız olarak atfedilen ve dengesiz besin değerine sahip ürünlerin yerine daha sağlıklı alternatiflerini üretmeye zorlamaktadır.

Günümüzde tat olarak beğenilen, zengin besin içeriğine sahip ve kolay ulaşılabilir olan meyve ve sebze suları giderek popülerleşen bir içecek olarak tüketilmektedir. Özellikle 2020 yılının başından itibaren koronavirüs pandemisi nedeniyle meyve ve sebze sularına talep artmıştır (Borsellino ve ark., 2020).

Türkiye, 2021 yılında meyve ve sebze suyu sektöründe yaklaşık 381.5 milyon dolarlık ihracat, 22.4 milyon dolarlık ithalat gerçekleştirilmiştir. 359.1 milyon dolar dış ticaret fazlası veren ve ithalatının 17 katı ihracat yapan meyve ve sebze suyu sektörü, net olarak ihracatçı konumundadır. 2013 yılından itibaren ihracatta sürekli artış gözlenmektedir. Mevsim koşullarına bağlı hammadde üretiminde dalgalanmalar olsa da aylık ihracat değeri en yüksek 2020 Kasım ayında 40 milyon dolar olarak kaydedilmiştir. Bu artışın aksine ithalatta sürekli düşüş olduğu görülmektedir. En yüksek ithalat değeri Temmuz 2013'te 3.8 milyon dolar olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2021a). ITC 2021 yılı verilerine göre, Türkiye'nin fermente edilmemiş meyve ve sebze sularının ihracat miktarı 309.531 ton, ihracat değeri ise 474.491 bin dolardır. Dünya ihracat sıralamasında ilk sırada 2.423.724 ton ile Brezilya, ikinci sırada 1.090.592 ton ile Hollanda ve Türkiye 12. sırada yer almaktadır. 2017-2021 yılları arasında yıllık değer artışı %21'dir. 2017-2021 yılları arasında miktar bazında %20'lik büyüme gerçekleşmiştir. Türkiye'nin Dünya meyve ve sebze suyu ihracatındaki payı %3.1'dir (Anonim, 2021b).

Tüketiciler giderek uzun raf ömrüne ve zengin besin profiline sahip, minimum düzeyde işlenmiş ve katkısız meyve suları talep etmektedir (Anaya-Esparza ve ark., 2017; Shahbaz ve ark., 2018). Doğal meyve ve sebze suları düşük kalori değerine sahip olmasının yanında yüksek antioksidan ve besin içeriğine sahiptir (Dima ve ark., 2015). Bu tür içecekler vücudumuza aldığımız toksinlerin dokularımıza zarar vermeden vücuttan

atılmasını sağlar (Kekeçoğlu, 2020). Meyve ve sebze suları içeriğindeki biyoaktif bileşenlerin ve özellikle vitamin ve renk maddelerinin zarar görmemesi amacıyla yüksek ısı işlem görmeden, doğal ve koruyucusuz olarak üretilmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalar, bu tür sulara bulunan fonksiyonel bileşiklerin bağışıklık sistemini yenilediğini, kardiyovasküler hastalıkları önlediğini ve çeşitli kanser türlerine karşı koruyucu olduğunu göstermektedir (Sánchez-Vega ve ark., 2015; Teodoro, 2019).

Biyoaktif potansiyellere sahip doğal renk maddelerini elde etmek için çeşitli bitkisel atık kaynaklarının araştırılmasına ihtiyaç vardır. Bu durum, temel olarak tüketicilerin sağlık konusundaki farkındalığından ve bu bileşiklerin sağladığı sayısız faydadan kaynaklanmaktadır (Sharma ve ark., 2021). Ayrıca yaşlılar ve çocuklar için tüketimi daha kolay olan meyve ve sebze suları gıda katkı maddeleri ve antioksidan özellikte maddeler ile karıştırıldığında besin içeriği zenginleştirilmiş, göze daha çok hitap eden, yeni tat, aroma ve lezzete sahip bir ürün ortaya çıkmaktadır (Falguera ve Ibarz, 2014; Rodríguez-Roque ve ark., 2014). Bu noktada günlük beslenmede gerekli besin öğelerini sağlayan, fonksiyonel ve detoks etkili klorofilce zengin bir içecek olarak yeşil sebze suları yaygın kullanılmaktadır. Yeşil meyve ve sebze (detoks) sularının, sağlığa olan faydalarının ortaya konmasıyla tüketimi giderek yaygınlaşmaktadır (Zulueta ve ark., 2007; Scheffers ve ark., 2019). Bunun yanı sıra bu tür ürünlerin tüketiciler tarafından tercih edilmesindeki en önemli etkenlerden birisi de doğal katkı maddelerinin kullanılmasıdır (Grunert, 2010). Tüketiciler, katkı maddelerinin güvenliğini araştırması ve bilinçlenmesiyle birlikte gıdalarda doğal içeriklerin kullanımını talep etmektedir (Barrows, 2014).

Gıda endüstrisi, stabilizörleri, çekici renkleri ve düşük maliyetleri nedeniyle sentetik renklendiriciler geliştirmeye daha fazla adanmıştır. Bazı çalışmalarda gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sentetik katkı maddelerinin toksik olduğunu ve kanserojen ajan olabileceği bildirilmiştir (Mitterer-Daltoé ve ark., 2020). Tüketicilerin değişen yaşam tarzı, potansiyel olumsuz sağlık etkileri ve çevresel zararlar hakkında artan endişeler nedeniyle doğal gıda renklendiricileri giderek daha fazla tercih edilmektedir (Albuquerque ve ark., 2020). Bu nedenle, son yıllarda doğal koruyucu olarak bitki özlerinin kullanımına yönelik araştırmalar artmaktadır (Cendrowski ve ark., 2020). Renk, tüketiciler tarafından algılanan ilk duyuşal özellikler arasındadır ve seçimlerinde tat veya kokudan daha fazla ağırlığa sahip olabilmektedir. Tüketiciler bu duyuşal özelliklerden bazılarını (örneğin tatlılık ve lezzet) renkle ilişkilendirebilmektedir (Simon ve ark., 2017). Sosyal bilimciler renklerin duygularımızı, bilişimizi ve davranışlarımızı etkilediğini

belirtmektedirler (Meyers-Levy ve Peracchio 1995; Elliot ve Maier, 2014). Bir nesnenin kabul/reddedilmesinin %62-90 oranında renk algısından kaynaklandığı rapor edilmiştir (Singh, 2006).

Enzimatik esmerleşme, ticari veya evsel işleme ve depolama sırasında taze ürünler ile meyve ve sebze sularının renk ve duyu özelliklerini değiştiren bir dizi reaksiyondur. Bu nedenle, meyve suyu endüstrisinde bu tür sorunlara karşı alınacak olan önlemler kritik bir hedeftir (Chisari ve ark., 2007). Klorofiller, stabilitesi düşük bileşenler olmasına rağmen, stabilite sağlamaya ya da artırmaya yönelik birçok çalışma yürütülmüştür. Bu noktada hız sabitleri ve aktivasyon enerjileri gibi klorofil pigmentlerinin bozunma kinetiğinin anlaşılması, depolama sırasında olduğu kadar ısı işlem sırasında meydana gelen kalite değişikliklerini tahmin etmek için önemlidir (Loong ve Goh, 2004). Son yıllarda yapılan çalışmalarda bu konu üzerine ağırlık verilmektedir.

Bu çalışmada, yüksek klorofil içeriğine sahip olan karalahana ve maydanozdan üretilcek sebze sularında yeşil rengin daha stabil hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla sebze sularına farklı konsantrasyonlarda askorbik asit, $ZnCl_2$, ksantan gam ve Tween-20 ilave edilmiştir. Bu karışımlara farklı sıcaklık ve sürelerde ısı işlem uygulanarak, hız sabitleri ve aktivasyon enerjileri belirlenmiş ve klorofil stabilitesi üzerine etkileri karşılaştırılmıştır.

Bu çalışma sonucunda;

- Canlı renkte, albenisi yüksek, doğal ve sağlıklı içecek üretiminin gerçekleştirilmesi,
- Endüstriyel meyve ve sebze suyu üretiminde stabilitesi düşük olan klorofilin stabilizatör maddeler ile bu soruna çözüm olması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Doğal ürünlere yönelik artan pazar talebi, gıda endüstrisindeki yapay bileşenlerin yerini almaktadır (Romano ve ark., 2015). Tüketiciler, uzun raf ömrüne ve iyi düzeyde antioksidan profiline sahip, minimum düzeyde işlenmiş ve katkısız meyve ve sebze suları talep etmektedir (Anaya-Esparza ve ark., 2017; Shahbaz ve ark., 2018). Bu tür sular yüksek besin profiline, düşük kalori değerine, yüksek antioksidan potansiyeline, zengin vitamin, mineral ve lif içeriğine sahiptir (Dima ve ark., 2015).

Renk maddeleri, üründe homojenliği sağlamak ve çekici bir gıda görünümü elde etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. ABD Gıda ve İlaç İdaresi yönetmelikleri uyarınca gıdalarda belirli yapay pigmentlerin kullanılmasına izin verilmesine rağmen, bu renklendiricilerin sağlık üzerine olumsuz etki göstererek; hiperaktivite, sinirlilik, uyku bozuklukları, saldırganlık ve aşırı duyarlılık gibi durumlara neden olabilmektedir (Viera ve ark., 2019). Bu nedenle sağlık bilincinin de artmasıyla doğal kaynaklardan elde edilen renklendirici maddeler geliştirilerek endüstride kullanılmaya başlanmıştır (Hsiao ve ark., 2020). Ancak tüm doğal renk maddelerinde olduğu gibi klorofil için de karşılaşılan en büyük sorun stabilitedir. Klorofil, bitki kaynaklarından özütlendiğinde veya doku içerisindeyken hammaddeye uygulanan farklı işlemlere bağlı olarak bozunarak rengini kaybetmektedir (Tekin ve Ersus Bilek, 2019).

2.1 Klorofil

Yeşil meyve ve sebzelerin renginden sorumlu olan ve fotosentez mekanizmasında görev alan bileşen klorofildir (Anonim, 2018). Klorofillerin temel yapısı, dört pirol halkasından oluşan makrosiklik porfirin olarak tanımlanabilir. Magnezyum (Mg), klorofillerdeki merkezi metal iyonudur (Pareek ve ark., 2017). Klorofilin yapısında, porfirin halkasının bir kenarı hidrofilik iken, C17 pozisyonuna bağlı olan ve 20 karbon içeren fitol zinciri kuvvetli hidrofobiktir (Hsu ve ark., 2013). Bu yapı, fosfolipit çift katmanlı zardaki klorofil düzenlemeleri için avantajlıdır. Çeşitli konjuge çift bağlara sahip olduğundan, klorofilin görünür ışığı emme kabiliyetine bir avantaj sağlar (Singh ve ark., 2020).

Bir renk maddesi olan klorofilin, sudaki düşük çözünürlüğü ve yağda çözünmesi gıda endüstrisinde kullanımını sınırlamaktadır (Zhang ve ark., 2017). Gıda endüstrisinde renklendirici olarak kullanılan ticari klorofiller; çorbalar, süt ürünleri, şekerlemeler,

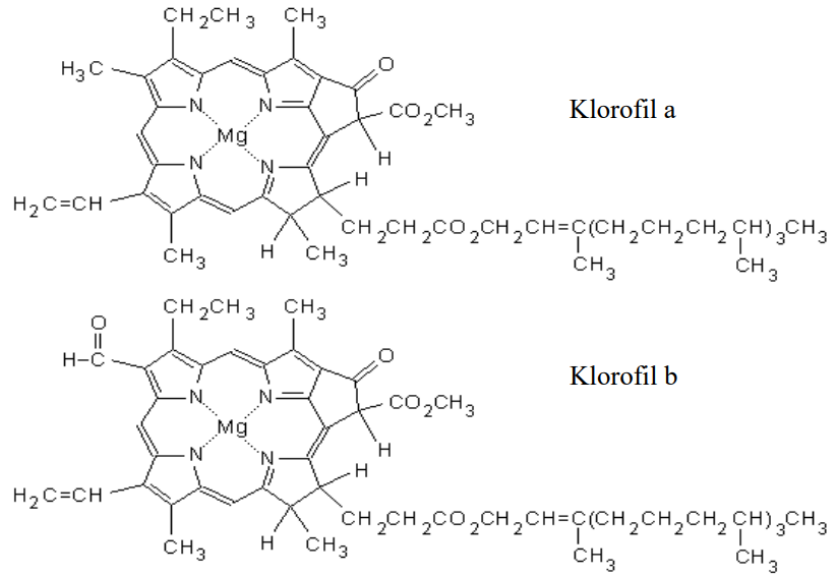
yemeklik yağlar ve sakızlar gibi birçok üründe kullanılır (Sajilata ve Singhal, 2006). Meyve ve sebzelerin yapılarında yer alan klorofiller, ürünlerin işlenmeleri ve depolanmaları sırasında sıcaklık, depolama ve ortamın pH değeri gibi çevresel faktörlerin etkisiyle türevlerine parçalanarak ürünün renginin bozulmasına neden olur (Anonim, 2016). Son yıllarda yapılan çalışmalar bu faktörlerin etkisini sınırlandırmak üzerine odaklanmıştır. Noranizan ve ark., (2020) *Clinacanthus nutans Lindau* bitkisinden farklı meyve suyu ekstraksiyon yöntemlerinin (blender, santrifüjlü meyve sıkacağı ve yavaş meyve sıkacağı) ve ısıtıl işlemin (72°C, 15 s) fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, ısıtıl işlem uygulamasının, meyve suyunun rengini, fonksiyonel ve duyuşal özelliklerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Meyve ve sebzelerden elde edilen taze meyve ve sebze suları, pH'a bağılı olarak değışebilen belirli bir renk tonuna sahiptir. Klorofiller, düşük pH'a daha duyarlıdır (Chandra ve ark., 2021).

Klorofilin yeşil rengi, tüketiciler tarafından tazelik indeksi ve yeşil sebzelerin genel kalitesi olarak değerdendirilir ve ürünü satın alma kararlarında belirleyici bir unsurdur (Rodriguez-Amaya ve Carle, 2021). Klorofilin bozulmasından asit, sıcaklık, oksijen gibi çeşitli fiziksel faktörler sorumludur (Solovchenko ve ark., 2019). Klorofil, klorofilid ve feoforbid olmak üzere iki ilgili kimyasala katabolize edilir (Hsu ve ark., 2013). Klorofilin parçalanması, fitolün klorofilaz ile uzaklaştırılması, Mg'nin magnezyum deşelataz ile uzaklaştırılması ve klorofil makrosiklikinin feoforbid oksijenaz ile oksidatif bölünmesini içeren enzimatik bir işlemdir. Klorofilin parlak yeşil rengi parçalanma sonucu koyulaşır ve renksizleşir (Solovchenko ve ark., 2019).

Şekil 2.1'de verilen klorofil a ve b yapılarında yer alan Mg'nin yapıdan uzaklaşması sonucunda feofitin a ve b'ye dönüşür ve bunun sonucunda renk zeytin yeşiline döner. Klorofil molekülündeki Mg^{+2} iyonu yerine diğder metal iyonlarının geçmesi aynı şekilde rengin parlak yeşilden daha koyu gri-kahverengiye dönüşmesine neden olabilmektedir (Anonim, 2022a). Klorofil a yoğun bir mavi-yeşil renge sahipken, klorofil b, farklı absorpsiyon spektrumlarından çıkarılabilen sarı-yeşil bir renk ile karakterize edilir (Gaur ve ark., 2006). Klorofil, bir dizi kimyasal değışikliklere uğrayabilir. Bu tür reaksiyonlar, doğall olgunlaşma, teknolojik işlemler ve depolama sonucu meydana gelmektedir (Heaton ve Marangoni, 1996; Hörtensteiner ve Kräutler, 2011; Viera ve ark., 2021).

Klorofil degradasyonunda kinetik parametreler olan hız sabiti ve aktivasyon enerjisi, ısıtıl işlem sırasında meydana gelen kalite değışikliklerini tahmin etmek için

gereklidir. Çok sayıda araştırmacı, brokoli (Weemaes ve ark., 1999a; Balouchi ve ark., 2012), bezelye (Steet ve Tong, 1996; Ryan-Stoneham ve Tong, 2000; Karadeniz ve ark., 2005), ıspanak gibi meyve ve sebzelerde pigmentlerin ve renk bozulmasının kinetiğini değerlendirmiştir (Gupte ve ark., 1964; Schwartz ve Von Elbe, 1983; Canjura ve ark., 1991; Nisha ve ark., 2004; Özkan ve Ersus Bilek 2015). Bu çalışmalarda genel olarak ısıl işlemler sırasında reaksiyonun birinci dereceden reaksiyon kinetiğe uyduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 2.1. Klorofil a ve b'nin molekül yapısı (Anonim, 2018)

Klorofilce zengin gıdalar alternatif tıpta, iltihaplanma, oksidasyon ve yara iyileşmesi üzerinde olumlu etkileri nedeniyle kullanılmaktadır. Klorofil, aflatoksin-B1 gibi kansere neden olan bazı kimyasallarla kompleks yapılar oluşturabilir. Klorofil, yapısal olarak hemoglobine benzer ve hemoglobin eksikliği durumlarında hemoglobini yeniler veya onun yerine geçer. Talasemi ve hemolitik anemi gibi klinik durumlarda klorofilce zengin meyve suyu kullanılması tavsiye edilir (Marwaha ve ark., 2004). Klorofil, süperoksit dismutaz, bitki hormonu absisik asit veya dormin gibi enzimlerle birlikte önemli bir antikanser fonksiyonunun gelişmesini sağlar (Wangcharoen ve Phimphilai, 2016).

Klorofil iyi bir antioksidandır. A, C ve E vitaminleri ile birlikte, vücuttaki sağlıklı hücrelere zarar verebilecek zararlı molekülleri (serbest radikalleri) nötralize etmeye yardımcı olur. Birçok çalışma klorofillerin ve türevlerinin antioksidan özelliklere sahip olduğunu desteklemektedir (Sato ve ark., 1986; Sakata ve ark., 1990; Hoshina ve ark.,

1998; Ferruzzi ve ark., 2002). Klorofil, antimitojenik etki, antigenotoksik özellikler ve lipid oksidasyonunu önleyerek serbest radikalleri temizlemek için güçlü bir antioksidan özelliğe sahiptir (Hayes ve Ferruzzi, 2020; Perez-Galvez ve ark., 2018).

Maydanoz (*Petroselinum crispum* L.), çoğunlukla Akdeniz ve Güney Avrupa ülkelerinde üretilen ve Apiaceae familyasına ait mevsimsel bir bitkidir. Kökü iğ şeklindedir, boyu 20 cm uzunluğa kadar ulaşabilir. Sarımsı ve neredeyse lifsizdir, tadı hafif tatlımsı ve buruktur (Kovačević, 2004; Teuscher ve ark., 2006; Heber, 2007). İlk olarak Antik Yunanlılar tarafından dini ayinlerde kullanılmakta olup, Hipokrat tarafından idrar söktürücü olarak kullanılmıştır (Teuscher ve ark., 2006). Yüksek nem içeriğine sahip olduğundan hızlı bozulmaya eğilimlidir (Alibaş ve ark., 2019). Taze ya da kurutulmuş olarak kullanılabilen maydanozun yoğun aromatik özelliği ürünlerde tat ve lezzet vermek amacıyla kullanılsa da baharat olarak da kullanılmaktadır. Maydanozun kendine özgü baskın kokusu, β -felandren, 4-izopropenil-1-metilbenzen, p-menta-1,3,8 trien ve terpinolen monoterpen hidrokarbonlardan kaynaklanmaktadır (Díaz-Maroto ve ark., 2002).

Maydanoz yüksek besin içeriğine sahip bir sebze olup önemli düzeyde flavonoidler içermektedir. A, B, C ve K vitaminleri, tokoferoller, ergosterol (D vitamininin öncüsü), mineraller (Fe, Zn, Ca, Mg, Na, K, P), karotenoidler, yağ asitleri (linolenik ve palmitik asit) ve furanokumarinler açısından zengindir (Hozayen ve ark., 2016; Al-Yousofy ve ark., 2017; Nirumand ve ark., 2018; Fernandes ve ark., 2020). Bu bileşenler sayesinde sağlık yönünden de oldukça faydalı bir bitki olan maydanoz, mide rahatlatıcı, hipertansif, hipotansif, sakinleştirici, idrar söktürücü özelliklere sahiptir (Kreydiyyeh ve Usta, 2002; Soysal, 2004). Yaprakları çay şeklinde demlenerek saç bakımında kullanılmakta, cilt sorunlarının iyileştirilmesi ve ağız kokusunun giderilmesinde çiğ hali kullanılmaktadır (Çağın, 2005). Yapılan bazı araştırmalarda, maydanozun üriner sisteme karşı gösterdiği olası etkinin, yüksek klorofil (kalsiyum oksalat dehidrat oluşumunu engellediğinden dolayı olarak böbrek taşı oluşumunu önler) ve Mg^{+2} içeriğinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca antioksidan maddelerce zengin bileşiklerin de (rutin, kersetin, diosmin ve hiperosid) etkili olabileceği düşünülmektedir (Al-Yousofy ve ark., 2017; Nirumand ve ark., 2018).

