

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tüba ŞİMŞEK MERTOĞLU

**PORTAKAL SUYUNUN BİLEŞİMİ VE HMF OLUŞUM KİNETİĞİ
ÜZERİNE ISIL İŞLEM VE DEPOLAMANIN ETKİLERİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2015

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PORTAKAL SUYUNUN BİLEŞİMİ VE HMF OLUŞUM KİNETİĞİ
ÜZERİNE ISIL İŞLEM VE DEPOLAMANIN ETKİLERİ**

Tüba ŞİMŞEK MERTOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 29/06/2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Hasan FENERCİOĞLU
ÜYE

.....
Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No :

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2012YL3**

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.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PORTAKAL SUYUNUN BİLEŞİMİ VE HMF OLUŞUM KİNETİĞİ ÜZERİNE ISIL İŞLEM VE DEPOLAMANIN ETKİLERİ

Tüba ŞİMŞEK MERTOĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ
Yıl: 2015, Sayfa: 165

Jüri : Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Prof. Dr. Hasan FENERCİOĞLU
: Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU

Bu çalışmada, Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısıl işlem, sıcaklık ve süreleri ile elde edilen portakal suyunun farklı sıcaklık ve sürelerindeki depolanmaları sırasında meydana gelen esmerleşme indeksi, renk, askorbik asit, hidroksimetilfurfural (HMF), furfural ve toplam karotenoid içeriklerindeki değişimler incelenmiştir. Depolama sırasında içeriklerdeki değişimler en fazla 25°C'de gerçekleşmiş olup, başlangıç değerlerine göre esmerleşme indekslerinde %46.92-%145.32 oranında artma, L* değerlerinde % 0.61-24.40 oranında azalma, a* değerlerinde %42.91-175.05 oranında artma, b* değerlerinde %5.3-20.5 oranında, Hue değerlerinde %3.02-12.44, C* değerlerinde %4.38-17.90 oranında azalma olmuştur. Isıl işlem uygulamaları sonucunda askorbik asit parçalanma kinetiği verilerine göre yarılanma süresi ($t_{1/2}$) 70, 75, 80, 85 ve 90°C' deki ısıl işlem uygulamaları için sırasıyla 1136.3, 1004.6, 877.4, 796.7 ve 666.5 sn, D değerleri sırasıyla 3774.7, 3337.1, 2914.7, 2646.6 ve 2214 sn, z değeri 86.32 °C, Ea değeri 26.87 kJ/mol, Q₁₀ değeri ise 1.31' dir. HMF oluşum kinetiği verilerine göre katlanma süresi (t_{2x}) 70, 75, 80, 85 ve 90°C'lerdeki ısıl işlem uygulamaları için sırasıyla 77.0, 70.7, 60.8, 52,1 ve 42.0 sn, D değerleri sırasıyla 255.8, 235, 202, 173.1 ve 139.6 sn, z değeri ise 75.98 °C, Ea değeri 31.34 kJ/mol, Q₁₀ değeri ise 1.35 dir. Furfural oluşum kinetiği verilerine göre katlanma süresi (t_{2x}) 70, 75, 80, 85 ve 90°C'lerdeki ısıl işlem uygulamaları için sırasıyla 82.5, 74.5, 66.6, 55.9 ve 52.1 sn, D değerleri sırasıyla 274.12, 247.59, 221.40, 185.69 ve 173.13 sn, z değeri ise 100.21°C, aktivasyon enerjisi 24.98 kJ/mol, Q₁₀ değeri ise 1.26 olarak tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıktaki uygulama sürelerinin etkisi toplam karotenoid içeriği üzerine önemsiz bulunurken, depolama sırasında k değerlerinin 4 ve 25°C için sırasıyla 1.07-2.64 ve 1.20-2.81 gün⁻¹x10⁻² aralığında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Portakal Suyu, Esmerleşme İndeksi ve Renk, Askorbik Asit Parçalanma Kinetiği, Hidroksimetilfurfural (HMF) ve Furfural, Oluşum Kinetiği

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECTS of HEAT TREATMENT and STORAGE on ORANGE JUICE COMPOSITION and HMF FORMATION KINETICS

Tüba ŞİMŞEK MERTOĞLU

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Asiye AKYILDIZ
Year: 2015, Pages: 165
Jury : Assoc. Prof. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Prof. Dr. Hasan FENERCİOĞLU
: Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU

In this study, changing of browning index, color, ascorbic acid, hydroxymethylfurfural (HMF), furfural and total carotenoid content of orange juice which was obtained from Kozan Yerli variety were investigated during processing to juice with different thermal treatments (temperature: 70-90 °C and time: 15-120 s) and storage conditions (180 days, at 4 and 25 °C). According to results of the ascorbic acid degradation kinetics; the half-lives ($t_{1/2}$) of thermally processed orange juice at 70, 75, 80, 85 and 90 °C were 1136.3, 1004.6, 877.4, 796.7 and 666.5 s, respectively. D values for the same temperatures were calculated 3774.7, 3337.1, 2914.7, 2646.6 and 2214 s, respectively. z , E_a and Q_{10} values of ascorbic acid were also calculated as 86.32 °C, 26.87 kJ/mol, and 1.31; respectively. According to results of HMF formation kinetics data, the doubling time (t_{2x}) of thermally processed orange juice at 70, 75, 80, 85 and 90 °C were 77.0, 70.7, 60.8, 52.1 and 42.0 s, respectively. D values for the same temperatures were calculated 255.8, 235, 202, 173.1 and 139.6 s, respectively. z , E_a and Q_{10} values of HMF were also calculated as 75.98 °C, 31.34 kJ/mol, and 1.35; respectively. According to results of furfural formation kinetics data; doubling time (t_{2x}) of thermally processed orange juice at 70, 75, 80, 85 and 90 °C were 74.5, 66.6, 55.9 and 52.1 s, respectively. D values for the same temperatures were calculated 274.12, 247.59, 221.40, 185.69 and 173.13 s, respectively. z , E_a and Q_{10} values of furfural were also calculated 100.21°C, 24.98 kJ/mol and 1.26, respectively. The most obvious changes for compounds and qualities of processed orange juice were determined during storage at 25 °C. And also, during storage period according to initial values, browning index values increased between 46.92-145.32%; L^* , a^* , b^* , C^* and Hue^* values decreased between 0.61-24.40 %, 42.91-175.05 %, 5.3-20.5 %, 3.02-12.44 %, and 3.02-12.44 %; respectively. The effects of different thermal processing conditions on the total carotenoid content of orange juices were found insignificant. During storage period at 4 and 25 °C, the k values were changed between 1.07-2.64 and 1.20-2.81 day⁻¹x10⁻², respectively.

Key Words: Orange Juice, Browning Index And Color, Ascorbic Acid Degradation Kinetics, Hydroxymethylfurfural (HMF) and Furfural Formation Kinetics

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca, araştırmanın belirlenmesi, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi sırasında ve her türlü konuda bana yol gösteren, beni destekleyen, yüksek lisans eğitimime uzun bir süre ara verdikten sonra bana kaldığım yerden devam etme imkanı ve gücünü veren, değerli fikirleri ve pozitif enerjisiyle desteğini her an hissettiğim çok sevdiğim değerli hocam Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ'a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında her türlü desteğini gördüğüm Sayın Arş. Gör. Erdal AĞÇAM'a, Sayın Arş. Gör. Süleyman POLAT'a, Sayın Arş. Gör. Tahir YÜCEL'e,

Değerli katkılarından ve desteklerinden dolayı, yüksek lisans tez jürimde yer alan Sayın hocam Prof. Dr. Hasan FENERCİOĞLU ve Sayın Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU'na,

Çalışmalarım süresince ilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen diğer tüm hocalarıma, bölümümüz öğretim elemanlarına ve öğrencilerine,

Sabır, anlayış ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem, babam ve kayınvalideme,

Hayatıma anlam kazandırarak manevi desteklerini gördüğüm sevgili eşim ve çocuklarıma,

Destek ve katkılarından dolayı; Ç. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Portakal	7
2.2. Esmerleşme Reaksiyonları.	10
2.2.1. Askorbik Asit Parçalanması.....	11
2.2.2. Karamelizasyon.....	13
2.2.3. Maillard Reaksiyonu	14
2.2.3.1. Maillard Reaksiyonu Koşulları	19
2.2.3.2. Maillard Reaksiyonunun Faydaları	22
2.2.3.3. Portakal Suyunda HMF Oluşum Mekanizması ve Önemi.....	24
2.2.3.4. Maillard Tipi Esmerleşme Kinetiği.....	35
2.3. Portakal Suyunun Askorbik Asit İçeriği	41
2.4. Portakal Suyunun Renk Değerleri.....	44
2.5. Portakal Suyunun Karotenoid Bileşenleri.....	47
3. MATERYAL VE METOT	53
3.1. Materyal.	53
3.1.1. Portakal	53
3.2. Metot	54
3.2.1. Portakal Suyuna Uygulanan Teknolojik İşlemler	54
3.2.1.1. Isıl Pastörizasyon Sistemi	55
3.2.2. Portakal Suyuna Uygulanan Analizler	57
3.2.2.1. pH Tayini	57
3.2.2.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini	57

3.2.2.3. Esmerleşme İndeksi Tayini	58
3.2.2.4. Renk Tayini	58
3.2.2.5. Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini.....	59
3.2.2.6. Askorbik Asit Tayini.....	61
3.2.2.7. Toplam Karotenoid Madde Tayini.....	61
3.2.2.8. İstatistiksel Değerlendirme.....	62
3.2.2.9. Kinetik Parametrelerin Hesaplanması.....	62
3.2.2.9.(1). Reaksiyon Hız Sabitinin (k) Hesaplanması.....	62
3.2.2.9.(2). Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması.....	63
3.2.2.9.(3). D ve z Değerlerinin Hesaplanması	64
3.2.2.9.(4). Q10 Değerinin Hesaplanması.....	65
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	67
4.1. Portakal Meyvesinin Genel Özellikleri.....	67
4.2. Portakal Sularının pH Değerleri.....	68
4.3. Portakal Sularının Suda Çözünür Kuru Madde İçerikleri	72
4.4. Portakal Sularının Esmerleşme İndeksleri	76
4.5. Portakal Sularının Renklerinde Oluşan Değişimler	80
4.5.1. Portakal Sularının L* Değerlerindeki Değişimler.....	80
4.5.2. Portakal Sularının a* Değerlerindeki Değişimler	85
4.5.3. Portakal Sularının b* Değerlerindeki Değişimler	90
4.5.4. Portakal Sularının Hue Açısı Değerlerindeki Değişimler.....	95
4.5.5. Portakal Sularının Kroma (c*) Değerlerindeki Değişimler	100
4.6. Portakal Sularının Askorbik Asit İçerikleri.....	104
4.6.1. Farklı Sıcaklık Uygulamaları Sırasında Portakal Suyu Örneklerinin Askorbik Asit İçeriklerinin Parçalanma Kinetiği.....	104
4.6.2. Farklı Sıcaklıkta Depolanan Portakal Suyu Örneklerinin Askorbik Asit İçeriklerinin Parçalanma Kinetiği	111
4.7. Portakal Sularının Hidroksimetilfurfural (HMF) İçerikleri	117
4.7.1. Farklı Sıcaklık Uygulamaları Sırasında Portakal Suyu Örneklerinde HMF Oluşum Kinetiği	117

