



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KIRMIZIBİBER DEPOLAMADA HIZLANDIRILMIŞ  
RAF ÖMRÜ TESTLERİ**

**ROZERİN AYDIN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIRMIZIBİBER DEPOLAMADA HIZLANDIRILMIŞ**  
**RAF ÖMRÜ TESTLERİ**

**ROZERİN AYDIN**

**Bu tez,**  
**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Rozerin AYDIN tarafından hazırlanan “KIRMIZIBİBER DEPOLAMADA HIZLANDIRILMIŞ RAF ÖMRÜ TESTLERİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 29/08/2019 tarihinde oy birliği ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi İnci ÇINAR (DANIŞMAN) .....

Gıda Mühendisliği ABD

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Özlem TURGAY .....

Gıda Mühendisliği ABD

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hakan BOZDOĞAN .....

Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Anabilim Dalı

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

**Rozerin AYDIN**



Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2018/ 2-3 YLS

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

# KIRMIZIBİBER DEPOLAMADA HIZLANDIRILMIŞ RAF ÖMRÜ TESTLERİ (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ROZERİN AYDIN

## ÖZET

Bu çalışmada yöremizde yetiştirilen ticari potansiyeli ve ihracata katkısı yüksek olan konvektif kurutma yöntemiyle kurutulmuş kırmızıbiber örneklerinin kontrollü depolama koşullarında tutulması suretiyle bozulma oranları ve seçilmiş kalite parametrelerindeki değişimlerin hızlandırılmış raf ömrü testleri ile belirlenmesi amaçlanmaktadır. Raf ömrü belirlemede reaksiyon kinetiği temelli matematiksel modeller kullanılmıştır ve ürün etiket bilgileri için önemli raf ömrü tayini gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızın prensibi sıcaklık parametresi ile bozulmayı hızlandırarak tahmini raf ömrü süresinin belirlenmesine dayanmaktadır. Bu amaçla 70°C’de kurutulmuş kırmızıbiber örnekleri 4 farklı sıcaklıkta (4, 25, 38 ve 45°C) depolanmıştır. Depolama süresi boyunca kalite parametrelerindeki (askorbik asit, fenolik madde,  $\beta$ -karoten ve renk) değişim izlenmiştir. Uygulanan ısı işleme bağlı olarak kalite parametrelerindeki değişimin hem sıfıncı derece hem de birinci derece kinetiğe göre geliştiği saptanmıştır. Sıcaklığın yükselmesiyle askorbik asit parçalanma hızının diğer kalite parametrelerine göre daha hızlı gerçekleştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak kurutulmuş kırmızıbiber örneğinin raf ömrü 3 yıl 4 ay olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelime:** Hızlandırılmış testler, raf ömrü, kinetik reaksiyon, hız sabiti, Arrhenius modeli, kurutma.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Eylül 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İnci ÇINAR

Sayfa sayısı: 52

**ACCELERATED SHELF-LIFE TESTS OF RED PEPPER DURING STORAGE  
(M.Sc. THESIS)**

**ROZERİN AYDIN**

**ABSTRACT**

In this study, it is aimed to determine deterioration rates and changes in selected quality parameters by accelerated shelf life tests by keeping the dried red pepper samples which are grown in our region under controlled storage conditions with convective drying method having high commercial potential and contribution to export. Reaction kinetics based mathematical models were used to determine shelf life and significant shelf life determination was performed for product label information. The principle of our study is based on the determination of the estimated shelf life time by accelerating the deterioration with temperature parameter. For this purpose, red pepper samples dried at 70°C were stored at 4 different temperatures (4, 25, 38 and 45°C). Changes in quality parameters (ascorbic acid, phenolic substance,  $\beta$ -carotene and color) were observed during storage. It was determined that the change in the quality parameters depending on the applied heat treatment developed according to both zero and first degree kinetics. Ascorbic acid decomposition rate was found to be faster than other quality parameters with increasing temperature.

As a result, the dried red pepper sample has a shelf life of 3 years and 4 months.

**Key words:** Accelerated tests, shelf life, kinetic reaction, rate constant, Arrhenius model, drying.

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering, September / 2019

Supervisor: Assist. Prof.Dr. İnci ÇINAR

Page Numbers: 52

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐması sűresince engin bilgi ve tecrűbelerinden faydalandıĐım ve çalıŐmamın her aŐamasında saĐladıĐı bilimsel katkılardan dolayı DanıŐman Hocam Dr. ŐĐr. Őyesi İnci ÇINAR'a, her fırsatta bilgi ve birikimlerinden yararlandıĐım tűm bűlűm hocalarıma, tűm çalıŐmalarım sűresince deĐerli gűrűŐ ve fikirlerini benimle paylaŐan İnűnű Őniversitesinde gűrev alan Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĐLU'na, bana her konuda destek olan İnűnű Őniversitesinden ArŐ. Gűr. Hacer GŪRKAN'a, hammadde alımı sırasında desteklerini hiç esirgemeyen KahramanmaraŐ Sűtű İmam Őniversitesi ŐSKİM Numune Kabul Biriminde gűrev alan Feridun KOÇER'e teŐekkűr ederim.

Son olarak, bu gűnlere gelmemde her tűrlű maddi ve manevi desteklerini gűrdűĐűm aileme ve arkadaŐlarıma sonsuz teŐekkűrlerimi sunarım.

Rozerin AYDIN

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	4
2.1. Gıda Kurutma ve Önemi .....	4
2.1.1. Gıda kurutmanın kinetiği .....	4
2.2. Gıdalarda Raf Ömrü ve Hızlandırılmış Raf Ömrü Testleri .....	5
2.3. Gıdalarda Reaksiyon Kinetiği ve Önemi .....	5
2.4. Önceki Çalışmalar .....	9
3. MATERYAL .....	15
4. METOT .....	16
4.1. Örnek Hazırlama ve Kurutma Denemeleri .....	16
4.2. Askorbik Asit İçeriğinin Belirlenmesi .....	16
4.3. Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi .....	17
4.4. Toplam Karotenoid Miktarının Belirlenmesi .....	17
4.5. Renk Ölçümü .....	18
4.6. Kinetik Parametrelerin Hesaplanması .....	18
4.6.1. Reaksiyon hız sabitinin hesaplanması .....	19
4.6.2. Aktivasyon enerjisinin (Ea) hesaplanması .....	19
4.6.3. Yarılanma süresinin hesaplanması .....	20
4.6.4. Q <sub>10</sub> değerinin hesaplanması .....	21
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	23
5.1. Depolama Sıcaklığının Kırmızıbiberin Askorbik Asit İçeriği Üzerine Etkisi .....	23
5.2. Depolama Sıcaklığının Kırmızıbiberdeki β-Karoten Miktarı Üzerine Etkisi .....	27
5.3. Depolama Sıcaklığının Kırmızıbiberin Renk Özellikleri Üzerine Etkisi .....	31
5.3.1. L* Değeri .....	31
5.3.2. a* Değeri .....	34
5.3.3. b* Değeri .....	35
5.3.4. Kroma (c) değerinin değişimi .....	37
5.4. Depolama Sıcaklığının kırmızıbiberin Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi .....	39

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	50



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.6.1. Sıfırıncı Derece Reaksiyon için Konsantrasyon-Zaman Grafiği.....	8
Şekil 2.1.6.2. Birinci Derece Reaksiyon için Konsantrasyon-Zaman Grafiği. ....	9
Şekil 4.2. Askorbik Asit Kalibrasyon Eğrisi. ....	16
Şekil 4.3. Toplam Fenolik Madde Kalibrasyon Eğrisi.....	17
Şekil 4.4. Beta Karoten Kalibrasyon Eğrisi. ....	18
Şekil 5.1.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında askorbik asit içeriğinin depolama süresince değişimi.....	23
Şekil 5.1.2. 25°C'deki depolamada kırmızıbiber örneklerinde askorbik asidin depolama süresine bağlı değişimi. ....	25
Şekil 5.1.3. 38°C'deki depolamada kırmızıbiber örneklerinde askorbik asidin depolama süresine bağlı değişimi. ....	25
Şekil 5.2.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında $\beta$ -Karoten içeriğinin depolama süreci boyunca değişimi.....	28
Şekil 5.2.2. $\beta$ -Karoten değişimine ait kırmızıbiber örneklerinin 4°C'deki In konsantrasyon-zaman grafiği. ....	29
Şekil 5.2.3. $\beta$ -Karoten değişimine ait kırmızıbiber örneklerinin 25°C'deki In konsantrasyon-zaman grafiği. ....	29
Şekil 5.2.4. $\beta$ -Karoten değişimine ait kırmızıbiber örneklerinin 38°C'deki In konsantrasyon-zaman grafiği. ....	30
Şekil 5.3.1.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında L* değeri değişimin depolama süresine bağlı değişimi. ....	32
Şekil 5.3.2.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklardaki a* değerinin depolama süresine bağlı değişimi. ....	34
Şekil 5.3.3.1. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırmızıbiber örneklerinin b* değerinin depolama süresine bağlı değişimi. ....	36
Şekil 5.3.4.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında c değerinin depolama süresine bağlı değişimi. ....	38
Şekil 5.4.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında fenolik madde içeriğinin depolama süresine bağlı değişimi.....	40
Şekil 5.4.2. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında fenolik madde içeriğinin depolama süresine göre değişiminin birinci dereceden kinetiği. ....	41

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin askorbik asit içeriğine etkisinin kinetik modeli. ....	24
Çizelge 5.1.2. Depolamaya alınan kırmızıbiber örneklerinin askorbik asit değişimine ait kinetik parametre değerleri. ....	26
Çizelge 5.1.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde askorbik asit değişimine ait $k_0$ ve $k_1$ değerleri. ....	26
Çizelge 5.1.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen askorbik asit değişimine ait $k$ ve $E_a$ değerleri. ....	26
Çizelge 5.2.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin $\beta$ -karoten içeriğine etkisinin kinetik modeli. ....	28
Çizelge 5.2.2. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde $\beta$ -Karoten değişimine ait kinetik parametre değerleri. ....	30
Çizelge 5.2.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde $\beta$ -karoten değişimine ait $k_0$ ve $k_1$ değerleri. ....	30
Çizelge 5.2.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen $\beta$ -karoten değişimine ait $k$ ve $E_a$ değerleri. ....	31
Çizelge 5.3.1.1. Farklı sıcaklıklarda depolamaya alınan kırmızıbiber örneklerinde $L^*$ değeri değişimine ait kinetik parametre değerleri. ....	32
Çizelge 5.3.1.2. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin $L^*$ değerine etkisinin kinetik modeli. ....	33
Çizelge 5.3.1.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde $L^*$ değeri değişimine ait $k_0$ ve $k_1$ değerleri. ....	33
Çizelge 5.3.1.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen $L^*$ değeri değişimine ait $k$ ve Aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) değerleri. ....	33
Çizelge 5.3.2.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin $a^*$ değerine etkisinin kinetik modeli. ....	34
Çizelge 5.3.2.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde $a^*$ değeri değişimine ait $k_0$ ve $k_1$ değerleri. ....	35
Çizelge 5.3.2.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen $a^*$ değeri değişimine ait $k$ ve $E_a$ değerleri. ....	35
Çizelge 5.3.3.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin $b^*$ değerine etkisinin kinetik modeli. ....	36
Çizelge 5.3.3.2. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinin $b^*$ değeri değişimine ait kinetik parametre değerleri. ....	37

Çizelge 5.3.4.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin c değerine etkisinin kinetik modeli. ....	38
Çizelge 5.3.4.2. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinin c değeri değişimine ait kinetik parametre değerleri. ....	38
Çizelge 5.3.4.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada de c değeri değişimine ait $k_0$ ve $k_1$ değerleri .....	39
Çizelge 5.3.4.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen c değeri değişimine ait k ve $E_a$ değerleri .....	39
Çizelge 5.4.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiberin fenolik madde miktarına etkisinin kinetik modeli. ....	40
Çizelge 5.4.2. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinin fenolik madde değişimine ait kinetik parametre değerleri. ....	42
Çizelge 5.4.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde fenolik madde ait $k_0$ ve $k_1$ değerleri. ....	42
Çizelge 5.4.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden i fenolik madde değişimine ait k ve $E_a$ değerleri. ....	42

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

**K** : Reaksiyon hız sabiti

**k<sub>0</sub>** : Frekans faktörü

**E<sub>a</sub>** : Aktivasyon enerjisi

**R** : Gaz sabiti

**t<sub>1/2</sub>** : Yarılanma süresi

**Q<sub>10</sub>** : Sıcaklığın 10°C artırılmasıyla reaksiyon hızının artış kat sayısı

**C** : Konsantrasyon



## 1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde son yıllarda tüketiciler artan oranda yüksek kaliteli gıdalar talep etmekte ve satın alma-tüketme arasındaki dönemde bu kalitenin yüksek seviyede tutulmasını beklemektedir. Gıda muhafaza işlemi gıda maddelerinin tüketiciye miktar ve kalitede oluşacak en az kayıplarla ulaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Günümüz teknolojisinde gıdaların muhafazasında kullanılan temel yöntemler yüksek ve düşük sıcaklık uygulamaları, kurutma, çeşitli mekanik işlem uygulamaları, kimyasal madde ilavesi, fermantasyon, ışınlama vb. şeklinde sıralanabilir. Kullanılan bu yöntemlerden her birinin etkin ve yaygın olarak kullanıldığı gıda sektörleri vardır. Gıda sanayinin üretim, depolama, pazarlama ve tüketim gibi birçok aşamasında kullanılan en etkin ve yaygın muhafaza yöntemlerinden birisi kurutmadır (İzli ve Polat, 2016). Kurutma ile ürün çeşitliliği sağlanmakta, daha uzun ömürlü gıdalar elde edilmekte, gıdanın ağırlık ve hacmi azaltılmakta böylece depolama ve taşıma giderleri düşürülmektedir (Şahin ve ark., 2013). Bu nedenle kurutma süreçlerinde ürünlerin hangi özelliklerinin kaliteyi etkilediği iyi tespit edilmelidir (Dündar, 2010). Kurutma koşullarında gıdanın kalitesi üzerinde pek çok faktör rol oynamakta olup bu faktörlerden en önemlileri sıcaklık ve nemdir.

Üretilen gıda ürünlerinin hemen satılması ve tüketilmesi olanaksız olduğundan raf ömrü kavramı ortaya çıkmıştır. İşlenmiş gıdalar taze halleriyle kıyaslandığında düşük su aktivitesi sebebiyle daha uzun raf ömrüne sahiptir. Pek çok ülkede gıdaların raf ömrü konusunda tüketicilerin bilgilendirilmesi için yasal etiketleme şartı getirilmiştir (Ashurst, 2016). Bu yüzden uzun ömürlü gıdaların standart depolama koşullarında raf ömrü testleri pazarlama açısından istenmeyen şekilde uzun zaman gerektirir. Depolama süresi uzun olduğunda gıda endüstrisi gerekli deneysel verilerin elde edilme sürecini önemli ölçüde kısaltan hızlandırılmış test tekniklerine başvurmuştur. Hızlandırılmış raf ömrü testleri seçilmiş gıdaların ağırlaştırılmış ve kontrollü depolama koşullarındaki bozunma oranlarının ve seçilmiş komponentlerindeki değişimlerin daha hızlı ve kolay belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Kısaca kaliteyi kısa sürede tahmin etmek için kullanılmaktadır (Grewal ve ark., 2017). Hızlandırılmış bir testin önceliği bir saklama koşulunun değiştirilmesiyle bozulmaya neden olan kimyasal ve fiziksel işlemlerin hızlandırılması ve ortam koşullarıyla ilgili ön görülen bir raf ömrü ilişkisinin tanımlanabilmesidir. Hızlandırılmış raf ömrü testleri zamanın, çevresel faktörlerin ve ürünün kalite değişimine duyarlılığının bir fonksiyonudur. Raf ömrü deneyi tasarlanırken çalışmanın amaçlarının

belirlenmesi, test örneğinin belirlenmesi, örneğin fiziksel ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi, depolama koşullarının seçilmesi, test dizaynı oluşturulması veya numunelerin nasıl saklanacağı ve değerlendirileceğinin belirlenmesi, uygun bir metodun seçilmesi, deneyin yürütülmesi, sonuçların analiz edilmesi ve ürünün raf ömrü ile ilgili kriterlerin bilinmesi gerekir (Gimenez ve ark., 2012).

Raf ömrünü etkileyen faktörler iç ve dış faktörler olmak üzere ikiye ayrılır. İç faktörler ham madde türü ve kalitesi, ürün formülasyonu ve yapısı gibi değişkenlerden etkilenmektedir. İşlenmiş gıdaların bozulmasına neden olan başlıca iç faktörler, mikrobiyolojik bozulma, renk, koku, lezzet ve doku değişimine neden olan kimyasal ve enzimatik aktivite, su aktivitesi, pH ve toplam asitliktir. Dış faktörler ise ürünün paketlenmesinden itibaren geçen süreçte karşılaştığı faktörlerdir. Bunlar işlem sırasında sıcaklık-zaman profili, depolama ve dağıtım sırasında sıcaklık kontrolü, işleme, saklama ve dağıtım sırasında bağıl nem (RH), ışığa maruz kalma (UV ve IR) ve ambalaj içerisindeki atmosfer bileşimidir (Kebede ve ark., 2015).