Maydanoz yaprakları parlaktır ve yüksek klorofil içeriğine sahip olduğundan koyu yeşil renklidir. Klorofil içeriği 89,0 mg/100g klorofil-a, 28,8 mg/100g klorofil-b olmak üzere toplam 117,8 mg/100 g olarak bildirilmiştir (Bilişli, 2012; Durovic ve ark., 2017).

Karalahana (*Brassica oleracea* var. *acephala*) gövde boyunca yapraklarla karakterize turpgillerden bir sebzedir (Şamec ve ark., 2019). Özellikle Akdeniz bölgesinde olmak üzere birçok yerde uzun zamandır yetiştirilmekte ve birçok geleneksel yemeğe dahil edilmektedir. Karalahana Karadeniz bölgesi (Artvin, Bartın, Kastamonu, Zonguldak, Karabük, Giresun, Ordu, Rize, Trabzon) halkının temel besin maddelerinden birisidir. Dünya üretimine bakıldığında dünyanın en büyük lahana üreticisi olan Çin Halk Cumhuriyeti, yılda 33.840.686 ton üretim ile birinci sırada yer almaktadır. Hindistan 9.035.000 ton ile ikinci sırada, Güney Kore 2.536.675 ton ile üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye ise 765.276 ton üretimiyle 12. sırada yer almaktadır. Karalahana zengin besin içeriğine sahiptir. C vitamini deposu olmakla birlikte A, B, E vitaminleri ile magnezyum, kalsiyum, potasyum, kükürt, demir ve bakır gibi mineral maddeler açısından da oldukça zengindir (Mutlu, 2022).

Karalahana suyu düzenli tüketildiğinde yağ yakımını hızlandırmakta ve kilo vermeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca iyi bir diyet lifi kaynağıdır (Vale ve ark., 2015). Yüksek lif içeriğine sahip olduğundan sindirim sisteminin daha iyi çalışmasını sağlamakta ve tokluk hissi vermektedir (Mutlu, 2022). Karalahana koyu yeşil ve kıvrık yapraklara sahiptir ve yüksek klorofil içeriğine sahiptir. 137.0 mg/100g klorofil-a, 46.4 mg/100g klorofil-b olmak üzere toplam klorofil içeriği 183.4 mg/100 g olarak bildirilmiştir (Bilişli, 2012; Durovic ve ark., 2017). Sulu ortamda lahana yapraklarına uygulanan ısı işlemler, klorofillerde önemli kayıplara neden olmaktadır (Korus, 2012).

2.2 Stabilize Edici Maddeler

Son yıllarda klorofilin gıdalardaki stabilitesi ve bozunması, birçok bilimsel çalışmaya konu olmaktadır. Yeşil meyve ve sebze yapraklarının, pürelerinin ve meyve sularının işlenmesi sırasında klorofil stabilitesini etkileyen ana faktörlerin sıcaklık, pH ve su aktivitesi olduğu ve klorofilin sulu çözeltilerdeki bozunmasının birinci dereceden reaksiyon kinetiğini takip ettiği bilinmektedir (Mackinney ve ark., 1941; Gold ve Weckel, 1956; Robertson ve Swinburne, 1981; Shin ve Bhowmik, 1995; Ryan-Stoneham ve Tong, 2000; Ahmed ve ark., 2002; Koca ve ark., 2007).

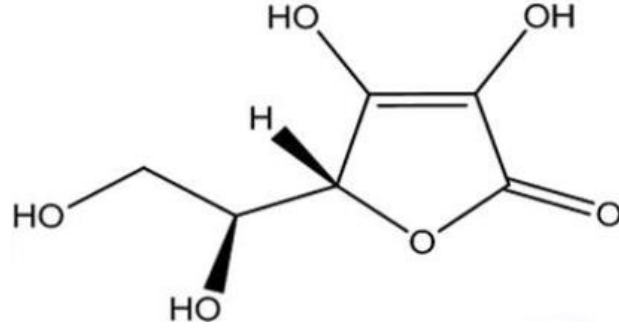
Klorofil ısı işlemlere karşı duyarlı olduğundan, işlenmiş sebzelerde parçalanarak doğal organik asitler ve yağ asitleri açığa çıkabilir. Ayrıca klorofilaz varlığı, feofitin fitil grubunu keserek feoforbid oluşumuna katkıda bulunur ve zeytin-yeşili renk meydana gelir. Yeşil bitkilerde klorofilazın yanı sıra peroksidaz (POD) ve lipoksijenaz (LOX)

enzimleri de klorofil degradasyonuna neden olur (Yılmaz ve Gökmen, 2016). Benzer şekilde yine asidik yeşil sebze sularında da parlak yeşilden donuk zeytin yeşiline renk değişimi, klorofillerin feofitinlere dönüşmesi (klorofilin porfirin halkasındaki magnezyum iyonunun iki hidrojen iyonu ile yer değiştirmesi) ve daha sonra feoforbidlere parçalanmasının ile meydana gelir (Gupte ve ark., 1964; Minguez-Mosquera ve ark., 1989; Heaton ve Marangoni, 1996).

Yeşil meyve ve sebze sularında klorofil stabilizasyonunu sağlamak, bu tür ürünlerin canlı yeşil rengini korumak amacıyla yapılan çalışmalarda farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlara örnek olarak, endojen asitleri nötralize ederek ve gıda matrislerinin düşük pH'sını tamponlarla dengeleyerek yüksek asit içeriğine bağlı renk bozulmasının önlenmesi, oksidasyonu önlemek ve asit göçünü en aza indirmek için sebzelerin nişasta, proteinler veya gamlarla kaplanması ve klorofilin merkezindeki Mg'nin Cu veya Zn gibi geçiş metal iyonları ile değiştirilmesiyle klorofil molekülünün kimyasal modifikasyonu verilebilir. Bu amaçla L-askorbik asit, $ZnCl_2$, Tween-20 ve ksantan gam gibi stabilize edici maddeler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanması sorunun çözülmesine yardımcı olsa da yeşil rengin stabilizasyonu için küresel olarak kabul edilmiş kesin bir çözüm henüz bulunamamıştır (Galaffu ve ark., 2015).

2.2.1 L-Askorbik asit

L-Askorbik asit (AA), suda çözünen, hafif asidik ve besinlerle alınması gereken (Anonim, 2022b) bir vitamindir ve taze meyve ve sebzelerde ve sularında değişen miktarlarda bulunur (Şekil 2.2). Bağışıklık sistemini korur ve vücut direncini artırır. C vitamini eksikliği kapiller duvarda kırılganlığa, diş etlerinde malformasyona ve eklem rahatsızlıklarına sebep olur. Bu nedenle eksik kalması durumunda takviye olarak ya da fonksiyonel gıdalarla birlikte alınmalıdır (Cemeroğlu, 2009). Askorbik asit, antioksidan aktiviteye sahiptir ve yıkama suyunun pH'sını düşürme kabiliyetine sahip olduğundan taze ürünlerin mikrobiyal yükünü düzenlemek amacıyla da kullanılmaktadır (Akbaş ve Ölmez, 2007; Altunkaya ve Gökmen, 2009; Chrysargyris ve ark., 2016).

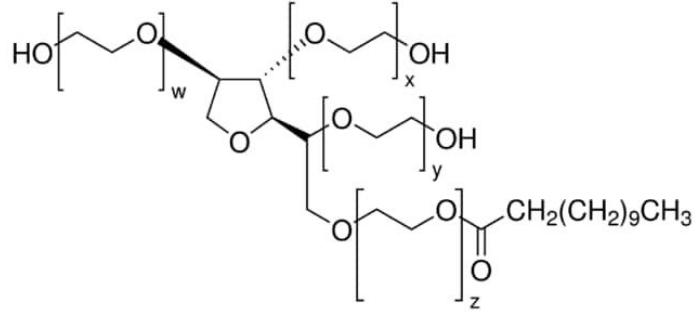


Şekil 2.2. L-Askorbik asidin kimyasal yapısı (Sharma ve ark., 2020)

Askorbik asit gıda endüstrisinde enzimatik esmerleşme gibi istenmeyen reaksiyonları engelleyici etkisi olan indirgeyici bir maddedir ve bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda maş fasulyesi filizi (Sikora ve Świeca, 2016), erik (Liu ve ark., 2014) ve taze kesilmiş enginar (El-Mogy ve ark., 2020) gibi yeşil meyve ve sebzelerde enzimatik esmerleşmeyi önlemeye yönelik etkisinin olduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra meyve sularında da klorofil degradasyonunu engelleyerek yeşil renk stabilitesi sağlamaktadır. Balouchi ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada, farklı askorbik asit konsantrasyonlarının (%0.5, 1.5 ve 2) brokoli çiçeklerinin hasat sonrası ömrünü arttırmadaki etkisini araştırmıştır. Temizlenmiş brokoliler polietilen torba içerisinde ve 0°C ve 20°C sıcaklıklarda depolanmıştır. 0°C'de depolanan brokolinin klorofil bozunumunda ve çiçeklenme yaşlanmasında en büyük gecikmeyi ve en yüksek antioksidan kapasitesini %1.5 askorbik asit uygulaması göstermiştir. Ancak 20°C'de depolanan brokoli çiçeklerinin %0.5 askorbik asit ile muamelesinin, diğer konsantrasyonlardan daha etkili olduğu belirlenmiştir.

2.2.2 Tween-20

Tween-20 (TW-20) bir yağ asidinin etilen oksit ile bir ester oluşturduğu bir sorbitandır (Şekil 2.3). Diğer adı da polisorbitat-20'dir (Sahlan ve ark., 2019). Su içinde yağ emülsiyonlarını stabilize etmek amacıyla gıda katkı maddesi olarak kullanılan iyonik olmayan bir yüzey aktif maddedir (Genot ve ark., 2013). İyonik olmayan yüzey aktif maddeler, muadilleri ile karşılaştırıldığında düşük toksisitelerinden dolayı yenilebilir formülasyonlarda tercih edilmektedir (Fasolin ve ark., 2013). Endüstride birçok alanda emülsiyonların stabilitesini koruyan emülgatör, hamur yumuşatıcı ve kahvede stabilizatör (Lee ve ark., 2017) olarak kullanılmaktadır (Pourreza ve Rastegarzadeh, 2004).



Şekil 2.3. Tween-20 kimyasal yapısı (Anonim, 2022c)

2.2.3 Çinko klorür (ZnCl_2)

Klorofilce zengin yeşil meyve ve sebzeleri işlemede kullanılan ısıtma işlemleri, yapısında bulunan porfirin halkasındaki Mg iyonunun uzaklaştırılması ile daha koyu renkli feofitinlerin oluşmasına neden olur. Bu noktada Mg'nin yerini alan Zn^{2+} ve Cu^{2+} gibi metal iyonları ile daha kararlı yeşil renk elde edilebilmektedir (Von Elbe ve Schwartz, 1996; Özkan ve Bilek, 2015) (Şekil 2.4). Ayrıca bu metal iyonları ısıtma işleminin sonucu oluşan bozunma ürünleri ile reaksiyona girerek Zn-feofitin kompleksleri gibi daha stabil yeşil renkte ürünlerin oluşumunu sağlar (Tonucci ve Von Elbe, 1992; Canjura ve ark., 1999). Klorofilin degradasyonunu önlemek amacıyla çeşitli yöntemler kullanılsa da her ülkenin gıda mevzuatı nedeniyle her yerde uygulanamamaktadır. Örneğin, klorofilin yeşil rengini stabilize etmek amacıyla Çinko (Zn) kullanımına yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde yeşil fasulye ve bezelye için izin verilir. Avrupa Birliği'nde ise bakır (Cu) kullanımına izin verilmemektedir (Galaffu ve ark., 2015).

Guzman ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, avokado püresine ZnCl_2 (120, 150 ve 180 ppm) ve bakır klorür (12, 15 ve 18 ppm) ekleyerek farklı sürelerde (10, 20, 25 ve 30 s) mikrodalgada ısıtmıştır. Daha sonra numuneler petri kabı kapağı ile kapatılmış, soğutulmuş ve buzdolabında ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) saklanmıştır. Renk ölçümleri 1 hafta boyunca her 24 saatte bir yapılmıştır. Sonuç olarak, çinko klorür (120 ppm) ve bakır klorür (12 ppm) ilave edilmiş ve pH 5.5'te 30 s mikrodalgada ısıtılmış avokado püresinin renginin 7 günlük depolama boyunca en iyi şekilde korunduğunu gözlenmiştir.

2.3 Klorofil Stabilizasyonu Üzerine Yapılan Çalışmalar

Weemaes ve ark., (1999b) yaptıkları bir çalışmada brokoli suyuna kombine basınç (0.1- 850 MPa) ve sıcaklık (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90°C) uygulamasının yeşil renk (klorofil-feofitin dönüşümü) üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak brokoli suyunun yeşilliği, düşük sıcaklıklarda (30-40°C) basınçtan çok az etkilenmiştir. 50-60°C sıcaklık ve 800 MPa basınçta yeşil rengin birinci dereceden kinetiğe uygun olarak bozulduğunu belirtmişlerdir. Daha yüksek sıcaklıklarda (70°C) ise basınç uygulaması feofitin dönüşümünü hızlandırmıştır. Araştırmacılar bu durumun, iki ardışık birinci dereceden kinetik bozunma gerçekleşmesinden kaynaklandığını değerlendirmişlerdir. Her iki aşama için hız sabitlerinin sıcaklığa bağımlılığı, basınçla orantılı olarak artan aktivasyon enerjileri ve Arrhenius denklemi ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir.

Kozan (2004) yaptığı çalışmada klorofil degradasyonu reaksiyonlarının tepkime kinetiğini incelemek amacıyla ıspanak ve yeşil fasulye sebzelerine farklı sıcaklık (60, 70, 80 ve 90°C) ve farklı sürelerde ısıtma işlemi uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde klorofil degradasyonunun birinci dereceden tepkime kinetiği gösterdiği rapor edilmiştir.

Sarı (2005) konserve yapılmış asma yaprağı ile ısıtma işlemi görmüş asma yaprağında klorofil ve renk değişimlerini incelemişlerdir. Asma yaprağı doğal pH değerinde (pH 3.0) ve pH 4.0 ve 4.5'e ayarlandıktan sonra farklı sıcaklık (75-80-85-90°C) ve farklı sürede (5-10- 20-30 dk) ısıtma işlemi uygulamışlardır. Klorofil içeriği tüm pH değerlerinde sürenin artmasına bağlı olarak her sıcaklık derecesinde azalmıştır. Klorofil degradasyonunun birinci ve ikinci dereceden degradasyon kinetiğine uyduğu rapor edilmiştir. Konserve asma yaprağı çeşitli ön işlemlerden geçirildikten sonra 96°C'de 20 dk pastörizasyon uygulanmış ve 6 ay süre ile 20°C'de depolanmıştır. Depolama sonucunda yaprakların klorofil a ve klorofil b içeriği azalırken, feofitin a ve feofitin b miktarlarının arttığı, renk değişim (h^*) değerlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir.

Özkan ve Ersus Bilek (2015), stabil gıda renklendiricisi üretmek amacıyla ıspanak yapraklarındaki klorofil türevlerinin ile çinko kompleksini çalışmışlardır. Bu amaçla farklı sıcaklık (80, 90, 100, 110, 120°C), pH (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) ve ZnCl₂ konsantrasyonlarının (0, 100, 200, 300, 400, 500, 600 ppm) klorofil üzerine etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre çinko kompleksi oluşumu 7.0 veya daha yüksek pH değerinde artış göstermiştir. ZnCl₂ konsantrasyon artışına bağlı olarak ıspanak posasının renk değerlerini iyileştirdiği de belirtilmiştir.

Al-Dabbas ve ark., (2016) yaptıkları bir çalışmada biber üzerine 100 ppm $ZnCl_2$ uygulamasının klorofil degradasyonunu %65 oranında yavaşlattığını gözlemiştir.

Tao ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, elma suyunda renk esmerleşmesini önlemek amacıyla antioksidan maddeler ilave etmiştir. Sonuç olarak L-Askorbik asit uygulamasının 24 saatlik depolama koşulunda 9 saate kadar rengi korumada olumlu sonuç verdiği, ancak 7 günlük saklama koşulunda olumsuz etki gösterdiği belirtilmiştir.

Rahayuningsih ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, suji yaprağından stabil pigmentin ekstraksiyonu için en uygun koşullarını pH 7 ve 85°C'de 700 ppm $ZnCl_2$ ilavesi olarak rapor etmiştir.

Selig ve ark., (2020) tamponlanmış Cu-klorofilinin seyreltik çözeltilerine asidik pH'da (3 ve 5) farklı sıcaklıklarda (4 ve 40°C) çözelti ve renk kararlılığı kazandırma potansiyelini araştırmak için sodyum aljinat ve ksantan gam (%0.005-0.5) gibi anyonik polisakkaritler ilave etmişlerdir. Sonuç olarak, 40 °C sıcaklıkta her iki sodyum aljinat ilk 5 günlük test boyunca hem çözelti hem de renk stabilitesini korumuştur. Ksantan gam ise, test edilen her iki pH değerinde de 14 gün boyunca çözelti stabilitesini ve orijinal rengi önemli düzeyde koruyarak daha başarılı sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak çalışma ksantan gam ile Cu-klorofillerin asidik içeceklerde renklendirici olarak daha iyi bir sonuç sunabileceği göstermiştir.

Fraga ve ark., (2020) yaptıkları bir çalışmada yeşil renkli karışım sebze suyunun rengi üzerine emülgatörlerin etkisini araştırmışlardır. Farklı konsantrasyonlarda ksantan gam (0.5, 0.7 ve 1 mg/ mL), chia jeli (1, 2 ve 3 mg/mL) ve mikrobiyal biyosüpfaktan (0.5, 0.7 ve 1 mg/ mL) ilave edip filtre ettikten sonra 0.1 M NaOH ile pH'ı 8'e ayarlamışlardır. Sonuç olarak chia jeli ve mikrobiyal biyosüpfaktan stabilizasyonu sağlamada etki gösterirken, ksantan gam 8°C'de depolama sırasında rengi stabilize edememiştir.

Yasuda ve Tamata (2021) yaptıkları çalışmada klorofilin sulu çözeltideki renk bozulmasını engellemek amacıyla, pH 7.5'te ultraviyole (UV) ışık altında farklı emülgatörlerin [Sükroz yağ asidi esteri (SE), sorbitan yağ asidi esteri (TW-20) ve quillaja saponin (QS) ve referans olarak Triton X-100 (TX)] etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak SE ve QS, TW-20'ye kıyasla klorofilin renk bozulmasını önlemede iyi sonuç vermiştir. Araştırmacılar bu emülgatörlerin yeşil çay ve sebze suları gibi içeceklerde klorofil bozulması sorununu çözmede uygun bir çözüm olacağını rapor etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak karalahana ve maydanoz ve kullanılmıştır. Maydanoz, Konya’da bulunan yerel bir marketten, karalahana ise Trabzon’un Arsin ilçesinden temin edilerek derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Çalışmada yeşil sebze suyu üretimi, stabilizasyonu ve analizinde kullanılan makine ve teçhizatlar şunlardır; blender (Arzum AR1028, Türkiye), homojenizatör (Ultra turrax, IKA T25, Almanya), refraktometre (Atago-Pal Alpha, Japonya), su banyosu (Bandelin RK100H, Almanya), hassas terazi (Ohaus AX224, İsviçre), spektrofotometre (Biochrom Libra S22, İngiltere), pH metre (WTW 3110, Almanya) ve renk ölçüm cihazı (Minolta Co., Osaka, Japonya).

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kimyasal olarak aseton (Honeywell, ABD), $ZnCl_2$ (Sigma- Adrich, ABD), L-askorbik asit (Merck, German), emülgatör (Sorbitan yağ asidi esteri) (Tokyo Chemical Industry) ve anyonik polisakkarit (ksantan gam) kullanılmıştır.