4.7.2. Farklı Sıcaklıkta Depolanan Portakal Suyu Örneklerinde HMF Oluşum Kinetiği	123
4.8. Portakal Sularının Furfural İçerikleri	127
4.8.1. Farklı Sıcaklık Uygulamaları Sırasında Portakal Suyu Örneklerinde Furfural Oluşum Kinetiği	127
4.8.2. Farklı Sıcaklıkta Depolanan Portakal Suyu Örneklerinde Furfural Oluşum Kinetiği	131
4.9. Portakal Sularının Toplam Karotenoid İçerikleri	136
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	141
KAYNAKLAR	147
ÖZGEÇMİŞ	165

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1.	Türler Bazında Dünya Turunçgil Üretimi	1
Çizelge 1.2.	Ülkeler İtibariyle Dünya Portakal Üretimi	2
Çizelge 1.3.	Türkiye’de Turunçgil Üretimi ve Toplam Meyveliklerin Alanı... ..	3
Çizelge 2.1.	Portakal meyvesindeki bazı bileşenler	8
Çizelge 4.1.	Kozan Yerli portakal çeşidinin genel özelliklerine ait ortalama değerler	67
Çizelge 4.2.	Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında pH değerleri.....	69
Çizelge 4.3.	Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında pH değerleri.....	71
Çizelge 4.4.	Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında suda çözümlü kuru madde içerikleri	73
Çizelge 4.5.	Portakal suyu örneklerinin 25°C’de depolama sırasında suda çözümlü kuru madde içerikleri	75
Çizelge 4.6.	Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında esmerleşme indeksleri	77
Çizelge 4.7.	Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında esmerleşme indeksleri	79
Çizelge 4.8.	Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında L* değerleri.....	82
Çizelge 4.9.	Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında L* değerleri	84
Çizelge 4.10.	Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında a* değerleri.....	87
Çizelge 4.11.	Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında a* değerleri	89
Çizelge 4.12.	Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında b* değerleri	91
Çizelge 4.13.	Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında b* değerleri	93
Çizelge 4.14.	Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında Hue açısı değerleri	97
Çizelge 4.15.	Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında Hue açısı değerleri	97
Çizelge 4.16.	Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında C* değerleri	99
Çizelge 4.17.	Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında C* değerleri	101
Çizelge 4.18.	Reaksiyon derecelerine göre farklı sıcaklıkta askorbik asidin parçalanmasına ilişkin kinetik veriler.....	106

Çizelge 4.19. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında askorbik asit parçalanmasına ilişkin Arrhenius grafiğine ait veriler	108
Çizelge 4.20. Farklı ısı işlem uygulanan portakal suyunda askorbik asit parçalanma kinetiği	110
Çizelge 4.21. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında askorbik asit içerikleri.....	114
Çizelge 4.22. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında askorbik asit içerikleri.....	115
Çizelge 4.23. Reaksiyon derecelerine göre farklı sıcaklıkta HMF oluşumuna ilişkin kinetik veriler.....	119
Çizelge 4.24. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında HMF oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiğine ait veriler	120
Çizelge 4.25. Farklı ısı işlem uygulanan portakal suyunda HMF oluşum kinetiği.....	122
Çizelge 4.26. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında HMF içerikleri	125
Çizelge 4.27. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında HMF içerikleri	126
Çizelge 4.28. Reaksiyon derecelerine göre farklı sıcaklıkta furfural oluşumuna ilişkin kinetik veriler	129
Çizelge 4.29. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında furfural oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiğine ait veriler	129
Çizelge 4.30. Farklı ısı işlem uygulanan portakal suyunda furfural oluşum kinetiği.....	131
Çizelge 4.31. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında furfural içerikleri	134
Çizelge 4.32. Portakal sularının 2°C’de depolama sırasında furfural içerikleri.....	135
Çizelge 4.33. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında toplam karotenoid içerikleri.....	139
Çizelge 4.34. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında toplam karotenoid içerikleri.....	140

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. Askorbik asidin oksidasyonu	13
Şekil 2.2. Maillard reaksiyonu ana aşamaları.....	15
Şekil 2.3. Maillard reaksiyonunun ilk aşaması ve Amadori düzenlenmesi.....	17
Şekil 2.4. Amadori dönüşümü ürününün hidrosimetilfurfurale dönüşümü.....	18
Şekil 2.5. Reaksiyon pH'sına bağlı olarak melanoidin oluşumu	21
Şekil 2.6. Enzimatik olmayan esmerleşme sırasında oluşan lezzet maddeleri.....	23
Şekil 2.7. HMF'nin moleküler yapısı.....	25
Şekil 2.8. Heksoz şekerlerin dehidrasyonunda HMF oluşumu	25
Şekil 2.9. Maillard reaksiyonunda HMF oluşumu	26
Şekil 2.10 Monosakkaritlerin dehidrasyonu.....	27
Şekil 2.11. Askorbik asit ve izomerik formları	41
Şekil 3.1. Kozan Yerli portakal çeşidi.....	53
Şekil 3.2. Portakal suyu üretimi akış şeması	54
Şekil 3.3. Otomatik portakal sıkma makinesi.....	55
Şekil 3.4. Pastörizasyon düzeneğinin şematik gösterimi.....	56
Şekil 3.5. Portakal suyunun ısı pastörizasyon uygulamalarında kullanılan düzenek.....	56
Şekil 3.6. Farklı pompa çalışma devirlerinde krom borular içinde portakal suyunun kalış süresini tanımlayan grafik	57
Şekil 3.7. CIELAB (The International Commission on Illumination L, a, b) renk skalası (Anon., 1996)	59
Şekil 3.8. Hidrosimetilfurfural tayin yönteminin akış şeması.....	60
Şekil 4.1. CIELCH (The International Commission on Illumination L,C,H) renk skalası.....	95
Şekil 4.2. Farklı sıcaklık uygulamaları süresince askorbik asit değişimlerinin 0. ve 1. dereceden reaksiyona göre elde edilen grafik ve denklemleri.....	105
Şekil 4.3. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında askorbik asit parçalanmasına ilişkin Arrhenius grafiği	108

Şekil 4.4. Farklı sıcaklık uygulamaları süresince HMF oluşumunun 0. ve 1. dereceden reaksiyona göre elde edilen grafik ve denklemleri	118
Şekil 4.5. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında HMF oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiği	120
Şekil 4.6. Farklı sıcaklık uygulamaları süresince furfural oluşumunun 0. ve 1. dereceden reaksiyona göre elde edilen grafik ve denklemleri	128
Şekil 4.7. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında furfural oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiği	130

1. GİRİŞ

Ana vatanı Çin, Güneydoğu Asya ve Hindistan olan Turunçgillerin, günümüzde subtropik iklimlere sahip hemen hemen tüm ülkelerde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Turunçgiller; altıntop, limon, mandarin ve portakal gibi yetiştiriciliği yaygın ve ekonomik değeri olan türlerin dışında şadok, ağaç kavunu, bergamot gibi diğer türleri de içerisinde bulunduran bir bitki topluluğudur. C vitamini içeren ve insan sağlığına önemli yararı bulunan turunçgiller, sofralık taze tüketiminin yanında reçel, marmelat ve meyve suyu olarak değerlendirilmekte, bunun yanında kozmetik sektöründe de hammadde olarak kullanılmaktadır (Akgün, 2006).

FAO verilerine göre, 2012 yılı itibariyle dünyada toplam 68.2 milyon ton portakal, 27.1 milyon ton mandarin, 15.1 milyon ton limon ve 8.0 milyon ton altıntop üretimi olmak üzere toplam 118.4 milyon tonun üzerinde narenciye üretimi gerçekleşmiştir. Geçmiş son 10 yılın değerlendirmesi yapıldığında toplam turunçgiller üretiminde %19 artış görülmektedir. Söz konusu artış oranı %14 ile en az portakalda görülürken en fazla artış %57 ile altıntop üretiminde görülmektedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Türler Bazında Dünya Turunçgil Üretimi (Ton) (FAO, 2014)

Ürünler	2008	2009	2010	2011	2012
Portakal	69.551.373	67.787.981	69.045.495	69.759.261	68.223.759
Mandarin	21.521.445	22.497.667	23.867.076	26.047.845	27.060.756
Limon	17.152.783	17.242.158	15.046.384	15.173.377	15.118.462
Altıntop	7.144.796	7.126.694	7.096.335	7.819.819	8.040.038
Toplam	115.370.39	114.654.50	115.055.29	118.800.30	118.443.01

Dünya portakal üretimi incelendiğinde 68.2 milyon ton üretim ile turunçgiller içinde portakal %57 pay almaktadır (FAO, 2014). Brezilya, dünya portakal üretiminin %26.4'ünü, portakal suyu üretiminin de %57.5'ini gerçekleştirmektedir. Brezilya'yı sırasıyla 8.2 milyon ton ile ABD, 6.5 milyon ton ile Çin, 5.0 milyon ton ile Hindistan takip etmektedir. Akdenizde ise 2.9 milyon ton ile en fazla üretim gerçekleştiren ülke İspanya'dır. Türkiye ise 1.7 milyon ton üretim ile 9. sırada yer

almakta ve toplam dünya üretiminin %2.4'ünü gerçekleştirmektedir. İlk on ülkenin dünya portakal üretimindeki payı %76.4'dür (Çizelge 1.2) (FAO, 2014).