Türkiye biber üreticisi ülkeler arasında Çin ve Meksika'dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Yılda 900 bin ton üretimi ile dünya biber üretiminin tek başına %10' unu karşılamaktadır. Kahramanmaraş ilimizde ise özellikle kırmızıbiber üreticiliği kırmızı kuru biber üreticiliği için yapılmaktadır. Üretilen kırmızıbiber yaygın biçimde ülkemizin iç talebini karşıladığı gibi ihracatı da yapılmakta ve önemli ölçüde döviz kaynağı oluşturmaktadır (Demiray ve ark., 2012). Taze haldeyken sofralık olarak çeşitli yemek ve salataların hazırlanmasında kullanılan biberin önemli bir kısmı başta baharat olmak üzere salça, turşu, sos, hazır çorba ve konserve üretiminde kullanılmaktadır. Kırmızıbiber genel olarak gıda endüstrisinde, *C. annuum* olarak bilinir. Kırmızıbiberde bulunan askorbik asit ve karotenoidler sahip oldukları antioksidan özellikleri sayesinde bazı tip kanserleri, kardiyovasküler hastalıkları ve yaşlanmayı önleyici etki göstermektedir. Karotenoidler, insan sağlığı açısından son derece faydalı olmalarının yanı sıra kullanıldıkları gıdalara kazandırmış oldukları cazip renkten dolayı birçok araştırmaya konu olmuştur. Sağlık açısından birçok önemli fonksiyonu bulunan karotenoidlerin başlıca fonksiyonları A vitamininin ön maddesi olmasıdır. Kırmızıbiber yöremizde ve ülkemizde ihracat açısından çok önemli bir tarımsal üründür. Baharatlık olarak kurutulmuş kırmızıbiberler çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ancak kurutulmuş kırmızıbiberlerin paketlenmesi veya yığın halde depolanması sırasında yüksek oranda kalite kayıpları söz konusudur. İhracat

açısından ise ürünlerde etiket bilgilerinin oluşturulması son derece önem kazanmıştır. Etiket bilgileri içinde tüketici açısından en önemli bilgi ürünün raf ömrüdür. Kurutulmuş ürünler düşük su aktiviteleri sebebiyle taze ürünlerle kıyaslandığında daha uzun raf ömrüne sahiptir. Dolayısıyla kurutulmuş kırmızıbiberlerde raf ömrü tayini aylar alabilen bir işlemdir. İşletmeler açısından zahmetli olan raf ömrü tayini bu amaçla son yıllarda kontrollü ve ağırlaştırılmış depolama koşullarında gerçekleştirilmektedir ancak ülkemizde bu tür çalışmalar sınırlıdır. Bu açıdan çalışmanın amacı yöre için çok önemli bir ihracat ürünü olan kurutulmuş kırmızıbiberlerin depolanması sırasındaki raf ömrünün hızlandırılmış testler ve kinetik modeller kullanılarak belirlenmesidir. Bu sayede yöredeki işletmeler açısından ilgi ve önem kazanacak hızlandırılmış raf ömrü test metodu geliştirilerek yöredeki işletmelerin kullanımına sunulabilecektir. Bu amaçla askorbik asit ve karotenoid açısından zengin kırmızıbiber bitkisinin fiziksel ve kimyasal kalite kriterleri dikkate alınarak uzun süre muhafaza edilebilmesi amacıyla konvektif kurutucu ile kurutulmuştur. İşlem sonucunda örneklerinin raf ömrünü belirlemek için çevresel faktörler kontrol altına alınarak 4 farklı sıcaklıkta (4, 25, 38 ve 45°C) depolanmıştır. Depolama süresince kalite parametrelerindeki değişimleri tespit etmek için analizler yapılmış ve elde edilen veriler reaksiyon kinetiği temelli modellerle açıklanmış ve kurutulmuş ürünün raf ömrü belirlenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Gıda Kurutma ve Önemi

Kurutma bir gıdadaki su miktarını azaltmak veya düşük düzeylere indirmek amacı ile yapılan ve böylelikle olası mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmaların önlenmesini, bu yolla çeşitli gıdaların uzun süre depolanmasını ve üretim mevsimi dışında da tüketilmesini sağlayan, çok eski çağlardan bu yana uygulanan bir işlemdir. Gıdaların korunmasından etkili yöntemdir. Ürün çeşidine bağlı olarak kurutma işleminden sonraki nem içeriği yaş baza göre %1-15 arasında olmaktadır. Kurutma işlemi ile olası mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalar engellenerek kalite kayıpları önlenmektedir. Meyve ve sebzelerin kurutulmasında en çok kullanılan yöntemlerden biri sıcak hava ile kurutmadır. Bu yöntemle besin ve aroma bileşenlerinde meydana gelen kayıpların yanı sıra fiziksel olarak da sertleşme, büzüşme ve renk değişimi meydana gelebilmektedir. Sıcak hava ile kurutmada hava akımının en yaygın olarak uygulandığı kurutucular tünel ve kabin tipi kurutuculardır. İşleme kolaylığı ve düşük maliyet nedeniyle bu tip kurutucular tercih edilmektedir. Bu tip kurutma tekniklerinde kurutma sırasında sıcak hava kurutulacak ürünle direkt olarak temas halindedir. Kurutma sonrasında ürünün üzerine doğal koşullardaki gibi serin hava verilerek, ürün depolanmadan önce soğutulur. Soğutma işleminin önceden belirlenmiş bir zaman süreci içerisinde yapılması gerekir Aksi halde hızlı bir soğutma özellikle taneli meyve ve sebzelerde tane çatlamasına neden olabilmektedir (Demiray, 2015). Kurumayı etkileyen faktörler incelenirken, kurutma ortamındaki hava ile ilgili olarak havanın sıcaklığı, bağıl nemi, havanın hareket hızı ve hareket yönü dikkate alınmalıdır. Kurutulacak gıda ile ilgili olarak gıdanın nem miktarı, gıdanın boyutları, buharlaşma yüzey genişliği, kurutma ekipmanı ile ilgili olarak yapı malzemesinin türü ve özgül ısı, kurutma cihazının ısı yalıtım durumu, kapasitesi ve boyutları, kurutma yöntemi, çevre iklimi şeklinde belirtmek mümkündür.

#### 2.1.1. Gıda kurutmanın kinetiği

Kinetik açıdan kurumunun incelenmesi esnasında gıda ile kurutma ortamındaki hava arasındaki nem alışverişi, kuruma süresince geçen zaman dikkate alınarak değerlendirilir. Kurutma prosesi kinetik açıdan incelenirken gıdanın nemi-kurutma süresi, kuruma hızı-gıdanın nemi, kuruma hızı-kurutma süresi ve gıdanın sıcaklığı-gıdanın nemi arasındaki ilişkiler dikkate alınır. Kuruma süresi boyunca gıdanın ısınma periyodu, sabit hızla kuruma

periyodu ve azalan hızla kuruma periyodu olarak üç karakteristik periyotla karşılaşılmaktadır (E.Filiz, 2015).

## **2.2. Gıdalarda Raf Ömrü ve Hızlandırılmış Raf Ömrü Testleri**

Raf ömrü gıda ürünlerinin güvenli kaldığı, arzu edilen duyuşal, kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik karakteristiklerin bulunduğundan emin olunan besin içeriğı ile etiket bilgilerinin uyumlu olacağı depolama zamanı olarak tanımlanır. Raf ömrü testleri gıda maddelerinde ön görülen raf ömrü süresince depolama, taşıma, satış ve son tüketim sürecinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kriterlerinde herhangi bir değışiklik olup olmayacağıın belirlenmesi için yapılır. Bunun yanı sıra raf ömrü testleri ambalaj yeterliliğı hakkında da bilgi sahibi olmamızı sağlar. Meydana gelebilecek olası problemlerin ortaya çıkmasını önlemek ve ürünün toplatılması, geri çağırılması gibi durumlarda geç kalınmadan müdahale etmek gibi maddi ve manevi zararların önlenmesi için gereklidir. Bir gıdanın raf ömrünü belirlemeden önce raf ömrünü etkileyen faktörlerin bilinmesi ve raf ömrünü belirlemek için en uygun metodun seçilmesi gerekir.

Gıdaların raf ömrünü belirleyen çevresel faktörler sıcaklık, bağıl nem, ışık şiddeti, oksijen kısmi basıncı, ambalaj materyali, proses süreci, depolama koşulları ve tüketici kullanımınıdır. Bileşimsel faktörler ise pH, su aktivitesi, nem içeriğı, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, ürünün besleyici değeri ve formülasyonu ve anti-mikrobiyel özelliğıdir. Bileşimsel faktörler hammadde çeşidi ve özelliklerinin yanı sıra ürün formülasyonu ve yapısından da etkilenirler. Raf ömrünü belirlemede direkt ve indirekt olmak üzere iki ana metod vardır. Belirlenen şartlar altında beklenen raf ömründen daha uzun süre depolayıp, düzenli aralıklarla kontrol ederek ürünün ne zaman bozulmaya başlayacağıın belirlenmesi direkt metod olarak adlandırılırken belirli koşullar altında raf ömrünü tahmin edebilmek için kullanılan matematiksel denklemlerle direkt yöntem aşamaları yerine getirilmeden raf ömrü tahmini yapabilen yöntemler indirekt metottur. Kısaca indirekt metod hızlandırılmış raf ömrü çalışmaları ve tahminleme modelleridir (Özçelik, 2000).

## **2.3. Gıdalarda Reaksiyon Kinetiğı ve Önemi**

Kinetik bilgilerin kullanılabilirliğı bu bilgilerin teknolojide uygulanabilir olmalarına bağılıdır. Örnek olarak, verilen gıda maddesinde belli bir bileşenin korunmasını optimize etmek için matematiksel modeller geliştirilmişse, işlem parametreleri gereken

şekilde ayarlanarak söz konusu bileşenin korunumu sağlanabilmektedir. Gıdalar hakkındaki mevcut kinetik bilgiyi oluşturan temellerin çoğu, gıdalar üzerinde yapılan uygulamalarla belirlenmiştir. Reaksiyon mekanizmasını karakterize edebilmek için gıdayı detaylı bir biçimde incelemek gereklidir. Reaksiyon kinetiği derecesinin belirlenmesi anlamlı bir kinetik bilgi elde etme, istenen son ürün eldesini sağlayan reaksiyon koşullarını seçme ve istenmeyen bileşiklerin oluşumunu minimize etme açısından çok önemlidir. Kimyasal reaksiyon gıdalarda basamaklar halinde gerçekleşmektedir. Sıcaklık, oksijen varlığı, basınç, başlangıç konsantrasyonu ve sistemin kompozisyonu gibi faktörler reaksiyon mekanizmasını etkilemektedir (Sernikli, 2015).

Reaksiyon derecesini belirlemek için kullanılan en temel yaklaşım Eşitlik 2.3.1. ile ifade edilmiştir.

$$k \cdot C^n = \frac{C}{dt}$$

(2.3.1.)

Bu eşitlikte;

k: Reaksiyon hız sabiti (dak<sup>-1</sup>)

C: Konsantrasyon (mg/kg)

n: Reaksiyon derecesi

t: Depolama süresini (gün) ifade etmektedir.

Diferansiyelin çözümü için Eşitlik 2.3.1.'in her iki tarafının doğal logaritması alındığında;

$$\ln\left(\frac{-dC}{dt}\right) = \ln k + \ln C$$

(2.3.2.)

Eşitlik 2.3.2. elde edilmektedir.

Eşitlikte

C: Konsantrasyon (mg/kg),

k: Reaksiyon sabiti (dak<sup>-1</sup>),

n: Reaksiyon derecesi,

t : Depolama süresi (gün)'dir.

Gıdalarda meydana gelen değişimlerin hızını belirleyen genel yaklaşım, zamanın bir fonksiyonu olarak reaktan konsantrasyonlarındaki değişimin incelenmesine dayanmaktadır. Reaksiyon hızı, verilen bir sistemin reaktivitesi ve stabilitesinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Gıdalarda yavaş olarak gelişen birçok reaksiyonun hızı basit metotlarla kolayca bulunabilmektedir. Olumsuz koşullara maruz kalmış gıdalarda besinsel kayıplar önemli olduğu için vitamin degradasyonu çalışmalarına büyük önem verilmektedir. Gıdalardaki reaksiyonlar genel olarak sıfırıncı ve birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uymaktadır. Sıfırıncı dereceden reaksiyonlarda hız başlangıç konsantrasyonundan bağımsızdır. Sıfırıncı dereceden bir reaksiyon için hız ifadesi Eşitlik 2.3.3.'te verilmiştir:

$$\frac{-dc}{dt} = k_0$$

(2.3.3.)

Eşitlik 2.3.3.'te

C: Konsantrasyonu (mg/kg),

t: Depolama süresini (gün),

$k_0$ : Sıfırıncı dereceden reaksiyon hız sabitini ( $\text{dak}^{-1}$ ) ifade etmektedir.

Eşitlik 2.3.3.'ün integrasyonu sonucu Eşitlik 2.3.4. elde edilir:

$$C_0 - C = k_0 * t$$

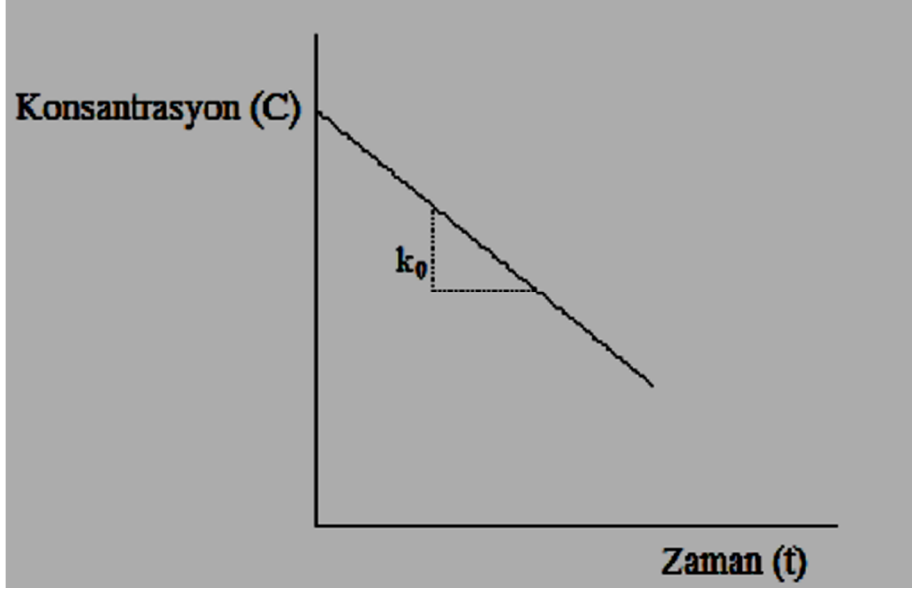
(2.3.4.)

Eşitlikte;

C: t anındaki konsantrasyonu (mg/kg),

$C_0$ : Başlangıç konsantrasyonu (mg/kg)'dur.

Şekil 2.3.4.'de görüldüğü üzere matematiksel ifadeye göre reaksiyon tipi için en belirgin özellik zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonda lineer bir azalmanın olmasıdır.



Şekil 2.3.1. Sıfırıncı Derece Reaksiyon için Konsantrasyon-Zaman Grafiği.

Birinci derece reaksiyonlarda ise sabit koşullarda bir reaksiyonun hızı reaksiyona giren maddelerin konsantrasyonu ile orantılıdır. Birinci derece reaksiyonlarda reaksiyon hızı, reaksiyona giren maddelerden sadece birinin derişimine bağılıdır. Birinci derece reaksiyonlara ait matematiksel ifade Eşitlik 2.3.5.'te verilmiştir.

$$\frac{-dc}{dt} = k_1 * t$$

(2.3.5.)

Eşitlikte;

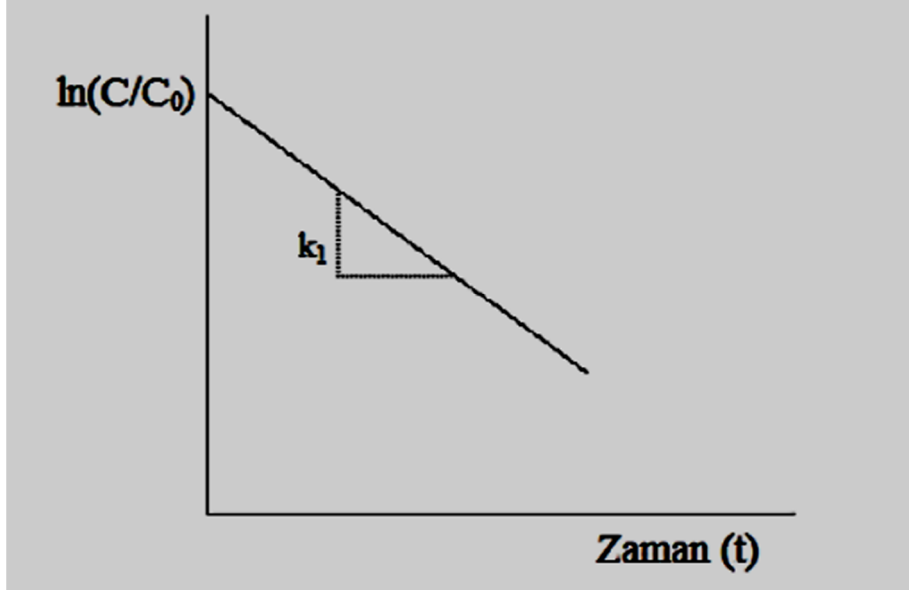
$k_1$ : Birinci derece reaksiyon hız sabiti ( $\text{dak}^{-1}$ )'dir. Bu eşitliğin integrasyonu sonucu,

$$\ln\left(\frac{c_0}{c}\right) = k_1 * t$$

(2.3.6.)

Eşitlik 2.3.6. elde edilmektedir.

Şekil 2.3.2.'de görüldüğü gibi bu matematiksel ifadeye göre  $\ln C$  değerleri zamana karşı grafiğe alınacak olursa eğimi  $k_1$ 'e eşit olan bir doğru elde edilir.



Şekil 1.3.2. Birinci Derece Reaksiyon için Konsantrasyon-Zaman Grafiği.

#### 2.4. Önceki Çalışmalar

Literatüre bakıldığında gıdalar üzerinde hızlandırılmış raf ömrü testlerinin yaygın olarak çalışıldığı görülmüştür. Bu testler genellikle C vitamini değişimi izlenerek yapılmıştır. İnsan diyetindeki önemi nedeniyle askorbik asit stabilitesini araştıran Breda ve ark. (2012) çalışmalarında gıdadaki askorbik asit tutulursa diğer besinlerinde tutulacağı düşüncesine yer vermişlerdir. Çalışma sonucunda askorbik asit tutulması gıda işleme ve depolama sırasında beslenme kalitesinde korunma parametresi olarak kabul etmişlerdir.

Hiatt ve ark. (2010) toz haline getirdikleri Guavira (*Campomanesia adamantium*) üzerinde yaptıkları çalışmalarında örneğin  $t = 0$  anındaki başlangıç askorbik asit içeriğini ( $A_0$ ) %100, nihai şartlar için askorbik asit içeriğini ( $A_f$ ) ise %45 kabul etmişlerdir. Çalışmada 10. ve 50. günler arası değişiklikler baz alınmıştır. Deneysel veriler incelendiğinde numunedeki askorbik asit içeriğinin çevresel koşulların etkisiyle 20. ve 50. günde önemli bir şekilde azaldığı ve daha sonra sabit kaldığı görülmüştür. Depolamanın 50. gününe kadar birinci dereceden reaksiyon kinetiği, depolamanın bitimine kadar (90 gün) ise sıfırcı dereceden kinetik izlenmiştir. Sonuçlar göz önünde alındığında birinci dereceden kinetiğin C vitamini parçalanmasında önemli olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte reaksiyon hızı denklemlerinden raf ömrü tahmini sadece %50 bozunmaya yakın deneysel verileri ürettiği sonucuna varılmıştır. Sıcaklığın artmasıyla reaksiyon hızının

arttığı gözlemlenmiştir. 35°C'deki depolama süresi  $Q_{10}$  ile 1.09 faktörü çarpılarak 45 gün olarak belirlenmiştir. 25°C depolama koşullarında raf ömrü 49 gün olarak belirlenmiştir.