3.2 Deneme Deseni

Karalahana ve maydanoz ve suyu örnekleri ayrı ayrı elde edilmiştir. Her bir sebze suyuna ayrı ayrı 4 farklı stabilizatör (askorbik asit, $ZnCl_2$, Tween-20 ve ksantan gam), 3 farklı konsantrasyonda (Çizelge 3.1.) ilave edilerek, elde edilen 72 adet örnek, 3 farklı sıcaklıkta (70, 80 ve 90°C), 2 tekerrürlü olarak analize tabi tutulmuşlardır. Bazı örnekler, Şekil 3.1’de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Karalahana ve maydanoz sularında kullanılan stabilizatörler ve kullanım konsantrasyonları

Stabilizatör madde	Konsantrasyon
Askorbik asit	%0.05, 1 ve 2
Çinko klorür ($ZnCl_2$)	100, 300 ve 600 ppm
Tween-20	%0.01, 0.05 ve 0.1
Ksantan gam	%0.01, 0.2 ve 0.5



Şekil 3.1. Analiz için hazırlanmış numuneler

3.2.1 Sebze sularının hazırlanması

Çalışmada kullanılan karalahana ve maydanoz, kaba kirleri, sararmış ve ezilmiş vb. kısımları uzaklaştırılarak yıkanmışlardır. Temizlenen hammaddelerin üzerine 1:2 w/v oranında deiyonize su ilave edilerek blendera (Arzum AR1028, Türkiye) konulan örnekler, makinenin üçüncü kademe ayarında, maydanoz 30 sn ve karalahana ise 40 sn tutularak parçalanmışlardır. Elde edilen pulp, 2 kat filtre kâğıdından (400*400 mm) süzülerek, sebze suları elde edilmiştir (Şekil 3.2). Bu sebze suları, hemen kullanılmak üzere buzdolabına ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$)kaldırılmışlardır.

3.2.2 Klorofil stabilite çalışmaları

Elde edilen sebze sularına, suda erir kuru madde miktarlarına göre farklı oranlarda stabilize edici maddeler ilave edilmiştir. Bu amaçla daha önceden yapılan ön deneyler neticesi belirlen Çizelge 3.1’de yer alan konsantrasyonlar kullanılmıştır.

Stabilize edici maddelerin ilavesinden hemen sonra, örnekler su banyosunda, farklı sıcaklıklarda (70, 80 ve 90°C) ve sürelerde (sıcaklık derecelerine göre sırasıyla 100, 60 ve 35 dk) ısıt işlem uygulanmıştır (Zhang ve ark., 2012).

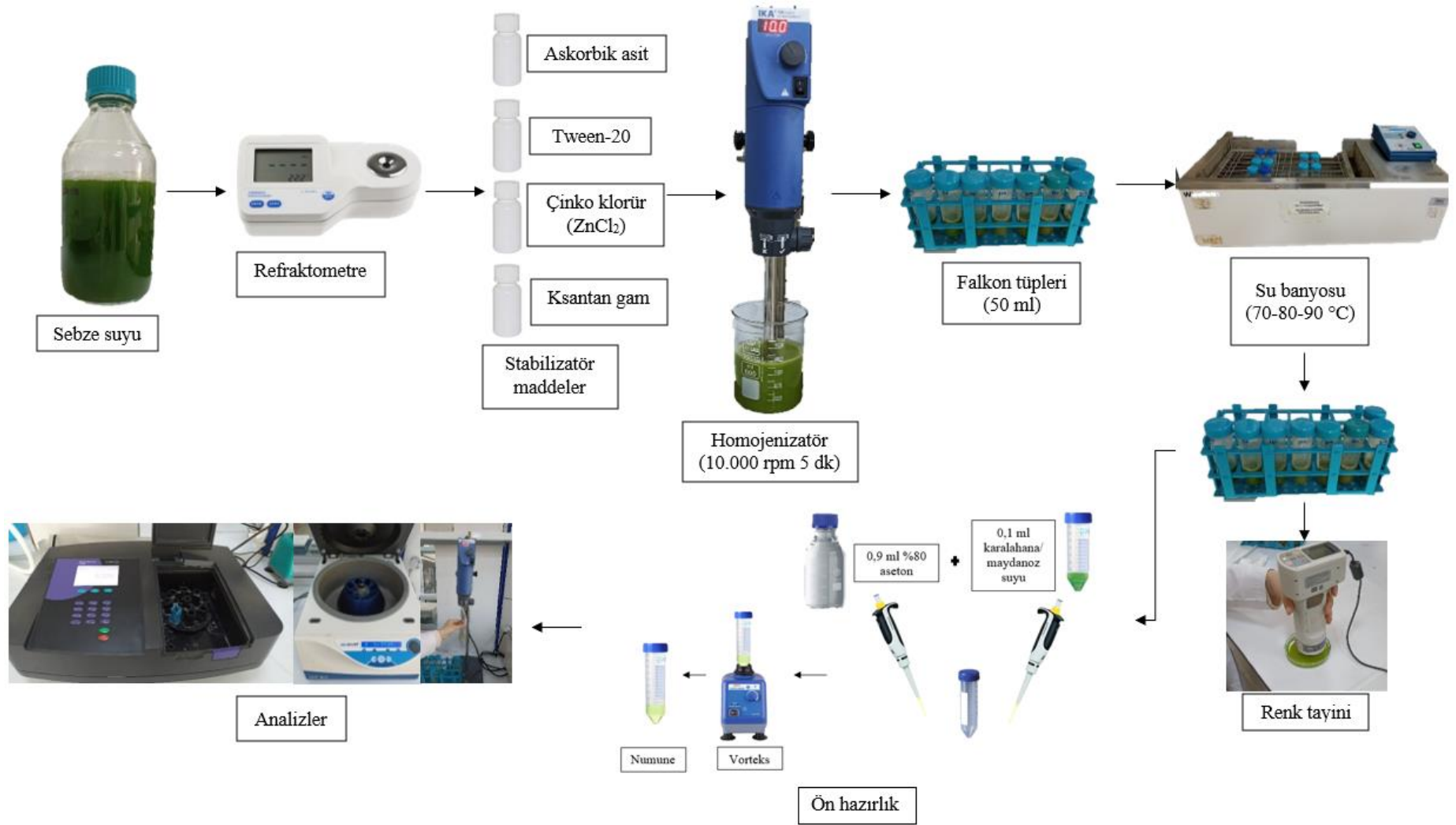


Şekil 3.2. Karalahana ve maydanoz sularının eldesi

Isıl işlem uygulamasında, her bir sıcaklık derecesi için farklı sayıda örnek kullanılmıştır. Ön deneme çalışmalarında belirlenen normlara göre, ısıtım işlem uygulanan sebze suları farklı süreler sonunda renk ve toplam klorofil analizine tabi tutularak klorofil degradasyonu seviyesi belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre,

- 70°C’de toplam 100 dk süre zarfında her 20 dakikada bir olmak üzere 6 örnek,
- 80°C’de toplam 60 dk süre zarfında her 10 dakikada bir olmak üzere 7 örnek,
- 90°C’de toplam 35 dk süre zarfında her 5 dakikada bir olmak üzere 8 örnek, alınarak analize tabi tutulmuştur.

Buna göre, araştırmada, stabilize edici ajan eklenmiş 20 ml sebze suyu, 50 ml’lik santrifüj tüpüne konmuştur. Bu örnekler klorofil degradasyonu için, farklı sıcaklıklardaki (70, 80 ve 90°C) su banyosunda ısıtım işleme tabi tutulmuştur. İşlem süreleri her bir muamele için farklı farklı olmuştur. Şekil 3.3’de araştırmaya ait akım şeması yer almaktadır.

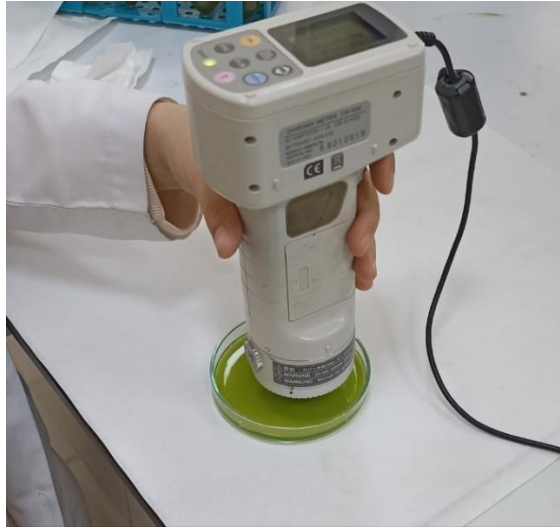


Şekil 3.3. Araştırmaya ait akım şeması

3.2.3 Analiz yöntemleri

3.2.3.1 Renk tayini

Hazırlanan karalahana ve maydanoz ve sularının CIELAB renk değerleri (L^* , a^* , b^*) Minolta CR-400 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.4). Bu amaçla öncelikle cihazın seramik plakası ile kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hammaddelerin renk değerleri sıvı formda belirlenirken, örnek yüzeyinde 3 noktadan renk ölçümü yapılmıştır. L^* , a^* , b^* CIE tarafından kabul edilen uluslararası renk uzayı değeridir. Bu değerlerden L^* parlaklığı belirtirken 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişmektedir. a^* değeri, negatif değerlerde yeşilliği belirtirken pozitif değerlerde kırmızılığı belirtir. b^* değeri ise negatif değerler ile maviliği belirtirken pozitif değerlerde sarılığı belirtmektedir (Koca ve ark., 2007).



Şekil 3.4. Karalahana ve maydanoz suları renk analizi

3.2.3.2 Suda çözünen kuru madde tayini

Yeşil sebze suları örneklerinde suda çözünür kuru madde ($^{\circ}$ Briks) miktarı dijital refraktometre (HI-96800 Atago-Pal Alpha, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010).

3.2.3.3 Spektrofotometrik toplam klorofil tayini

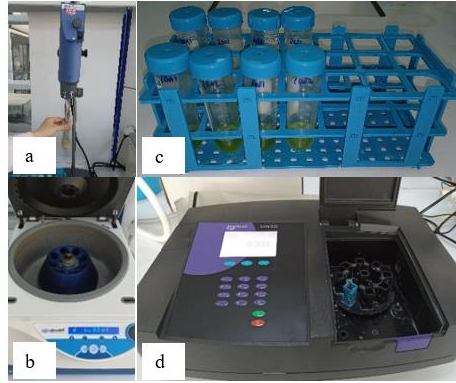
Klorofil a ve b konsantrasyonları, Van Loey ve ark. (1998) tarafından uygulanan yöntemin kısmen modifiye edilmesi ile ölçülmüştür. Stabilizasyon çalışması sırasında ısıtıl işleminden alınan örnekler soğuk su içerisine alınarak soğutulmuştur. Oda sıcaklığındaki örneklerden 1 ml örnek alınmış ve 9 ml aseton (%80 v/v) ile 10 ml'ye seyreltilmiştir. 1 dk 10.000 rpm'de homojenize edildikten sonra 3 dk 10.000 rpm'de santrifüjlenip spektrofotometrede 663 ve 645 nm'de absorbens değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.5) Toplam klorofil konsantrasyonu aşağıdaki dönüşüm formülleri kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 1 ve 2):

$$\text{Klorofil -a (mg/g)} = [((12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645})) \times 25 \times 1000] / \text{örnek ağırlığı} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$\text{Klorofil -b (mg/g)} = [((22.91 \times A_{663}) - (4.68 \times A_{645})) \times 25 \times 1000] / \text{örnek ağırlığı} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

A_{663} = 663 nm'deki absorbens değeri

A_{645} = 645 nm'deki absorbens değeri



Şekil 3.5. a) Homojenizatörde sebze sularını karıştırma b) Santrifüjde faz ayırma c) Analize hazırlanmış örnekler d) Spektrofotometrede klorofilin absorbens değerleri ölçümü

3.2.3.4 Klorofilin parçalanma kinetiği

Çalışmada farklı maddelerin karalahana ve maydanoz suyu örneklerinde farklı sıcaklıklarında ısıtıl işlem süresince klorofil parçalanma kinetiği incelenmiştir. Bu amaçla ısıtıl işlem süresince gerçekleştirilen analizler sonucu elde edilen veriler sıfırıncı, birinci ve ikinci dereceden kinetik modellere göre analiz edilmiş ve en yüksek R^2 değerini

sağlayan modele göre reaksiyon hız sabiti (k) hesaplanmıştır (Yıldız, 2016). Kinetik hız sabiti (k), klorofillerin termal bozunmasını sağlayan tahminini bir göstergedir. k değeri düştükçe, klorofil stabilitesi artmış olur (Loypimai ve ark., 2016). Çalışmada en yüksek R^2 değerleri birinci dereceden kinetik modelde tespit edilmiştir. Bu nedenle veriler Eşitlik 3'de verilen denkleme göre hesaplanmıştır (Toledo, 1986).

$$\ln (C / C_0) = - kt \quad (\text{Eşitlik 3})$$

$C = t$ süre sonundaki konsantrasyonu

C_0 = başlangıç klorofil konsantrasyonu

k = birinci dereceden hız sabiti (dk^{-1})

t = zaman (dk)

Arrhenius denklemi, reaksiyon sıcaklık ile hızı sabiti arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmaktadır (Martinus ve Bookel, 2008). $\ln k$ ile $(1/T)$ arasında doğrusal ilişki kurularak (Arrhenius grafiği), kalite parametrelerinin E_a 'sı, çizilen doğrunun eğiminden belirlenmiştir (Eşitlik 4) (Pohndorf ve ark., 2018). Arrhenius grafiğinin eğimi, genellikle bağımsız doğrulama olmaksızın reaksiyon veya süreçlerin aktivasyon enerjisini hesaplamak amacıyla kullanılmaktadır (Peleg ve ark., 2012).

$$\ln k = \ln A - (E_a / R * (1/T)) \quad (\text{Eşitlik 4})$$

A = Arrhenius sabiti

E_a = aktivasyon enerjisi (depolama sırasında renk değişimi için gereken minimum enerji) (kal/mol^{-1})

k = birinci dereceden reaksiyon hız sabiti (dk^{-1})

R = evrensel gaz sabiti ($1.987 kal/mol^{-1}$)

T = depolama sıcaklığı (K)

Tüm kinetik hesaplamalar Microsoft Excel programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

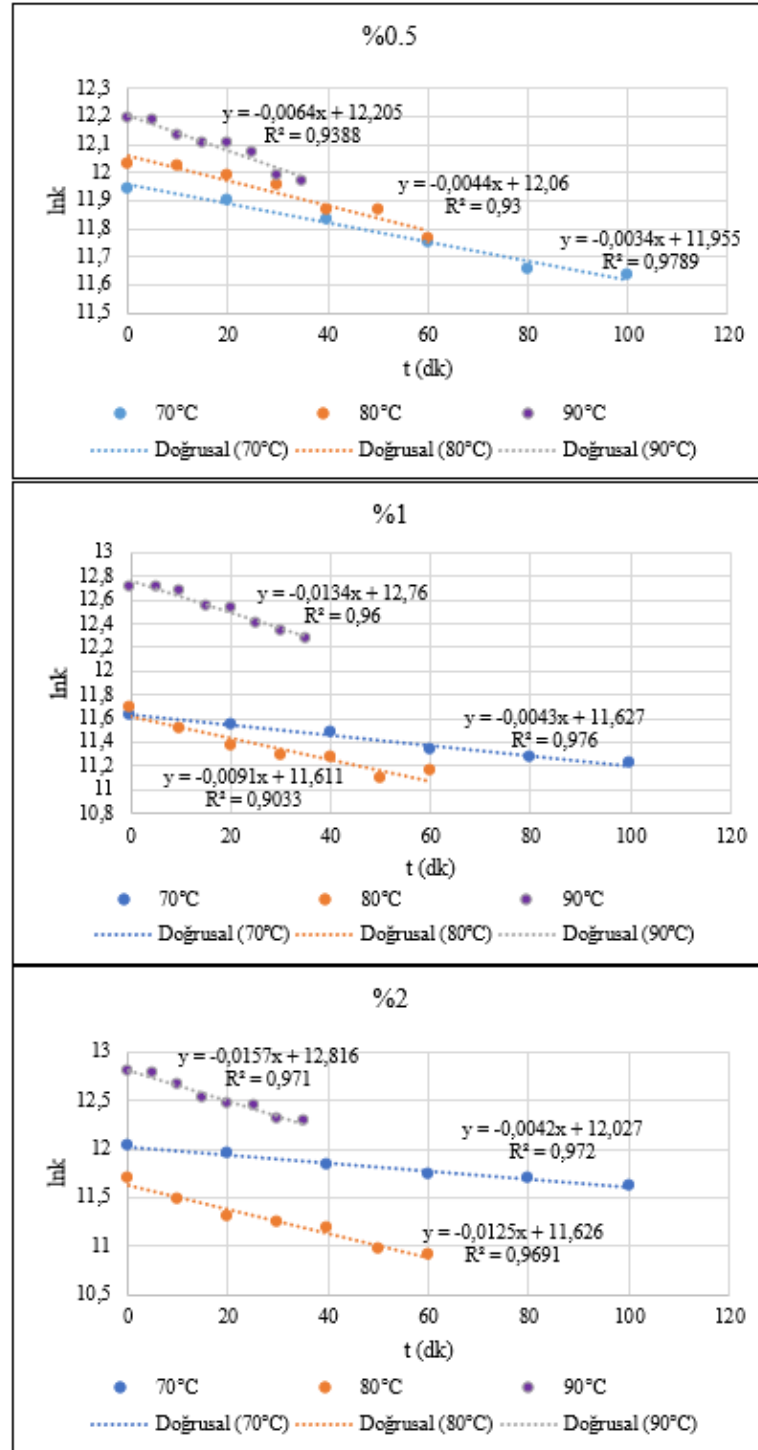
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1 Askorbik Asit İlave Edilmiş Örneklerin Sonuçları

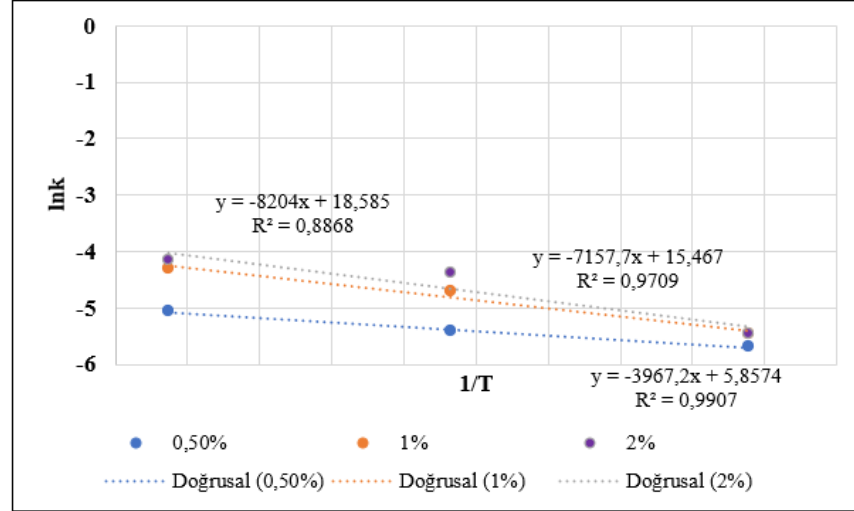
Karalahana suyu

Isıl işlem uygulaması yeşil meyve ve sebze ürünlerinin görsel ve duyu kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Bu noktada klorofil degradasyonunu önlemek ya da en aza indirmek büyük önem taşımaktadır (Koca ve ark., 2007). %0.5, 1 ve 2 oranlarında askorbik asit ilave edilmiş karalahana sularına ait 70, 80 ve 90°C sıcaklıklardaki klorofil konsantrasyonu değişimi Şekil 4.1’de verilmiştir. Daha önce birçok yeşil meyve ve sebzede klorofillerin termal bozunma kinetiği ve görsel yeşil renk kaybı üzerine yapılan çalışmalarda benzer sıcaklıklar (70, 80 ve 90°C) kullanılmıştır (Koca ve ark., 2007; Zhang ve ark., 2012; Ahmed ve ark., 2012; Lien, 2016). Karalahana sularında klorofil degradasyonu beklenildiği gibi sıcaklığın artmasıyla beraber hızlanmıştır. Klorofilin sulu çözeltilerde birinci dereceden kinetiğe göre reaksiyon izlediği daha önce yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Shen ve ark., 2010). Benzer şekilde karalahana suyuna askorbik asit ilave edildiğinde klorofil degradasyonunun birinci dereceden kinetiğe uygun olarak gerçekleştiği belirlenmiştir.