Çizelge 1.2. Ülkeler İtibariyle Dünya Portakal Üretimi (Ton) (FAO, 2014)

Sıra	Ülkeler	2008	2009	2010	2011	2012
1	Brezilya	18.538.084	17.618.450	18.503.139	19.811.064	18.012.56
2	A.B.D.	9.140.790	8.280.780	7.477.924	8.078.480	8.166.480
3	Çin	3.936.915	4.633.407	5.418.000	5.835.000	6.500.000
4	Hindistan	4.860.300	5.201.350	5.966.400	4.571.000	5.000.000
5	Meksika	4.297.238	4.193.481	4.051.631	4.079.678	3.666.790
6	İspanya	3.410.288	2.669.355	3.114.800	2.818.888	2.933.800
7	Mısır	2.138.425	2.372.257	2.401.015	2.577.720	2.786.397
8	İtalya	2.166.900	2.421.284	2.393.663	2.469.939	1.770.503
9	Türkiye	1.427.156	1.689.921	1.710.500	1.730.146	1.662.000
10	Güney Afrika	1.522.452	1.369.474	1.414.585	1.495.321	1.612.828
11	Diğerleri	18.112.825	17.338.223	16.593.838	16.292.025	16.112.401
12	Toplam	69.551.373	67.787.982	69.045.495	69.759.261	68.223.759

Türkiye, 2004 yılında toplam 2.71 milyon ton toplam turunçgil üretimi gerçekleştirirken, 2013 yılında %36'lık artışla yaklaşık 3.68 milyon ton turunçgil üretimi gerçekleştirmiştir. 2004 yılında toplam turunçgil üretim alanı 110 bin hektar iken, %15 artışla 2013 yılında 127 bin hektar alana çıkmıştır. Son 10 yıllık dönemdeki artışının nedeni, turunçgil üretim alanlarının artışının yanı sıra ağaç başına verim artışından kaynaklanmaktadır. Ancak bu artışın üretim periyodunu uzatmaya dönük olarak yapılması önem arz etmektedir (Çizelge 1.3) (TEPGE, 2014).

Çizelge 1.3. Türkiye’de Turunçgil Üretimi (Ton) ve Toplam Meyveliklerin Alanı (ha) (TUİK, 2014)

Tür	Portakal		Mandarin		Limon		Altıntop	
2004	1.300.000	49.600	670.000	31.000	600.000	25.000	135.000	4.790
2005	1.445.000	49.510	715.000	31.227	600.000	25.000	150.000	4.780
2006	1.535.806	50.566	791.255	31.226	710.401	25.164	179.988	4.920
2007	1.426.965	50.884	744.339	30.274	651.767	24.535	162.621	4.819
2008	1.427.156	51.635	756.473	30.782	672.452	25.161	167.765	5.389
2009	1.689.921	52.453	846.390	31.696	783.587	25.083	190.973	5.463
2010	1.710.500	53.236	858.699	33.289	787.063	25.360	213.768	6.063
2011	1.730.146	54.817	872.251	34.535	790.211	24.552	218.988	6.427
2012	1.661.111	56.247	874.832	36.298	710.211	26.563	226.738	6.514
2013	1.781.258	54.759	942.226	38.692	726.283	27.425	228.799	6.420

Adana ili, ülkemizin narenciye üretimi yapılan en önemli merkezlerin başında gelmektedir. Ülkemiz üretiminin %30’undan fazlası Adana’da gerçekleştirilmektedir. Ülkemiz ve Bölgemiz ekonomisi içinde böylesine önemli yere sahip olan narenciye üretimi son yıllarda diğer tüm tarım ürünlerinde olduğu gibi büyük sıkıntılar yaşamaktadır. 2005 yılında ülkemizde üretilen narenciye ürünleri maliyetinin altında satılmıştır. Bölgemizde birçok narenciye bahçesinde ürünler dalında çürümeye terk edilmekte ve alıcı bulamamaktadır. Adana Ticaret Odasının tespitlerine göre narenciyedeki sıkıntılar nedeniyle her geçen yıl sökümü artan portakal ağaçlarının, mangal kömürü üretiminde değerlendirildiği bildirilmektedir (Anon., 2006a).

Türkiye’de üretilen portakal miktarının yaklaşık %2-4’ü portakal suyuna işlenmektedir. Portakal üretimindeki artışa paralel olarak portakal suyuna işlenen miktar da 2006 yılına göre %42 oranında artarak 2010 yılında 53.8 bin tona yükselmiştir (Sancak ve Aygören, 2012).

2010 yılında dünyada portakal suyu tüketiminde ABD 3.691 milyon litre ile ilk sırada yer almaktadır. ABD’yi 800 milyon litre ile Fransa (%9), 792 milyon litre ile Almanya (%8), 707 milyon litre ile İngiltere (%8) ve 547 milyon litre ile Kanada (%6) takip etmektedir. 2010 yılı Türkiye portakal suyu tüketimi 8 milyon litre olup dünya portakal suyu tüketiminde son sıralarda yer almaktadır (Sancak ve Aygören, 2012).

Portakal, turunçgiller içindeki önemli cinslerden biri olup *Citrus sinensis* olarak tanımlanır. Taze olarak tüketiminin yanında; meyve suyu, konsantre, reçel, marmelat olarak çeşitli ürünlere işlenebildiği gibi kabuklarından da esans elde edilebilmektedir. Gelişmiş ülkelerde işlenmiş turunçgil sularının tüketimi, sofralık tüketimden daha büyük bir artış göstermektedir. Ayrıca modern işleme tesislerinin bulunması, tüketiminin daha kolay olması, nakliye ve depolama koşullarının uygun olması gibi faktörler gelişmiş ülkelerde işlenmiş turunçgil ürünlerinin tüketimini de artırmaktadır (Cemeroğlu, 2004; Hasdemir, 2007).

Turunçgiller C vitamini, karotenoidler ve fenolik bileşikler gibi birçok sağlıklı ve yüksek besinsel içeriğe sahip bileşenlere sahiptir. Bu bitkisel kimyasallar antioksidan kapasiteye sahip olup serbest radikallerin neden olduğu oksidatif zarara karşı hücreleri korumaktadır. Bu durum portakal suyunda doğal olarak bulunan antioksidanların önemli bir bölümü ile ilişkilendirilmiştir. Fenolik asitler antioksidan davranışı ve çeşitli hastalıklarda sağlığı destekleyici etkileri ile çok daha fazla dikkati çekmektedir (Polydera ve ark., 2004; Xu ve ark., 2007).

Ülkemizde portakal suyu ve konsantresine işlenen başlıca çeşitler; Valencia, Navel, Shamouti, Hamlin, Kan Portakalları ve Yerli Çeşitler (Dört Yol Yerli, Kozan Yerli, Alanya Yerli)'dir. Ancak genelde ülkemizde meyve suyu endüstrisine uygun nitelik ve yeterli miktarda portakal yetiştirilmemektedir. Bu nedenle de portakal suyu ve konsantresi üretimi nitelik ve miktar açısından yetersizdir (Cemeroğlu, 2004).

Meyve suyu sanayisinde mikroorganizmaları yok etmek ve raf ömrünü arttırmak amacıyla en yaygın olarak kullanılan gıda koruma yöntemi ısı pastörizasyondur. Mikroorganizmaların portakal suyu gibi asitli ürünlerde daha düşük sıcaklık koşullarında aktivitesini yitirdiği bilinmektedir. Portakal suyunda yüksek sıcaklıklara çıkılmadan mikroorganizmaların yok olması mümkün iken aynı durum kalite açısından oldukça önem arz eden Pektin Metil Esteraz (PME) için söz konusu değildir. Portakal suyunda bulunan PME ısıya dirençli olduğundan gerekli olan ısı norm koşulları daha şiddetli seçilmek zorundadır (Ağçam, 2011).

Pastörizasyon işleminin olabilecek en düşük sıcaklıkta ve sürede gerçekleştirilmesi ve ürünün hemen soğutulması gerekmektedir. Aksi halde üründe tat bozuklukları, esmerleşme ve L-askorbik asit kaybı gibi istenmeyen değişiklikler

meydana gelecektir. L- askorbik asidin parçalanmaya uğrayarak azalması yalnız besin değeri açısından değil renk esmerleşmesi açısından da önemlidir (Altan ve Fenercioğlu, 1989).

Depolama sırasında ve çeşitli ısıl işlemler sonucu enzimatik olmayan yolla, esmerleşme meydana gelmektedir. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu, indirgen şekerlerle aminler arasında gerçekleşmektedir. Esmerleşme reaksiyonunda bir ara ürün olan HMF (hidroksimetilfurfural) oluşmaktadır (Cemeroğlu, 1982).

HMF, gerek gıdaların proses aşamasında maruz kaldığı ısıl işlem koşulları hakkında bilgi vermesi, gerekse polimerize olarak esmer renkli pigmentlerin oluşumuna neden olması açısından önemlidir. Isıl işlem şiddeti arttıkça (sıcaklık ve süre) HMF miktarı da artmaktadır. Ca, K, Mg gibi bazı minerallerle, alanin, aspartik asit gibi aminoasitlerin de HMF konsantrasyonlarını arttırdığı bildirilmektedir (Lee ve Nagy, 1988b).

Meyve sularında oluşan hidroksimetilfurfural (HMF) belirli kalite kusurlarına ve insan sağlığı açısından olumsuzluklara yol açabilmektedir. Renkte esmerleşmeye yol açması ve besinsel kayıpların göstergesi olması nedeniyle kalite yönünden, mutajenik ve sitotoksik özellik göstermesi nedeniyle sağlık yönünden HMF olumsuz etkiye sahiptir. Meyve sularının işlenmesi ve depolanması aşamalarında oluşan HMF önemli bir kalite belirleyicisi olarak kabul edilmektedir (Çoklar, 2007). Bu bileşiğin meyve suyunda belirli düzeyin üzerinde bulunması, aşırı ısıl işlem uygulanmasına ve elverişsiz koşullarda depolanmasına bağlanmaktadır (Ekşi ve Artık, 1986).

Gıdaların üretimi ve depolanması sırasında gözlenen HMF oluşumunun, sıfıncı dereceden veya birinci dereceden, bazı çalışmalara göre de hem birinci hem de ikinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Sıcaklığın kimyasal bir reaksiyonun oluşum hızına etkisi yaygın olarak Arrhenius eşitliği ile belirlenmekte ve bu eşitliğe göre reaksiyonun gerçekleşebilmesi için gerekli olan aktivasyon enerjisi (Ea) hesaplanabilmektedir. Aktivasyon enerjisinin bilinmesi ile herhangi bir sıcaklıkta reaksiyon hızı hakkında bilgi edinilmekte ve böylece gıda için en uygun depolama süresi belirlenebilmektedir (Aslonova, 2005).

Bu çalışmada amaç, Çukurova Bölgesinde yetiştirilen Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısıl işlem sıcaklıkları ve

sürelerinin farklı depolama sıcakları ve sürelerindeki HMF oluşum kinetiğini incelemektir. Bu amaçla farklı ısı işlem sıcaklıklarına ve sürelerine maruz bırakılan portakal sularında depolama sürelerinin de etkisiyle oluşan HMF'nin oluşum kinetiği üzerine çalışılmış ve ısı işlem görmüş portakal suyunun kalite parametreleri (pH, suda çözünür kuru madde, esmerleşme indeksi, renk, askorbik asit içeriği, HMF, furfural ve toplam karotenoid miktarı) araştırılmıştır. HMF ile diğer bileşenler arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Portakal

Ülkemizde portakal suyu ve konsantresine işlenen başlıca çeşitler; Valensiya, Navel, Shamouti, Hamlin, Kan Portakalları ve Yerli Çeşitler (Dört Yol Yerli, Kozan Yerli, Alanya Yerli)'dir. Ancak genelde ülkemizde meyve suyu endüstrisine uygun nitelik ve miktarda yeterli oranda portakal yetiştirilmemektedir. Bu nedenle de portakal suyu ve konsantresi üretimi nitelik ve miktar açısından yetersizdir (Cemeroğlu, 2004).