Dermesonlouoglou ve ark. (2016) ise belirli sıcaklıklarda (-5, -8, -12 ve -16°C) glikoz, HDM (High DE Maltodekstrin) ve oligofruktoz ile ozmotik ön muamele edilmiş ve muamele edilmemiş dondurulmuş çilek örneklerindeki C vitamini kaybını zamana bağlı olarak incelemiştir. Sonuç olarak ozmotik ön muameleye tabi tutulmuş çilek örnekleri muamele edilmemiş örneklerle kıyasla daha yüksek  $E_a$  değerleri sunmuştur. Elde edilen değerlere göre ozmotik dehidrasyon ön işlemine tabi tutulmuş dondurulmuş çilek örnekleri çalışılan tüm sıcaklıklarda raf ömrünü belirgin bir şekilde arttırabileceği görülmüştür. -18°C referans sıcaklığında dondurulmuş sebzeler için ozmotik dehidrasyona uğramış glikoz, HDM ve oligofruktoz ile muamele edilmiş çilek örneklerinin raf ömrü sırasıyla 277, 423 ve 821 gün olarak bulunmuştur. Geleneksel dondurulmuş çilek örneklerinin raf ömrü ise 120 günden fazla olmadığı sonucuna varılmıştır.

Maldonado ve ark. (2015) esnek torbalar içinde şurup olarak bulunan armutların 26.7°C'de 3 yıllık bir raf ömrünü araştırmışlardır. 48.9°C'de 45 günlük raf ömrü sağlamak için torbalar tepe boşluğunu boşaltma ve döndürme işlemine tabi tutulmuştur. Armutların depolama sırasında esmerleşme, askorbik asit ve tepe boşluğu kompozisyonu test edilmiştir. Tepe boşluğunu tamamen kaldırma ve torbaların rotasyon kombinasyonu askorbik asit degradasyonunu ve esmerleşmeyi azaltarak armut kabul edilebilirliğini arttırmıştır. Sonuç olarak askorbik asit kaybı başlangıç konsantrasyonuna bağlı reaksiyon hızıyla sıfırıncı dereceden bir reaksiyon kinetiği izlenmiştir. Ayrıca depolama esnasındaki esmerleşmenin raf ömrünü azalttığı belirlenmiştir.

Hızlandırılmış raf ömrü testleriyle ilgili birçok çalışmada kalite parametresi olarak renk değişimi izlenmiştir. Teoh ve ark. (2010) doğal renklerin (antosiyenin, likopen, klorofil) üç farklı gıda matrisinde (yüksek haşlanmış tatlılar, jelatinli jöleler ve meyve suyu esaslı içecekler) tek başına kullanılan bir bileşim olarak kararlılığını tahmin etmek için hızlandırılmış raf ömrü testlerini uygulamışlardır. Numuneler 20, 30 ve 40°C'de sabit bir iklim odasında saklanmış ve karanlıkta 1.4W/m<sup>2</sup> UV ile 4.000lux yüksek yoğunlukta ışığa maruz bırakılmıştır. Belirli zaman aralıklarında (20°C'de 7 ay, 30 ve 40°C'de 8 hafta) renk değişimi izlenmiştir. Çalışmada gıda matrisi ve kullanılan renk türünün renk değişimini etkilediği sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak, ışık ile yüksek sıcaklıkların birlikte

uygulanması numunelerdeki renk değişikliklerinin daha kısa sürede izlenebildiği belirtilmiştir.

Ganje ve ark. (2014) 3 farklı şekilde (mikro kapsüllü, kapsülsüz ve sodyum benzoat) muamele edilmiş zeytin yaprağı özütü içeren domates salçasında hızlandırılmış raf ömrü testlerinin renk ve pH değişimleri üzerine etkisini belirlemiş ve sonuçları kontrol grubuyla kıyaslanmıştır. Numuneler üç farklı sıcaklıkta (30, 40 ve 50°C) tutulmuştur. Belirli periyotlarda (30°C’de 10 günlük, 40°C’de 7 günlük ve 50°C’de 3 günlük) renk ve pH analizleri yapılmıştır. Mikro kapsüllü zeytin yaprağı özütü içeren numunelerin renk ve pH değişimleri sodyum benzoat ile muamele edilen numunelerle yakın sonuçlar göstermiştir. Her üç muamele arasında benzoatlı ve kapsülsüz örnekler salçanın rengine sırasıyla en az ve en fazla değişikliğe neden olmuştur. Depolanan tüm örneklerin eğri eğimleri sıcaklık artışı ile artmıştır. Sonuç olarak domates salçası için mikrokapsülleme uygulamasının depolamada oluşabilecek değişikleri azaltabileceği ve ürünün orijinal kalitesini daha kararlı bir şekilde koruyabileceği ileri sürülmüştür. Arrhenius denkleminin 500ppm düzeyindeki örneklerin renk değişimini ve 1000ppm düzeyindeki örneklerin pH değişimini daha iyi tahmin edebildiği belirtilmiştir. Aynı zamanda Arrhenius denkleminin uzun süreli ve kısa süreli depolamada mikro kapsüllü zeytin yaprağı özütü içeren domates salçasının her iki kalite parametresini de tahmin edebildiği ileri sürülmüştür.

Buve ve ark. (2018) depolama süresi, sıcaklık ve oksijen varlığının pastörize edilmiş çilek suyunda renk, antosiyanin ve askorbik asit içeriği üzerindeki etkisini kinetik modelleme kullanarak araştırmışlardır. İki tip PET şişede muhafaza edilen çilek suyunun renk özelliklerinin ortam sıcaklığında (20°C) ve hızlandırılmış sıcaklıklarda (28-42°C) önemli ölçüde değiştirdiği görülmüştür. Çalışma sonunda depolama sıcaklığı ve oksijenin renk değişimlerinde önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir. Ayrıca çilek suyunun renk değişikliklerine daha hızlı bir bakış açısı sağlamak ve raf ömrünü belirlemek için hızlandırılmış raf ömrü testlerinin uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Reis ve ark. (2017) Litchi meyvelerinin beslenme, duyu ve raf ömrü özelliklerinin vakumla kurutulduktan sonraki değişimini araştırmışlardır. Soyulmuş meyveleri 50, 60 ve 70°C’de 8.0kPa’lık sabit basınçta vakumla kurutmuşlardır. Ürün C vitamini, toplam fenolik bileşikler, renk ve doku (sertlik) açısından değerlendirilmiştir. Buna ek olarak en iyi dokuya sahip ürüne hızlandırılmış raf ömrü testleri uygulanmış ve raf ömrü belirlenmiştir. Litchi meyvelerin toplam fenol içeriği ve C vitamin içeriği vakum

kurutmadan etkilenmemesine rağmen doku önemli derecede etkilenmiştir. 70°C'de kurutulan numunenin raf ömrü hızlandırılmış raf ömrü testleriyle değerlendirilmiştir. Kurutulmuş litchi, 40 gün boyunca 40°C'de muhafaza edilmiş olup belirli aralıklarla (0., 7., 14., 20., 27., 34. ve 40. gün) renk ve mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Toplam renk değişimi ( $\Delta E:16.32$ ) son kullanma kriteri olarak kullanılmıştır. Kurutulmuş gıda ürünleri için ortak değer olan  $Q_{10}$ 'nun 3 olduğu varsayılarak ürün 23°C'de 8ay'lık bir raf ömrü sunmuştur. Vakumla kurutulmuş meyveler dondurulmuş meyvelerle kıyaslandığında C vitamini ve toplam fenolik bileşiklerin daha iyi korunduğu sonucuna varılmıştır.

Literatürde UHT süt üzerine hızlandırılmış raf ömrü testleriyle ilgili çalışmalara da yer verilmiştir. Daniela ve ark. (2015) UHT sütün gerçek zamanlı raf ömrünü belirlemenin zaman aldığını ve bunun için hızlandırılmış raf ömrü testlerini kullandıklarını belirtmişlerdir. Hızlandırılmış raf ömrü testlerini oksidasyon ile gerçekleştirmişler. En iyi oksidatif indikatörün toplam hekzanal içeriği olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma UHT sütün raf ömrünü belirlemek için gaz kromatografisi metodu kullanılarak hekzanalın ölçümüne ve  $Q_{10}$  değeriyle raf ömrünün tahminine dayanmıştır. Üç farklı partiden üç tekerrürlü olacak şekilde düşük yağlı UHT süt, üç farklı sıcaklıkta (25, 35 ve 45°C) depolanmış ve belirli periyotlarda (0., 30., 60., 120., 150., 180. ve 210. günde) brüt kompozisyon (protein, laktoz ve yağ içeriği) ve mikrobiyolojik kalite belirlenmiştir. Depolama sıcaklıkları 25°C'den 35°C'ye ve 35°C'den 45°C'ye yükseldiğinde ivme (hız) faktörü sırasıyla 3.97 ve 2.67 olarak bulunmuştur. Sütün 35°C'deki oksidatif bozulma oranı 25°C'den 3.9 kat daha hızlı, 45°C'deki bozulma oranı ise 25°C'den 10.2 kat daha hızlı olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak raf ömrünün 25°C'de 217 gün, 35 °C'de 81 gün ve 45 °C'de 35 gün olduğu tahmin edilmiştir.

UHT süt üzerine yapılan bir başka çalışma ise Grewal ve ark. (2016) tarafından yapılmıştır. Ultra-yüksek sıcaklığın uygulandığı farklı yağ düzeylerine sahip UHT süt örneklerindeki protein değişikliklerini hızlandırılmış raf ömrü testleri ile araştırmışlardır. Çalışmada sodyum dodesil sülfat-PAGE kullanılmıştır. UHT yağsız ve tam yağlı süt örnekleri 20, 30, 40 ve 50°C'de 28 gün depolanmıştır. Testlerin başlangıcında proteinler ağırlıklı olarak disülfür ve kovalent olmayan etkileşimler vasıtasıyla bağlanmıştır. Bununla birlikte 30°C ve üzeri depolama protein agregasyonunu geliştirmiştir. Araştırmacılar agregasyonun yağ içeriğinden etkilendiğini ileri sürmüşlerdir. Bireysel proteinlerin mutlak

miktarındaki kayıpların azaltılmasına dayanarak, sütteki kovalent çapraz bağlanma esasen lipit oksidasyonu ürünleri ve çapraz bağlanma reaksiyonları için kazeinlere artan erişim vasıtasıyla kolaylaştırılmıştır. Yağsız sütteki protein değişiklikleri Maillard ve dehidro alanin ürünleri ile ilgidir. Protein çapraz bağlanması düşük sıcaklıklara kıyasla daha yüksek sıcaklıklarda ( $\geq 40^{\circ}\text{C}$ ) farklı bir yol izlemiştir. Çalışma sonucunda bu değişikliklerin düşük sıcaklıklarda protein etkileşimlerine ekstrapolasyonunu zorlaştırdığı kaydedilmiştir.

Literatürde uçucu komponentler üzerinde hızlandırılmış raf ömrü testleri uygulamalarına da yer verilmektedir. Wibowo ve ark. (2015) çalışmalarında pastörize portakal suyunun raf ömrü boyunca meydana gelen önemli kimyasal değişikliklerin belirlenmesi ve hızlandırılmış raf ömrü testi bağlamında seçilen raf ömrü bileşiklerinin kinetik çalışmasını yapmışlardır. Portakal suyu numuneleri dört farklı saklama sıcaklığında (20, 28, 35 ve  $42^{\circ}\text{C}$ ) zamanın fonksiyonu olarak saklanmıştır. Tüm sıcaklıklardaki değişiklikler belirlendikten sonra reaksiyonları Arrhenius kinetiği izlemiştir. Değerlendirmeler artan ve azalan bileşikler için depolama başlangıcında saptanan tepe boşluğu göz önünde bulundurularak her bir sıcaklıktaki en uzun zamana göre belirlenmiştir. Sonuç olarak uçucu bileşiklerin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimleri hızlandırılmış testler ile gösterilmiştir. Bu tür bileşiklerin yer aldığı kalite bozunma reaksiyonu üründe kabul edilebilir olmayan bir kaliteye yol açtığında doğrudan raf ömrü tahmini için bir potansiyele sahip olabildiği ileri sürülmüştür.

Literatürde farklı kurutma sistemlerinde hızlandırılmış raf ömrü üzerine etkisiyle ilgili çalışmalar yapılmıştır. Kadam ve ark. (2011) mandalina (kinnow) pulpunu köpük kurutma ile kurutarak 2ay'lık aralıklar ile toplamda 6ay'lık depolama sonucundaki kalite değerlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Köpük kurutma için CMC, süt ve yumurta beyazı köpük oluşturucu ajan olarak kullanılmıştır. Kurutma sonucunda elde edilen mandalina pulpu tozundaki askorbik asit ve toplam şeker içeriğinin kullanılan köpürtme ajanına göre değişiklik gösterdiğini ve CMC' nin daha uygun bir ajan olduğu kaydedilmiştir. Depolama sonucunda toplam şeker, askorbik asit ve toplam asitin azaldığı ancak pH'nın depolama öncesindeki pH'dan daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Wilson ve ark. (2014) ise mango (*Mangifera indica*) küspesine farklı sıcaklıklarda (65, 75 ve  $85^{\circ}\text{C}$ ) köpük kurutma yöntemi uygulamışlardır. Elde edilen mango tozunu oda şartlarında saklayarak 0, 2, 4 ve 6ay'lık periyotlarla fiziko-kimyasal özelliklerini

incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda 65°C' de köpük kurutma ile kurutulan mango tozunun besinsel içeriğinin daha yüksek ve raf ömrünün uzun olduğunu bulmuşlardır.



### 3. MATERYAL

Bu alışmada Kahramanmaraş ilindeki kırmızıbiber işleme fabrikasından satın alınan kırmızıbiber (*C. annuum*) araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Kırmızıbiberlerin ürük ve bozuk olanları ayıklanıp, analiz aşamasına kadar buzdolabı sıcaklığında ( $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) muhafaza edilmiştir.



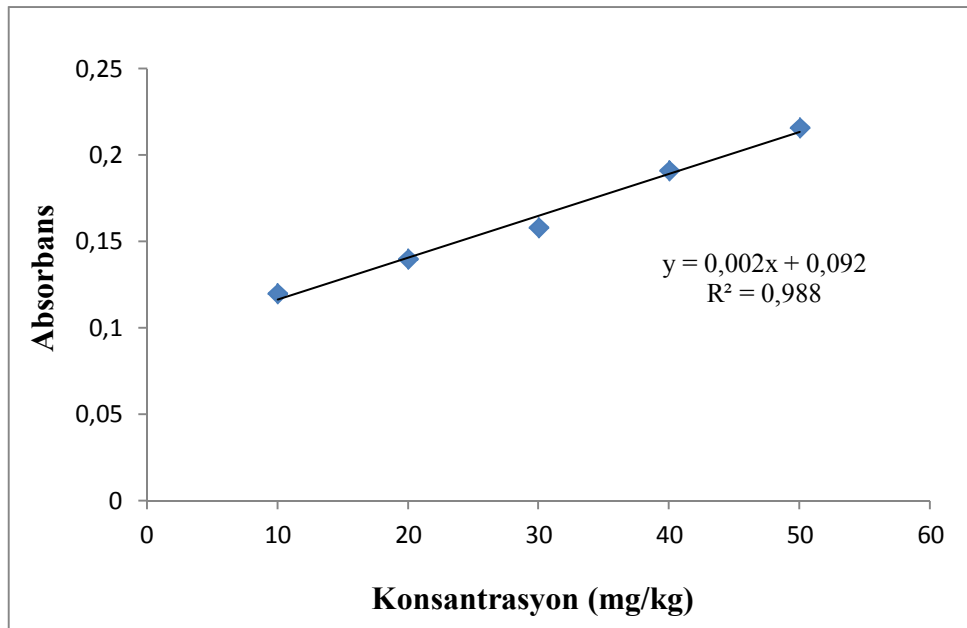
## 4. METOT

### 4.1. Örnek Hazırlama ve Kurutma Denemeleri

Kurutma işlemi için pul biber boyut küçültme makinesinden geçirilen kırmızıbiberler, 70°C sıcaklıktaki kurutma kabinde kurutulmuştur. Kurutma işlemi esnasında belli zaman aralıklarında alınan örnekler analitik hassas terazide (Vibra marka AJH 620 CE model) 0,0001 gram hassasiyette tartılmış ve ağırlık ölçümleri arasındaki fark %1'den daha az olana kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Kurutulmuş ürün 4 farklı sıcaklıkta (4, 25, 38 ve 45°C) depolamaya alınmıştır. Depolama boyunca ürünün kalite parametrelerinin (askorbik asit, fenolik madde, β-karoten ve renk özellikleri) takibi 48saat aralıklarla gerçekleştirilir.

### 4.2. Askorbik Asit İçeriğinin Belirlenmesi

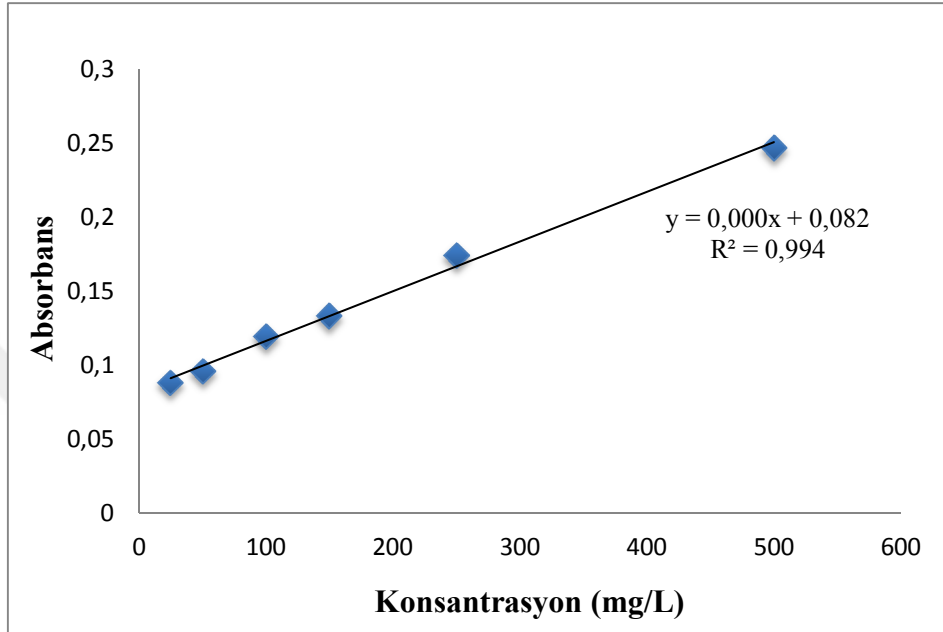
Askorbik asit miktarı Cemeroğlu, (2013)'ün belirttiği yöntemde bazı değişiklikler yapılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Askorbik asit tayini yapılacak olan materyalin asidik bir ekstraktı hazırlanmış ve daha sonra kuvvetli bir oksitleyici bileşik olan 2,6-diklorofenolindofenol kullanılarak bu ekstraktın indirgeme gücü belirlenmiştir. Örneklerdeki askorbik asit miktarı %0,4'lük oksalik asit kullanarak hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 4.2.1.).



Şekil 2.2.1. Askorbik Asit Kalibrasyon Eğrisi.