Arrhenius denklemi, sıcaklığın üzerinde çalışılan kimyasal reaksiyon hızları üzerindeki matematiksel etkisini açıklamakta ve reaksiyon hızı tahminlerinin temeli olarak düşünülmektedir. Arrhenius denkleminin farklı renk parametrelerindeki değişiklikleri uygun şekilde tahmin edebileceği de bilinmektedir (Pedreschi ve ark., 2005). 70-100°C arasındaki sıcaklıklarda ısıl işlem uygulamasının yeşil kuşkonmazdaki renk değişiklikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada birinci dereceden reaksiyon kinetiğini takip ettiği bildirilmiştir. (Lau ve ark., 2000). Meyve ve sebzelerde klorofil ve renk değişikliklerinin kinetik modellemesinin Arrhenius denklemi ile açıklanabileceği öne sürülmüştür (Devahastin ve Niamnuy, 2010; Esua ve ark., 2019). Farklı oranlarda askorbik asit (%0.5, 1 ve 2) ilave edilmiş karalahana suyuna ait Arrhenius grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekile göre elde edilen doğruların eğimlerinden hesaplanan aktivasyon enerjisi değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler



Şekil 4.2. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

Renk ve klorofil kinetik modelini daha fazla incelemek için renk ve klorofil değişiminin sıcaklığa bağımlılığı, aktivasyon enerjisi (E_a) ve korelasyon katsayıları (R^2) belirlenmiştir. Farklı askorbik asit konsantrasyonlarında klorofilin degradasyon kinetiğine ait regresyon denkleminin R^2 değerlerinin büyük bir kısmı 0.90'ın üzerinde bulunmuştur. Karalahana suyunda askorbik asit konsantrasyon artışına bağlı olarak E_a değerleri sırasıyla 7882.8 kal/mol, 14222.4 kal/mol ve 16301.4 kal/mol olarak bulunmuştur. Aktivasyon enerjisinin, askorbik asit konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak artış gösterdiği görülmüştür. En yüksek değer %2 konsantrasyonda, en düşük değer ise %0.5 konsantrasyona ait bulunmuştur. Aktivasyon enerjisinin artması, reaksiyonun sıcaklık değişimine çok daha duyarlı olduğunu göstermektedir (Özkan, 2022). Balouchi ve ark., (2012) yaptıkları çalışmada benzer şekilde askorbik konsantrasyonu arttıkça aktivasyon enerjinin arttığını bildirmiştir.

Aktivasyon enerjisine göre bu tip endüstriyel meyve ve sebze sularında ısıtma işlem sıcaklığı olan 115°C'deki parçalanma hız sabitleri sırasıyla 0.014 dk⁻¹, 0.061 dk⁻¹ ve 0.095 dk⁻¹ olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere askorbik asit konsantrasyonun artışı 115°C'deki klorofil degradasyonunu hızlandırıcı etki göstermiştir. Bu nedenle askorbik asidin %0,5 oranında kullanılması önerilmektedir. Benzer şekilde, Balouchi ve ark. (2012) brokoli çiçeklerinin hasat sonrası ömrünü arttırmada %0,5 oranında askorbik asidin etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun nedeni olarak askorbik asidin klorofil degradasyonu reaksiyonuna katılmış olabileceği düşünülmektedir.

Askorbik asit, küçük molekül ağırlıklı suda çözünür antioksidan moleküldür (Shalata ve Neumann, 2001) ve askorbik asidin kullanımı, bitkilerin oksidatif strese ve gecikmiş yaşlanmaya karşı direnci ile ilişkilidir. Askorbik asit uygulamasının klorofil bozunmasını geciktirdiği bilinmektedir (Farouk, 2011).

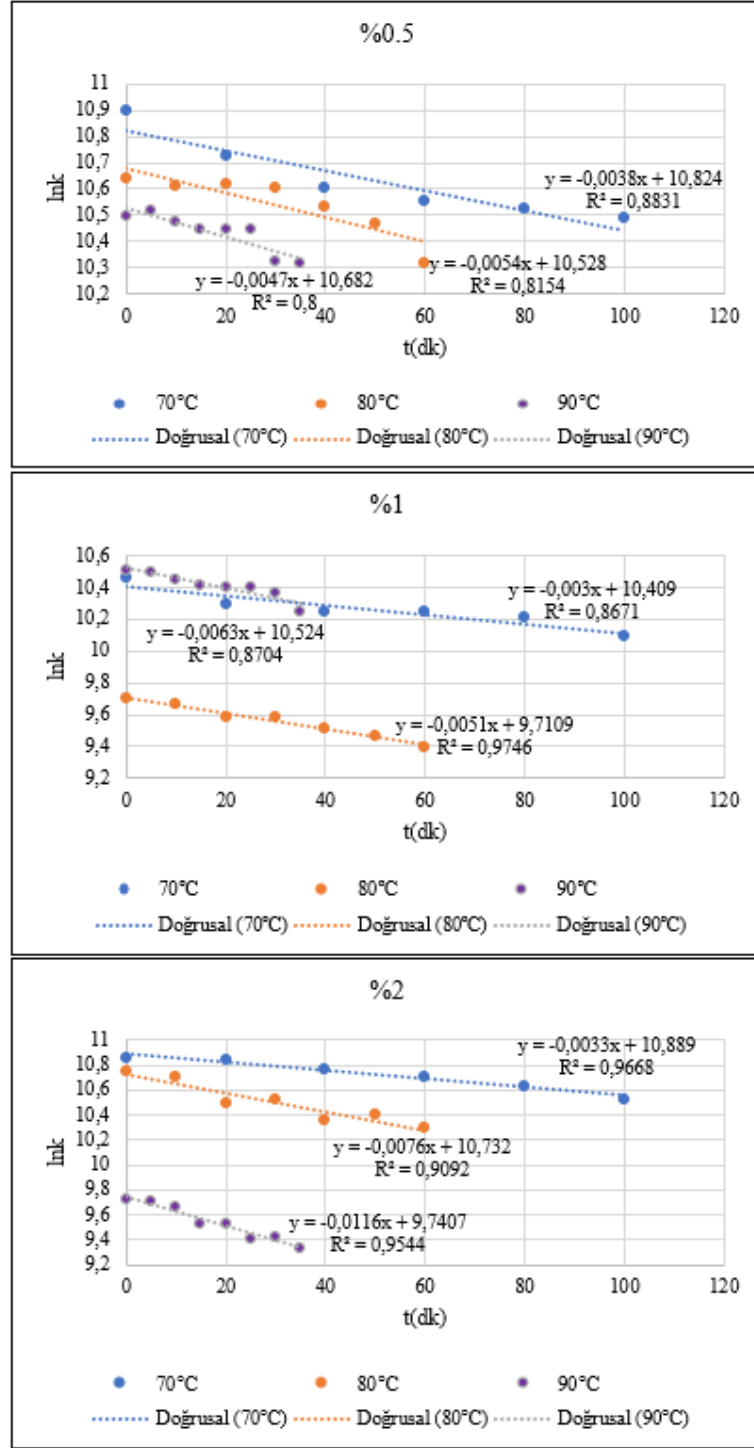
Çizelge 4.1. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

	Askorbik Asit Konsantrasyonu (%)		
	0.50	1	2
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	7882.8	14222.390	16301.4
Arrhenius sabiti	349.8	5214967	1.18E+08
115°C'de hız sabiti (dk ⁻¹)	0.014	0.061	0.095
z değeri (K)	72.2	40.2	35.2

Çalışma kapsamında reaksiyonuna ait z değerleri de hesaplanmıştır. z değerinin azalması reaksiyonun sıcaklığa karşı hassasiyeti artırıcı etki gösterir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak z değerleri sırasıyla 72.2 K, 40.2 K ve 35.2 K olarak kaydedilmiştir. %0.5 oranında hesaplanan z değeri, %2'de hesaplanan z değerinin 2 katından fazla olarak belirlenmiştir. Bu durum, %0.5 konsantrasyonda sıcaklık değişimine karşı askorbik asidin klorofil degradasyonunu daha çok önleyici etki gösterdiğini göstermektedir.

Maydanoz suyu

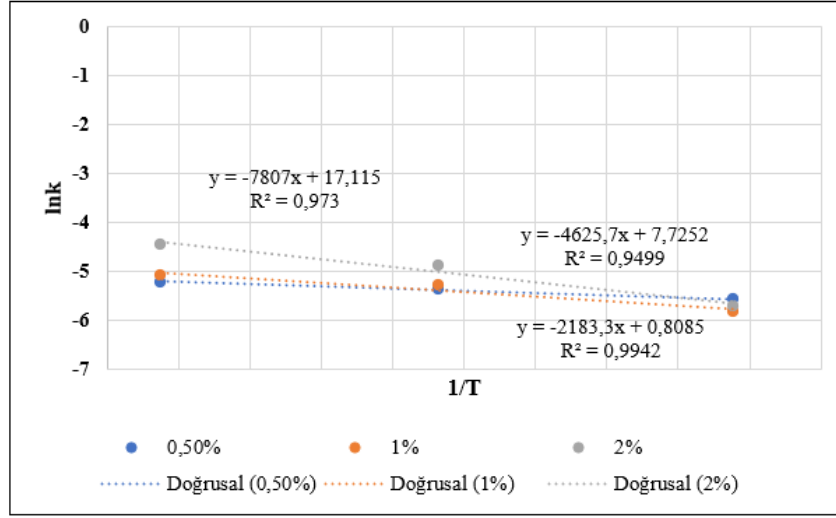
%0.5, 1 ve 2 oranlarında askorbik asit ilave edilmiş maydanoz sularına 70, 80 ve 90°C sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlem süresince klorofil konsantrasyonu değişimi Şekil 4.3'de verilmiştir. Maydanoz sularının klorofil degradasyonu beklenildiği gibi sıcaklığın artmasına bağlı olarak hızlanmıştır. Klorofil degradasyonu birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak gerçekleşmiştir. Steet ve Tong (1996), bezelyelerde yeşil renk ve klorofillerin bozunma kinetiği üzerine yaptığı bir çalışmada görsel yeşil renk kaybının, fiziksel bir özellik olarak $-a$ değeri kullanarak birinci dereceden bir modelle ifade edilebileceğini bildirmiştir.



Şekil 4.3. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler

Farklı oranlarda (%0.5, 1, 2) askorbik asit ilave edilmiş ve farklı sıcaklıklarda ısı işlem uygulanmış maydanoz suyuna ait Arrhenius grafiği Şekil 4.4'te ve klorofil degradasyonu kinetiğine ait kinetik parametreler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere aktivasyon enerjisi askorbik asit konsantrasyonunun artmasına bağlı

olarak sırasıyla 4338.2 kal/mol, 9191.2 kal/mol ve 15512.5 kal/mol olarak hesaplanmıştır. En düşük değer %0.5 konsantrasyonunda, en yüksek değer ise %2 konsantrasyonuna aittir. 115°C'deki hız sabitleri sırasıyla 0.009 dk⁻¹, 0.017 dk⁻¹ ve 0.061 dk⁻¹ olarak belirlenmiştir. Buna göre %2 konsantrasyondaki parçalanma hızı, %1 konsantrasyondaki parçalanma hızının 3 katından fazla olarak bulunmuştur. Yine %1 konsantrasyondaki parçalanma hızı da %0.5 konsantrasyonun 2 katıdır. Görüldüğü üzere askorbik asit konsantrasyonunun artışı 115°C'deki klorofil degradasyonunu hızlandırıcı etki göstermiştir.



Şekil 4.4. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

Çizelge 4.2'de aktivasyon enerjisi değerlerinden hesaplanan z değerleri sırasıyla 131.5 K, 62.2 K ve 36.9 K olarak hesaplanmıştır. z değerinin azalması reaksiyonun sıcaklığa karşı hassasiyeti arttırıcı etki gösterir. Dolayısıyla karalahana suyunda olduğu gibi maydanoz suyunda da %0.5 askorbik asit konsantrasyonunun klorofil degradasyonunu önleyici etkisinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

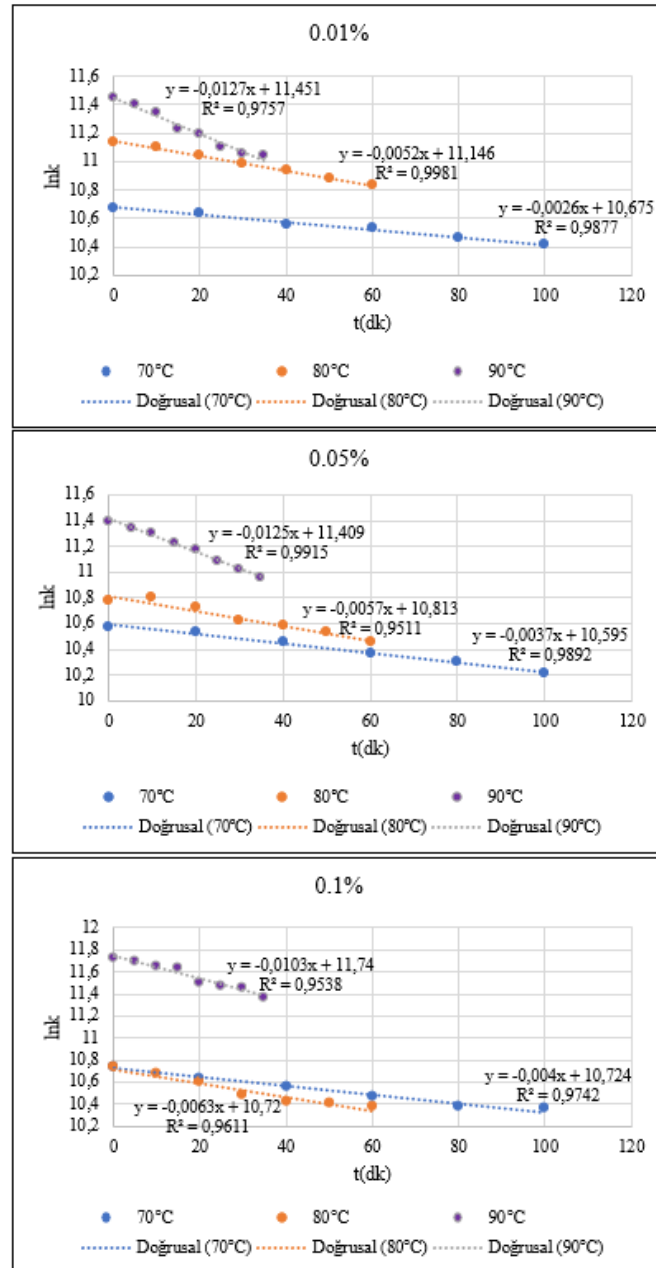
Çizelge 4.2. Farklı oranlarda askorbik asit ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

	Askorbik Asit Konsantrasyonu (%)		
	0.5	1	2
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	4338.2	9191.2	15512.6
Arrhenius sabiti	2.2	2264.8	27101469.9
115°C'de hız sabiti (dk ⁻¹)	0.009	0.017	0.061
z değeri (K)	131.5	62.2	36.9

4.2 Tween-20 İlave Edilmiş Örneklerin Sonuçlar

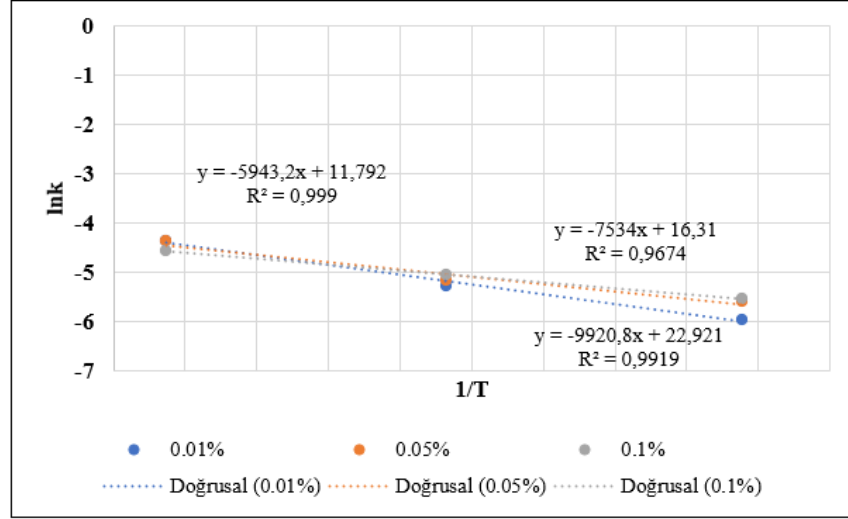
Karalahana suyu

%0.01, 0.05 ve 0.1 oranlarında Tween-20 ilave edilmiş karalahana sularına 70, 80 ve 90°C sıcaklıklarda uygulanan ısıtıl işlem süresince klorofil konsantrasyonu değişimi Şekil 4.5'te verilmiştir. Beklenildiği üzere sıcaklığın artışı klorofil degradasyonunu hızlandırıcı etki gösterdiği gözlenmiştir.



Şekil 4.5. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler

Farklı oranlarda (%0.01, 0.05, 0.1) Tween-20 ilave edilmiş ve farklı sıcaklıklarda ısıtıl işlem uygulanmış karalahana suyuna ait Arrhenius grafiği Şekil 4.6’da verilmiştir. Şekildeki doğruların eğimlerinden hesaplanan aktivasyon enerjisi, Arrhenius sabiti, 115°C’deki hız sabiti ve z değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Tween-20 konsantrasyonu artışına bağlı olarak aktivasyon enerji değerleri sırasıyla 19712.7 kal/mol, 14970.1 kal/mol ve 11809.1 kal/mol olarak kaydedilmiştir. En yüksek değer %0.01 konsantrasyona, en düşük değer ise %0.1 konsantrasyona aittir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak aktivasyon enerji değerlerinde düşüş görülmüştür.



Şekil 4.6. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

115°C’deki hız sabitleri sırasıyla konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla 0.091 dk⁻¹, 0.054 dk⁻¹ ve 0.034 dk⁻¹ olarak belirlenmiştir. %0.01 konsantrasyondaki hız sabiti, %0.1 konsantrasyondaki hız sabitinin yaklaşık 3 katıdır. Dolayısıyla Tween-20 konsantrasyonunun artışının 115°C’deki klorofil degradasyonunu yavaşlatıcı etkiye neden olduğu görülmüştür.

Tween-20 konsantrasyonu artışına bağlı olarak z değerleri sırasıyla 28.9 K, 37.9 K ve 48.2 K olarak kaydedilmiştir. Tween-20 konsantrasyonu arttıkça z değerlerinin de arttığı görülmüştür. %0,1 oranda hesaplanan z değeri, %0.01’de hesaplanan z değerinin yaklaşık 2 katıdır. z değerinin azalması reaksiyonun sıcaklığa karşı hassasiyetini arttırıcı

etki gösterdiğinden Tween-20'nin %0.1 konsantrasyonda kullanımının karalahana suyunda klorofil degradasyonunu önlemede etkili olduğu görülmektedir.