Kozan Yerli, Türkiye'de özellikle Adana ili Kozan ilçesi ve çevresinde yetiştirilen yerli bir çeşittir. Meyveler yuvarlak, meyve kabuğu orta kalın ve pürüzlüdür. Meyve eti koyu portakal renkli, çok sulu, kuru maddece zengin ve ortalama 8 çekirdeklidir. Bu nedenle Türkiye'de sanayiye yönelik en önemli çeşitlerden biri olup, verimde düzensizlik gösterir ve orta geç mevsimde olgunlaşır (Anon., 2010).

Altan (1995), meyve suyuna işlenen yerli portakal çeşitleri üzerine yapmış olduğu bir çalışmada Kozan Yerli portakalın, meyve suyu verimi ve SÇKM içerikleri bakımından diğer yerli çeşitlerden üstün olduğunu, L-AA içeriği bakımından daha zengin olduğunu, elde edilen meyve suyunda PE etkinliğinin yabancı çeşitlere göre daha yüksek olduğunu ve meyve suyuna elverişlilik bakımından daha uygun olduğunu belirlemiştir.

Portakal meyvesinin bileşiminde; öncelikli madde diğer meyvelerde olduğu gibi su olup, bunun yanında 400'den fazla bileşen bulunmaktadır. Bunlar karbonhidratlar, organik asitler, aminoasitler, askorbik asit, mineraller, iz miktarlarda da flavanoidler, karotenoidler, uçucu maddeler ve lipitlerdir (Duran, 2011).

Portakalın yapısında B1, B2, B3, B5, B6, B9 ve C vitaminleri, kalsiyum, demir, magnezyum, fosfor, potasyum, çinko, karbonhidrat, şeker, lif, yağ ve protein bulunmaktadır. Portakal meyvesindeki bazı bileşenlerin derişimleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (Kökyar, 2012).

Çizelge 2.1. Portakal meyvesindeki bazı bileşenler (Kökyar, 2012)

Bileşenler	Derişimleri
Su	860 (g/kg)
Protein	7.0-13.0 (g/kg)
Yağ	1.0-3.0 (g/kg)
Lif	5.0 (g/kg)
Kül	5.0-7.0 (g/kg)
Kalsiyum	400-430 (mg/kg)
Fosfor	170-220 (mg/kg)
Demir	2.0-8.0 (mg/kg)
Karoten	1200 (µg/kg) (Vitamin A)
Thiamin	1.0 (mg/kg)
Riboflavin	0.4 (mg/kg)

Meyve suları bileşimi, elde edildiği meyvenin bileşimine oldukça yakındır. Çünkü meyvede bulunan şekerler, asitler, serbest amino asitler, mineral maddeler ile suda çözünen çeşitli unsurların büyük bir kısmı meyve suyuna geçerken, suda zor çözünen veya hiç çözünmeyen polisakkaritler, lipidler, karotenoid maddeleri gibi bazı unsurların büyük bir kısmı posada kalmaktadır (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

Meyve suyunun nitelikleri açısından portakallarda aranılan başlıca özellikler; tat dengesi (kurumadde/asit oranı), renk, acılık maddesi (limonin) içermemesi, askorbik asit ve esansiyel yağ içeriği, bulanıklık derecesi ve stabilitesi ile çökelen pulp miktarı gibi diğer bazı özelliklerdir (Altan, 1991).

Meyve suyunun suda çözünür kuru madde içeriğinin asit içeriğine bölünmesiyle bulunan tat dengesi ya da briks/asit oranı, meyve olgunluğunun belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan kalite kriterlerinden birisi olup portakal sularında tatlılık ve ekşilik derecesini belirtmektedir. Tat dengesi ya da briks/asit oranının fazla yüksek olması meyve suyuna şurupsu bir nitelik kazandırdığı, fazla düşük olması ise ürüne aşırı ekşi bir tat verdiği için istenmez. Bu nedenle bu değer 8'den az 12-13'ten çok olması istenmez. Ülkemiz portakalları genellikle fazla asitli

olduğundan daha çok alt sınıra yakın tat değeri ile karşılaşılır. Son üründe uygun bir tat dengesi elde edebilmek için düşük asitli portakallara gereksinim duyulur (Kola, 2005).

Demir (1994), Ankara piyasasında tüketime sunulan ticari meyve sularının bazı analitik özelliklerinin saptanması üzerine araştırmalar yapmış, incelenen meyve suyu örneklerinden portakal suyunun, çözünür kuru madde miktarının % 11.06–14.36 arasında, pH değerinin 2.82–3.10 arasında ve toplam asitliğin, sitrik asit cinsinden, 7.17–8.56 g/L arasında olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında bu meyve sularının mineral madde içerikleri açısından değerlendirilmeleri yapıldığında; portakal suyunun 1190.24 mg/L ile potasyum açısından, 82.03 mg/L ile sodyum içeriği açısından en zengin meyve suyu olduğu, 57.38 mg/L ile en yüksek kalsiyum içeriğine ve 8.30 mg/L ile en düşük demir içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir.

Selli ve ark. (2004), Kozan Yerli portakal suyu üzerine yapmış oldukları bir çalışmada titrasyon asitliği değerini 0.93 g/L, pH değerini 3.4, SÇKM değerini % 12.00 ve askorbik asit değerini 550 mg/L olarak belirlemişlerdir.

Işık (2008); Kozan Yerli portakallarının meyve eninin 65-72 mm, meyve boyunun 62-70 mm, meyve ağırlığının 157-163 g ve meyve suyu randımanın %44 olduğunu belirlemiştir. Kozan Yerlinin pH değerinin 3.04 ± 0.12 ve titrasyon asitliğinin 1.48 ± 0.10 g/100 g, suda çözünür kurumadde miktarının 11.17 ± 0.58 , toplam kurumadde miktarının da 12.13 ± 1.25 olduğunu bildirmiştir. Ayrıca portakal sularında β -karoten, β -apo-karotenol, Ksantofil $\alpha\alpha$ ve Zeaksantini tanımlamış; 75, 80 ve 85 °C'de pastörizasyondan sonra en fazla kayba uğrayan karotenoidlerin sırasıyla β -karoten (% 18.2) ve β -apokarotenol (% 19.6) olduğunu bildirmiştir.

Kelebek ve ark. (2009), yaptıkları bir çalışmada; Kozan portakal sularındaki başlıca şekerlerin sakaroz, glikoz ve fruktozdan (2:1:1) meydana geldiğini ve suda çözünür kuru madde miktarının %80'ini oluşturduğunu belirtmişlerdir. Portakal suyundaki sakaroz, glikoz ve fruktoz miktarlarının ise sırasıyla 59.34 ± 2.04 g/L, 32.30 ± 0.86 g/L ve 28.55 ± 0.94 g/L olduğunu, toplam şeker miktarının da 120.19 ± 3.84 g/L olduğunu tespit etmişlerdir.

Duran (2011), yerli portakal çeşitlerimizden elde edilen portakal sularının meyve suyu teknolojisi bakımından önemli bazı özelliklerinin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada portakal suyunda hakim olan organik asidin sitrik asit olduğu (657.65-1024.49 ppm) ve diğer organik asitlerin ise sırasıyla askorbik asit (501.36-821.56 ppm) ve malik asit (54.12-101.22 ppm) olduğu, portakal sularında en fazla bulunan şekerin sakkaroz olduğu (3.25-4.78 g/100 g) ve bunu sırasıyla glikoz (2.11-4.0 g/100 g) ve fruktoz (1.99-3.37 g/100 g)'un izlediğini, baskın olan karotenoidin β -karoten olduğunu (10.12-24.20 ppm) ve Kozan Yerli portakal çeşidinin en zengin β -karoten içeriğine sahip olduğunu bildirmiştir.

Ağçam (2011), yaptığı çalışmada Kozan Yerli portakal çeşidinden elde edilen portakal suyunda 19 flavanoid tespit etmiş ve farklı uygulamalar sonrasında miktarlarındaki değişimi incelemiştir. Tespit edilen flavanoidlerin 6 tanesi flavanon (narinjenin, narinjin, neohesperidin, hesperidin, neoeriositrin ve eriositrin), 7 tanesi kateşin (protokateşol, (-)-epikateşin, protokateşik asit etil ester (PAEE), (+)-epikateşin, (\pm)-kateşin hidrat, (-)-epikateşin ve (+)-kateşin hidrat), 4 tanesi flavonol (kamferol, kuersetin, izokuersetin ve rutin) ve son olarak 2 tanesi flavon (apijenin ve luteolin) şeklindedir.

Portakal suyunun endüstriyel işlenmesindeki başlıca yenilik sıklıktan hemen sonra sıvı azot kullanarak portakal suyunu dondurma yöntemidir, böylece hem portakal suyu uzun süre dayanmakta hem de organoleptik özellikleri (renk, tat, koku vs) ve önemli besin bileşikleri düzeyleri (karotenoid, askorbik asit, antioksidan aktivite vs) korunmaktadır. Bu endüstriyel uygulamanın sonucu olarak ürünün istenen özelliklerinin korunması sağlanmıştır (Meléndez-Martínez ve ark., 2007).

2.2. Esmerleşme Reaksiyonları

Gıdaların, üretilmeleri ve depolanmaları sürecinde birçok değişim meydana gelmektedir. Bu değişimlerin en önemlilerinden biri esmerleşme reaksiyonlarıdır. Esmerleşme reaksiyonları enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonları olmak üzere başlıca 2 grupta incelenmektedir.

Gıdalarda ısı, ışık, sıcaklık, su aktivitesi, metaller ve oksijen gibi faktörlerin etkisi ile oluşan bu enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları (Eskin, 1990; Gedik, 2001); askorbik asit parçalanması, karamelizasyon ve maillard reaksiyonu olmak üzere 3 grupta toplanmaktadır (Ibarz ve ark., 1999; Gedik, 2001; Aslonova, 2005; Özhan, 2008; Anon., 2011b).