### 4.3. Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

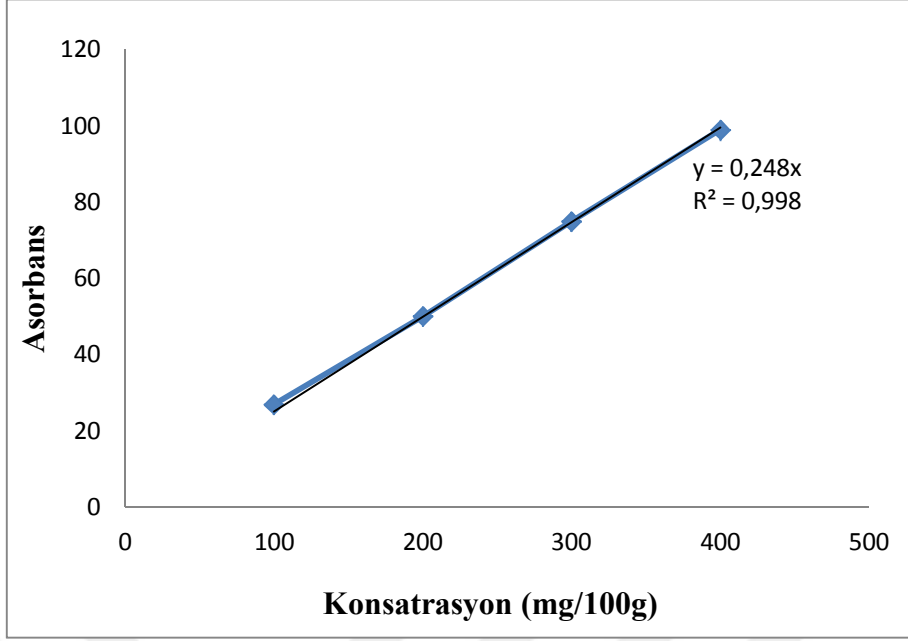
Toplam fenolik madde tayini Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (Shortle ve ark., 2014). Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri gallik asit standardı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 4.3.1.).



Şekil 4.3.1. Toplam Fenolik Madde Kalibrasyon Eğrisi.

### 4.4. Toplam Karotenoid Miktarının Belirlenmesi

Toplam karotenoid konsantrasyonu 470 nm dalga boyunda spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (H. Türk ve ark., 2013). Hesaplamalar  $\beta$ -karoten kalibrasyon eğrisi kullanılarak yapılmıştır (Şekil 4.4.1.).



Şekil 4.4.1. Beta Karoten Kalibrasyon Eğrisi.

#### 4.5. Renk Ölçümü

Depolama sırasında belirli zaman aralıklarında alınan numunelerin renk ölçümleri Hunter Lab (marka Color Flex model) renk ölçerle belirlenmiş ve L\*, a\* ve b\* değerleri olarak kaydedilmiştir. Renk koordinat sisteminde L\* değeri renk parlaklığını göstermekte olup değeri 0 ila 100 arasında değişmektedir. Renk koordinatları olan a\* ve b\* değerleri ise belirli bir ölçüm aralığına sahip olmayıp, a\* değeri pozitif olduğunda kırmızı, negatif olduğunda yeşil rengi ifade ederken, b\* değeri pozitif olduğunda sarı negatif olduğunda ise mavi rengi göstermektedir (Dobooğlu, 2012).

#### 4.6. Kinetik Parametrelerin Hesaplanması

Gıda ürünlerinde kalite azalmasına neden olan reaksiyonların çoğu sıfırinci veya birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak gelişmektedir. Bu çalışmada kurutulmuş kırmızıbiber ürününün farklı sıcaklıklarda (4, 25, 38 ve 45°C) depolanması sürecince kalite parametrelerindeki (askorbik asit, fenolik madde,  $\beta$ -karoten ve renk) değişimler incelenmiştir. Elde edilen veriler ile değişimlerin hem sıfırinci derece hem de birinci derece kinetiğine uygun olarak geliştiği belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmada verilerin hesaplanması amacıyla sıfırinci derece reaksiyonu tanımlamak için Eşitlik 4.6.1. kullanılmıştır (Sernikli, 2015).

$$C_t = C_0 - k_0 * t$$

(4.6.1.)

Eşitlikte;

C: İncelenen bileşenin (veya kalite faktörünün) konsantrasyonu (mg/kg)

C<sub>0</sub>: İncelenen bileşenin (veya kalite faktörünün) başlangıç konsantrasyonu (mg/kg)

k: Reaksiyon hız sabiti (dak<sup>-1</sup>)

t: Depolama süresi (gün)

Birinci derece reaksiyonu tanımlamak için ise Eşitlik 4.6.2. kullanılmıştır.

$$\ln C = \ln C_0 - k_1 * t$$

(4.6.2.)

#### 4.6.1. Reaksiyon hız sabitinin hesaplanması

Farklı sıcaklık ve sürelerde vitamin azalmasına ilişkin değerler y eksenine, bu değerlere karşılık gelen süreler x eksenine işlenerek her bir süre değeri ve sıcaklık için bir eğri elde edilmiş ve bu eğriye lineer regresyon analizi uygulanarak eğrinin denklemi hesaplanmıştır. Aritmetik skalalı bir grafikte lineer bir eğri elde edilmişse reaksiyon sıfıncı dereceden, buna karşın yarı logaritmik bir grafikte lineer bir eğri elde edilmişse reaksiyonun birinci derece kinetiğe göre değiştiği anlaşılmaktadır. Çalışmanın verilerinin yukarıda belirtildiği gibi grafiğe işlenmesi, çalışmada uygulanan her bir sıcaklık için yapılmış ve regresyon analizi sonucunda denklemler elde edilerek reaksiyon hız sabitleri hesaplanmıştır. Farklı sıcaklıklarda depolamaya alınan kalite parametrelerinin zamana göre azalmasının hem birinci derece hem de sıfıncı derece reaksiyon kinetiğine uyduğu belirlenmiş ve hesaplamalarda her iki reaksiyon kinetiğine ait denklemler kullanılmıştır.

#### 4.6.2. Aktivasyon enerjisinin (E<sub>a</sub>) hesaplanması

Reaksiyonun sıcaklık derecesine bağımlılığı Eşitlik 4.6.2.1.'de verilen Arrhenius eşitliğinden aktivasyon enerjisinin (E<sub>a</sub>) hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

$$k = k_0 \times e^{\frac{-Ea}{RT}}$$

(4.6.2.1.)

Bu eşitliğin integrasyonu sonucu;

$$\ln k = \frac{-Ea}{R} \times \frac{1}{T} + \ln k_0$$

(4.6.2.2.)

eşitliği elde edilir.

Bu eşitlikte,

k: Reaksiyon hız sabitini (dak<sup>-1</sup>)

k<sub>0</sub>: Frekans faktörünü (dak<sup>-1</sup>)

Ea: Aktivasyon enerjisini(cal.mol<sup>-1</sup> veya J.mol<sup>-1</sup>)

R: Gaz sabitini(1.987cal. mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> veya 8.314 J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>)

T: Sıcaklığı (°K) ifade etmektedir.

Bu amaçla incelenen kriterlere ilişkin k değerlerinin doğal logaritmaları (lnk) aritmetik skalalı bir grafiğin y eksenine ve bu değerlere karşılık gelen sıcaklık değerlerinin resiprokali (1/T) x eksenine işlenerek lineer bir eğri elde edilmiştir. Arrhenius grafiği denilen bu eğriye regresyon analizi uygulanmış ve elde edilen denklemdeki eğim değeri ile gaz sabiti çarpılarak aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır.

#### 4.6.3. Yarılanma süresinin hesaplanması

Bu değer kalite kriterlerinin %50'sini kaybetmesi için geçerli süre olup, sıfırıncı derece kinetik için Eşitlik 4.6.3.1.'e göre hesaplanmıştır.

$$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k_0}$$

(4.6.3.1.)

Sıfırıncı derece reaksiyonlarda reaksiyon boyunca yarı ömür sabit değildir. Reaksiyona giren maddelerden birinin konsantrasyonu yarıya indikten sonra, o konsantrasyonun tekrar yarıya inmesi için geçen süreye ikinci yarı ömür denilmektedir.

İkinci yarı ömür Eşitlik 4.6.3.2. 'de verilmiştir:

$$t'_{1/2} = \frac{C_0}{4k_0}$$

(4.6.3.2.)

Birinci derece kinetik için yarı ömür ise Eşitlik 4.6.3.3. ile ifade edilmiştir:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_1}$$

(4.6.3.3.)

Birinci derece reaksiyonlarda yarı ömür, başlangıç konsantrasyonundan bağımsızdır.

#### 4.6.4. $Q_{10}$ değerinin hesaplanması

Reaksiyonun sıcaklık derecesine bağımlılık düzeyini gösterir. İki farklı şekilde hesaplanmaktadır.

Birincisi,

$$\log Q_{10} = \frac{2.189 \times Ea}{T \times (T+10)}$$

(4.6.4.1.)

Eşitlik 4.6.4.1. ile tanımlanmaktadır.

Burada;

Ea: Aktivasyon enerjisi (cal.mol<sup>-1</sup>),

T: Sıcaklık (K)

İkincisi ise,

$$Q_{10} = \left( \frac{k_2}{k_1} \right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

(4.6.4.2.)

Eşitlik 4.6.4.2 ile ifade edilmektedir.

Burada;

$k_1$ :  $T_1$  derecedeki hız sabiti,

$k_2$ :  $T_2$  derecedeki hız sabiti'dir.

Hızlandırılmış raf ömrü testleri genellikle depolama sıcaklığı artırılarak yapılır.  $Q_{10}$  değeri sıcaklığın  $10^\circ\text{C}$  yükseltilmesinin veya düşürülmesinin reaksiyon hızına etkisini gösteren bir kriterdir.  $Q_{10}$  değeri uygulanmasında faktör hesabı yapılır. Eşitlik 4.6.4.3. ile faktör bulunmaktadır. Bulunan faktör değeri normal raf ömrü süresine bölünür ve hızlandırılmış depolama koşullarında ürünün ne kadar dayanması gerektiği bulunur. Hızlandırılmış depolama şartları sonucunda bulunan raf ömrü süresince ürün bozulmaz ise normal depolama şartlarında da öngörülen süre boyunca ürünün bozulmayacağı kabul edilir.

$$Faktör = Q_{10}^{(Yüksek\ sıcaklık - Düşük\ sıcaklık)/10}$$

(4.6.4.3.)

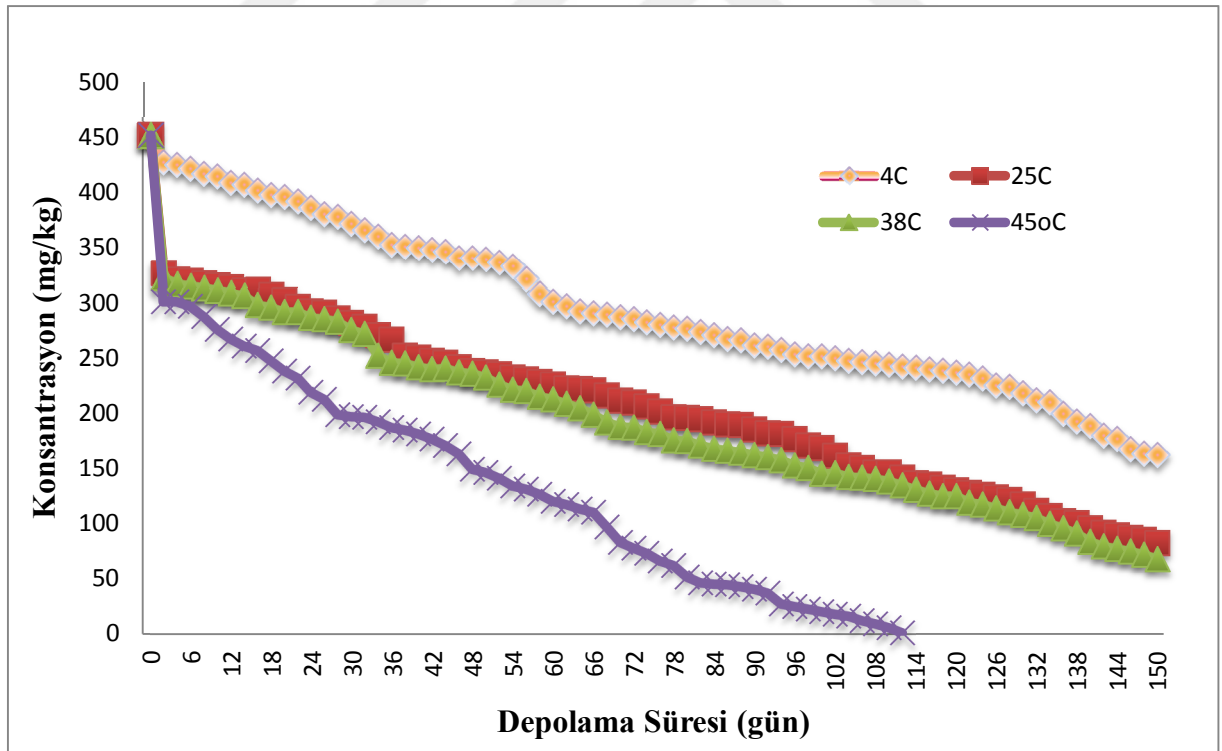
$$Hızlandırılmış\ Raf\ Ömrü\ Süresi = \frac{Hedeflenen\ Raf\ Ömrü}{Faktör}$$

(4.6.4.4.)

## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 5.1. Depolama Sıcaklığının Kırmızıbiberin Askorbik Asit İçeriği Üzerine Etkisi

Dört farklı sıcaklıkta (4, 25, 38 ve 45°C) depolanmış kırmızıbiber örneklerinin askorbik asit içerikleri hesaplanmıştır. Taze kırmızıbiberlerin başlangıç askorbik asit miktarı 651.92mg/kg kuru madde olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalardan birinde taze kırmızıbiberin askorbik asit içeriği 107.4±2.3mg/100g düzeyinde bulunduğu belirtilmiştir (Castro ve ark., 2008). Bir başka çalışmada ise 65.123mg/100g olarak belirlenmiştir (Sürel, 2012). Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere kırmızıbiberlerin askorbik asit içerikleri biberin cinsine, yetiştirme koşullarına, olgunluk düzeyine vb. gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Çalışmamızda yaş kırmızıbiber örnekleri kurutulduktan sonra farklı sıcaklıklarda depolamaya alınmıştır. Depolama başlangıcında askorbik asit içeriği ise 452mg/kg olarak belirlenmiş ve depolama boyunca 48saat'lik periyotlarla spektrofotometrik yöntemle takip edilmiştir. Farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kırmızıbiberlerin askorbik asit değişimi Şekil 5.1.1.'de verilmiştir.



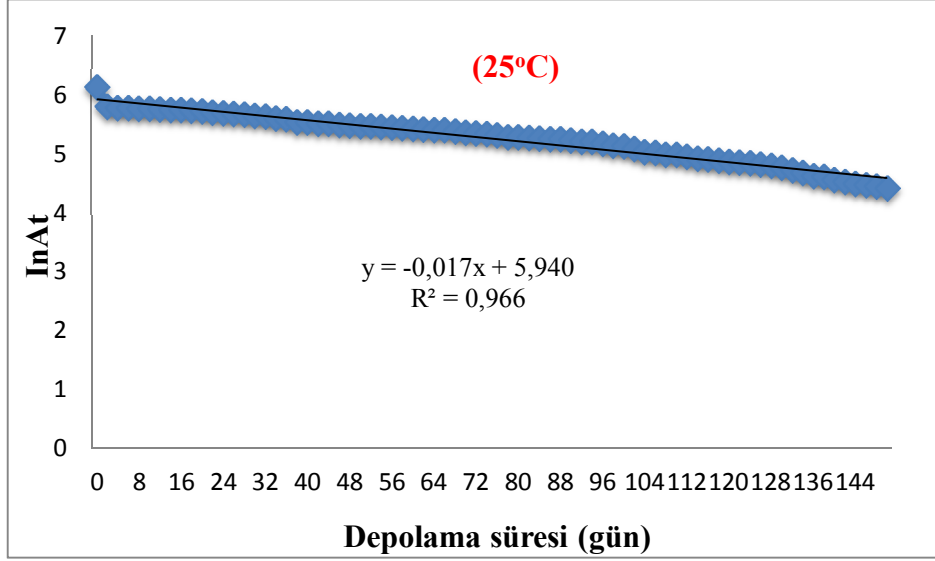
Şekil 5.1.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında askorbik asit içeriğinin depolama süresince değişimi.

Şekil 5.1.1.'de görüldüğü üzere, çalışmamızda 5ay'lık depolama sonunda örneklerinin askorbik asit içeriği 4°C'de 162.333mg/kg, 25°C'de 82.667mg/kg, 38°C'de 68.333mg/kg'a düşerken 45°C'de ise 112gün'lük depolama sonucunda askorbik asit tamamen okside olmuştur. Çalışmamızda kurutulan örneklerinin belirlenen sıcaklık derecelerinde depolanması sonucu askorbik asit miktarında tüm depolama sıcaklıklarında düşme gözlenmiştir. Depolama sıcaklığı düştükçe askorbik asit miktarının daha iyi korunduğu ve çalışılan depolama sıcaklıklarında en az kaybın 4°C'de olduğu belirlenmiştir. Meyve ve sebzelerin muhafazasında uygulanan düşük sıcaklığın, besin içeriğini en az kayıpla koruduğunu göstermektedir. Askorbik asit analizinde standart eğrinin oluşturulmasında elde edilen verilere doğrusal ve üstel regresyon analizi uygulanmış ve eğrileri tanımlayan eşitlikler elde edilmiştir. Doğrusal ve üstel fonksiyonların regresyon kat sayıları kıyaslanmıştır. Doğrusal fonksiyonun regresyon kat sayısı yüksek çıktığında reaksiyon sıfırıncı dereceden ilerlemektedir. Üstel fonksiyonun korelasyon katsayısı yüksek ise reaksiyon birinci dereceden ilerlemektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz verilerle askorbik asit değişimine farklı sıcaklıklardaki depolamanın etkisinin reaksiyon kinetiği modelleri oluşturulmuş ve Çizelge 5.1.1.'de verilmiştir.

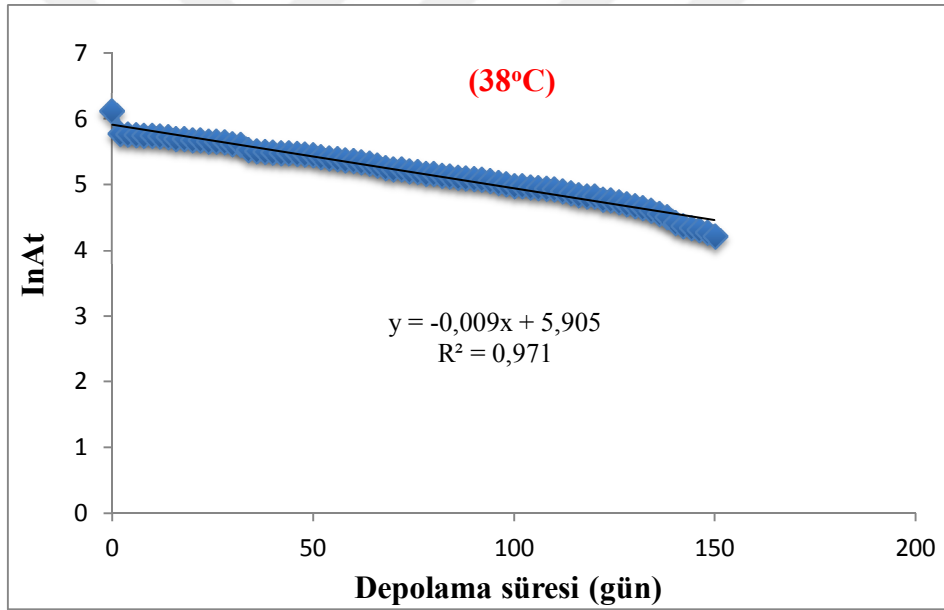
Çizelge 5.1.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin askorbik asit içeriğine etkisinin kinetik modeli.