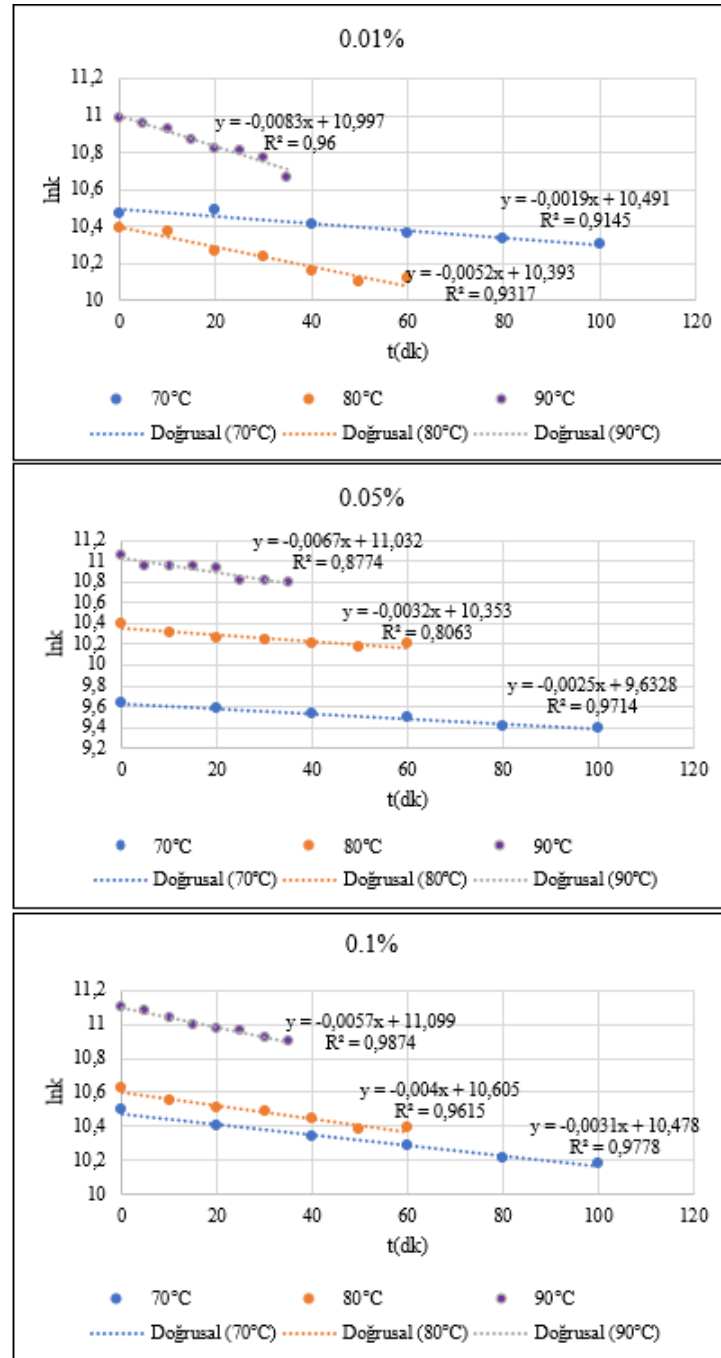
Çizelge 4.3. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

	Tween-20 Konsantrasyonu (%)		
	0.01	0.05	0.1
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	19712.7	14970.1	11809.1
Arrhenius sabiti	9003802868	12112644.2	132138.4
115°C'de hız sabiti (dk ⁻¹)	0.091	0.054	0.034
z değeri (K)	28.9	37.9	48.2

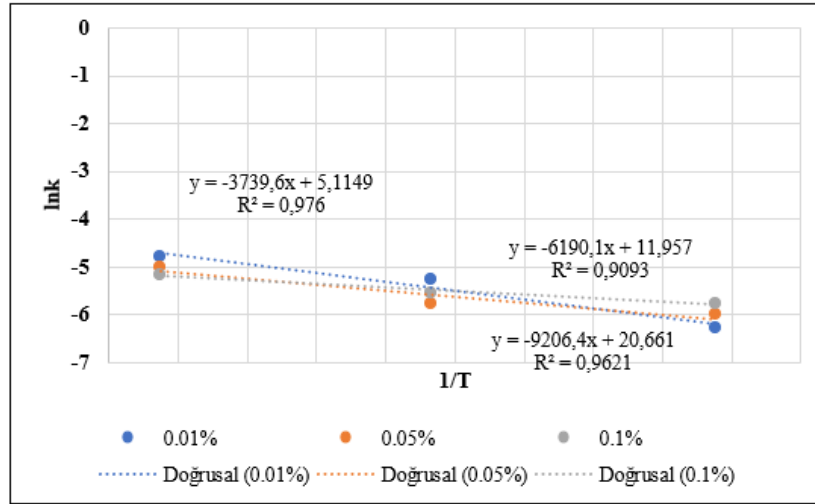
Maydanoz suyu

%0.01, 0.05 ve 0.1 oranlarında Tween-20 ilave edilmiş karalahana sularına 70, 80 ve 90°C sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlemi süresince klorofil konsantrasyonu değişimi Şekil 4.7'de verilmiştir. Öngörüldüğü üzere maydanoz suyunda sıcaklığın artışı klorofil degradasyonunu hızlandırmıştır.

Farklı oranlarda (%0.01, 0.05, 0.1) Tween-20 ilave edilmiş ve farklı sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulanmış maydanoz suyuna ait Arrhenius grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir. Şekile göre elde edilen doğruların eğimlerinden kinetik parametreler Çizelge 4.4'te verilmiştir. Aktivasyon enerjileri Tween-20 konsantrasyonu artışına bağlı olarak sırasıyla 18293.1 kal/mol, 12299.7 kal/mol ve 7430.6 kal/mol olarak kaydedilmiştir. %0,01 konsantrasyondaki E_a değeri, %0,1 konsantrasyondaki değerin 2 katından fazladır. Aktivasyon enerjisinin azalmasının, reaksiyonun sıcaklık değişimine daha az duyarlı olduğunu gösterdiğinden %0,1 konsantrasyonun klorofil degradasyonunu yavaşlatıcı etki gösterdiği bulunmuştur. Tween-20 ilave edilmiş maydanoz suyunun 115°C'deki hız sabitleri sırasıyla 0.059 dk⁻¹, 0.022 dk⁻¹ ve 0.012 dk⁻¹ olarak belirlenmiştir. En yüksek değer %0.01 konsantrasyona, en düşük değer ise %0.01 konsantrasyona aittir. Bu verilere bakarak Tween-20 konsantrasyonunun artışı 115°C'deki klorofil degradasyonunu yavaşlatıcı etki gösterdiği görülmüştür.



Şekil 4.7. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler



Şekil 4.8. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

Tween-20 konsantrasyon artışına bağlı olarak z değeri sırasıyla 31.2 K, 46.1 K ve 76.5 K olarak kaydedilmiştir. Bu z değerlerine bakıldığında konsantrasyon artışına bağlı z değerlerinin de arttığı görülmektedir. Bu nedenle maydanoz suyunda klorofil degradasyonunu önlemede %0,1 oranında Tween-20 kullanımının etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Farklı oranlarda Tween-20 ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

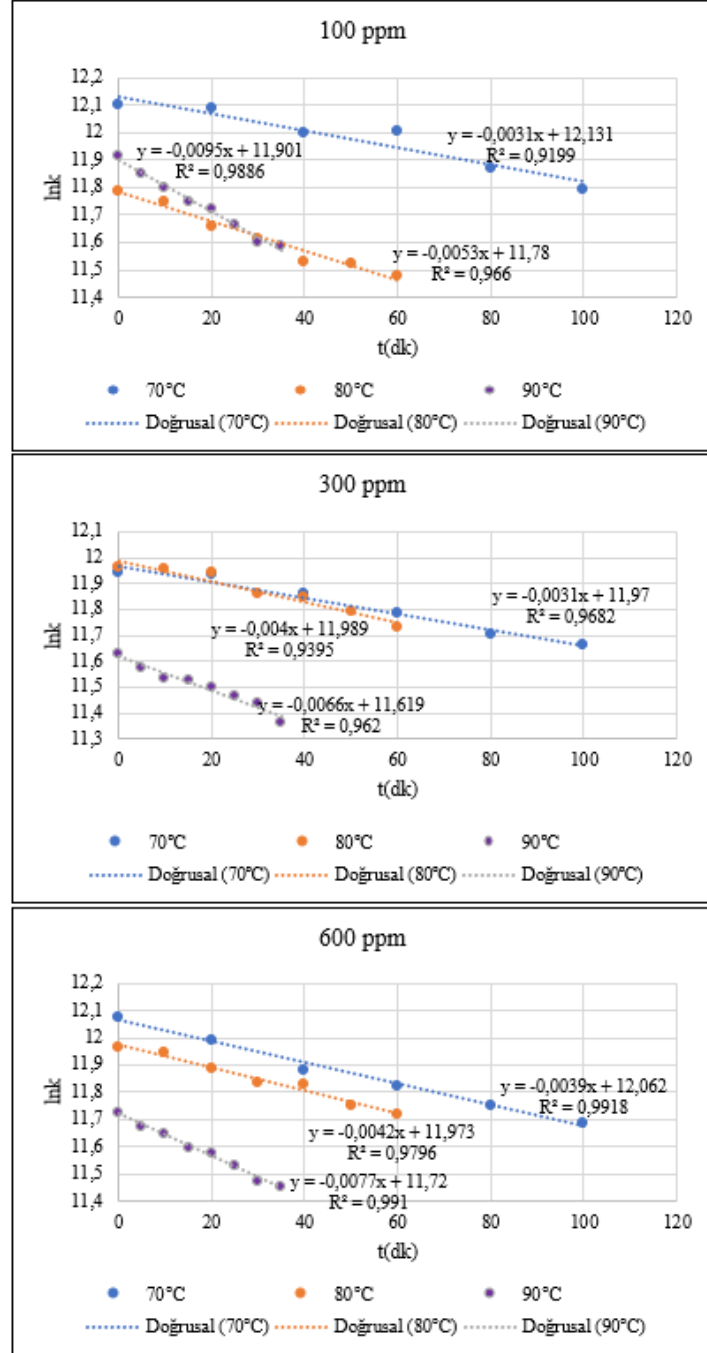
	Tween-20 Konsantrasyonu (%)		
	0.01	0.05	0.1
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	18293.2	12299.7	7430.6
Arrhenius sabiti	939937983.3	155936.3	166.5
115°C'de hız sabiti (dk^{-1})	0.059	0.022	0.012
z değeri (K)	31.2	46.1	76.5

4.3 ZnCl₂ İlave Edilmiş Örneklerdeki Sonuçlar

Karalahana suyu

100, 300 ve 600 ppm oranlarında ZnCl₂ ilave edilmiş karalahana sularına 70, 80 ve 90°C sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlemi süresince klorofil konsantrasyonu değişimi

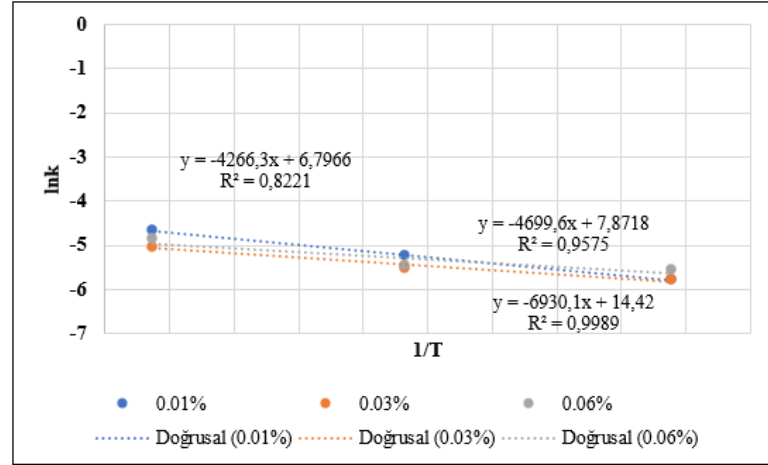
Şekil 4.9’da verilmiştir. Karalahana sularının klorofil degradasyonu beklenildiği gibi sıcaklığın artmasıyla beraber hızlanmıştır.



Şekil 4.9. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler

Karalahana suyuna ait farklı oranlarda (100, 300 ve 600 ppm) $ZnCl_2$ ilave edilen Arrhenius grafiği Şekil 4.10’da verilmiştir. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere aktivasyon enerjisi değerleri ZnCl_2 konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla 13770.1 kal/mol, 9338.0 kal/mol ve 8477.2 kal/mol olarak kaydedilmiştir. 100 ppm konsantrasyonda elde edilen değer 600 ppm konsantrasyonda elde edilen değer yaklaşık %60 daha fazladır. Dolayısıyla aktivasyon enerjisi, ZnCl_2 konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak azalmıştır. 115°C ’deki hız sabitleri sırasıyla 0.038 dk^{-1} , 0.016 dk^{-1} ve 0.017 dk^{-1} olarak belirlenmiştir. 100 ppm konsantrasyondaki parçalanma hız sabiti, 600 ppm konsantrasyondaki hız sabitinin 2 katından fazladır. Dolayısıyla ZnCl_2 konsantrasyonunun artışına bağlı olarak klorofil degradasyonunu önleyici etkisinin arttığı görülmektedir. Ancak 300 ppm ile 600 ppm arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Karadeniz ve ark., (2005) yaptıkları çalışmada bezelye üzerine farklı konsantrasyonda ZnCl_2 (75, 100, 150 ppm) ilavesinin haşlanmış bezelyelerde yeşil rengin stabilizasyonunda etkili olmadığını, kullanılan konsantrasyonların yetersiz olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.10. Farklı oranlarda ZnCl_2 ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

Çizelge 4.5’de aktivasyon enerjisinden hesaplanan z değerleri verilmiştir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla 41.3 K, 60.8 K ve 66.7 K olarak bulunmuştur. Bu değerlere bakıldığında konsantrasyon artışının z değerini de arttığı görülmektedir. z değerinin artması reaksiyonun sıcaklığa karşı hassasiyetini azaltıcı etki gösterdiğinden 300 ppm oranında ZnCl_2 kullanımının klorofil degradasyonunu önlemede etkili olduğu görülmüştür.

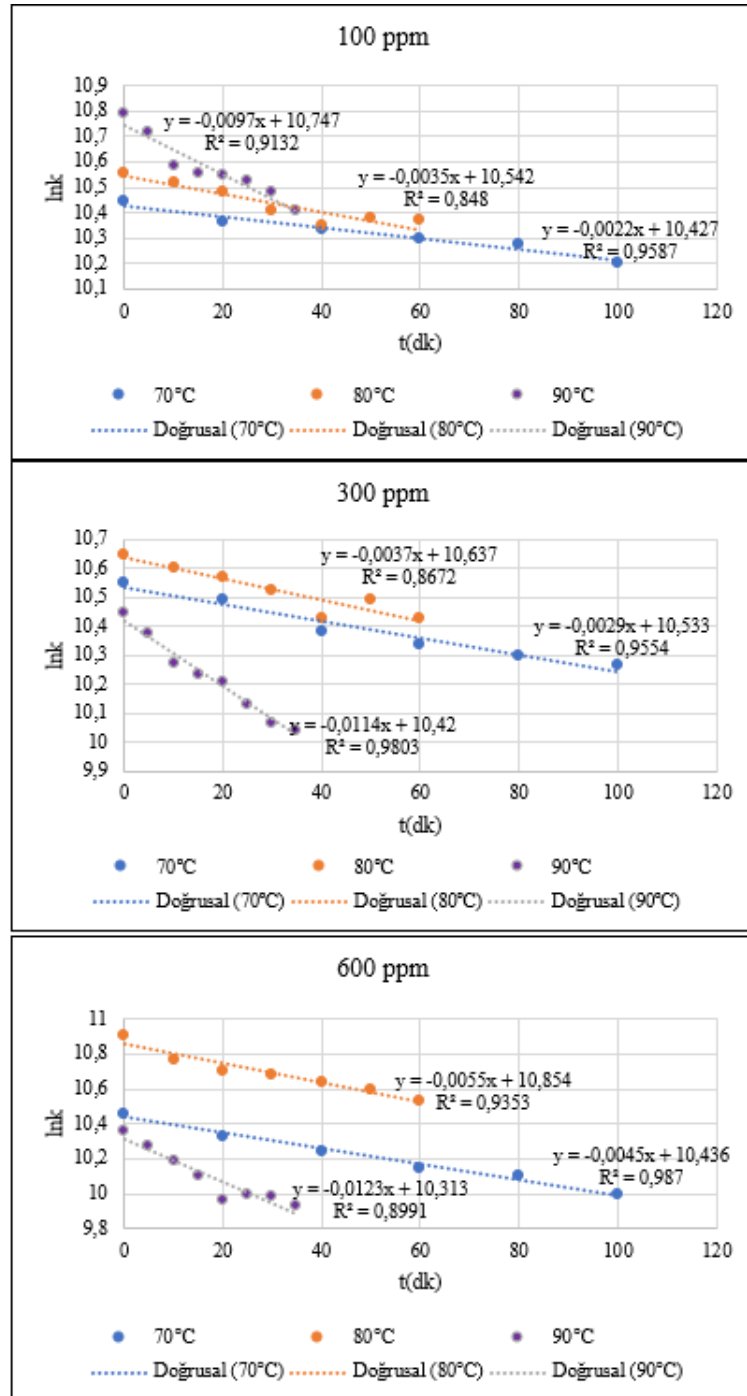
Çizelge 4.5. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

	$ZnCl_2$ Konsantrasyonu (ppm)		
	100	300	600
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	13770.1	9338.0	8477.2
Arrhenius sabiti	1830452.7	2622.4	894.8
115°C’de hız sabiti (dk ⁻¹)	0.038	0.016	0.017
z değeri (K)	41.3	60.8	66.7

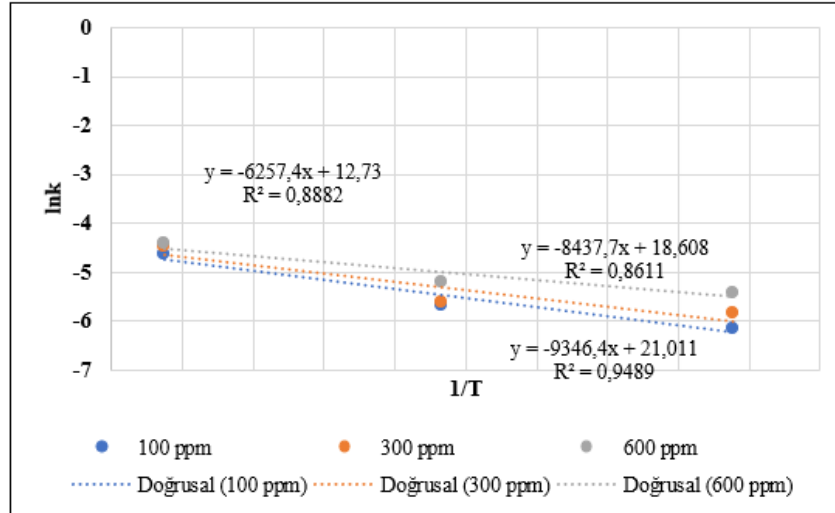
Maydanoz suyu

100, 300 ve 600 ppm oranlarında $ZnCl_2$ ilave edilmiş karalahana sularına 70, 80 ve 90°C sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlem süresince klorofil konsantrasyonu değişimi Şekil 4.11’de verilmiştir. Maydanoz suyunda sıcaklığın artışı klorofil degradasyonunu hızlandırmıştır.

Farklı sıcaklıklarda ısıtma işlem uygulanmış ve farklı oranlarda (100, 300 ve 600 ppm) $ZnCl_2$ ilave edilen maydanoz suyuna ait Arrhenius grafiği Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Çizelge 4.6’da elde edilen doğruların eğimlerinden hesaplanan kinetik parametreler verilmiştir. $ZnCl_2$ konsantrasyon artışına bağlı olarak aktivasyon enerji değerleri sırasıyla 18571.2 kal/mol, 16765.6 kal/mol, 12433.4 kal/mol olarak bulunmuştur. En düşük değer 600 ppm konsantrasyonunda, en yüksek değer ise 100 ppm konsantrasyonunda olduğu gözlemlenmiştir. $ZnCl_2$ ilave edilmiş maydanoz suyunun 115°C’deki hız sabitleri sırasıyla 0.059 dk⁻¹, 0.054 dk⁻¹ ve 0.039 dk⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu verilere bakarak $ZnCl_2$ konsantrasyonunun artışının 115°C’deki klorofil degradasyonunu yavaşlatıcı etki gösterdiği görülmüştür. Özkan ve Ersus Bilek (2015) yaptıkları bir çalışmada, ıspanak yapraklarındaki klorofil türevlerinin çinko kompleksi oluşumunu ve stabil gıda renklendiricisi üretimine etkisini incelemişlerdir. Zn-klorofil türevlerinin oluşumu nedeniyle, en yüksek yeşil rengin, ıspanak hamuruna pH 7’de 300 ppm $ZnCl_2$ eklendiğinde ve ardından 110 °C’de 15 dakika ısıtma uygulandığında elde edildiği belirtilmiştir.



Şekil 4.11. Farklı oranlarda $ZnCl_2$ ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler



Şekil 4.12. Farklı oranlarda ZnCl_2 ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

Çizelge 4.6’da maydanoz suyuna farklı konsantrasyonlarda ZnCl_2 ilave edilmiş örneklerin z değerleri verilmiştir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak z değerleri sırasıyla 30.6 K, 33.8 K ve 45.6 K olarak kaydedilmiştir. Bu verilere bakıldığında ZnCl_2 konsantrasyonu artışının z değerinde çok az artışa neden olduğu görülmektedir. 100 ppm konsantrasyonda z değeri, 600 ppm’deki z değerinden 1,5 kat daha yüksektir. Bu nedenle 600 ppm oranda ZnCl_2 kullanımının klorofil stabilitesi için en uygun konsantrasyon olduğu söylenebilir.