2.2.1. Askorbik Asit Parçalanması

Askorbik asit oksidasyonu, bu asidi içeren meyve ve sebzelerin değişik gıdalara işlenmesi sırasında renk esmerleşmesine yol açan bir tepkimedir. Askorbik asit, dayanıksız ve stabil olmayan bir bileşiktir ve uygun olmayan koşullarda kolayca parçalandığı belirtilmektedir. Askorbik asidin hem aerobik hem de anaerobik yollarla parçalandığı ve bunun depolama süresi, depolama sıcaklığı, oksijen, sıcaklık ve ışık gibi birçok faktöre bağlı olduğu ifade edilmektedir (Johnson ve ark., 1995). Turunçgil sularında askorbik asit kayıplarının çoğunun üretim aşamaları süresince olduğu, askorbik asidin anaerobik parçalanmasının ise ısıl işlem uygulanan turunçgil sularının depolanması boyunca görüldüğü belirtilmektedir. Portakal sularında depolama süresince de C vitamini içeriği yıkıma uğramaktadır. C vitamini parçalanmasıyla oluşan bazı bozunma reaktif ürünlerin aminoasitlerle birleştiği, bunun sonucunda esmer renkli pigmentlerin oluşumuna sebep olduğu belirtilmektedir (Burdurlu ve ark., 2006).

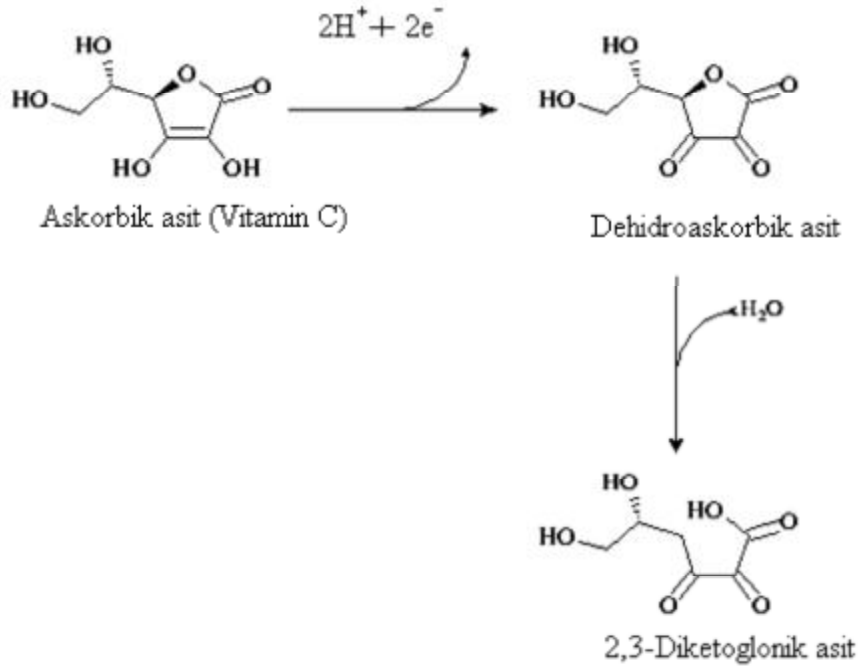
Askorbik asitteki parçalanmalar özellikle turunçgil meyve suyunda ortaya çıkmaktadır ve yüksek sıcaklıklarda Maillard tepkimesi ile birlikte yürümektedir. Turunçgil sularının ve konsantrelerinin esmerleşmesi amino asit ve şekerler arasında meydana gelen Maillard tipi reaksiyondan kaynaklanmaktadır. Askorbik asit, turunçgil sularının ve konsantrelerinin esmerleşmesinde merkezi bir rol oynamaktadır. Askorbik asit esmerleşmesi pH ile ilişkilidir. 2.0-3.5 aralığının üzerindeki pH değerlerinde pH ile esmerleşme arasında negatif bir ilişki vardır (Denge, 2011). pH 4.0'ün altında esmerleşme öncelikle askorbik asidin furfurale dönüşümünden kaynaklanmaktadır. Askorbik asit parçalanması aerobik ve anaerobik koşulların her ikisinde de gerçekleşebilir. Ambalajlı meyve suyunda kalan hava

miktarı vakum uygulama gibi yöntemlerle minimumda tutulduğu halde meyve suyunda çözülmüş halde bir miktar oksijen (% 0.05) bulunur. Bu oksijen tamamen tüketildikten sonra askorbik asidin anaerobik parçalanması başlar, ancak bu reaksiyonun hızı çok düşüktür (aerobik reaksiyonun 1/10'u kadar). Ancak pH 4'ün üzerinde bu mekanizma gerçekleşmemektedir. Özellikle kurutulmuş sebzelerde pH 4'ün üzerindeki esmerleşme reaksiyonu askorbik asit ile amino asit arasındaki Maillard reaksiyonundan kaynaklanmaktadır. Bu reaksiyon kurutma işleminin son aşamasında oluşan askorbik asit oksidasyon ürünleri ile amino asit arasındaki reaksiyon nedeniyle hızlanmaktadır (Anon., 2011b).

Depolama sırasında gerçekleşen L-askorbik asidin parçalanması sonucu furfural oluşmaktadır. Furfural esmerleşmeye ve tatda ki değişime neden olmaktadır. Depolama sıcaklığının artışına bağlı olarak ürünün esmerleşme düzeyi de artmaktadır (Lee ve ark., 1988a).

Turunçgil ürünlerinde meydana gelen oksidatif değişiklikler üzerindeki ilgi, depolama sırasında istenmeyen tat ve renk oluşumuna neden olan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından ötürü artmaktadır. Oksidatif reaksiyonlara neden olan en önemli gıda bileşeni L-askorbik asittir. Esmerleşme oluşumu L-askorbik asidin kaybını takip etmektedir (Clegg, 1964; Clegg ve Morton, 1965).

Sıcaklığın şiddeti ve süresi, tuz ve şeker konsantrasyonu, pH, oksijen, enzim, metal katalizörler, askorbik asit konsantrasyonu ile askorbik asidin dehidroaskorbikaside oranı gibi faktörler bozunma mekanizmasında etkilidir. Oksijen varlığında askorbik asit öncelikle monoanyonlar yolu ile dehidroaskorbik aside dönüşmektedir. Dehidroaskorbik asidin lakton halkası geridönüşsüz olarak açıldığında ise 2,3 diketo-gulonik asit oluşmakta ve bunun üzerinden furfural ve karbondioksite parçalanmaktadır (Topcu ve ark., 2014) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Askorbik asidin oksidasyonu (Hernandez ve ark., 2006)

2.2.2. Karamelizasyon

Karamelizasyon, şekerler ve şeker şuruplarının aminoasitler ve proteinler gibi azotlu maddelerin mevcut olmadığı ortamda ısıtıldıklarında meydana gelen kompleks bir dizi reaksiyondur (KökseI, 2014). Şekerlerin asit katalizli olmayan dehidrasyonu 100°C ve üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştiği için meyve sularında HMF oluşumunda önemli değildir (Çoklar, 2007). Karamelizasyon reaksiyonları indirgen şekerlerin dehidrasyonu ile başlamaktadır. Şekerler, susuz veya konsantre çözeltilerde ısıtıldıklarında bir seri reaksiyon zincirinden geçerek ve renkleri koyulaşarak kahverengine dönüşmekte, tatta da bazı değişiklikler meydana gelmektedir. Reaksiyon kontrol edilmezse arzu edilmeyen yanık ve acı ürünler oluşmaktadır. Karamelizasyon özellikle şekerleme sanayinde önemlidir (KökseI, 1998; Anon, 2011b).

Asidik karamelizasyon, heksozlardan 1,2 enediol oluşması, bunun dehidratasyonla HMF'ye dönüşmesi ve HMF'nin polimerizasyonu ile gerçekleşmektedir. Bazı karamelizasyonda ise heksozlar sırası ile enediol, gliserin aldehit ve trioz aldehide dönüşmekte, bu aldehitlerin polimerizasyonu ile pigment

oluşmaktadır. Karamelizasyon birçok gıdada kontrollü koşullarda gerçekleştirilmektedir. Gıdalardaki istenmeyen oluşumu ise proses kontrolü yetersizliğinden ve ısıtmanın aşırılığından kaynaklanmaktadır (Denge, 2011).