<b>Askorbik Asit Konsantrasyonunun Değişim Modeli</b>				
<b>Depolama Sıcaklığı (°C)</b>	<b>Doğrusal R<sup>2</sup></b>	<b>Denklem</b>	<b>Üstel R<sup>2</sup></b>	<b>Denklem</b>
4	0,978	$y = -1,6796x + 421,47$	0,975	$y = 442,65e^{-0,006x}$
25	0,963	$y = -1,71x + 334,4$	0,9664	$y = 373,28e^{-0,009x}$
38	0,956	$y = -1,7502x + 325,44$	0,9714	$y = 366,91e^{-0,01x}$
45	0,947	$y = -2,9519x + 304,3$	0,8520	$y = 534,74e^{-0,032x}$

Çizelge 5.1.1.'e göre 4°C'deki depolamanın askorbik asit değişimi üzerine etkisinin sıfırıncı dereceden ve 45°C'de depolamada ise depolamanın 112. gününe kadar sıfırıncı dereceden, 25 ve 38°C'deki depolamada ise birinci dereceden bir kinetik gösterdiği görülmüştür. Birinci dereceden kinetik çalışmalar (25 ve 38°C) için verilerin doğal logaritması alınarak depolama süresinde kırmızıbiberlerin askorbik asit içeriğindeki değişimlerin eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 5.1.2. ve Şekil 5.1.3.).



Şekil 5.1.2. 25°C’deki depolamada kırmızıbiber örneklerinde askorbik asidin depolama süresine bağlı değişimi.



Şekil 5.1.3. 38°C’deki depolamada kırmızıbiber örneklerinde askorbik asidin depolama süresine bağlı değişimi.

Grafiklerden elde edilen eşitliklerden yola çıkarak her bir sıcaklıktaki askorbik asit değişimine ait reaksiyon hız sabiti, yarı ömür ve regresyon katsayısı hesaplanmış ve Çizelge 5.1.2.’de verilmiştir.

Çizelge 5.1.2. Depolamaya alınan kırmızıbiber örneklerinin askorbik asit değişimine ait kinetik parametre değerleri.

Askorbik Asit	4°C	25°C	38°C	45°C
Reaksiyon Hız Sabiti (k)	1,9311	0,0113	0,0126	4,0208
Yarı Ömür ( $t_{1/2}$ )	117,03	61,20	55,03	56,21
Regresyon Kat Sayısı ( $R^2$ )	0,9784	0,966	0,971	0,9476

Her bir sıcaklığın ilerlediği mertebeye ait  $k_0$  ve  $k_1$  değerleri ise Çizelge 5.1.3.'te verilmiştir.

Çizelge 5.1.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde askorbik asit değişimine ait  $k_0$  ve  $k_1$  değerleri.

k/T	4°C	25°C	38°C	45°C
$k_0$	1,9311	2,4622	2,5578	4,0208
$k_1$		0,0113	0,0126	

Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen askorbik asit değişimi için (25 ve 38°C) aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) ve k değerleri ise Çizelge 5.1.4.'te verilmiştir.

Çizelge 5.1.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen askorbik asit değişimine ait k ve  $E_a$  değerleri.

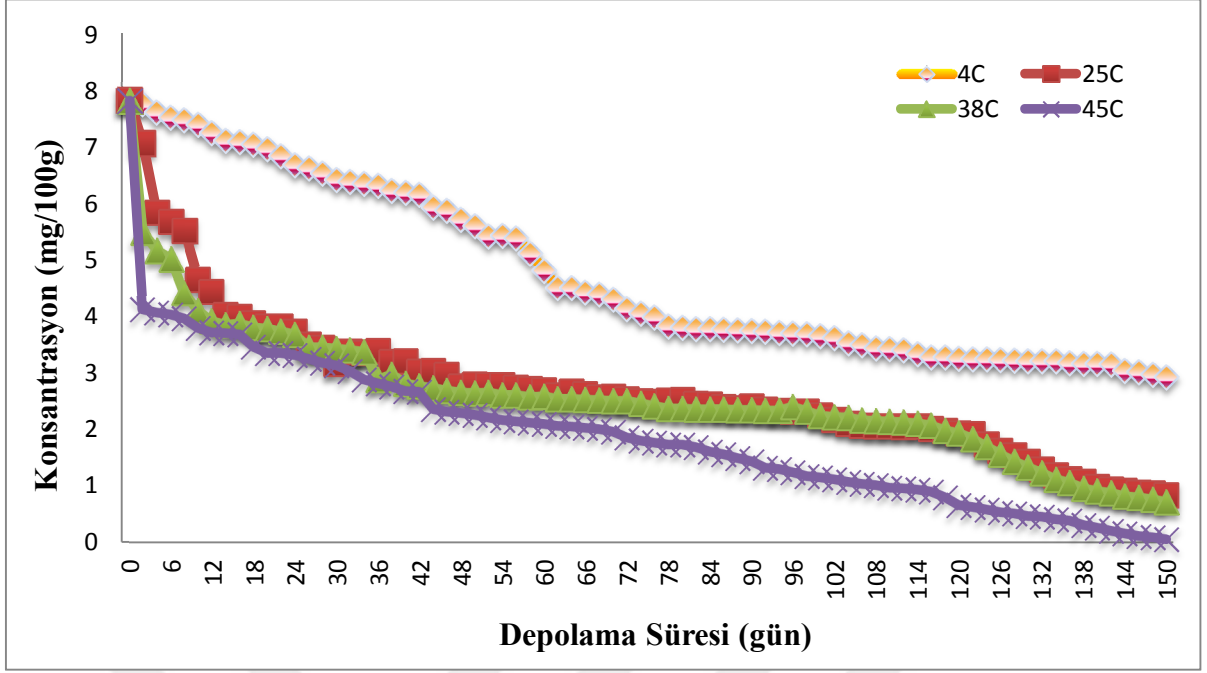
T (°C)	$\ln k_0$	$\ln k_1$	$E_a$ (cal. mol <sup>-1</sup> )
25	0,9011	-4,4807	267,3379
38	0,9391	-4,3744	401,2069

Kinetik veriler incelendiğinde beklenildiği gibi sıcaklığın artmasıyla askorbik asit parçalanma hızının da arttığı belirlenmiştir. Sıcaklığın artmasıyla yarılanma süresi değerinin azaldığı gözlenmiştir. Yarılanma süresi değerinin azalması askorbik asit stabilitesinin sıcaklığa bağlı olarak azaldığını göstermektedir. Aktivasyon enerji değerinin ise sıcaklığın artmasıyla arttığı gözlenmiştir. Depolama süresi boyunca askorbik asit hızlı bir şekilde okside olduğu için raf ömrü hesaplamasında kritik değer olarak belirlenmiştir. Bu amaçla depolama sıcaklığının 4°C'den 45°C'ye yükseltilmesi sonucu  $Q_{10}$  değeri 2.65 olarak bulunmuştur.  $Q_{10}$  değerinden yola çıkarak faktör değeri hesaplanmış olup,

kurutulmuş kırmızıbiber ürünümüzün hızlandırılmış raf ömrü süresi 3 yıl 4 ay olarak bulunmuştur.

## 5.2. Depolama Sıcaklığının Kırmızıbiberdeki $\beta$ -Karoten Miktarı Üzerine Etkisi

Askorbik asit değişiminin araştırılmasında olduğu gibi  $\beta$ -karotenin, kurutulmuş kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında belirlenen sıcaklık aralıklarında değişimi incelenmiştir. Kurutma işlemine başlamadan önce yapılan analizlerde,  $\beta$ -karoten miktarı taze de 31,90mg/100g kuru madde olarak saptanmıştır. Bilindiği üzere meyve ve sebzelerdeki karotenoid bileşiklerinin miktarı, çeşit, tür, olgunluk ve yetiştirme koşulları gibi çeşitli faktörlere göre değişmektedir (Demiray, 2009). Leong ve Oey (2012) yapmış oldukları çalışmada taze kırmızıbiberlerin  $0.84 \pm 0.18$ mg/g kuru madde düzeyinde  $\beta$ -karoten içerdiği bildirilmektedir. Topuz ve Özdemir de (2013) çalışmalarında taze kırmızıbiberlerdeki  $\beta$ -karoten miktarının  $359.6 \pm 7.80$ mg/kg olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda kurutulan kırmızıbiberlerin  $\beta$ -karoten miktarı 31.90mg/100g'dan 7.821mg/100g'a düşmüştür. Farklı sıcaklıklarda (4, 25, 38 ve 45°C) 5ay'lık bir depolamaya alınan örneklerinin depolama sonucunda  $\beta$ -karoten miktarı 4°C'de 2.922mg/100g, 25°C'de 0.836mg/100g, 38°C'de 0.712mg/100g ve 45°C'de 0.065mg/100g kuru maddeye kadar düşüş gözlenmiştir. Isıl işlem uygulamalarının  $\beta$ -karoten miktarında önemli derece etkili olduğu tespit edilmiştir. Depolama sıcaklığının artmasıyla  $\beta$ -karoten miktarında azalmaların olduğu belirlenmiştir. Her bir sıcaklığa ait  $\beta$ -karoten miktarındaki değişim aşağıdaki Şekil 5.2.1'de verilmiştir.



Şekil 5.2.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında  $\beta$ -Karoten içeriğinin depolama süreci boyunca değişimi.

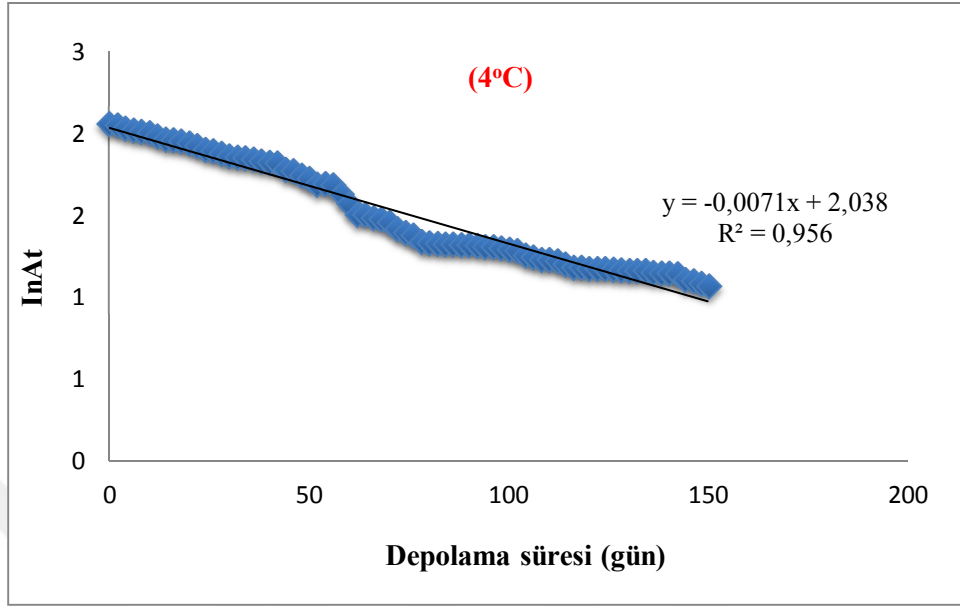
Şekil 5.2.1'de görüldüğü üzere 45°C'de beklenen belirgin bir azalma var iken 25 ve 38°C'nin birbirine yakın değerler göstererek ilerlemesi ve 4°C'de daha az bir kayıp gözlenmiştir.  $\beta$ - karoten değişimine ait doğrusal ve üstel  $R^2$  değerleri Çizelge 5.2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin  $\beta$ -karoten içeriğine etkisinin kinetik modeli.

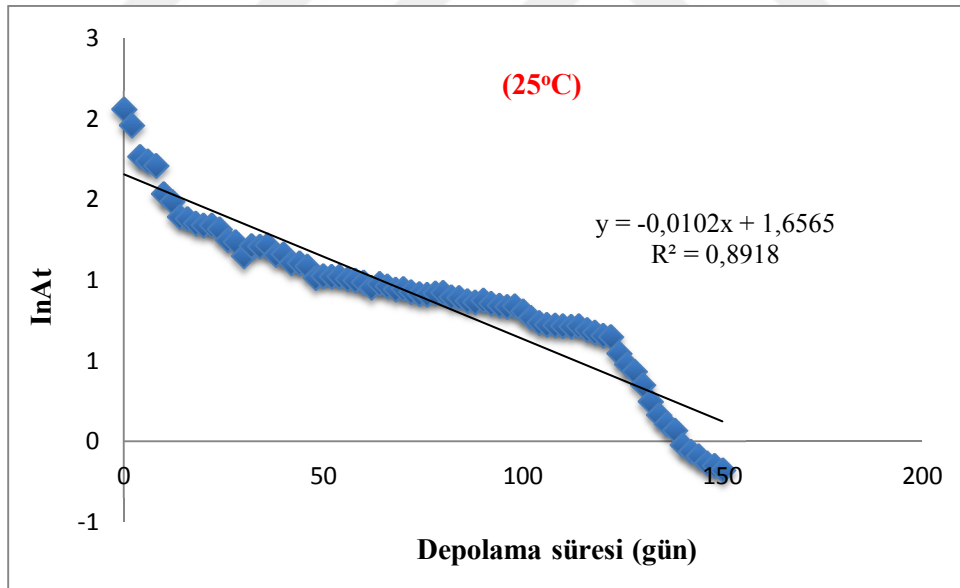
<b><math>\beta</math>- Karoten Konsantrasyonunun Değişim Modeli</b>				
<b>Depolama Sıcaklığı (°C)</b>	<b>Doğrusal <math>R^2</math></b>	<b>Denklem</b>	<b>Üstel <math>R^2</math></b>	<b>Denklem</b>
4	0,9228	$y = -0,0342x + 7,3136$	0,956	$y = 7,6754e^{-0,007x}$
25	0,7897	$y = -0,0265x + 4,7079$	0,8918	$y = 5,241e^{-0,01x}$
38	0,7936	$y = -0,0238x + 4,3764$	0,8521	$y = 4,9271e^{-0,01x}$
45	0,8769	$y = -0,0284x + 4,0524$	0,8521	$y = 6,2748e^{-0,02x}$

Kinetik incelemeler sonucu 4, 25 ve 38°C'nin birinci dereceden bir reaksiyon gösterdiği, 45°C'nin ise sıfırıncı dereceden bir reaksiyon gösterdiği sonucuna varılmıştır.

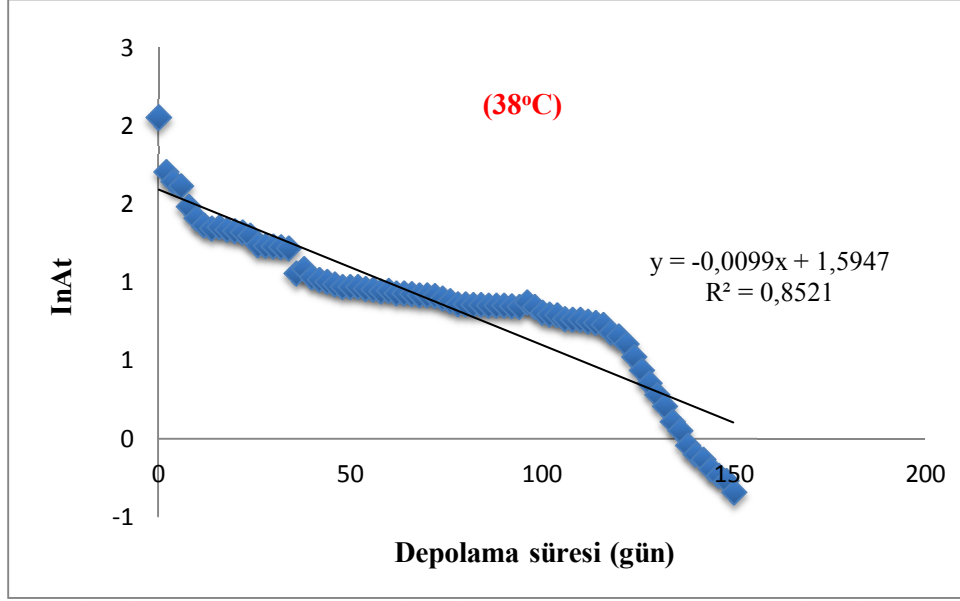
Birinci dereceden reaksiyonu gösteren sıcaklıkların grafikleri Şekil 5.2.3, 5.2.4 ve 5.2.5'teki gibidir.



Şekil 5.2.2. β-Karoten değişimine ait kırmızıbiber örneklerinin 4°C'deki ln konsantrasyon-zaman grafiği.



Şekil 5.2.3. β-Karoten değişimine ait kırmızıbiber örneklerinin 25°C'deki ln konsantrasyon-zaman grafiği.



Şekil 5.2.4.  $\beta$ -Karoten değişimine ait kırmızıbiber örneklerinin 38°C'deki In konsantrasyon-zaman grafiği.

$\beta$ - Karoten değişimine ait denklem, reaksiyon hız sabiti, yarı ömür ve regresyon katsayısı aşağıda Çizelge 5.2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.2.Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde  $\beta$ -Karoten değişimine ait kinetik parametre değerleri.

$\beta$ -Karoten	4°C	25°C	38°C	45°C
Reaksiyon Hız Sabiti (k)	0,0066	0,0149	0,0160	0,0517
Yarı Ömür ( $t_{1/2}$ )	105,60	46,50	43,39	75,62
Regresyon Kat Sayısı ( $R^2$ )	0,956	0,8918	0,8521	0,8769

$\beta$ -Karoten değişimine ait sıcaklıkların mertebeye göre  $k_0$  ve  $k_1$  değerleri Çizelge 5.2.3.'te verilmiştir.

Çizelge 5.2.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde  $\beta$ -karoten değişimine ait  $k_0$  ve  $k_1$  değerleri.

k/T	4°C	25°C	38°C	45°C
$k_0$	0,0327	0,0466	0,0474	0,0517
$k_1$	0,0066	0,0149	0,0160	

Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen  $\beta$ -karoten değişimi için (4, 25 ve 38°C) aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) ve k değerleri ise Çizelge 5.2.4.'te verilmiştir.