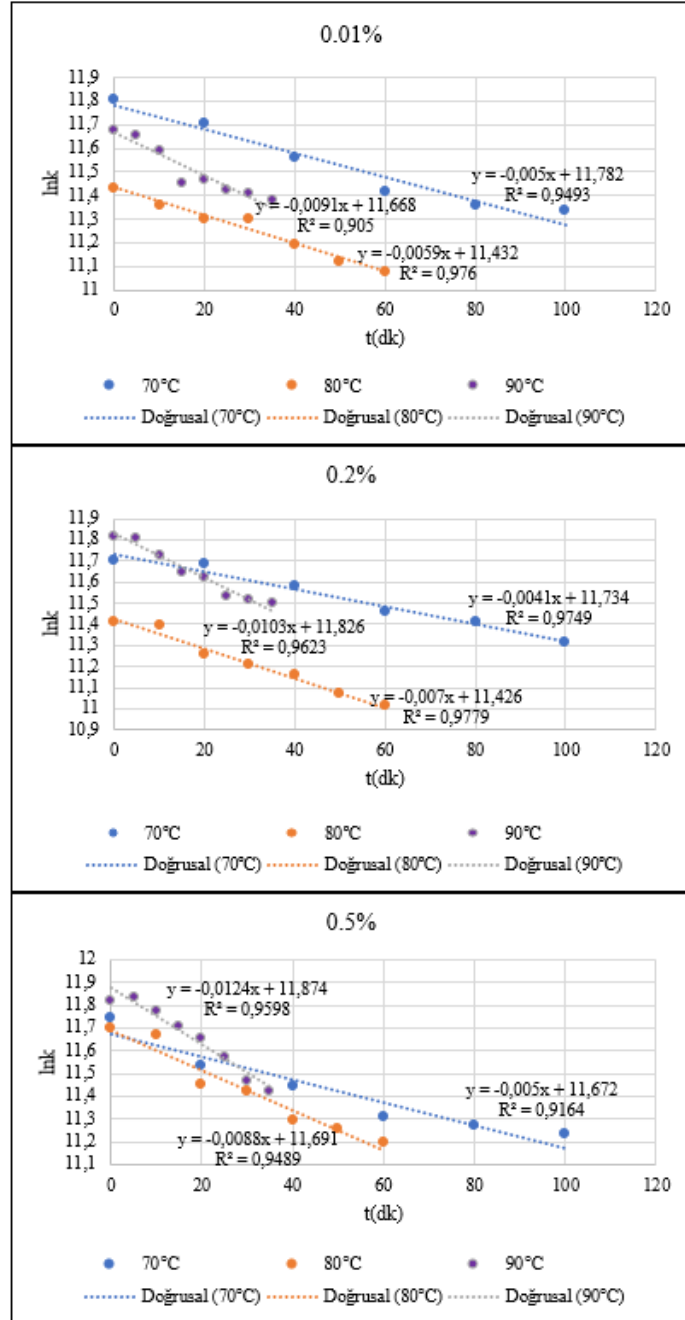
Çizelge 4.6. Farklı oranlarda ZnCl_2 ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

	ZnCl_2 Konsantrasyonu (ppm)		
	100	300	600
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	18571.2	16765.6	12433.4
Arrhenius sabiti	1332799797	120601807.400	337864.314
115°C’de hız sabiti (dk^{-1})	0.059	0.054	0.039
z değeri (K)	30.6	33.8	45.6

4.4 Ksantan Gam İlave Edilmiş Örneklerdeki Sonuçlar

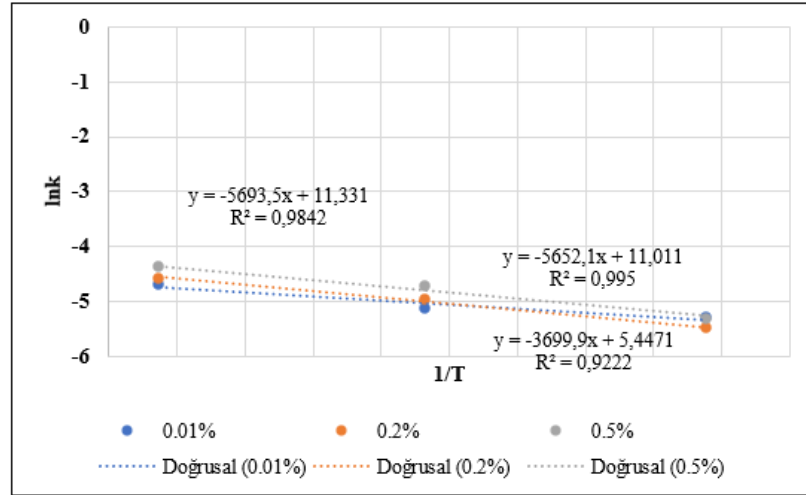
Karalahana suyu

%0.01, 0.2 ve 0.5 oranlarında ksantan gam ilave edilmiş karalahana sularına 70, 80 ve 90°C sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlemi süresince klorofil konsantrasyonu değişimi Şekil 4.14'te verilmiştir. Karalahana suyunda sıcaklığın artışı klorofil degradasyonunu hızlandırmıştır.



Şekil 4.13. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler

Farklı sıcaklıklarda ısıtım işlem uygulanmış ve farklı oranlarda (%0.01, 0.2 ve 0.5) ksantan gam ilave edilen maydanoz suyuna ait Arrhenius grafiği Şekil 4.14’de verilmiştir. Bu şekile göre elde edilen doğruların eğimlerinden hesaplanan aktivasyon kinetik parametreler Çizelge 4.7’de verilmiştir. Aktivasyon enerjileri konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla 7351.6 kal/mol, 11230.7 kal/mol ve 11312.9 kal/mol olarak bulunmuştur. Dolayısıyla aktivasyon enerjisi ksantan gam konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak artmıştır. 115°C’deki hız sabitleri sırasıyla 0.018 dk⁻¹, 0.033 dk⁻¹ ve 0.041 dk⁻¹ olarak belirlenmiştir. %0,5 konsantrasyondaki hız sabiti, %0,01 konsantrasyondaki hız sabitinin 2 katından fazladır. Ksantan gam konsantrasyonunun artışı 115°C’deki klorofil degradasyonunu hızlandırıcı etki göstermiştir. Bu nedenle degradasyonu önlemede en etkili konsantrasyonun %0.01 olduğu görülmektedir. Stabilize edici maddeler ilave edilmiş karalahana suyunun 115°C’de klorofil parçalanma hızına ait grafik Ek 2’de verilmiştir. Benzer şekilde Selig ve ark., (2020) yaptıkları çalışmada bakır klorofilin seyreltik çözeltilerine farklı konsantrasyonda (%0.05-0.5) ksantan gam ilave etmişler ve en düşük konsantrasyonun (%0,05) degradasyonu önlemede en etkili sonucu verdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.14. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

Konsantrasyon artışına göre z değerleri sırasıyla 77.1 K, 50.8 K ve 50.5 K olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). En yüksek değer %0,01 konsantrasyona, en düşük değer ise %0,5 konsantrasyona aittir. Karalahana suyunda ksantan gam konsantrasyon artışına bağlı olarak z değerinin azaldığı görülmektedir.

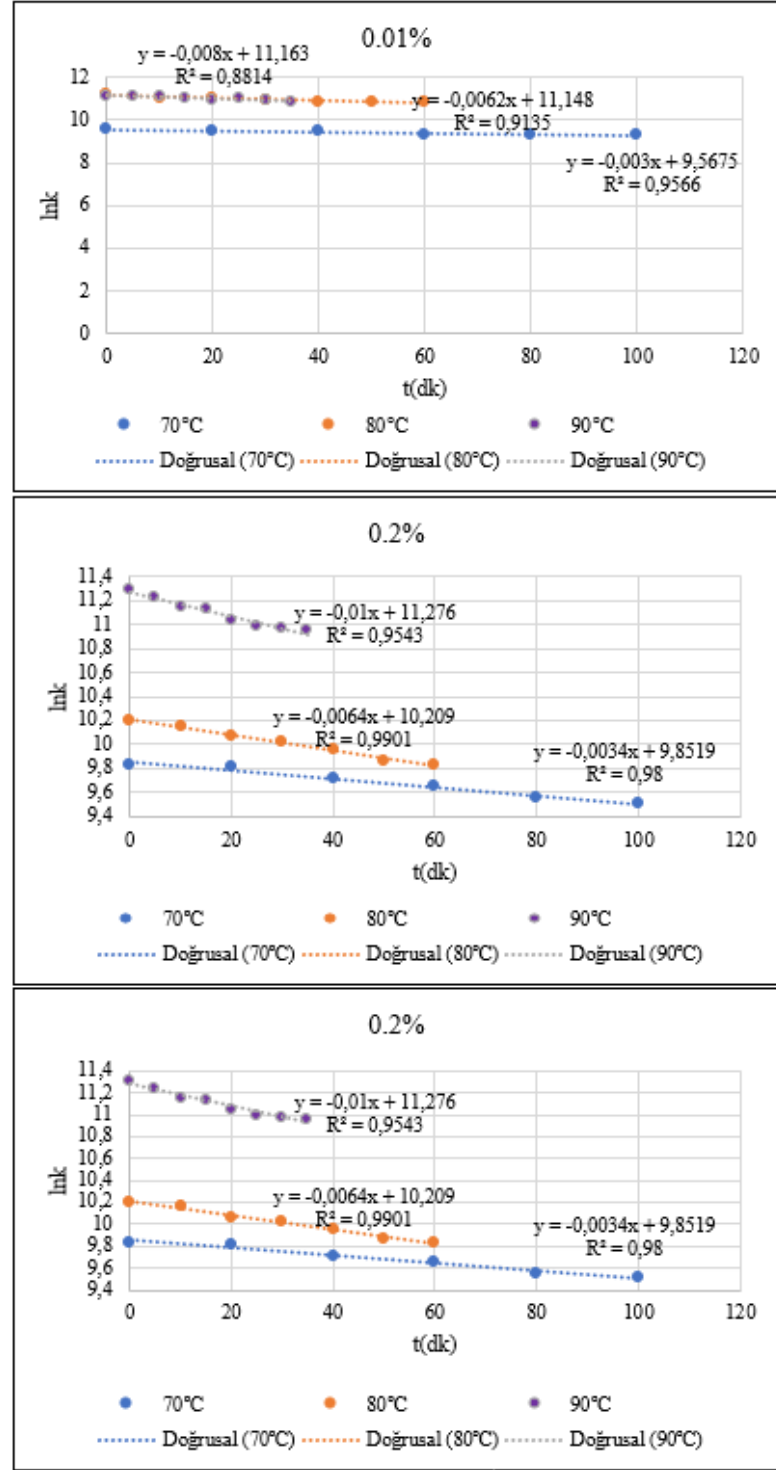
Çizelge 4.7. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş karalahana suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

	Ksantan Gam Konsantrasyonu (%)		
	0.01	0.2	0.5
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	7351.6	11230.7	11312.9
Arrhenius sabiti	232.1	60527.1	83349.5
115°C’de hız sabiti (dk ⁻¹)	0.018	0.033	0.041
z değeri (K)	77.1	50.8	50.5

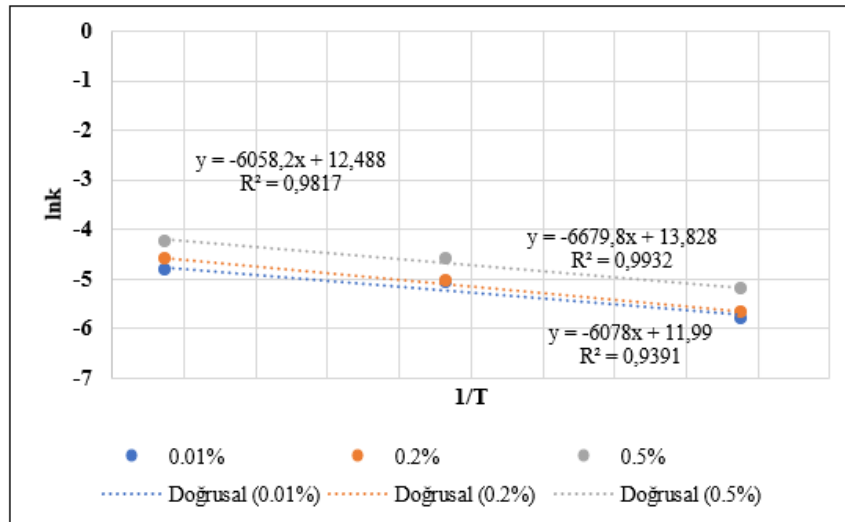
Maydanoz suyu

%0.01, 0.2 ve 0.5 oranlarında ksantan gam ilave edilmiş maydanoz sularına 70, 80 ve 90°C sıcaklıklarda uygulanan ısı işlem süresince klorofil konsantrasyonu değişimi Şekil 4.15’de verilmiştir

Maydanoz suyuna ait farklı oranlarda (%0.01, 0.2, 0.5) ksantan gam ilave edilmesinin sonucu elde edilen Arrhenius grafiği Şekil 4.16’da verilmiştir. Bu şekile göre elde edilen doğruların eğimlerinden hesaplanan kinetik parametreler ise Çizelge 4.8’de verilmiştir. Aktivasyon enerji değerleri, ksantan gam konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla 12078.0 kal/mol, 13272.8 kal/mol, 12037.7 kal/mol olarak bulunmuştur. En yüksek değer %0.2 konsantrasyona, en düşük değer ise %0.5 konsantrasyona aittir. 115°C’deki hız sabitleri sırasıyla 0.029 dk⁻¹, 0.040 dk⁻¹ ve 0.051 dk⁻¹ olarak belirlenmiştir. Konsantrasyonun artışı 115°C’deki klorofil degradasyonunu hızlandırıcı etki göstermiştir. Maydanoz suyuna ilave edilen %0.01 ksantan gam konsantrasyonunun stabilizasyonu sağlamada en uygun konsantrasyon olduğu görülmüştür. Stabilize edici maddeler ilave edilmiş maydanoz suyunun 115°C’de klorofil parçalanma hızına ait grafik Ek 1’de verilmiştir.



Şekil 4.15. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler



Şekil 4.16. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

Çizelge 4.8’de z değerlerine bakıldığında ksantan gam konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla 46.4 K, 43.0 K, 47.4 K olarak bulunmuştur. En yüksek değer %0.5 konsantrasyona, en düşük değer ise %0.2 konsantrasyona ait olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Farklı oranlarda ksantan gam ilave edilmiş maydanoz suyunda farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

	Ksantan Gam Konsantrasyonu (%)		
	0.01	0.2	0.5
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	12077.0	13272.8	12037.7
Arrhenius sabiti	161106.7	1012197.5	265053.1
115°C’de hız sabiti (dk ⁻¹)	0.029	0.040	0.051
z değeri (K)	46.4	43.0	47.4

4.5 Karalahana ve Maydanoz Suları Karışımına İlave Edilen Farklı Kombinasyonlara Ait Sonuçlar

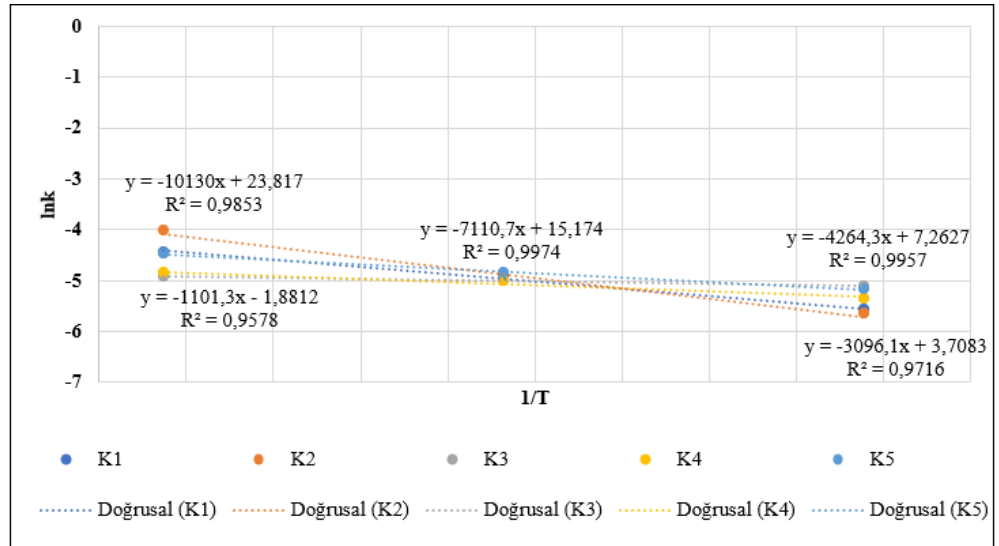
Önceki aşamada karalahana ve maydanoz suyunda ayrı ayrı denenen stabilize edici ajanlar, bu aşamada karışım suya farklı kombinasyonlar halinde eklenmiştir. Bu aşamada denene kombinasyonlar aşağıdaki gibidir;

- Kombinasyon-1 (K-1): %0.5 AA + 0.1 TW-20

- Kombinasyon-2 (K-2): %0.1 TW-20 + %0.01 KsG
- Kombinasyon-3 (K-3): %0.5 AA + %0.01 KsG
- Kombinasyon-4 (K-4): %0.5 AA + %0.1 TW-20 + %0.01 KsG
- Kombinasyon-5 (K-5): %0.5 AA + %0.1 TW-20 + %0.01 KsG + 600 ppm ZnCl₂

Stabilize edici ajan eklenmemiş kontrol örnekleri ile yukarıda belirtilen kombinasyonlar ile stabilize edilmiş karalahana ve maydanoz suyu karışımlarına farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlem süresince klorofil konsantrasyonu değişimi Şekil 4.17’te verilmiştir.

Şekil 4.18’de farklı kombinasyonlar ilave edilmiş karalahana ve maydanoz suları karışımında farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği verilmiştir.

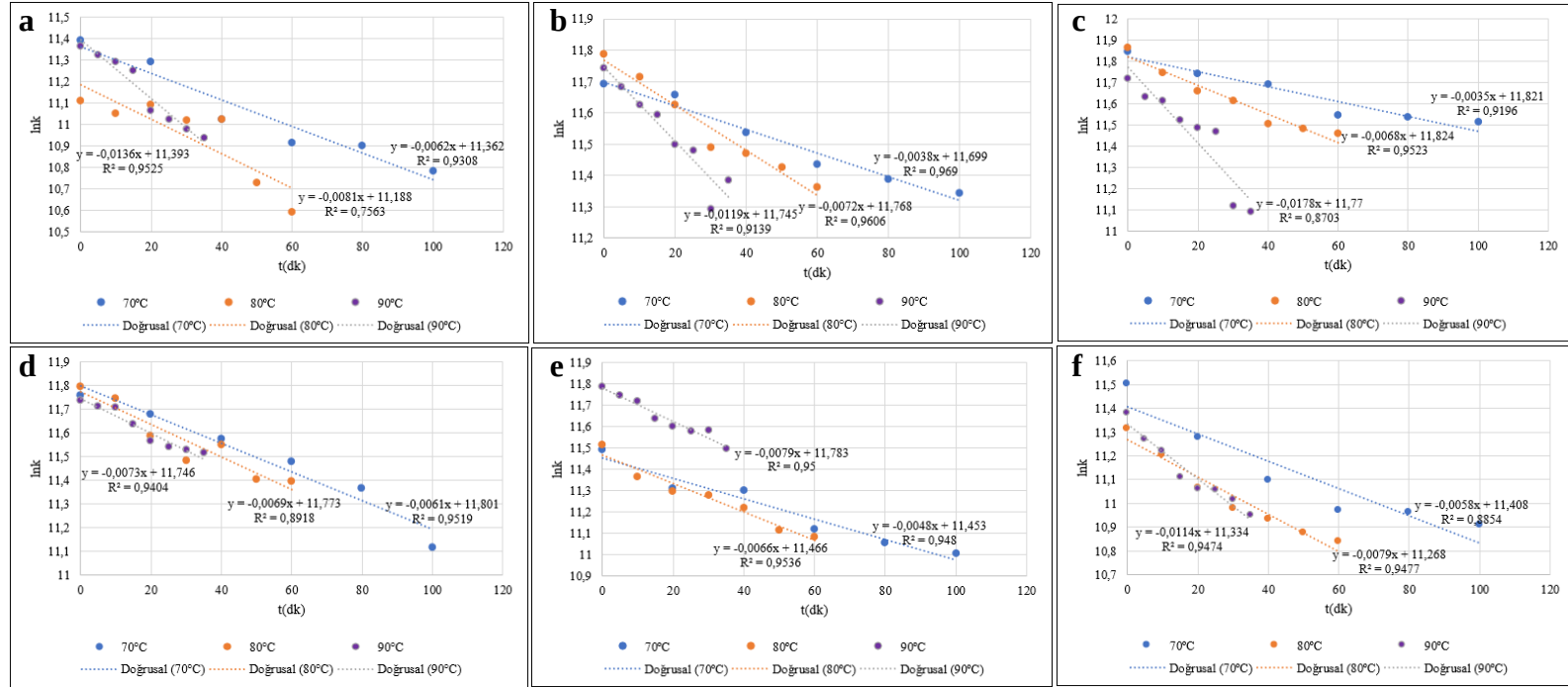


Şekil 4.17. Farklı kombinasyonlar ilave edilmiş karalahana ve maydanoz suları karışımında farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait Arrhenius grafiği

Çizelge 4.9’da farklı kombinasyonlar ilave edilmiş sebze suyu karışımında farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler verilmiştir. Kontrol örneğine bakıldığında aktivasyon enerjisi ve 115°C’de hız sabiti değeri sırasıyla 9716.5 kJ/mol ve 0.035 dk⁻¹ olarak bulunmuştur. 5 farklı kombinasyon uygulanmış olup her biri kontrol örneğine kıyaslayarak değerlendirilmiştir. EK 3’de 115°C’de karalahana ve maydanoz suyu karışımına ilave edilen kombinasyonların klorofil parçalanma hızına ait grafik verilmiştir.