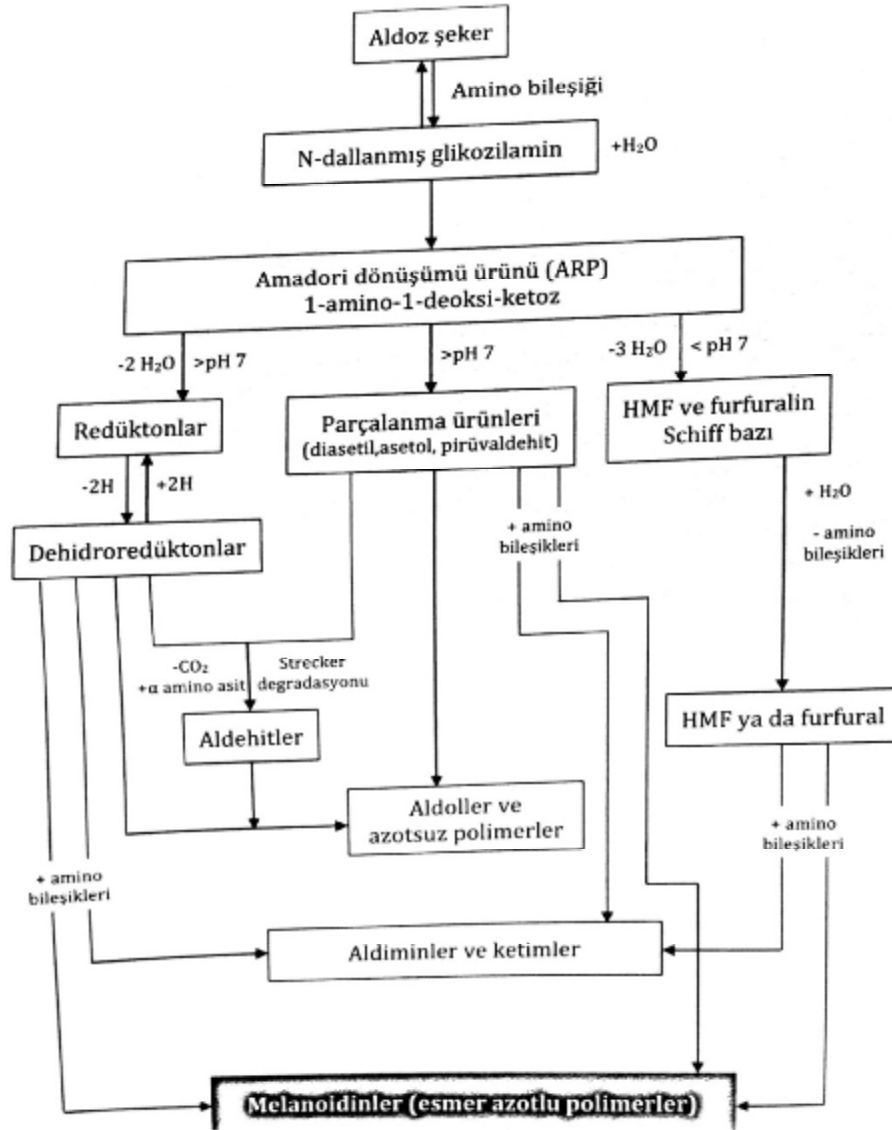
2.2.3. Maillard Reaksiyonu

Maillard reaksiyonu gıdaların işleme ve depolanma sürecinde oluşan karmaşık ve kimyasal bir tepkimedir (Macrac ve ark., 1993). Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının en önemlisi olup, amino asit ve proteinlerdeki amino grubu ile indirgen şekerler arasında gerçekleşmektedir (Carabasa-Giribet, M. ve Ibarz-Ribaz, A. 2000). Daha çok ısıtma işlemine tabi tutulan ve depolanan ürünlerde gözlenen Maillard reaksiyonu, adını glukoz ve lizin çözeltisinin birlikte ısıtılması sonucu çözelti renginin esmerleştiğini ilk kez belirleyen Fransız bilim adamı Louis Camille Maillard'dan almaktadır (Eskin, 1990). Maillard reaksiyonu ile ilgili ilk araştırma 1912 yılında Maillard tarafından gerçekleştirilmiş, ardından Amadori, kendi adının verildiği glikoz ve amino asitten oluşan stabil bir bileşik tespit etmiş, Heyns de fruktozdan benzer bir bileşik oluştuğunu ortaya çıkarmıştır (Özhan, 2008).

Maillard reaksiyonu gıda teknolojisinde önemli bir yere sahiptir. Bu reaksiyonlar bazı gıdalarda (örneğin ekmek, et, kahve) arzu edilen renk ve kokuyu oluşturabilirken, bazı gıdalarda (meyve suyu, süt) istenmeyen tat ve koku gelişimine neden olabilmektedir (Ajandouz ve ark., 2001; Komthong ve ark., 2003). Esmerleşme reaksiyonu serbest aminoasit, peptid veya proteinlerin yapısında bulunan serbest amino grubu ile indirgen şekerler arasındaki reaksiyonla başlayıp esmer renkli azotlu polimerlerin (melanoidinler) oluşması ile tamamlanmaktadır (Can ve Ekşi, 1983). Bu tepkimeler elma ve patates gibi taze meyve ve sebzelerin kesilmesi ve zedelenmesi ile fenolik maddelerde meydana gelen enzimatik esmerleşmeden farklıdır. Reaksiyon hızı ve oluşan ürünler, reaksiyona giren amino bileşiği ile şekerin özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle değişik gıdalar bileşimlerine göre farklı esmerleşme özellikleri gösterirler. Aldozlar ve ketozlar amino bileşikleriyle ısıtıldıklarında çeşitli reaksiyonlar sonucu özel tat ve kokudaki koyu renkli polimerik maddeleri oluştururlar. Ayrıca Maillard reaksiyonu ile mutajenik

heterosiklik aminler de oluşur. Maillard reaksiyonunun başlangıcında bir amino asit veya proteinin yapısındaki amino grubu ile aldoz veya ketoz şekerin reaksiyonu sonucu glikozilamin oluşturur. Glikozilamin Amadori dönüşümü tipinde bir reaksiyona girmektedir (Köksel, 1998).

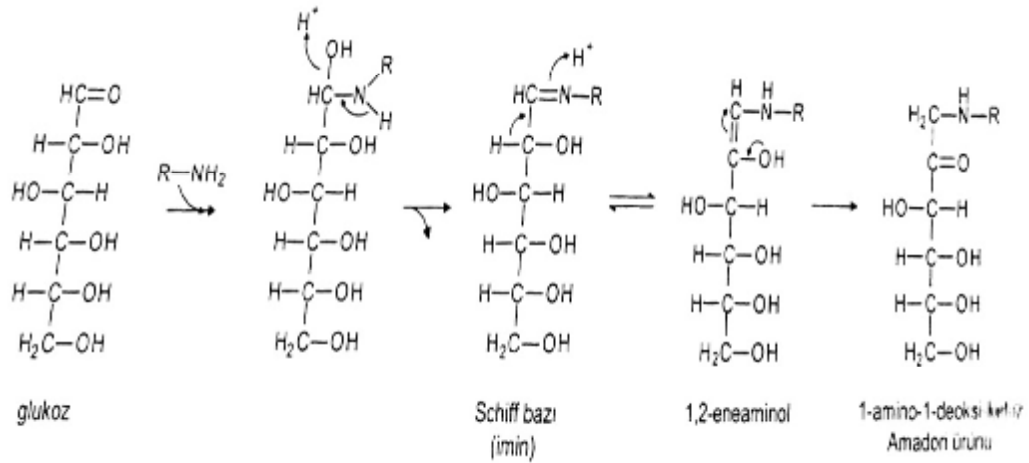
Maillard reaksiyonu ile renk esmerleşmesinin sonucunda melanoidin adı verilen koyu renkli pigmentler oluşmakta ve bu oluşum 4 basamakta gerçekleşmektedir (Şekil 2.2) (Özhan, 2008; Denge, 2011).



Şekil 2.2. Maillard reaksiyonu ana aşamaları (Hodge,1953)

I. Basamak; Bu basamakta şekerlerin aldehit grupları ile proteinlerin amino grupları arasında kondensasyon gerçekleşmekte bunun sonucunda ise stabil olmayan kapalı halka formundaki glikozilaminler oluşmaktadır. Bu reaksiyon glikozilaminlerin sulu çözeltilerde kolaylıkla hidrolize olması nedeniyle geri dönüşümlü olarak gerçekleşebilmektedir (Özhan, 2008). Bir başka ifadeyle α -hidroksil karbonil grubu (karbonile komşu hidroksil grubu bulunan yapı) ile bir amino asidin, proteinin yada aminin serbest amino grubunun kondensasyonu sonucu N-dallanmış glikozil-amino bileşiğinin (eklenme ürünü) oluşumu ile başlar (Kocadağlı ve ark., 2014). Maillard reaksiyonunun ilk basamağı olan bu reaksiyon amino gruplarıyla karbonil grupları arasındaki kondensasyon reaksiyonları olduğundan Karbonilamino reaksiyonu olarak da adlandırılmaktadır (Anon., 2011b).

II. Basamak; İkinci basamakta ise, Karbonilamino reaksiyonunun son ürünü N-glukozilamin stabil değildir ve bir çok yeniden düzenlenme reaksiyonlarına girmektedir. Bu değişiklikler sonucunda N- glukozilamin izomerizasyonla fruktoz-aminoaside (1-amino-1-deoksi-2 ketoz) dönüşmektedir. Aldoz formdan, ketoz forma dönüşüm Amadori yeniden düzenlemesi olarak adlandırılmaktadır (Anon., 2011b). Kısaca; Glikozilaminler Amadori dönüşümüne katılmakta ve aminoketozları (1-amino-1-deoksi-2 ketoz) oluşturmaktadır. Eğer reaksiyonda ketoz yerine eşit miktarda aldoz bulunuyorsa aynı şekilde glikozilamin oluşmakta ancak daha sonra aminoaldoz (Heyns Bileşiği) oluşumunun gerçekleştiği ters Amadori (Heyns) dönüşümü meydana gelmektedir (Özhan, 2008). Amadori yeniden düzenlenmesi sonucu oluşan ürünler nispeten stabildir ve kahverengi renk ve lezzet üzerine etkileri olmamakla birlikte besleyici değerinde azalmaya neden olurlar (Anon, 2011b). Schiff bazına göre Amadori ürünlerinin kısmen daha stabil olması, halka yapıda bulunmaları ile açıklanabilmektedir (Şekil 2.3).



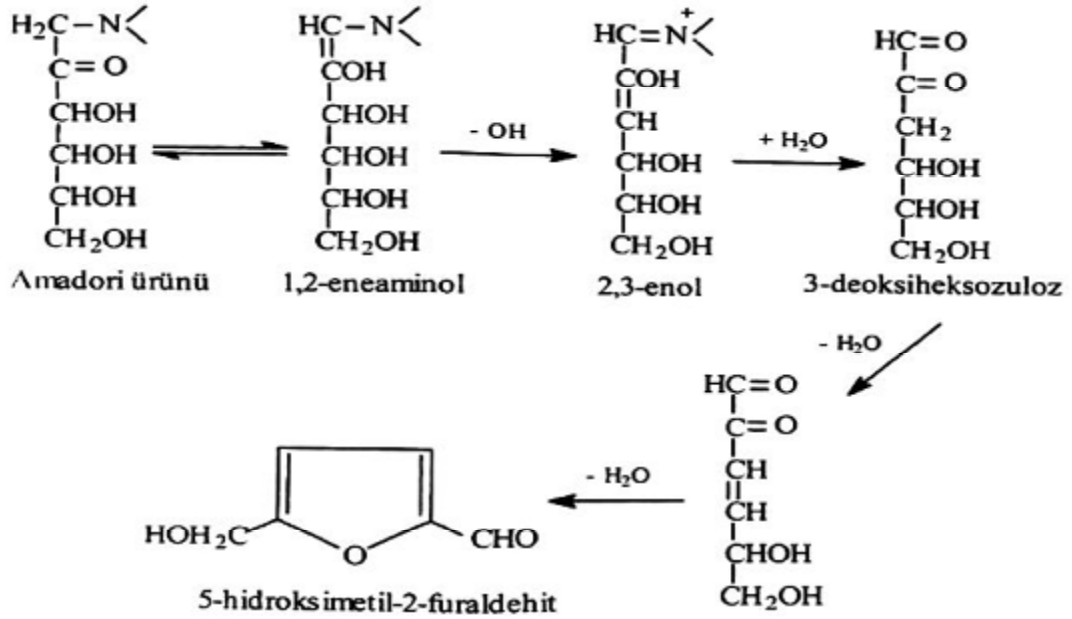
Şekil 2.3.Maillard reaksiyonunun ilk aşaması ve Amadori düzenlenmesi (Belitz ve ark., 2009)

III. Basamak; Bu basamakta 3 farklı tepkime yolu bulunmaktadır (Özhan, 2008; Yıldız ve ark., 2010).

Birinci yolda; 1-amino-1-deoksi-2-ketoz'dan 2 mol su ayrılmasıyla redükthanlar oluşmaktadır.