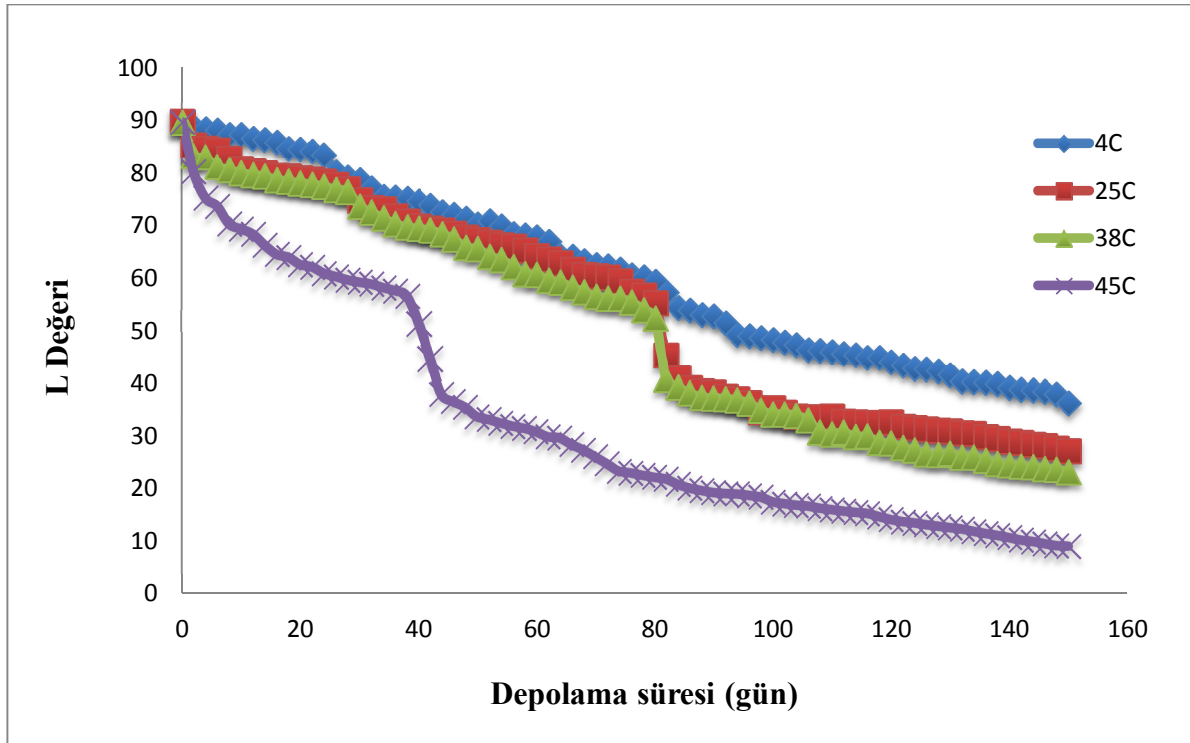
Çizelge 5.2.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen  $\beta$ -karoten değişimine ait k ve  $E_a$  değerleri.

T (°C)	$\ln k_0$	$\ln k_1$	$E_a$ (cal. mol <sup>-1</sup> )
4	-3,4216	-5,0262	12,7536
25	-3,0668	-4,2060	56,5864
38	-3,0493	-4,1368	82,1158

### 5.3. Depolama Sıcaklığının Kırmızıbiberin Renk Özellikleri Üzerine Etkisi

#### 5.3.1. L\* Değeri

Kurutulmuş kırmızıbiber ürünün belirlenen depolama sıcaklıklarında depolanması sonucunda L\* değerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Taze örnekte L\* değeri daha yüksek bulunmuştur. Uygulanan sıcaklıklar arasında 25, 38, 45°C'de renkte koyulaşma meydana geldiği, 4°C'de depolanan örneklerin ise parlaklığını daha iyi koruduğu saptanmıştır. Kurutulmuş ürüne farklı ısıl işlemlerin uygulanmasının L\* değerinde düşüş meydana getirdiği sonucuna varılmıştır. Depolama sıcaklık derecesi arttıkça L\* değerindeki kayıp da artmaktadır. Kısacası sıcaklığın artmasıyla koyulaşma artmıştır. Bu değişiminin sebebinin kırmızıbiberin içerdiği şekerin esmerleşmesi olduğu düşünülmektedir. Bu fikri destekleyen ve Hiranvarachat ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada farklı sıcaklıklarda kurutulmuş havuç örneklerinde sıcaklığın artmasıyla kararmanın da arttığı belirtilmiştir. Farklı sıcaklıklardaki depolamada L\* değerinin depolama süresine göre değişimi aşağıda Şekil 5.3.1.1.'de verilmiştir.



Şekil 5.3.1.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında L\* değeri değişimin depolama süresine bağlı değişimi.

Farklı depolama sıcaklıklarında depolama süresine göre kırmızıbiber örneklerinin L\* değerindeki değişim hem sıfırıncı dereceden hem de birinci dereceden kinetik modele uygunluk göstermektedir. L\* değerinin zamana göre değişimini temsil eden sıfırıncı ve birinci dereceden kinetik modeller için hesaplanmış olan reaksiyon hız sabiti, yarı ömür ve regresyon kat sayısı Çizelge 5.3.1.1.'de ve kinetik model eşitlikleri Çizelge 5.3.1.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.3.1.1.Farklı sıcaklıklarda depolamaya alınan kırmızıbiber örneklerinde L\* değeri değişimine ait kinetik parametre değerleri.

L Değeri	4°C	25°C	38°C	45°C
Reaksiyon Hız Sabiti (k)	0,0060	0,0080	0,0090	0,0153
Yarı Ömür ( $t_{1/2}$ )	114,5860	86,9216	76,7932	45,3811
Regresyon Kat Sayısı ( $R^2$ )	0,9904	0,9467	0,9636	0,9831

Çizelge 5.3.1.2. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin L\* değerine etkisinin kinetik modeli.

<b>L Değerinin Değişimi</b>				
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Doğrusal</b>	<b>Denklem</b>	<b>Üstel</b>	<b>Denklem</b>
<b>4°C</b>	0,9857	$y = -0,3792x + 89,57$	0,9904	$y = 94,713e^{-0,006x}$
<b>25°C</b>	0,9518	$y = -0,4498x + 87,318$	0,9467	$y = 96,518e^{-0,009x}$
<b>38°C</b>	0,9688	$y = -0,4699x + 86,57$	0,9636	$y = 98,163e^{-0,01x}$
<b>45°C</b>	0,882	$y = -0,4656x + 67,765$	0,9831	$y = 98,163e^{-0,01x}$

Çizelge 5.3.1.2. İncelendiğinde her iki model için elde edilen R<sup>2</sup> değerleri birbirine yakın olduğu için L\* değerlerinin sıcaklıkla değişiminin hem sıfıncı hem de birinci dereceden kinetik modele uyduğu görülmektedir. Sıcaklığa bağlı olarak L\* değerlerinin değişiminde ortaya çıkan bu sonuç genel literatür verileriyle de uyumludur. Demiray (2015), havuç örneklerinin farklı kurutma yöntemleriyle kurutulması esnasında renk özelliklerindeki değişimin modellenmesini çalışmıştır. Sonuç olarak hem sıfıncı hem de birinci dereceden reaksiyon modellerinin havuç örneklerinin kurutulmaları sırasındaki renk değişim kinetiğini tanımlayabileceğini belirtmiştir. Çizelge 5.3.1.3 ve 5.3.1.4 ise sırasıyla farklı sıcaklıklarda depolama sırasında kırmızıbiber örneklerinin L\* değerindeki değişime ait k<sub>0</sub>, k<sub>1</sub> ve aktivasyon enerjisi (E<sub>a</sub>) değerlerini ifade etmektedir.

Çizelge 5.3.1.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde L\* değeri değişimine ait k<sub>0</sub> ve k<sub>1</sub> değerleri.

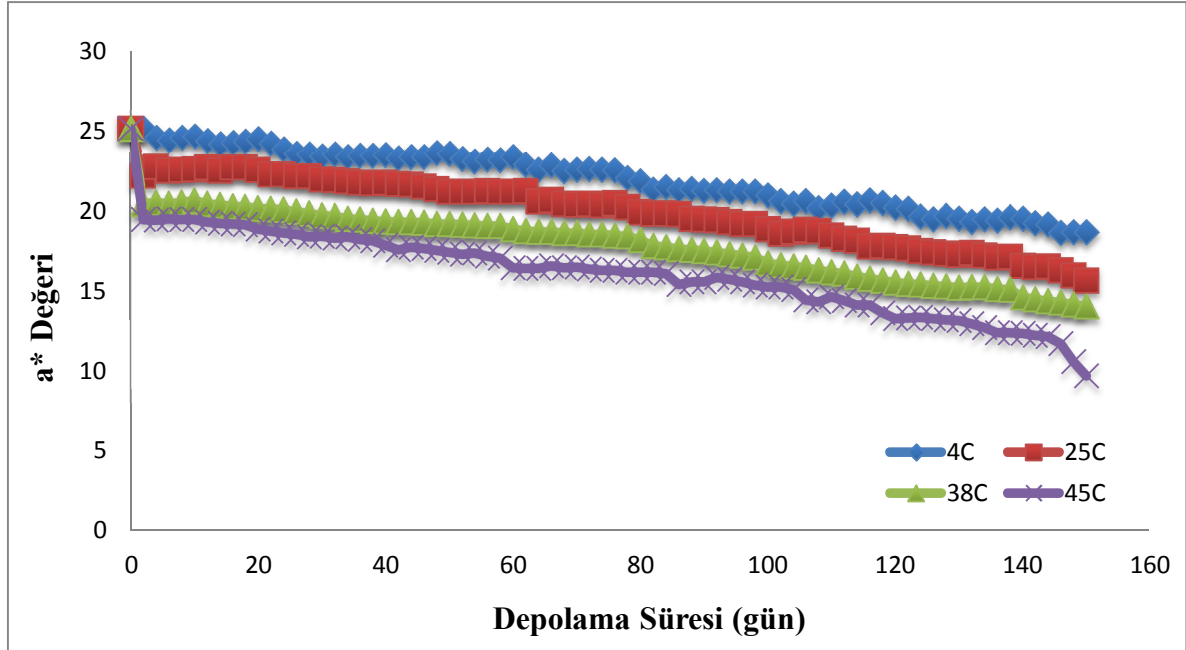
<b>k/T</b>	<b>4°C</b>	<b>25°C</b>	<b>38°C</b>	<b>45°C</b>
<b>k<sub>0</sub></b>	0,3565	0,4170	0,4434	0,5373
<b>k<sub>1</sub></b>	0,0060	0,0080	0,0090	0,0153

Çizelge 1 Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen L\* değeri değişimine ait k ve Aktivasyon enerjisi (E<sub>a</sub>) değerleri.

<b>T (°C)</b>	<b>lnk<sub>0</sub></b>	<b>lnk<sub>1</sub></b>	<b>E<sub>a</sub> (cal.mol<sup>-1</sup>)</b>
<b>4</b>	-1,0314	-5,1078	32,3996
<b>25</b>	-0,8746	-4,8315	196,5592
<b>38</b>	-0,8133	-4,7076	294,0465
<b>45</b>	-0,6212	-4,1816	318,3521

### 5.3.2. a\* Değeri

Renk kırmızılığını ifade eden a\* değerlerinde, taze ürüne göre depolama sıcaklığının artmasıyla azalma meydana gelmiştir (şekil 5.3.2.1).



şekil 31. Kırmızılıber örneklerinin farklı sıcaklıklardaki a\* değerinin depolama süresine bağlı değişimi.

Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak a\* değerlerindeki değişim L\* değerlerinde olduğu gibi hem sıfırncı hem de birinci dereceden kinetik modele uygunluk göstermektedir (Çizelge 5.3.2.).

Çizelge 5.3.2.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızılıber örneklerinin a\* değerine etkisinin kinetik modeli.

a* Değerinin Değişimi				
R <sup>2</sup>	Doğrusal	Denklem	Üstel	Denklem
4°C	0,975	$y = -0,0415x + 25,093$	0,97	$y = 25,267e^{-0,002x}$
25°C	0,97	$y = -0,0473x + 23,548$	0,963	$y = 23,813e^{-0,002x}$
38°C	0,936	$y = -0,0469x + 21,437$	0,944	$y = 21,706e^{-0,003x}$
45°C	0,926	$y = -0,0571x + 20,395$	0,921	$y = 20,878e^{-0,004x}$

a\* değerinin zamana göre değişimini temsil eden kinetik veriler hesaplanmış ve Çizelge 5.3.2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.3.2.2. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde a\* değeri değişimine ait kinetik parametre değerleri.

a* Değeri	4°C	25°C	38°C	45°C
Reaksiyon Hız Sabiti (k)	0,0433	0,0634	0,0741	0,1029
Yarı Ömür ( $t_{1/2}$ )	290,2692	198,2574	169,6718	122,2252
Regresyon Kat Sayısı ( $R^2$ )	0,9750	0,9700	0,9440	0,9260

Çizelge 5.3.2.2. incelendiğinde a\* değerinin her iki modele göre belirlenmiş hız sabitlerinin kurutma sıcaklığıyla arttığı görülmektedir. Gerek sıfırıncı derece ve gerekse birinci derece modele göre yapılan değerlendirmelerde elde edilen  $R^2$  değerlerinin birbirine çok yakın olduğu için hem sıfırıncı hem de birinci derece kinetik modele uygun olduğu ifade edilebilir. Farklı depolama sıcaklığında tutulan kırmızıbiber örneklerinin a\* değerindeki değişimlere ait  $k_0$ ,  $k_1$  ve aktivasyon enerjisi değerleri Çizelge 5.3.2.3 ve 5.3.2.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.3.2.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde a\* değeri değişimine ait  $k_0$  ve  $k_1$  değerleri.

k/T	4°C	25°C	38°C	45°C
$k_0$	0,0433	0,0634	0,0741	0,1029
$k_1$	0,0020	0,0032	0,0039	0,0063

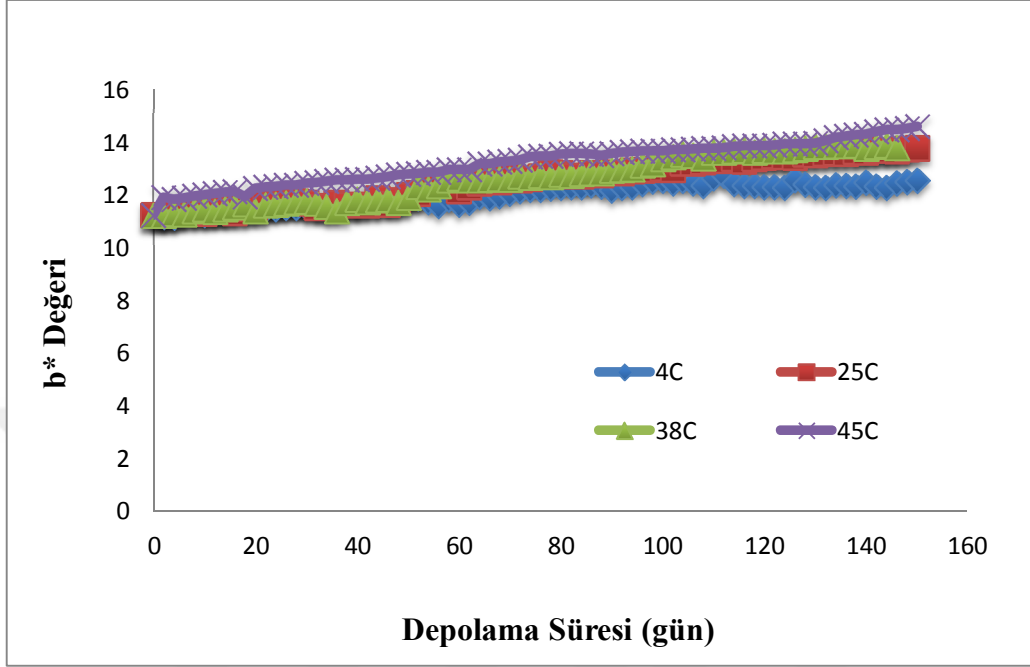
Çizelge 5.3.2.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen a\* değeri değişimine ait k ve  $E_a$  değerleri.

T (°C)	$\ln k_0$	$\ln k_1$	$E_a$ (cal. mol <sup>-1</sup> )
4	-3,1388	-6,2182	24,4749
25	-2,7576	-5,7545	148,8696
38	-2,6019	-5,5494	222,5571
45	-2,2739	-5,0609	249,2043

### 5.3.3. b\* Değeri

Kurutulmuş kırmızıbibere uygulanmış farklı depolama sıcaklıkları, b\* değerinde gözle görülür farklılıklar meydana getirmemiştir. Renk özelliklerinden b\* değeri sarı rengi ifade eden bir parametredir. Çalışmamızda kırmızıbiber materyali kurutulduktan sonra

depolamaya alındığı için kurutma sırasında  $b^*$  değerinde artış görülmüştür. Daha sonra farklı sıcaklıklar da depolamaya alınmış olup, en yüksek değeri 45°C’de vermiştir (Şekil 5.3.3.1).



Şekil 5.3.3.1. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırmızıbiber örneklerinin  $b^*$  değerinin depolama süresine bağlı değişimi.

Farklı sıcaklık değerlerinde ölçülen  $b^*$  değerlerinin depolama zamanına göre değişimi  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinde olduğu gibi hem sıfırıncı hem de birinci dereceden kinetik modele uygunluk göstermektedir (Çizelge 5.3.3.1).

Çizelge 5.3.3.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin  $b^*$  değerine etkisinin kinetik modeli.

<b><math>b^*</math> Değerinin Değişimi</b>				
<b>Depolama sıcaklığı (°C)</b>	<b>Doğrusal <math>R^2</math></b>	<b>Denklem</b>	<b>Üstel <math>R^2</math></b>	<b>Denklem</b>
4	0,8543	$y = 0,0091x + 11,331$	0,8548	$y = 11,338e^{0,0008x}$
25	0,9743	$y = 0,0182x + 11,187$	0,9709	$y = 11,229e^{0,0015x}$
38	0,9675	$y = 0,0201x + 11,166$	0,965	$y = 11,217e^{0,0016x}$
45	0,9723	$y = 0,0177x + 11,892$	0,9648	$y = 11,926e^{0,0013x}$

Çizelge 5.3.3.2.'de her iki model için b\* değerinin zamana göre değişimini temsil eden kinetik modellere ait reaksiyon hız sabiti, R<sup>2</sup> değeri ve diğer kinetik parametreler verilmiştir. Reaksiyon derecelerine ait R<sup>2</sup> değerlerinin birbirine çok yakın olmasından dolayı b\* değerini her iki modelin de temsil ettiği görülmüştür.