115°C’de hız sabiti değerleri karşılaştırıldığında K-1 ve K-2 kombinasyonlarının bu sıcaklıkta klorofil degradasyonunu hızlandırdığı belirlenmiştir. Kombinasyon belirlenirken tek başına klorofil degradasyonunu yavaşlatan maddeler tercih edilmiştir. Dolayısıyla Askorbik asit ve Tween-20 ile Tween-20 ve ksantan gam’ın ikili kombinasyon halinde kullanılması antagonistik etkide bulunduğu söylenebilir. Ancak bu ikililerin l kombinasyon halinde kullanılması halinde klorofil degradasyonu yavaşlamaktadır.

Denenen kombinasyonlar arasında en düşük parçalanma hız sabitini sağlayan ve bu nedenle stabilizasyonu sağlamada en etkili olan kombinasyon %0.5 AA ve %0.01 KsG olarak belirlenmiştir. Nitekim bu kombinasyonun kullanılması kontrol örneklerine kıyasla klorofil degradasyon hızını yaklaşık dörde bire düşürmüştür. Dolayısıyla endüstriyel uygulamalar için bu kombinasyonun kullanılması önerilmektedir.



Şekil 4.18. (a) Kontrol, (b) K-1, (c) K-2, (d) K-3, (e) K-4 ve (f) K-5 örneklerinde farklı sıcaklıklarda ısıtılma süresince klorofil degradasyonu kinetiğine ait veriler

Çizelge 4.9. Farklı kombinasyonlar ilave edilmiş sebze suyu karışımında farklı sıcaklıklarda klorofil degradasyonu kinetiğine ait parametreler

	Kontrol	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5
Aktivasyon enerjisi (kal/mol)	9716.5	14129.0	20127.7	2188.4	6151.9	8473.1
Arrhenius sabiti	9199.999	3890511.762	22064810896	0.152	40.783	1426.077
115°C’de hız sabiti (dk ⁻¹)	0.035	0.051	0.132	0.009	0.015	0.026
z değeri (K)	-	40.4	28.2	261.2	92.9	67.2

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada klorofil içeriği bakımından zengin olan karalahana ve maydanoz sularında klorofil degradasyonunu yavaşlatarak daha stabil bir renkte ürün elde etmek amaçlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak karalahana ve maydanoz suları ayrı ayrı hazırlanmıştır. Daha sonra elde edilen bu sebze sularına 4 farklı stabilizatör madde, 3 farklı konsantrasyonda ilave edilmiştir. Sebze sularında farklı sıcaklık (70, 80 ve 90°C) ve sürelerde ısıtıl işlem uygulanmıştır. Ardından analizler yapılmış ve klorofil stabilizasyonu sağlamada en etkili madde ve konsantrasyonlar belirlenmiştir. Bu aşamada başarılı bulunan konsantrasyonlardaki maddeler 5 farklı kombinasyon halinde karalahana ve maydanoz suyu karışımına ilave edilmiş ve en etkili kombinasyon belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ve sonraki çalışmalara yön verebilecek bazı öneriler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- Karalahana ve maydanoz sularında 115°C’de klorofilin parçalanma hızını yavaşlatan ve klorofil stabilizasyonu sağlamada en etkili sonucu veren askorbik asit konsantrasyonunun %0.5 olduğu tespit edilmiştir.
- Tween 20’nin %0.1 konsantrasyonu diğer konsantrasyonlarıyla karşılaştırıldığında karalahana ve maydanoz sularının her ikisinde de klorofil degradasyonunu önlemede en uygun konsantrasyon olduğu belirlenmiştir.
- $ZnCl_2$ ’nin diğer konsantrasyonlarıyla karşılaştırıldığında her iki sebze suyu için en uygun konsantrasyonunun 600 ppm olduğu görülmüştür.
- Her iki sebze suyu için klorofil stabilizasyonu için en uygun ksantan gam konsantrasyonunun %0.01 olduğu görülmüştür.
- Dört farklı stabilizatör maddenin klorofil degradasyonunu önlemede en etkili olan madde ve oranları belirlendikten sonra bunların ikili, üçlü ve dörtlü olmak üzere beş farklı kombinasyon karalahana ve maydanoz suyu karışımına uygulanmıştır [K-1 (%0.5 AA + %0.1 TW-20), K-2 (%0.1 TW-20 + %0.01 KsG), K-3 (%0.5

AA + %0.01 KsG), K-4 (%0.5 AA + %0.1 TW-20 + %0.01 KsG), K-5 (%0.5 AA + %0.1 TW-20 + %0.01 KsG + 600 ppm ZnCl₂)].

- Karalahana ve maydanoz suları karışımına uygulanan beş farklı kombinasyon, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında 115°C'deki parçalanma hız sabitlerine bakılarak stabilizasyonu sağlamada en çok etkili olanın 3. Kombinasyon (%0.5 AA + %0.01 KsG) olarak belirlenmiştir.

5.2 Öneriler

Elde edilen bütün araştırma sonuçları ışığında son üründe daha güçlü klorofil stabilitesi sağlanması için sebze suları üretiminde;

- 115°C'de %0.5 askorbik asit ilavesi ya da
- 3. Kombinasyonun (%0.5 AA + %0.01 KsG) kullanılması tavsiye edilebilir.

Çalışma sonucunda model yeşil sebze sularında rengi korumak için kullanılabilecek bazı önemli bileşenler tespit edilmiştir. Ancak bu bileşenlerin, gelecekte yapılacak olan çalışmalar ile endüstriyel ortamda gerçek içecekler üzerindeki etkileri araştırılmalıdır. Ayrıca bu bileşenlerin, içeceklerin raf ömrü boyunca duyuşal ve fiziksel özellikleri üzerine olan etkileri detaylı olarak analiz edilmesi gerekir. Son olarak klorofil stabilitesini sağlama mekanizmasının belirlenmesine yönelik moleküler araştırmaların yapılmasını fayda sağlayacağı ifade edilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Ahmed, J., Kaur, A. ve Shivhare, U., 2002, Colour degradation kinetics of spinach, mustard leaves, and mixed puree, *Journal Food Science*, 67, 1088–1091. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09457.x>
- Ahmed, J., Al-Salman, F. ve Almusallam, A. S., 2013, Effect of blanching on thermal color degradation kinetics and rheological behavior of rocket (*Eruca sativa*) puree. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 660-667. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.038>
- Akbas, M. ve Ölmez, H., 2007, Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on iceberg lettuce by dip wash treatments with organic acids, *Letters in Applied Microbiology*, 44, 619–624.
- Albuquerque, B. R., Oliveira, M. B. P. P., Barros, L. ve Ferreira, I. C. F. R., 2020, Could fruits be a reliable source of food colorants Pros and cons of these natural additives, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1746904>
- Al-Dabbas, M., Saleh, M., Hamaad, H. ve Hamadeh, W., 2017, Chlorophyll color retention in green pepper preserved in natural lemon juice., *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e13055. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13055>
- Alibaş, I., Zia, M. P. ve Yılmaz, A., 2019, The effect of drying methods on color and chlorophyll content of parsley leaves, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(6), 919-926. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i6.919-926.2548>
- Altunkaya, A. ve Gökmen, V., 2009, Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*L. sativa*), *Food Chemistry*, 117, 122–126.
- Al-Yousofy, F., Gumaih, H., Ibrahim, H. ve Alasbahy, A., 2017, Parsley Mechanism as antiurolithiasis remedy, *American Journal of Clinical and Experimental Urology*, 5(3), 55.
- Anaya-Esparza, L. M., Velázquez-Estrada, R. M., Roig, A. X., García-Galindo, H. S., Sayago-Ayerdi, S. G. ve Montalvo-González, E., 2017, Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices, *Trends in Food Science and Technology*, 61, 26–37. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.11.020>
- Anonim, 2018, <http://www.food-info.net/tr/colour/chlorophyll.htm> (Erişim Tarihi: 1 Temmuz 2022)
- Anonim, 2021a, TGDF, 2021., <https://www.tgdf.org.tr/wp-content/uploads/2022/05/TGDF-2021-Dis-Ticaret-Raporu.pdf> (Erişim Tarihi: 1 Temmuz 2022).
- Anonim, 2021b, ITC- Trade Map, https://www.trademap.org/ProductRev_SelProductCountry.aspx?nvpm=1%7c792

- Cemeroğlu, B., 2010, Gıda Analizleri (Cilt 2. Baskı), Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Ankara.
- Cendrowski, A., Kraśniewska, K., Przybył, J. L., Zielińska, A. ve Kalisz, S., 2020, Antibacterial and antioxidant activity of extracts from rose fruits (*Rosa rugosa*). *Molecules*, 25(6), 1365. <https://doi.org/10.3390/molecules25061365>
- Chandra, R. D., Prihastyanti, M. N. U. ve Lukitasari, D. M., 2021, Effects of pH, high pressure processing, and ultraviolet light on carotenoids, chlorophylls, and anthocyanins of fresh fruit and vegetable juices. *eFood*, 2(3), 113-124. <https://doi.org/10.2991/efood.k.210630.001>
- Chaikham, P. ve Apichartsrangkoon, A., 2012, Comparison of dynamic viscoelastic and physicochemical properties of pressurised and pasteurised longan juices with xanthan addition, *Food Chemistry*, 134, 2194-2200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.056>
- Chisari, M., Barbagallo, R. N. ve Spagna, G., 2007, Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry fruit, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(9), 3469–3476. <https://doi.org/10.1021/JF063402K>
- Chrysargyris, A., Nikou, A. ve Tzortzakis N., 2016, Effectiveness of Aloe vera gel coating for maintaining tomato fruit Quality, *New Zealand Journal of Horticultural Science and Crop Research*, 44, 203–217. <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1181661>
- Çağın, H. K., 2005, Bitkilerin Gizli Dünyası IV Maydanozgiller (Apiaceae). Bulut Yayınları, İstanbul.
- Devahastin, S. ve Niamnuy, C., 2010, Invited review: modelling quality changes of fruits and vegetables during drying: a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 45(9), 1755-1767. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02352.x>
- Diaz-Maroto M. C., Perez-Coello M. S. ve Cabezudo M. D., 2002, Effect of drying methods on the volatile components of parsley (*Petroselinum Crispum* L.), *European Food Research and Technology*, 215(3), 227-230. [10.1007/s00217-002-0529-7](https://doi.org/10.1007/s00217-002-0529-7)
- Dima, F., Istrati, D., Burluc, R., Pricop, E., Serea, V. ve Vizireanu, C., 2015, Influence of unconventional thermal treatment on physico-chemical characteristics of vegetable juices, *Journal of Biotechnology*, 208, S78. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2015.06.239>
- Durovic, S., Pavlić, B., Šorgić, S., Popov, S., Pertonić, M., Radojković, M., Cvetanović, A. ve Zeković, Z., 2017, Chemical composition of stinging nettle leaves obtained by different analytical approaches, *Journal of Functional Foods*, 32, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.019>
- Elliot A. J. ve Maier M. A., 2014, Color psychology: effects of perceiving color on psychological functioning in humans, *Annual Review of Psychology*, 65, 95-120. <https://sci-hub.se/10.1146/annurev-psych-010213-115035>

- El-Mogy, M. M., Parmar, A., Ali, M. R., Abdel-Aziz, M. E. ve Abdeldaym, E. A., 2020, Improving postharvest storage of fresh artichoke bottoms by an edible coating of *Cordia myxa* gum, *Postharvest Biology and Technology*, 163, 111143. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111143>
- Esua, O. J., Chin, N. L., Yusof, Y. A. ve Sukor, R., 2019, Combination of ultrasound and ultraviolet-C irradiation on kinetics of color, firmness, weight loss, and total phenolic content changes in tomatoes during storage, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10), e14161. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14161>
- Farouk, S., 2011, Ascorbic acid and α -tocopherol minimize salt-induced wheat leaf senescence, *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7(3), 58-79. <http://dx.doi.org/10.21608/jpp.2009.119172>
- Falguera, V. ve Ibarz, A., 2014, Juice processing: Quality, safety and value-added opportunities (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16740>
- Fasolin, L. H., Picone, C. S. F., Santana, R. C. ve Cunha, R. L., 2013, Production of hybrid gels from polysorbate and gellan gum, *Food Research International*, 54(1), 501-507. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.026>
- Fernandes, Â., Polyzos, N., Petropoulos, S. A., Pinela, J., Ardohain, E., Moreira, G., Ferreira, I. C. F. R. ve Barros, L., 2020, Phytochemical composition and nutritional value of pot-grown turnip-rooted and plain and curly-leafed parsley cultivars, *Agronomy*, 10(9), 1416. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091416>
- Ferruzzi, M. G., Bohm, V., Courtney, P. D. ve Schwartz, S. J., 2002, Antioxidant and antimutagenic activity of dietary chlorophyll derivatives determined by radical scavenging and bacterial reverse mutagenesis assays, *Journal of Food Science* 67(7), 2589-2595. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08782.x>
- Fraga, J. L., Sant'ana, G. C. F., Silva, K. A. ve Amaral, P. F. F., 2020, Green (Detox) juice physicochemical properties and stabilization effect of naturals emulsifiers. *Ciência Rural*, 50(3).
- Galaffu, N., Bortlik, K. ve Michel, M., 2015, An industry perspective on natural food colour stability, *Colour Additives for Foods and Beverages*, 91–130, Woodhead Publishing.
- Gaur, S., Shivhare, U. S. ve Ahmed, J., 2006, Degradation of chlorophyll during processing of green vegetables: a review, *Stewart Postharvest Review*, 2(5), 1-8. <http://dx.doi.org/10.2212/spr.2006.5.14>
- Genot, C., Kabri, T. H. ve Meynier, A., 2013, Stabilization of omega-3 oils and enriched foods using emulsifiers, *Food Enrichment With Omega-3 Fatty Acids*, 150-193. <https://doi.org/10.1533/9780857098863.2.150>
- Gold, H. J. ve Weckel, K. G., 1959, Degradation of chlorophyll to pheophytin during sterilization of canned green peas by heat, *Food Technology*, 13, 181–185.

- Gupte S. M., El-Bisi H. M. ve Francis F. J., 1964, Kinetics of thermal degradation of chlorophyll in spinach puree, *Journal of Food Science*, 29, 379– 82. <https://sci-hub.se/10.1111/j.1365-2621.1964.tb01747.x>
- Guzmán, G. R., Dorantes, A. L., Hernández, U. H., Hernández, S. H., Ortiz, A. ve Mora, E. R., 2002, Effect of zinc and copper chloride on the color of avocado puree heated with microwaves, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3(1), 47-53. [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(01\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(01)00053-4)
- Grunert, K. G., 2010, European consumers acceptance of functional foods, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1190, 166-173. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05260.x>
- Hayes, M. ve Ferruzzi, M. G., 2020, Update on the bioavailability and chemopreventative mechanisms of dietary chlorophyll derivatives, *Nutrition Research*, 81, 19–37. <https://doi.org/10.1016/J.NUTRES.2020.06.010>
- Heaton J. W., ve Marangoni A. G., 1996. Klorofil bozulması...- *Google Akademik*. (n.d.). Retrieved June 22, 2022, from https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=Heaton+JW%2C+Marangoni+AG.+1996.+Chlorophyll+degradation+in+processed+foods+and+senescent+plant+tissues.+Trends+Food+Sci+Tech%2C+7%3A8%E2%80%939315.&btnG=
- Heaton, J. W. ve Marangoni, A. G., 1996, Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues, *Trends in Food Science and Technology*, 7(1), 8-15. [https://sci-hub.se/10.1016/0924-2244\(96\)81352-5](https://sci-hub.se/10.1016/0924-2244(96)81352-5)
- Heber D., 2007, PDR for Herbal Medicines, 4th ed. Thomson Healthcare Inc. 1026.
- Hozayen, W. G., El-Desouky, M. A., Soliman, H. A., Ahmed, R. R. ve Khaliefa, A. K., 2016, Antiosteoporotic effect of Petroselinum crispum, Ocimum basilicum and Cichorium intybus L. in glucocorticoid-induced osteoporosis in rats, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1140-y>
- Hoshina, C., Tomita, K. ve Shioi, Y., 1998, Antioxidant activity of chlorophylls: Its structure-activity relationship. In: Garab, G. (eds) Photosynthesis: Mechanisms and Effects. *Springer*, Dordrecht. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-3953-3_766
- Hörtensteiner S, Kräutler B. 2011. Chlorophyll, *Google Akademik*. (n.d.). Retrieved 22 Temmuz 2022, from https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=H%C3%B6rtensteiner+S%2C+Kr%C3%A4utler+B.+2011.+Chlorophyll+breakdown+in+higher+plants.+Biochim+Biophys+Acta%2C+1807%3A977%E2%80%9393988&btnG=
- Hsiao, C. J., Lin, J. F., Wen, H. Y., Lin, Y. M., Yang, C. H., Huang, K. S. ve Shaw, J. F., 2020, Enhancement of the stability of chlorophyll using chlorophyll-encapsulated polycaprolactone microparticles based on droplet microfluidics, *Food Chemistry*, 306, 125300. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125300>

- Hsu, C. Y., Chao, P. Y., Hu, S. P. ve Yang, C. M., 2013, The antioxidant and free radical scavenging activities of chlorophylls and pheophytins, <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.48A001>
- Jin, W., Song, R., Xu, W., Wang, Y., Li, J., Shah, B. R., Li, Y. ve Li, B., 2015, Analysis of deacetylated konjac glucomannan and xanthan gum phase separation by film forming, *Food Hydrocolloids*, 48, 320-326. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.007>
- Karadeniz, F., Soyer, Y., Koca, N. ve Burdurlu, H. S., 2005, Bezelyelerde Klorofil Degradasyon Kinetiğinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Ankara.
- Kekeçoğlu, S., 2020, Detoks Aslında Nedir? <https://www.gidabilgi.com/Makale/Detay/detoks-aslinda-nedir--43d771> (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2021).
- Koca, N., Karadeniz, F. ve Burdurlu, H. S., 2007, Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas, *Food Chemistry*, 100, 609–615. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.079>
- Korus, A., 2012, Effect of preliminary and technological treatments on the content of chlorophylls and carotenoids in kale (*Brassica Oleracea* L. Var. *Acephala*), *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(4), 335-344. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00653.x>
- Kovačević N., 2004, Osnovi farmakognoziye, 3rd ed. Beograd: Srpska školska knjiga, 408.
- Kozan, M., 2004, Yeşil sebzelerde klorofil parçalanma kinetiğinin belirlenmesi, *Yüksek lisans tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Kreydiyyeh S. I. ve Usta J., 2002, Diuretic effect and mechanism of action of Parsley, *Journal of Ethnopharmacology*, 79: 353-357. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00408-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00408-1)
- Lau, M. H., Tang, J. ve Swanson, B. G., 2000, Kinetics of textural and color changes in green asparagus during thermal treatments, *Journal of Food Engineering*, 45(4), 231-236. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00069-8)
- Lee, L., W., Liu, X., Wong, W. S. E. ve Liu, S. Q., 2017, Effects of sucrose monopalmitate (P90), Tween 80 and modified starch on coffee aroma retention and release in coffee oil-based emulsions, *Food Hydrocolloids*, 66, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.12.021>
- Liu, K., Yuan, C., Chen, Y., Li, H. ve Liu, J., 2014, Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums, *Scientia Horticulturae*, 176, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.027>