İkinci yolda; şekerlerin dehidrasyonu yani 1-amino-1- deoksi-2-ketozdan 3 mol su ayrılmasıyla furfural bileşikleri (5- Hidroksimetilfurfural ve furfural) oluşmaktadır.

Üçüncü yolda; Strecker degradasyonu olarak adlandırılan bu yolda ise 1-amino-1-deoksi-2-ketoz etkisiyle ortamdaki aminoasitlerin oksidasyonu gerçekleşmekte ve sonuçta aldehit ile CO_2 oluşmaktadır. Strecker degradasyonunda en önemli nokta, halka yapısının açılarak 1,2 ve 2,3 enolizasyonlarının gerçekleşmesidir. Enalizasyonu, dehidrasyon ve oldukça reaktif olan birçok dikarbonil bileşenlerinin oluşumuna neden olan parçalanma reaksiyonları takip etmektedir (Eskin, 1990; Özhan, 2008). Reaksiyon özellikle pH 5 veya daha düşük olan ortamlarda devam eder ve 3-deoksiheksozuloz oluşur, bu bileşikte daha sonra dehidrate olur. Sonunda 5-hidroksimetil-2-furaldehit oluşur (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Amadori dönüşümü ürününün hidroksimetilfurfurale dönüşümü (Köksel, 2014)

Strecker degradasyonunun pigment oluşumuyla direk ilişkisi yoktur, ancak pigment oluşumu için zorunlu olan indirgen bileşikler üretilmektedir. Bu aşamada oluşan aldehitler lezzete katkıda bulunmaktadır. Strecker degradasyonuyla oluşan ara ürünlerin kondensasyonu ile pirazinler, pirolinler, okzazoller, okzazolinler ve tiyazol türevleri gibi bir çok heterosiklik bileşik oluşmaktadır (Anon., 2011b).

IV. Basamak; Son basamakta ise 3 basamakta oluşan bileşiklerin aminlerle kondensasyonu veya birbirleriyle polimerizasyonu gerçekleşmekte, sonuçta en kritik aşama olarak kabul edilen kolloidal, çözünmeyen nitelikteki kahverengi melanoidinler ile pirazinler gibi önemli lezzet bileşiklerinin oluşumu gerçekleşmektedir (Van Boekel, 2006; Özhan, 2008). Aromatik moleküllerin üretimi reaksiyon dizileri sonucunda oluşmaktadır. Bu diziler oldukça karmaşık olup hidroksimetilfurfural, dihidrofuranlar, furanlar, piruvaldehit veya dimetilpirazin gibi kimyasal türlere benzemektedirler (Yıldız ve ark., 2010).

Karbonil-amino tepkimesi daha basit anlatılacak olursa; Karbonil-amino tepkimesi dört farklı basamaktan geçmektedir:

- 1) Amino grubu(-NH₂) ile karbonil grubunun kondensasyonu sonucu glikozilamin oluşmaktadır.
- 2) Glikozilamin izomerize olarak aldoz ve ketoza dönüşür ve 1-amino-1-dezoksi-2-keto türevleri oluşmaktadır.
- 3) Renk değişiminin başladığı bu basamak üç farklı yoldan devam edebilmektedir:

- I. 1-amino-1-dezoksi-2-ketozun metilkarbonil üzerinden redükton dikarbonile,
- II. 1-amino-1-dezoksi-2-ketozun 3-dezoksiheksozun üzerinden HMF'ye,
- III. Strecker Degradasyonu: Aminoasitlerin karbonil grubunun etkisi ile oksidatif olarak parçalanır ve karbon atomu bir eksik olan aldehite ve karbondioksite dönüşür. Bu basamak aynı zamanda aroma oluşumunun da başlangıcıdır. Aromanın kaynağı aldehit ve türevi bileşiklerdir.

- 4) Üçüncü basamakta oluşan bileşikler aminlerle birleşir, aldoller kondanse oluşmakta, aldehit ve aminler polimerize olmakta ve böylece melanoidin denilen heterosiklik yapıdaki koyu renkli bileşikler oluşur (Denge, 2011).

Maillard reaksiyonları oldukça komplekstir. Birçok reaksiyon ve oluşumları hala bilinmemektedir. Maillard reaksiyonlarında, ürünün renk ve aromasının oluşmasında birçok faktör rol oynamaktadır (Zamora ve ark., 2000).

2.2.3.1. Maillard Reaksiyonu Koşulları:

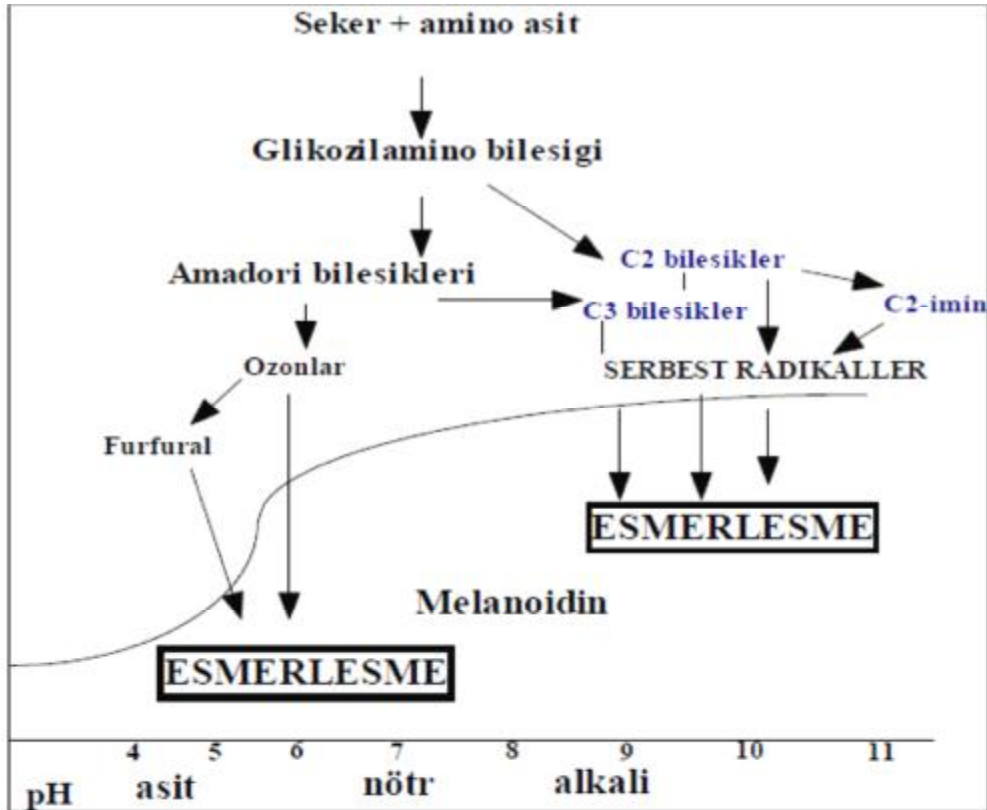
Isıl işlem şiddetinin yanı sıra reaksiyona giren maddelerin konsantrasyonları ve birbirlerine oranı, şeker ve amino asitlerin cinsi (Zamora ve ark., 2000), ortamın pH'sı, metallerin varlığı ve su aktivitesinin değişmesi Maillard reaksiyonunun hızını etkilemektedir (Roos ve Himberg, 1994; Köksel, 1998; Burdurlu ve ark., 2002; Maskan, 2001a; Gedik, 2001; Yıldız ve ark., 2010).

· **Şeker ve amino asitlerin cinsi:** Şekerlerden, pentoz şekerler (riboz), heksoz şekerler (glukoz, fruktoz) ve disakkaritlerden (sakkaroz, laktoz); aminoasitlerden lizin, sisteinden daha hızlı reaksiyona girmektedir (Alais ve Linden, 1991; Zamora ve ark., 2000). Birçok gıda maddesinin bileşimindeki proteinlerde lizin sınırlı düzeyde bulunmaktadır. Amino asitlerden lizin, iki amino grubuyla, daha hızlı reaksiyona girer ve koyu rengin oluşmasına neden olur. Sistein, sülfür grubu ile, spesifik lezzetlere neden olur, fakat daha az renk oluşur. Şeker alkollerini yada polioller (sorbitol, ksilitol) maillard reaksiyonlarına katılmazlar. Bunun anlamı fırın ürünleri sorbitolle tatlandırıldığında, fırınlama esnasında renk değişmez yada zorlukla değişir (Anon., 2011a). İndirgen şekerler bu reaksiyonun başlıca bileşenidir. İndirgen şekerler serbest amino gruplarıyla reaksiyona girecek karbonil gruplarını sağlarlar (Anon., 2011b). Asidik aminoasitlerden glutamik ve aspartik asitler varlığında HMF oluşumu hızlanmaktadır (Kavousi ve ark., 2015).

· **Su aktivitesi:** Düşük ve yüksek su aktivitesi değerlerindeki ortamlarda Maillard reaksiyon hızı yavaşlamaktadır (Aslonova, 2005). Düşük su aktivitesindeki gıdalarda viskozitenin artması reaksiyon oluşumunu inhibe etmekte, buna karşılık yüksek su aktivitesi değerlerindeki gıdalarda reaksiyon hızı azalmaktadır. Su aktivitesi (a_w) 0.6-0.7 arasında iken reaksiyon hızı maksimum hıza ulaşır (Köksel, 1998; Toker, 2012). Katı gıda ürünlerinde dehidrasyon ile nemin azaltılması reaktif bileşenlerin hareketini kısıtlar. Çözeltilerde ise su aktivitesinin artması reaksiyon hızını azaltır. Bu koşul sadece reaktantların seyreltilmesini sağlamaz aynı zamanda su Maillard esmerleşme reaksiyonunda kondensasyon basamağının ilk ürününü temsil eder. Bu nedenle düşük ve yüksek su aktivitesi koşullarında reaksiyon hızı düşüktür (Anon., 2011a). %2 nemin altında, hiç bir esmerleşme reaksiyonu gerçekleşmez. Buna karşın nem düzeyi %15-20 arasındayken, Maillard reaksiyonları en hızlı şekilde oluşur. Nem düzeyi %15 altına inerken reaksiyon hızı azalır (Cemeroğlu ve ark., 2003).