Çizelge 5.3.3.2. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinin b\* değeri değişimine ait kinetik parametre değerleri.

b* Değeri	4°C	25°C	38°C	45°C
Reaksiyon Hız Sabiti (k)	-0,0007	-0,0169	-0,0180	-0,0223
Yarı Ömür (t <sub>1/2</sub> )	-943,1274	-332,7632	-312,2222	-251,8924
Regresyon Kat Sayısı (R <sup>2</sup> )	0,8548	0,9743	0,9675	0,9723

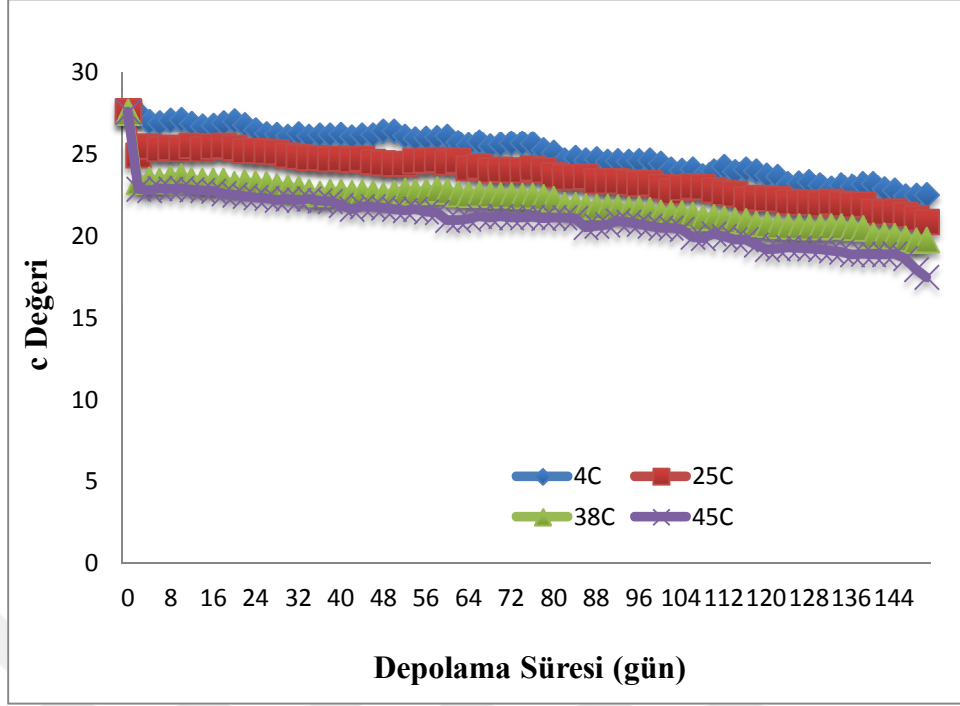
#### 5.3.4. Kroma (c) değerinin değişimi

Kroma değeri rengin yoğunluğunu ifade eder. Donuk renklere kroma değeri düşerken, canlı renklere ise artmaktadır. Kroma değeri aşağıdaki Eşitlik 5.3.4.1.yardımlarıyla hesaplanmıştır.

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

(5.3.4.1.)

Kırmızıbiber örneklerinin kroma değeri, a\* ve b\* değerlerinin ölçülmesiyle bulunmuştur. Taze kırmızıbiber örneğinde kroma değeri 27.87 iken kurutulmuş biberde 27.55 olarak bulunmuştur. Kurutma işlemi kroma değerinde önemli düzeyde değişime sebep olmamıştır. Ancak farklı sıcaklıklardaki depolama koşullarında kroma değerinde düşüş gözlenmiştir. Buda örneklerin renginin matlaştığını (donuklaştığını) gösterir. Kroma değerinin de diğer renk değerlerinde olduğu gibi değişim kinetiği belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda değişimin hem sıfırcı hem de birinci dereceden reaksiyon modeline uyduğu belirlenmiştir. Her iki reaksiyon derecesinde elde edilen regresyon katsayıları birbirine çok yakın değerler vermiştir. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında c değerinin depolama süresine bağlı değişimi aşağıda Şekil 5.3.4.1'de görülmektedir. Çizelge 5.3.4.1 ise farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin c değerine etkisinin kinetik modellerini göstermektedir.



Şekil 5.3.4.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında c değerinin depolama süresine bağlı değişimi.

Çizelge 5.3.4.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiber örneklerinin c değerine etkisinin kinetik modeli.

c Değerinin Değişimi				
R <sup>2</sup>	Doğrusal	Denklem	Üstel	Denklem
4°C	0,967	y = -0,032x + 27,48	0,963	y = 27,57e <sup>-0,00x</sup>
25°C	0,95	y = -0,030x + 25,94	0,95	y = 26,02e <sup>-0,00x</sup>
38°C	0,855	y = -0,026x + 24,01	0,878	y = 24,07e <sup>-0,00x</sup>
45°C	0,87	y = -0,032x + 23,40	0,893	y = 23,48e <sup>-0,00x</sup>

Kroma değerine ait birinci mertebeden reaksiyon hız sabiti, yarı ömür ve regresyon kat sayısı Çizelge 5.3.4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.3.4.2. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinin c değeri değişimine ait kinetik parametre değerleri.

c Değeri	4°C	25°C	38°C	45°C
Reaksiyon Hız Sabiti (k)	0,0014	0,0019	0,0022	0,0030
Yarı Ömür (t <sub>1/2</sub> )	511,4654	372,3323	313,8056	229,8741
Regresyon Kat Sayısı (R <sup>2</sup> )	0,9630	0,9500	0,8780	0,8700

Her iki modele ait reaksiyon hız sabiti değerleri aşağıda Çizelge 5.3.4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 5.3.4.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada de c değeri değişimine ait  $k_0$  ve  $k_1$  değerleri

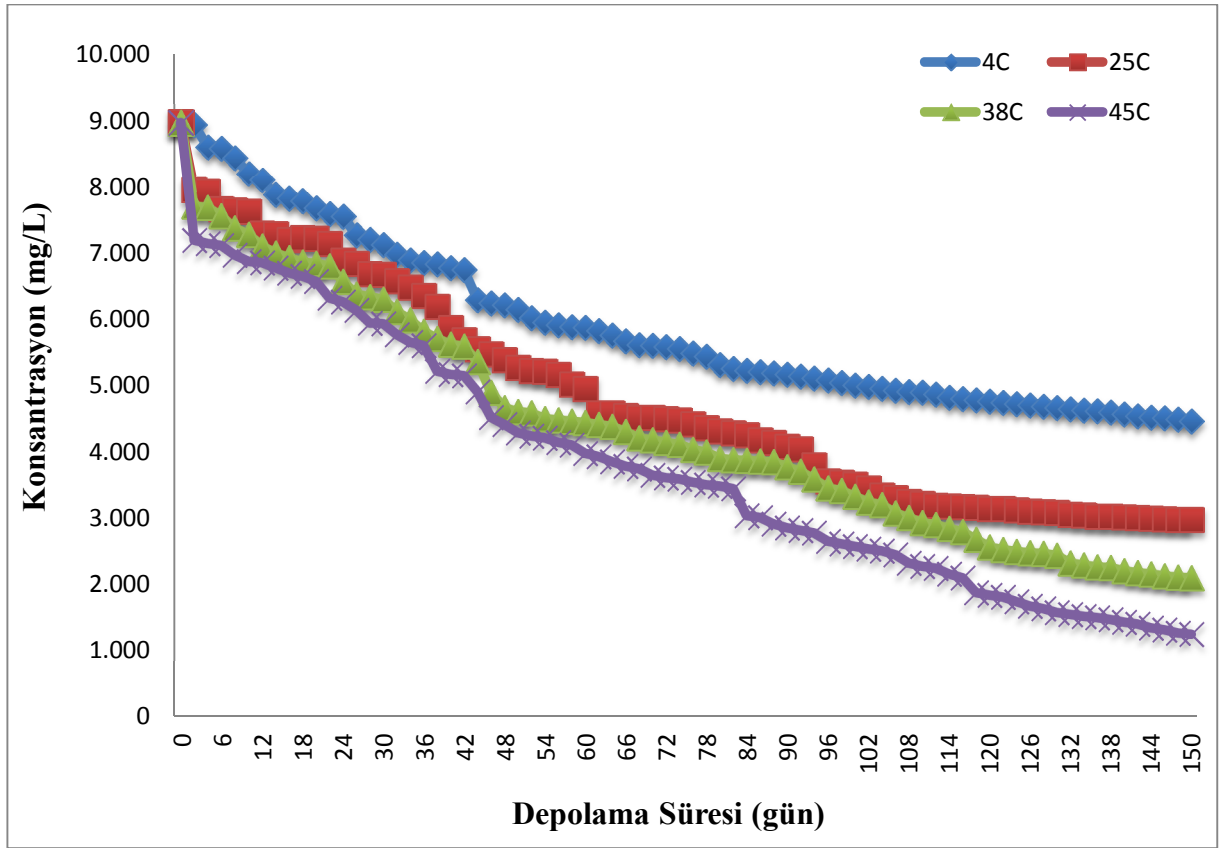
k/T	4°C	25°C	38°C	45°C
$k_0$	0,0338	0,0448	0,0518	0,0668
$k_1$	0,0014	0,0019	0,0022	0,0030

Çizelge 5.3.4.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden ilerleyen c değeri değişimine ait k ve  $E_a$  değerleri

T (°C)	$\ln k_0$	$\ln k_1$	$E_a$ (cal.mol <sup>-1</sup> )
4	-3,3876	-6,6038	25,5624
25	-3,1065	-6,2863	157,9543
38	-2,9603	-6,1153	238,2242
45	-2,7056	-5,8040	277,0514

#### 5.4. Depolama Sıcaklığının kırmızıbiberin Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Kırmızıbiber yaş halde iken fenolik madde miktarı 9871.45mg/L olarak bulunmuştur. Kurutma işlemi sonucunda fenolik madde miktarı 8971.33mg/L'ye kadar düşüş göstermiştir. Kurutulmuş kırmızıbiber dört farklı sıcaklıkta depolamaya alınmış olup, 4°C'de 4456.89mg/L, 25°C'de 2964.67mg/L, 38°C'de 2093.56mg/L ve 45°C'de 1242.44mg/L düşüş gözlenmiştir. Sıcaklık arttırıldıkça kayıp oranları arasındaki farklar da artmaktadır. Toplam fenolik madde degradasyonunun en çok % 86,15'lik oranla 45°C'deki depolamada olduğu görülmüştür. 25 ve 38°C'deki degradasyonlar birbirine benzerlik göstermektedir. Toplam fenolik madde içeriğindeki değişimin reaksiyon kinetiği derecesinin belirlenmesi için her bir sıcaklık derecesinde belli sürelerde alınan örneklerde saptanan değerlerin depolama süresine karşı grafikleri çizilmiş ve Şekil 5.4.1.'de verilmiştir.



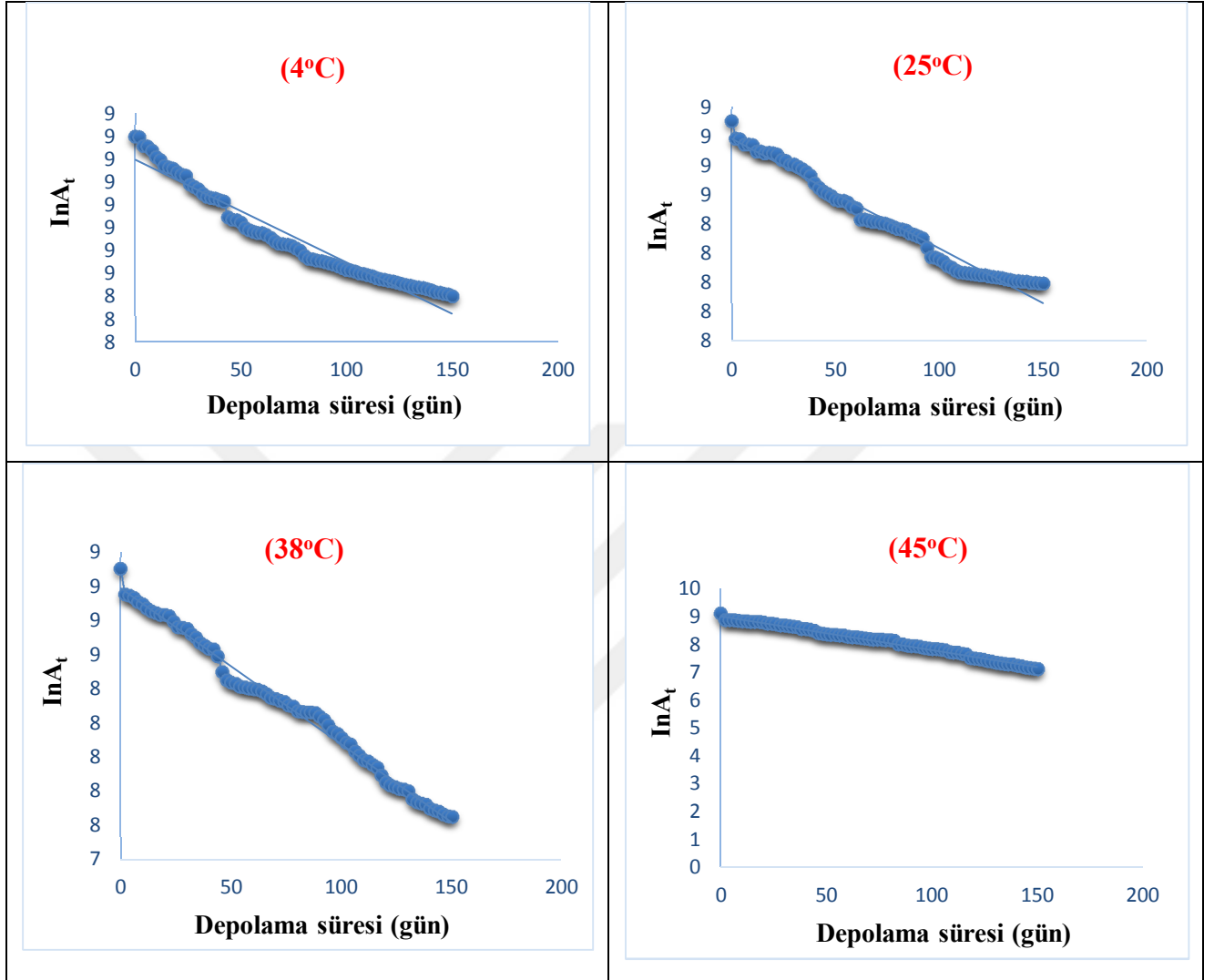
Şekil 5.4.1. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında fenolik madde içeriğinin depolama süresine bağlı değişimi.

Şekil 5.4.1.'de görüldüğü gibi, ürünün yüksek sıcaklık koşullarında muhafazası sonucunda önemli kayıpların ortaya çıkabileceği açıktır. Elde edilen veriler sonucunda doğrusal ve üstel fonksiyon regresyon katsayıları ( $R^2$ ) karşılaştırılıp, reaksiyonun kaçınıcı dereceden ilerlediği belirlenmiştir. Çizelge 5.4.1.'e göre toplam fenolik madde içeriğindeki değişim kinetiğinin, birinci dereceden reaksiyon kinetiğine göre geliştiği saptanmıştır.

Çizelge 5.4.1. Farklı depolama sıcaklıklarının kırmızıbiberin fenolik madde miktarına etkisinin kinetik modeli.

Fenolik Madde Konsantrasyonunun Değişimi				
Depolama Sıcaklığı (°C)	Doğrusal $R^2$	Denklem	Üstel $R^2$	Denklem
4	0,9001	$y = -27,53x + 7962$	0,9441	$y = 8094, e^{-0,00x}$
25	0,9332	$y = -36,30x + 7514$	0,9737	$y = 7953, e^{-0,00x}$
38	0,951	$y = -38,88x + 7290$	0,991	$y = 8009, e^{-0,00x}$
45	0,9599	$y = -43,07x + 7042$	0,9905	$y = 8331, e^{-0,01x}$

Kırmızıbiberin farklı sıcaklıklarda depolanmasında toplam fenolik madde içeriğinin birinci dereceden parçalanma kinetiklerinin grafiği aşağıda Şekil 5.4.2.'de verilmiştir.



Şekil 5.4.2. Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmasında fenolik madde içeriğinin depolama süresine göre değişiminin birinci dereceden kinetiği.

Toplam fenolik madde miktarına ait  $\ln$  değerlerinin süreye karşı çizilen grafikleriyle kinetik parçalanma eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen denklemlerden yararlanarak söz konusu sıcaklık derecelerinde herhangi bir süre sonunda ulaşılacak toplam fenolik madde konsantrasyonu önceden belirlenebilmektedir. Grafiklerden yola çıkarak toplam fenolik madde miktarının birinci dereceden reaksiyon kinetiğine ait, hız sabiti, yarı ömür ve regresyon katsayısı Çizelge 5.4.2.' de verilmiştir.

Çizelge 5.4.2. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinin fenolik madde değişimine ait kinetik parametre değerleri.

Fenolik Madde	4°C	25°C	38°C	45°C
Denklem	$\ln A_t = 8,999 - 0,0045t$	$\ln A_t = 8,9813 - 0,0075t$	$\ln A_t = 8,9884 - 0,0091t$	$\ln A_t = 9,0278 - 0,0123t$
Reaksiyon Hız Sabiti (k)	0,0047	0,0074	0,0097	0,0132
Yarı Ömür ( $t_{1/2}$ )	148,62	93,90	71,45	52,59
Regresyon Kat Sayısı ( $R^2$ )	0,944	0,9737	0,991	0,9905

Sıfıncı ve birinci mertebeye ait reaksiyon hız sabiti değerleri Çizelge 5.4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 5.4.3. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde fenolik madde ait  $k_0$  ve  $k_1$  değerleri.

k/T	4°C	25°C	38°C	45°C
$k_0$	30,0963	40,0444	45,8519	51,5259
$k_1$	0,0047	0,0074	0,0097	0,0132

Aktivasyon enerjisi değerleri Çizelge 5.4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 5.4.4. Farklı sıcaklıklarda depolamada kırmızıbiber örneklerinde birinci mertebeden i fenolik madde değişimine ait k ve  $E_a$  değerleri.