- Lien, D. T. P., 2016, Kinetic of chlorophyll degradation and color change in bitter gourd during heat treatment, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 5, 616-622.
- Loong, M. N. ve Goh, H. K., 2004, Colour degradation of acidified vegetable juice, *International Journal of Food Science and Technology*, 39(4), 437-441. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00802.x>
- Loypimai, P., Moongngarm, A. ve Chottanom, P., 2016, Thermal and pH degradation kinetics of anthocyanins in natural food colorant prepared from black rice bran, *Journal Food Science and Technology*, 53, 461–470. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2002-1>
- Mackinney, G. ve Joslyn, M. A., 1941, Chlorophyll-pheophytin: Temperature coefficient of the rate of pheophytin formation, *Journal of the American Chemical Society*, 63, 2530–2531. <https://doi.org/10.1021/ja01854a507>
- Marwaha, R. K., Bansal, D., Kaur, S. ve Trehan, A., 2004, Wheat grass juice reduces transfusion requirement in patients with thalassemia major: a pilot study, *Indian Pediatrics*, (41), 716–720.
- Martinus, A. J. S. ve Bookel, V., 2008, Kinetic modeling of food quality: A critical review, *Food Science Food Safety*, 7, 144-158.
- Meyers-Levy, J. ve Peracchio, L. A., 1995, Understanding the effects of color: How the correspondence between available and required resources affects attitudes, *Journal of Consumer Research*, 22(2), 121-138. <https://doi.org/10.1086/209440>
- Minguez-Mosquera M. I., Garrido-Fernandez J. ve Gandul-Rojas B., 1989, Pigment changes in olives during fermentation and brine storage, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 37, 8– 11. <https://sci-hub.se/10.1021/jf00085a002>
- Mitterer-Daltoé, M., Bordim, J., Lise, C., Breda, L., Casagrande, M. ve Lima, V., 2020, Consumer awareness of food antioxidants. Synthetic vs., Natural, *Food Science and Technology*, 41, 208-212. <https://doi.org/10.1590/fst.15120>
- Mutlu, F., 2022, Karalahana ve özelliği, <https://www.haberlobi.com/karalahana-ve-ozelligi> (Erişim tarihi: 17 Ağustos 2022).
- Nirumand, M. C., Hajialyani, M., Rahimi, R., Farzaei, M. H., Zingue, S., Nabavi, S. M. ve Bishayee, A., 2018, Dietary plants for the prevention and management of kidney stones: preclinical and clinical evidence and molecular mechanisms, *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 765. <https://doi.org/10.3390/ijms19030765>
- Nisha, P., Singhal, R. S. ve Pandit, A. B., 2004, A study on the degradation kinetics of visual green colour in spinach (*Spinacea oleracea* L.) and the effect of salt therein. *Journal of Food Engineering*, 64(1), 135-142. <https://d0192efdd77670f7012d3fece2c7c0fc720c897f.vetisonline.com/10.1016/j.jfoodeng.2003.09.021>

- Noranizan, M., Pean, L. F., Li, J. W., Aadil, R. M., Ahmad, T., Rosli, S. Z., Yong, Y. Y. ve Kim, D. O., 2020, Impact of juice extraction method on the physicochemical, functional, and sensory properties of Sabah snake grass (*Clinacanthus nutans*) juice mix, *International Food Research Journal*, 27(5), 835-845.
- Özkan, M., 2022. <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=3397> (Erişim Tarihi: 3 Aralık 2022).
- Özkan, G. ve Bilek, S. E., 2015, Enzyme-assisted extraction of stabilized chlorophyll from spinach, *Food Chemistry*, 176, 152-157. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.059>
- Pareek, S., Sagar, N. A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T., González-Aguilar, G. A. ve Yahia, E. M., 2017, Chlorophylls: Chemistry and biological functions, *Fruits and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health, 2nd Edition*, 269-284. <https://doi.org/10.1002/9781119158042.ch14>
- Pedreschi, F., Moyano, P., Kaack, K. ve Granby, K., 2005, Color changes and acrylamide formation in fried potato slices, *Food Research International*, 38(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.07.002>
- Peleg M., Normand M. D. ve Corradini M. G., 2012, The arrhenius equation revisited, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(9), 830-851. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.667460>
- Perez-Galvez, A., Viera, I. ve Roca, M., 2018, Chemistry in the Bioactivity of Chlorophylls: An Overview. *Current Medicinal Chemistry*, 24(40), 4515–4536. <https://doi.org/10.2174/0929867324666170714102619>
- Pohndorf, R. S., Meneghetti, V. L., Paiva, F. F., de Oliveira, M. ve Elias, M. C., 2018, Kinetic evaluation of oxidative stability and physical degradation of soybean grains stored at different conditions, *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(10). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13717>
- Pourreza, N. ve Rastegarzadeh, S., 2004, Kinetic spectrophotometric determination of Tween 80, *Talanta*, 62(1), 87-90. [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(03\)00403-X](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(03)00403-X)
- Rahayuningsih E., Pamungkas M. S., Olvianas M. ve Putera A. D. P., 2018, Chlorophyll extraction from suji leaf (*Pleomele angustifolia* Roxb.) with ZnCl₂ stabilizer, *Journal Food Science Technology*, 55(3), 1028-1036. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-3016-7>
- Robertson, G. L. ve Swinburne, D., 1981, Changes in chlorophyll and pectin after storage and canning of kiwifruit, *Journal Food Science*, 46, 1557– 1559. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04219.x>
- Rodriguez-Amaya, D. B. ve Carle, R. (n.d.). *Alterations of natural pigments*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817380-0.00007-5>
- Rodríguez-Roque, M. J., Rojas-Graü, M. A., Elez-Martínez, P. ve Martín-Belloso, O., 2013, Changes in vitamin C, phenolic, and carotenoid profiles throughout in vitro

- gastrointestinal digestion of a blended fruit juice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(8), 1859-1867. <https://doi.org/10.1021/jf3044204>
- Romano, K. R., Rosenthal, A. ve Deliza, R., 2015, How do Brazilian consumers perceive a non-traditional and innovative fruit juice, An approach looking at the packaging, *Food Research International*, 74, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.033>
- Ryan-Stoneham, T. ve Tong, C. H., 2000, Degradation kinetics of chlorophyll in peas as a function of pH, *Journal Food Science*, 65, 1296–1302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10600.x>
- Sahlan, M., Ferdianti, A., Wicaksono, A. B., Hermasnyah, H. ve Wija-narko, A., 2019, Stability of mixture honey, black seed oil and olive oil with Tween 80 as emulsifier. *Journal of Physics: Conference Series*, 1295, 012031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1295/1/012031>
- Sharma, T., Kumar, A., Shah, S. S. ve Bamezai, R. K., 2020, Analysis of interactions between streptomycin sulphate and aqueous food acids (L-ascorbic acid and citric acid): Physico-chemical and spectroscopic insights. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 151, 106207. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2020.106207>
- Sajilata, M. G. ve Singhal, R. S., 2006, Isolation and stabilisation of natural pigments for food applications, *Stewart Postharvest Review*, 2(5), 1-29. <http://dx.doi.org/10.2212/spr.2006.5.11>
- Sakata, K., Yamamoto, K., Ishikawa, H., Yagi, A., Etoh, H. ve Ina, K., 1990, Chlorophyllone-A, a new pheophorbide – a related compound isolated from *Ruditapes philippinarum* as an antioxidant compound, *Tetrahedron Letters*, 31(8), 1165-1168. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(00\)88754-7](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)88754-7)
- Šamec, D., Urlić, B. ve Salopek-Sondi, B., 2019, Kale (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) as a superfood: Review of the scientific evidence behind the statement, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(15), 2411-2422. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1454400>
- Sánchez-Vega, R., Elez-Martínez, P. ve Martín-Belloso, O., 2015, Influence of high-intensity pulsed electric field processing parameters on antioxidant compounds of broccoli juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29, 70-77. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.12.002>
- Sarı, F., 2005, Asma yaprağı klorofilinin degradasyon kinetiğinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Sato, M., Fujimoto, I., Sakai, T., Aimoto, T., Kimura, R. ve Murata, T., 1986, Effect of sodium copper chlorophyllin on lipid peroxidation. IX On the antioxidative components in commercial preparations of sodium copper chlorophyllin, *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 34(6), 2428- 2434. <https://doi.org/10.1248/cpb.34.2428>

- Scheffers, F. R., Boer, J. M. A., Verschuren, W. M. M., Verheus, M., van der Schouw, Y. T., Sluijs, I., Smit, H. A. ve Wijga, A. H. 2019, Pure fruit juice and fruit consumption and the risk of CVD: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition–Netherlands (EPIC-NL) study. *British Journal of Nutrition*, 121(3), 351–359. <https://doi.org/10.1017/S0007114518003380>
- Selig, M. J., Gamaleldin, S., Celli, G. B., Marchuk, M. A., Smilgies, D. M. ve Abbaspourrad, A., 2020, The stabilization of food grade copper-chlorophyllin in low pH solutions through association with anionic polysaccharides, *Food Hydrocolloids*, 98, 105255. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105255>
- Schwartz, S. J. ve Von Elbe, J. H., 1983, Kinetics of chlorophyll degradation to pyropheophytin in vegetables, *Journal of Food Science*, 48(4), 1303-1306. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb09216.x>
- Shahbaz, H. M., Kim, J.U., Kim, H. S. ve Park, J., 2018, The Inactivation of pathogens in fruit juice: Escherichia coli O157: H7, Salmonella typhimurium, and Listeria monocytogenes, in: Fruit Juices, *Elsevier*, 341-361. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00018-7>
- Shalata, A. ve Neumann, P. M., 2001, Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation, Oxford University Press, *Journal of Experimental Botany*, 52(364), 2207-2211. <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/52/364/2207/424033>
- Sharma M., Usmani Z., Gupta V. K. ve Bhat R., 2021, Valorization of fruits and vegetable wastes and by-products to produce natural pigments, *Critical Reviews In Biotechnology*, 41(4), 535-563. <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1873240>
- Shen, S. C., Hsu, H. Y., Huang, C. N. ve Wu, J. S. B., 2010, Color loss in ethanolic solutions of chlorophyll a. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13), 8056-8060. <https://doi.org/10.1021/jf101214g>
- Shin, S. ve Bhowmik, S. R., 1995, Thermal kinetics of color changes in pea puree, *Journal of Food Engineering*, 24, 77–86. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)P1609-2](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)P1609-2)
- Sikora, M. ve Świeca, M., 2018, Effect of ascorbic acid postharvest treatment on enzymatic browning, phenolics and antioxidant capacity of stored mung bean sprouts. *Food Chemistry*, 239, 1160-1166. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.067>
- Simon, J. E., Decker, E. A., Ferruzzi, M. G., Giusti M. M., Mejia C. D., Goldschmidt M. ve Talcott S. T., 2017, Establishing standards on colors from natural sources, *Journal of Food Science*, 82 (11), 2539–2553. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13927>
- Singh S. 2006. Impact of color on marketing. *Manage. Decision* 44,783–9.
- Singh, A. K., Rana, H. K. ve Pandey, A. K., 2020, Analysis of chlorophylls. In *Recent Advances in Natural Products Analysis*, Elsevier, 635-650. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816455-6.00019-6>

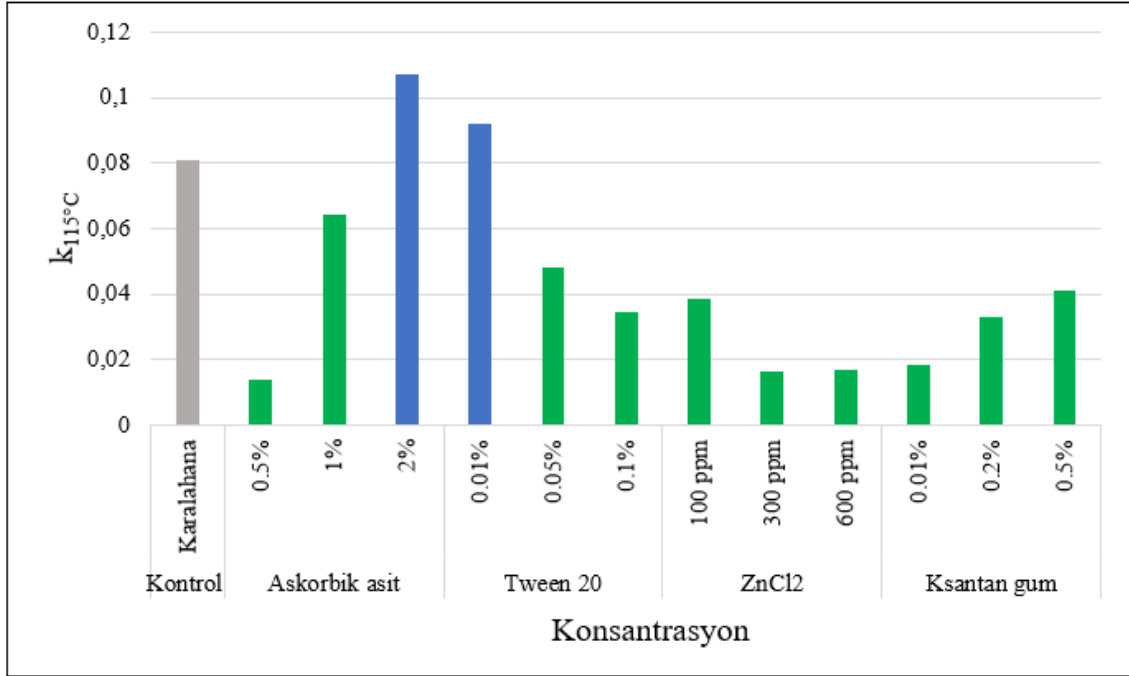
- Solovchenko, A., Yahia, E. M. ve Chen, C., 2019, Pigments. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 225–252. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00011-7>
- Soysal Y., 2004., Microwave drying characteristics of parsley, *Biosystems Engineering*, 89(2), 167-173. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.07.008>
- Steet, J. A. ve Tong, C. H., 1996, Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC, *Journal of Food Science*, 61(5), 924-928. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb10903.x>
- Tao, J., Zhu, Q., Qin, F., Wang, M., Chen, J. ve Zheng, Z. P., 2017, Preparation of steppogenin and ascorbic acid, vitamin E, butylated hydroxytoluene oil-in-water microemulsions: Characterization, stability, and antibrowning effects for fresh apple juice, *Food Chemistry*, 224, 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.045>
- Teodoro, A. J., 2019, *Editorial Bioactive Compounds of Food: Their Role in the Prevention and Treatment of Diseases*. <https://doi.org/10.1155/2019/3765986>
- Tekin, İ. ve Ersus S., 2019, Extraction and Stabilization of Chlorophyll from Plants, 3. International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences, <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.32333.26086>
- Teuscher E., Bauermann U. ve Werner M., 2006, Medicinal spices: A Handbook of Culinary Herbs, Spices, Spice Mixtures and Their Essential Oils. Florida: Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart, CRC Press, Taylor and Francis Group, 460.
- Toledo, R. T., 1986, *Journal Agricultural Food Chemistry*, 34, 405.
- Tonucci, L. H. ve Von Elbe, J. H., 1992, Kinetics of the formation of zinc complexes of chlorophyll derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(12), 2341-2344. <https://doi.org/10.1021/jf00024a004>
- Vale, A. P., Santos, J., Brito, N. V., Peixoto, V., Carvalho, R., Rosa, E. ve Oliveira, M. B. P., 2015, Light influence in the nutritional composition of Brassica oleracea sprouts. *Food Chemistry*, 178, 292-300. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.064>
- Van Loey, A., Ooms, V., Weemaes, C., Van den Broeck, I., Ludikhuyze, L., Indrawati, Denys S. ve Hendrickx, M., 1998, Thermal and pressure– temperature degradation of chlorophyll in broccoli (*Brassica oleracea* L. italica) juice: A kinetic study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 5289-5294. <https://doi.org/10.1021/jf980505x>
- Viera, I., Pérez-Gálvez, A. ve Roca, M., 2019, Green Natural Colorants. *Molecules*, 154, 24(1), 154. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES24010154>
- Viera, I., Herrera, M. ve Roca, M., 2021, In Vitro Bioaccessibility Protocol for Chlorophylls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(31), 8777–8786.

https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.1C02815/ASSET/IMAGES/LARGE/JF1C02815_0002.JPEG

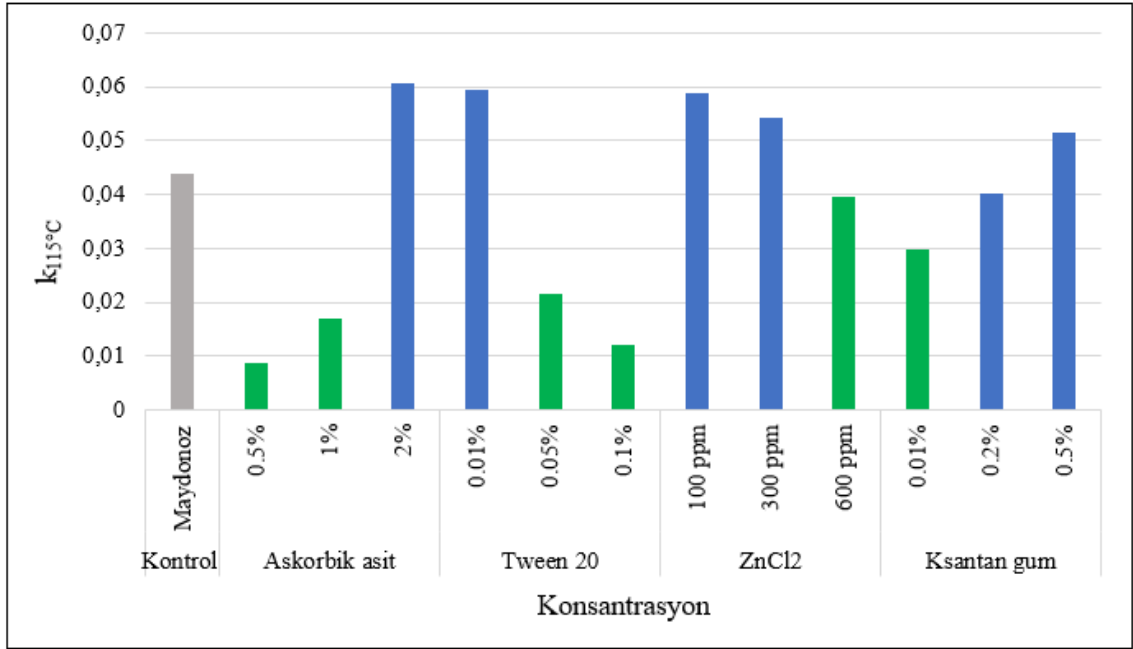
- Von Elbe J. ve Schwartz, S., 1996, Colorants (Cilt 2), Marcel Dekker: *Food Chemistry*, New York.
- Yasuda, M. ve Tabata, M., 2021, Effect of emulsifiers on the discoloration of chlorophyll and their potential for use in green beverages, *Journal of Food Science*, <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15782>
- Yıldız, E., 2016, Reaksiyon derecesi ve hız sabitlerinin bulunması, Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Fiziksel ve Kimyasal Temel İşlemler Laboratuvarı Dersi, <https://cevre.erciyes.edu.tr/upload/LI6EPME9-reaksiyon-derecesi-ve-hiz-sabitinin-bulunmasi.pdf> (Erişim Tarihi:8 Ekim 2022)
- Yılmaz C ve Gökmen V., 2016, Chlorophyll, In: B Caballero, P Finglas, and F Toldrá (editors). *Encyclopedia of Food and Health*, Academic Press., Oxford, 2, 37– 41.
- Zhang, L., Li, S., Liu, X., Wang, L. ve Sun, X., 2012, Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated kiwifruit puree. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 28(6), 289-292. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2012.06.048>
- Zulueta, A., Esteve, M. J., Frasquet, I. ve Frígola, A. (2007). Vitamin C, vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverages marketed in Spain. *Food Chemistry*, 103(4), 1365–1374. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2006.10.052>
- Wangcharoen, W. ve Phimpilai, S., 2016, Chlorophyll and total phenolic contents, antioxidant activities and consumer acceptance test of processed grass drinks, *Journal of Food Science and Technology*, 53(12), 4135-4140. <https://doi.org/10.1007%2Fs13197-016-2380-z>
- Weemaes, C. A., Ooms, V., Van Loey, A. M. ve Hendrickx, M. E., 1999a, Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(6), 2404-2409. <https://doi.org/10.1021/jf980663o>
- Weemaes, C., Ooms, V., Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I., Van Loey, A. ve Hendrickx, M., 1999b, Pressure-temperature degradation of green color in broccoli juice, *Journal of Food Science*, 64(3), 504-508. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15072.x>

EKLER

EK 1. 115°C’de Karalahana suyunda klorofil parçalanma hızına ait grafik



EK 2. 115°C’de Maydanoz suyunda klorofil parçalanma hızına ait grafik



EK 3. 115°C’de Karalahana ve maydanoz suyu karışımına ilave edilen kombinasyonların klorofil parçalanma hızına ait grafik