T (°C)	$\ln k_0$	$\ln k_1$	$E_a$ (cal. mol <sup>-1</sup> )
4	3,4044	-5,3602	69,6610
25	3,6900	-4,9063	427,0195
38	3,8254	-4,6356	638,8597
45	3,9421	-4,3275	739,4284

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ısıl işleme bağlı olarak kırmızıbiberin askorbik asit, fenolik madde,  $\beta$ -karoten ve renk değerlerinde meydana gelen kayıplar hakkında veriler ortaya koymaktadır. Taze kırmızıbiber örneklerinde askorbik asit miktarı 651.92mg/kg, fenolik madde miktarı 9871.45mg/L,  $\beta$ -karoten miktarı 31.90mg/100g olarak bulunmuştur. Kurutma sırası ve depolama başlangıcında değerler sırasıyla 452mg/kg, 8971.33mg/L, 7.821mg/100g olarak tespit edilmiştir. 5ay'lık depolama sonrasında askorbik asit miktarı 4°C depolama sıcaklığında 162.333mg/kg, 25°C'de 82.667mg/kg, 38°C'de 68,333mg/kg ve 45°C'de 112. günden sonra 0mg/kg olarak belirlenmiştir. Kırmızıbiber örneklerinde belirlenen depolama süreleri sonunda yapılan analizlerde askorbik asit miktarında her ay sonunda azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Fenolik madde miktarı 4°C depolama sıcaklığında 4456.89mg/L, 25°C'de 2964.67mg/L, 38°C'de 2093.56mg/L ve 45°C'de 1242.44mg/L düzeyinde olmuştur.  $\beta$ -Karoten miktarı ise 4°C'de 2.922mg/100g, 25°C'de 0.836mg/100g, 38°C'de 0.712mg/100g ve 45°C'de 0.065mg/100g olarak belirlenmiştir. Gıdalarla ilgili yapılan çalışmalarda meydana gelen ısıl işleme bağlı parçalanma kinetiği reaksiyonlarının büyük bir kısmı birinci dereceden reaksiyon kinetiğine göre geliştiğini ileri sürmüştür. Çalışmamızda ise kırmızıbiber örneklerine uygulanan ısıl işleme bağlı olarak askorbik asitin 25 ve 38°C sıcaklıklarda birinci derece kinetik, 4 ve 45°C sıcaklıklarda ise sıfırıncı derece kinetiğe göre geliştiği belirlenmiştir. Kırmızıbiber örneklerindeki fenolik maddenin çalışılan 4 farklı sıcaklıkta birinci dereceden kinetiğe göre geliştiği belirlenmiştir.  $\beta$ -Karotenin ise 4, 25 ve 38°C sıcaklıklarda birinci dereceden kinetiğe, 45°C'de ise sıfırıncı dereceden kinetiğe göre geliştiği belirlenmiştir. Kırmızıbiber örneklerindeki askorbik asit miktarına ait birinci dereceden ilerleyen sıcaklıkların (25 ve 38°C) reaksiyon hız sabiti değerleri sırasıyla  $113.10^{-4}\text{dak}^{-1}$ ,  $126.10^{-4}\text{dak}^{-1}$ , şeklinde bulunmuştur. Aktivasyon enerjisi değerleri ise sırasıyla  $267.33\text{cal.mol}^{-1}$ ,  $401.20\text{cal.mol}^{-1}$  şeklindedir. Fenolik maddenin birinci derece kinetiğine ait reaksiyon hız sabitleri ise 4, 25, 38 ve 45°C'de sırasıyla  $47.10^{-4}\text{dak}^{-1}$ ,  $74.10^{-4}\text{dak}^{-1}$ ,  $97.10^{-4}\text{dak}^{-1}$ ,  $132.10^{-4}\text{dak}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Aktivasyon enerji değerleri de sırasıyla  $69.66\text{cal.mol}^{-1}$ ,  $427.01\text{cal.mol}^{-1}$ ,  $638.85\text{cal.mol}^{-1}$ ,  $769.42\text{cal.mol}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.  $\beta$ -Karoten miktarının birinci dereceden kinetik reaksiyon gösteren sıcaklıklara (4, 25 ve 38°C) ait reaksiyon hız sabiti değerleri sırasıyla  $66.10^{-4}\text{dak}^{-1}$ ,  $149.10^{-4}\text{dak}^{-1}$ ,  $160.10^{-4}\text{dak}^{-1}$ 'dir. Aktivasyon enerji değerleri ise sırasıyla  $12.75\text{cal.mol}^{-1}$ ,  $56.58\text{cal.mol}^{-1}$ ,  $82.11\text{cal.mol}^{-1}$ 'dür. Depolama sıcaklığı ve süresinin renk özellikleri üzerine

etkisi incelendiğinde literatür verileriyle uyumlu olduğu gözlenmiştir. L\* değerinde 25, 38 ve 45°C sıcaklıklarda renk koyulaşması meydana getirdiği 4°C'de ise parlaklığını koruduğu saptanmıştır. Sıcaklığın etkisiyle L\* değerindeki azalmanın gerçekleşmesi olası enzimatik esmerleşmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıcaklığın artmasıyla a\* değerinde azalma, b\* değerinde artma ve c değerinde azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Kinetik değerlendirmeler sonucu tüm renk özelliklerinin (L\*, a\*, b\* ve c değerleri) hem sıfırıncı hem de birinci derecede reaksiyon kinetiğine uyduğu belirlenmiştir.

Genel olarak askorbik asit, fenolik madde ve  $\beta$ -karoten kaybının en fazla 45°C'de, en az kaybın 4°C'de olduğu saptanmıştır. Bu sonuç sıcaklık derecesinin artmasıyla kalite parametre kaybının daha fazla gerçekleştiğini göstermektedir. Askorbik asit değişimine ait kinetik modelleme yapılmıştır. 25 ve 38°C sıcaklıklarının birinci derece kinetik model 4 ve 45°C sıcaklıkların ise sıfırıncı derece kinetik modele uygun olduğu belirlenmiştir. Askorbik asit içeriğindeki değişim için hesaplanan reaksiyon hız sabiti sıcaklığın artmasıyla azalmış, yarılanma süresi de azalmıştır. Ancak aktivasyon enerji değeri artmıştır. Fenolik madde değişimine ait kinetik modelleme yapılmıştır. Çalışılan tüm sıcaklıklarda fenolik maddenin birinci derece kinetik modele uygun olduğu belirlenmiştir. Beta karoten değişimine ait kinetik modelleme ise 4, 25 ve 38°C' de birinci derece kinetik model, 45°C sıcaklık ise sıfırıncı derece kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulguların ışığında depolama sıcaklığı ve süresinin kırmızıbiber açısından önemli bileşenler üzerine etkisi olduğu ve genel olarak depolama sıcaklığı düştükçe bileşenlerin daha iyi korunduğu saptanmıştır. Depolama sürecinde de askorbik asit gibi hassas bileşenlerin daha hızlı degradasyona uğradığı tespit edilmiştir. Bu nedenle hızlandırılmış raf ömrü süresi daha hızlı sonuç verdiği için askorbik asit değişimi göz önünde bulundurularak tahmin edilmiştir. Elde edilen bulgulardan yola çıkarak kurutulmuş kırmızıbiber ürünümüzün hızlandırılmış raf ömrü süresi 3 yıl 4ay olarak tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Ashurst, P., 2016. The Stability and Shelf Life of Fruit Juices and Soft Drinks. The Stability and Shelf Life of Food. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00012-5>.
- Breda, C.A., Sanjinez-Argandona, E.J., Correia, C.A.C., 2012. Shelf life of powdered Campomanesia adamantium pulp in controlled environments. *Food Chemistry*, 135: 2960-2964.
- Buve, C., Kebede, B.T., Batselier, C.D., Carillo, C., Pham, H.T.T., Hendrickx, M., Grauwet, T., Loey, A.V., 2018. Kinetics of colour changes in pasteurised strawberry juice during storage. *Journal of Food Engineering*, 216:42-51.
- Castro, S.M., Saraiva, J.A., Lopes-da-Silva, J.A., Delgadillo, I., Loey, A.V., Smout, C., Hendrickx, M., 2008. Effect of Thermal Blanching and of High Pressure Treatments on Sweet Green and Red Bell Pepper Fruit (*Capsicum annuum L.*). *Food Chemistry*. 107:1436-1449.
- Cemeroğlu, B., 2013. Gıdalara Uygulanan Bazı Özel Analiz Yöntemleri. Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi, Ankara. 430s.
- Demiray, E., 2009. Kurutma İşleminde Domatesin Likopen,  $\beta$ -Karoten, Askorbik Asit ve Renk Değişim Kinetiğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demiray, E., 2015. Havuç ve kırmızı biberlerin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması, kurutma karakteristiklerinin ve bazı kalite özelliklerindeki değişimin modellenmesi. Doktora Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demiray, E., Tülek, Y., 2012. Kurutma İşleminin deki Renk Maddelerine etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 7(3):1-10.
- Dermesonlouoglou, E.K., Pourgouri, S. and Taoukis, P.S., 2008. Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucumber. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 542-549.
- Dermesonlouoglou, E.K., Giannakourou, M. and Taoukis, P.S., 2016. Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment with alternative osmotic solutes to the shelf life of frozen strawberry. *Food and Bioproducts Processing*, 99: 212-221.

- Dobooğlu, H., 2012. Liyofilizasyonun Karadut (*Morgus Nigra*) Kurutmadaki Potansiyelinin Konveksiyonel ve Vakumlu Kurutma Teknikleriyle Kıyaslayarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dündar, H., 2010. Bir Vakumlu Gıda Kurutma Sisteminin Tasarımı ve İmalatı. Yüksek Lisans Tezi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Türkiye.
- E.Filiz, B., 2015. Elma Cipsinin Bazı Kalite ve Antioksidan Özelliklerine Kurutma, Ambalajlama ve Depolamanın Etkisi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ganje, M., Jafari, S.M., Dusti, A., Dehnad, D., Amanjani, M., Ghanbari, V., 2016. Modeling quality changes in tomato paste containing microencapsulated olive leaf extract by accelerated shelf life testing. *Food and Bioproducts Processing*, 97:12-19.
- Gençdağ, E., 2017. Farklı haşlama yöntemleri ile haşlanan brokolilerde askorbik asit, renk ve tekstür özelliklerindeki değişimin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gimenez, A., Gagliardi, A., Ares, G., 2017. Estimation of failure criteria in multivariate sensory shelf life testing using survival analysis. *Food Research International*. 99(1):542-549.
- Grewal M.K., Chandrapala, J., Donkor O., Apostolopoulos, V., 2016. Electrophoretic characterization of protein interactions suggesting limited feasibility of accelerated shelf-life testing of ultra-high temperature milk. *Journal Dairy Science*, 100:76-88.
- Grewal, M.K., Chandrapala, J., Donkor, O. Apostolopoulos, V., Vasiljevic, T., 2017. Electrophoretic characterization of protein interactions suggesting limited feasibility of accelerated shelf-life testing of ultra-high temperature milk. *Journal Dairy Science*. 100:76-88.
- Güzel, M., Akpınar, Ö., 2017. Trunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2):153-167.

- H.Şahin, F., Ülger, P., Aktaş, T., Orak, H., 2013. Dondurarak kurutma yönteminin ve farklı ön işlemlerin domatesin (*Lycopersicon esculentum*) bazı kalite kriterleri üzerine etkisi. Türkiye 28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi. 58-67.
- H.Türk, F., Babalık, Z., G. Baydar, N., 2013. Bazı Kırmızı Üzüm Çeşitlerinde Antioksidan Özellik Gösteren Bileşiklerin Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- Hiatt, A.N., Taylor, L.S., Maurer, L.J., 2010. Influence of simultaneous variations in temperature and relative humidity on chemical stability of two vitamin C forms and implications for shelf life models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:3532-3540.
- Hiranvarachat, B., Devahastin, S., Chiewchan, N., 2011. Effects of acid pretreatments on some physicochemical Properties of carrot undergoing hot air drying. *Food and Bioprod.* 89:116-127.
- İzli, N., Polat, A., 2016. Dondurarak kurutma yönteminin zencefilin kurutma karakteristikleri, renk, mikroyapı ve rehidrasyon özellikleri üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33:126-136.
- Kadam, D.M., Rai, D.R., Patil, R.T., Wilson, R.A., Kaur, S., Kumar, R., 2011. Quality of Fresh and Stored Foam Mat Dried Mandarin Powder. *International Journal of Science and Technology*, 46: 793-799.
- Kebede, B.T., Grauwet, T., Magpusao, J., Michiels, S. C., Hendrickx, M., Loey, A.V., 2015. An integrated fingerprinting and kinetic approach to accelerated shelf-life testing of chemical changes in thermally treated carrot puree. *Food Chemistry*, 179: 94-102.
- Kılıç, E.E., 2014. Konvektif Koşullarda Kurutulan Sebze ve Meyvelerin Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Leong, S.Y., Oey, I., 2012. Effects of Processing on Anthocyanins, Carotenoids and Vitamin C in Summer Fruits and Vegetables. *Food Chemistry*. 133:1577-1587.

- Maldonado, J.A., Bruns, R.B., Yang, T., Wright, A., Dunne, C.P., Karwe, M.V., 2015. Browning and ascorbic acid degradation in meals ready-to-eat pear rations in accelerated shelf life. *Journal of Food Processing and Preservation*, DOI:10.1111/jfpp.12446.
- Onar, O., 2015. Fomitopsisnicola'nın etanolik ekstresinin In Vitro glutasyon peroksidaz, katalaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin aktiviteleri üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özçelik, B., 2000. Biberiye (*Rosmarinus officinalis*) Antioksidanlarının Fındık Füresinin Raf Ömrü Geciktirmedeki Etkinliği. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Parlak, N., 2014. Akışkan Yataklı Kurutucuda Zencefilin Kuruma Kinetiğinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 29(2):261-269.
- Reis, F.R., Oliveria, A.C., Gadelha, G.G.P., Abreu, M.B., Soares, H.I., 2017. Vacuum drying for extending litchi shelf –life: Vitamin C, total phenolics, texture and shelf life assessment. *Plant Foods Hum Nutr*, 72:120-125.
- Sernikli, C., 2015. Karadut suyunda toplam fenolik madde ve suda çözünen vitaminlerin ısı parçalanma kinetiği. Yüksekisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Shortle, E., O.Grady, M.N., Gilroy, D., Furey, A., Quinn, N., Kerry, J.P., 2014. Influence of extraction technique on the anti-oxidative potential of hawthorn (*Crataegus monogyna*) extracts in bovine muscle homogenates. *Meat Science*, 98:828-834.
- Sürel, C., 2012. Bazı sebzelerde dondurma ve donmuş ürün muhafaza sürecinde askorbik asit,  $\beta$ -karoten ve tekstürel değişimlerin incelenmesi. Yüksekisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Teoh, A., 2010. Predicting the stability of natural colours in food products: a review. *AgroFood Industry hitech*, 21(5):20-23.
- Topuz, A., Özdemir, F., 2003. Influences of  $\gamma$ -Irradiation and Storage on the Carotenoids of Sun-Dried and Dehydrated Paprika. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51:4972-4977.

- Wibowo, S., Grauwet, T., Kebede, B.T., Hendrickx, M., Loey, A.V., 2015. Study of chemical changes in pasteurized orange juice during shelf-life: A fingerprinting-kinetics evaluation of the volatile fraction. *Food Research International*, 75:295-304.
- Wilson, R.A., Kadam, D.M., Chadha, S., Grewal, M.K., Sharma, M., 2014. Evaluation of Physical and Chemical Properties of Foam-mat Dried Mango (*Mangifera indica*) Powder During Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38:1866-1874.



## ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Rozerin AYDIN

### İletişim Bilgileri

Adres : Beylikdüzü/ İstanbul

Mail : [rzaydn34@gmail.com](mailto:rzaydn34@gmail.com)

2. Doğum Tarihi : 23.08.1994

3. Unvanı : Gıda Mühendisi

4. Öğrenim Durumu : Yüksek lisans

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	Gıda Mühendisliği	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.	2012-2016
Yüksek lisans	Gıda Mühendisliği	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.	2016-2019

### 5. Yayınlar

#### 5.1. Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

Aydın, R., Çınar, İ. (2015). Plaka Şekilli Beyaz Lahana Yapraklarının Kuruma Davranışının Modellenmesi, *Akademik Gıda*, 13(4) 286-290.

#### 5.2. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan bildiri kitabında basılan bildiriler

Aydın, R., Erafşar, F.K. ve Çınar, İ. (2019). Potential Use of Foam Mat Drying in Fruit Juice Powder Production, *International Symposium on Advanced Engineering Technologies*. Kahramanmaraş-Türkiye.

Aydın, R., Çınar, İ. (2017). İşlenmiş Meyve ve Sebzelerde Hızlandırılmış Raf Ömrü Testleri, *Uluslararası İleri Mühendislik Teknolojileri Konferansı*. Bayburt-Türkiye.

Aydın, R., Çınar, İ. (2017). Peynir Üretiminde Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları, *Ksü Mühendislik Dergisi*. Kahramanmaraş-Türkiye.

Aydın, R., Çınar, İ. (2017). Peynir Üretiminde Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları. I. Ulusal Sütçülük Kongresi, *Ankara Ziraat Fakültesi*. Ankara-Türkiye

Aydın, R., Çınar, İ. (2015). Kurutulmuş beyaz lahana yaprakları. IV. Ar-Ge Proje Pazarı, *K.Maraş Ticaret ve Sanayi Odası*. K. Maraş-Türkiye.

Aydın, R., Çınar, İ. (2015).Yeşil Fasulye Ketçabı: Daha Ekonomik ve Daha Sağlıklı. IV. Ar-Ge Proje Pazarı, *K.Maraş Ticaret ve Sanayi Odası*. K. Maraş-Türkiye.

Aydın, R., Çınar, İ. (2015). Beyaz Lahana Yapraklarının Plaka Şekilli Kurutulmasında Kuruma Davranışının Modellenmesi. Kurutulmuş ve Yarı Kurutulmuş Gıdalar Sempozyumu. Denizli-Türkiye.

Aydın, R., Çınar, İ. (2015).Yeşil Fasulye Sosu Üretimi ve Endüstriyel Üretim Potansiyeli. *İç Anadolu Bölgesi 2.Tarım ve Gıda Kongresi*. Nevşehir-Türkiye.

Aydın, R., Çınar, İ. (2014). Kuru Lahana. *Proje Pazarı-Niğde için benim de bir projem var*. Niğde-Türkiye.

### **5.3. AR-GE Projeleri**

2016-K.Maraş Ticaret ve Sanayi Odası, V. Ar-Ge Proje Pazarı, “Kurutulmuş beyaz lahana yaprakları”

2015-K.Maraş Ticaret ve Sanayi Odası, IV. Ar-Ge Proje Pazarı, “Yeşil fasulye Ketçabı: Daha ekonomik ve daha sağlıklı”

2015-İç Anadolu Bölgesi 2.Tarım ve Gıda Kongresi, “Yeşil fasulye sosu üretimi ve endüstriyel üretim potansiyeli”

2014-Proje Pazarı-Niğde için benim de bir projem var, “Kuru lahana”

### **6. İş Tecrübeleri**

2019- İstanbul Sütlü / Gıda Mühendisi

2018- Dutpınar / Gıda Mühendisi

2016- İstanbul Sütlü / Gıda Mühendisi

2016- HMS Catering / Gıda Mühendisi

2015- İstanbul Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü / Stajyer

2015- Hacı Sayid Gıda Sanayi Ltd. Şti. / Stajyer

### **7.Sertifika Bilgileri / Katılım Belgeleri**

2012- ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi

2012- ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi

2012- ISO 9001:2008 İç Tetikçi

2012- Stratejik Yönetim

2016- KOSGEB / Girişimcilik

2016- 21. Yüzyılın Işığında Girişimcilik ve Yenilikçilik

2017- Değerler ve Kariyer Yönetimi

2017- Sosyal Girişimcilik ve Liderlik

2017- Kişisel Gelişimde 5NK1

2017- İletişim ve Network Marketing

2017- Sağlıklı Yaşam ve Kişisel İmaj