· **pH ve Tamponlar:** Yüksek pH değerlerinde reaksiyon hızı genelde artmaktadır. pH değeri 10 olan bir ortamda Maillard reaksiyonu maksimum düzeyde gerçekleşmektedir. Maillard reaksiyon hızı asidik pH ($pH < 3$) değerlerinde düşükken, pH 10'a kadar pH artışı ile artmaktadır (Aslonova, 2005). Düşük pH değerlerindeki,

maddelerin çevresinde daha fazla sayıda H⁺ iyonu bulunmaktadır. Bu H⁺ iyonları amino asitlerin negatif yüklü kısımlarıyla reaksiyona girerek onların indirgen şekerlerle olan reaksiyonunu azaltmaktadır. PH'nın artması heksozların çoğunda zincir açılmasını ya da indirgen formun oluşumunu sağlamaktadır. Bu nedenle yüksek asitli gıdalarda (ör; turşu) bu reaksiyonlar oluşmaz. Ancak ortamda sakkaroz bulunması durumunda bu genelleme geçerli değildir. Sakkaroz indirgen bir şeker değildir, bu nedenle Maillard reaksiyonunda reaktant olarak yer almaz. Ancak ortam asitliğinin yüksek olması sakkarozun inversiyonuna, glikozidik bağın hidrolizine ve dolayısıyla indirgen monosakkaritlerin açığa çıkmasına neden olmaktadır. Glikozidik bağın hidrolizi düşük pH'da ve yüksek nemde hızlanır. Tamponlar, şeker-amino asit sistemlerinde reaksiyon iyonik ortamı etkiledikleri için esmerleşme hızının artmasına neden olurlar (Anon., 2011b).



Şekil 2.5. Reaksiyon pH'sına bağlı olarak melanoidin oluşumu (Anon., 2011b)

· **Sıcaklık ve süre:** Maillard reaksiyonunun, sıcaklık artışına bağlı olarak da hızlandığı bildirilmektedir. Her 10 °C sıcaklık artışı, esmerleşme reaksiyon hızını

ürünün içerdiği su oranına bağlı olarak 6-8 misli arttırdığı bildirilmiştir (Cemeroğlu ve ark., 2003). Esmerleşme üzerine sıcaklık kadar depolama süresinin de etkili olduğu ve depolama süresi arttıkça Maillard reaksiyonundan kaynaklanan esmerleşmenin de arttığı bildirilmektedir (Baxter, 1995; Maskan, 2001a). İşlem ve depolama sırasında sıcaklığın düşürülmesi, kahve renkli ürünlerin gelişimi için gereken süreyi uzatacaktır (Anon., 2011b).

· **Metal iyonları:** Mn^{2+} , Sn^{2+} , Cu^{2+} ve Fe^{3+} iyonlarının reaksiyon hızını etkilemektedir (Alais ve Linden, 1991). Na^{+2} , Fe^{+2} ve Fe^{+3} iyonlarının reaksiyonu hızlandırdığı bildirilmektedir. Amino asitlerle metallerin kompleks oluşturması Maillard reaksiyonunu etkiler. Bakır ve demir iyonları reaksiyonu katalizlerken, manganez ve kalay reaksiyonu inhibe etmektedir (Anon., 2011b).

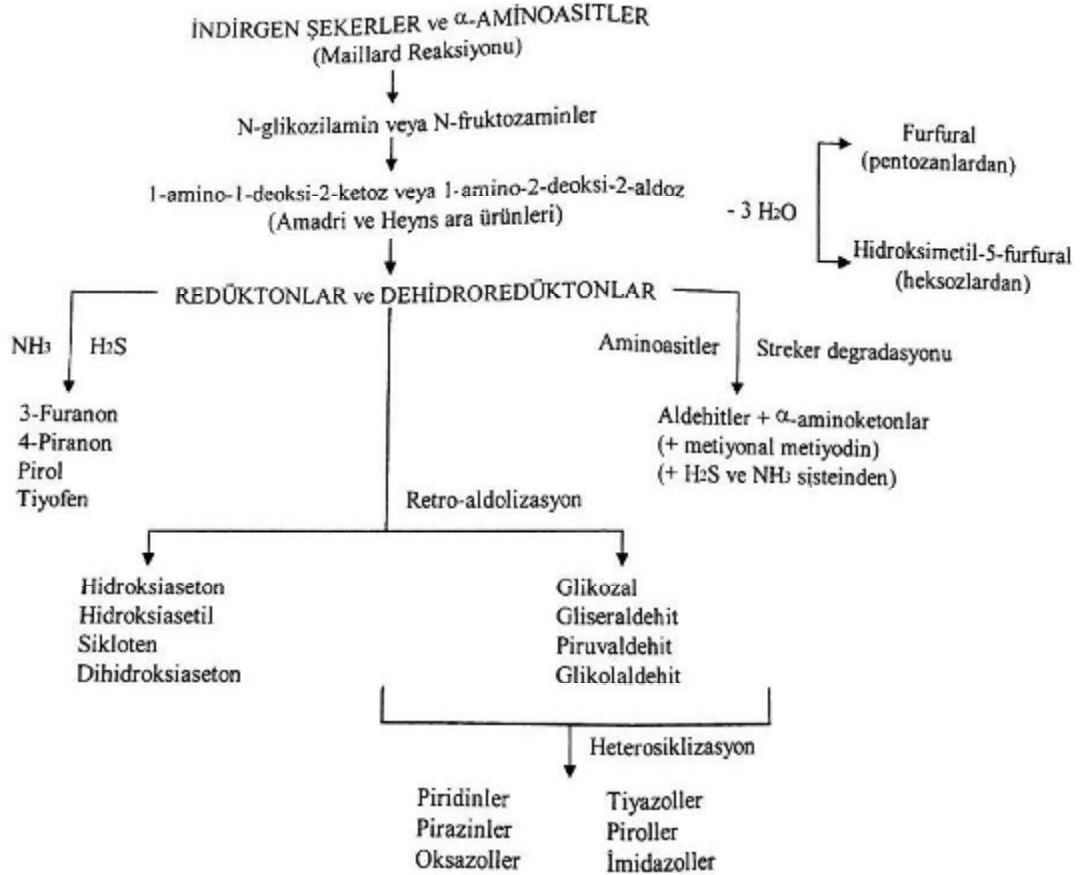
Kimyasal inhibitörler üretim ve depolama sırasında esmerleşme ürünlerinin oluşumunu azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. En çok kullanılanlar; kükürt dioksit, sülfid, tiyoller, kalsiyum tuzları, aspartik ve glutamik asitlerdir (Anon., 2011b).

2.2.3.2. Maillard Reaksiyonunun Faydaları

Maillard reaksiyonları, fırında pişmiş, kızartılmış ya da diğer ısısal işlem görmüş bütün gıdalarda önemlidir. Maillard reaksiyonları, ekmeğin, kurabiyelerin, keklerin, etin, biranın, çikolatanın, patlamış mısırın, pilavın lezzetinden (kısmen) sorumludur (Yıldız, 2010). Birçok olayda, kahve gibi, lezzet Maillard reaksiyonları ve karamelizasyonun bir kombinasyonudur. Bununla birlikte, karamelizasyon sadece 120-150°C'nin üzerinde oluşurken, Maillard reaksiyonları oda sıcaklığında meydana gelmektedir (Anon., 2011a).

Maillard reaksiyonu, proteinlerin çözünürlük, ısı stabilitesi ve emülsifiye edici gibi fonksiyonel özelliklerini, antioksidan ve anti alerjik gibi biyolojik özelliklerini geliştirmek için de kullanılmaktadır. Maillard reaksiyonu ayrıca jel oluşumunu artırıcı, emülsifiye ve antioksidan özelliklere sahip soya glikopeptidlerinin oluşumuna yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu reaksiyon ürünleri de arzu edilen renk ve aromanın oluşması için istenmektedir. Çikolata ve ekmek

üretiminde kahverengi renk oluşumu Maillard reaksiyonu ile gerçekleştirilir. Bu reaksiyon ayrıca etin kızartılmasında, kavrulmasında istenen tat ve aromanın oluşması için istenilmektedir (Toker, 2012). Şekil 2.6'da enzimatik olmayan esmerleşme sırasında meydana gelen lezzet maddeleri görülmektedir.



Şekil 2.6. Enzimatik olmayan esmerleşme sırasında oluşan lezzet maddeleri (Altuğ, 2014)

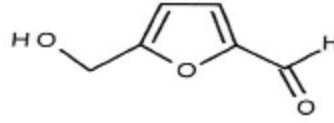
Depolama sırasında da ürünlerin kalitesinin azalmasına neden olan önemli değişimler olmaktadır. Özellikle depolama sıcaklığı bu değişimleri önemli ölçüde arttıran bir faktördür. Depolama sıcaklığı arttıkça söz konusu değişikliklere neden olan kimyasal olayların hızı da artmaktadır. Depolama sırasında kalitenin bozulmasına neden olan en önemli kimyasal reaksiyon Maillard reaksiyonudur. Bu reaksiyon sırasında oluşan HMF miktarından yararlanarak bu değişikliklerin izlenmesi olanağı bulunabilmektedir (Telatar, 1985b). Gıda işleme ve depolamada Maillard reaksiyonunun etkilendiği faktörler hakkında bilgi sahibi olmak

esmerleşmenin kontrol edilmesinde çok önemlidir. Maillard reaksiyonları denetlenerek akrilamid, HMF ve protein modifikasyonları ile oluşan olası olumsuzluklar kontrol altına alınabilmektedir (Kocadağlı ve ark., 2014).

Farklı koşullarda hazırlanan meyve suları ve pürelerinde (Toribio ve Lozano, 1987; Tonelli ve ark., 1995; Garza ve ark., 1999; Burdurlu ve Karadeniz, 2003), bal (Tosi ve ark., 2002; Fallico ve ark., 2004), pekmez (Bozkurt ve ark., 1999; Tosun ve Üstün, 2003) ekmek (Capuano ve ark., 2009) ve bebek mamaları (Rada-Mendoza ve ark., 2004; Mortaş, M., 2010) gibi ürünlerde oluşan enzimatik olmayan esmerleşmenin araştırılmasında HMF'nin indikatör olarak kullanıldığı çok fazla araştırma bulunmaktadır.

2.2.3.3. Portakal Suyunda Hidroksil Metil Furfural Oluşum Mekanizması ve Önemi

Meyve ve sebzelerde HMF doğal olarak bulunmayan bir maddedir. Ancak meyvelerden elde edilen meyve suları, konsantreleri ve reçeller gibi değişik ürünlerde ve hatta salçalarda uygulanan ısıtma işleminin şiddetine (sıcaklık derecesi ve süresi) göre HMF oluşmaktadır. Bu açıdan birçok şekerli üründe bulunan HMF miktarı, üretim sırasında ürüne uygulanan ısıtma işlem düzeyinin bir ölçütü, en önemli kalite ölçütlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Ekşi ve Artık, 1986, Burdurlu ve Karadeniz, 2002). Ayrıca uzun süreli depolanan şekerli ürünlerde, zamanla artan miktarda HMF oluşabilmektedir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2004). HMF'nin aynı zamanda enzimatik olmayan renk esmerleşmelerinin, yani Maillard reaksiyonlarının ve asidik ortamda heksoz şekerlerin dehidrasyonunda oluşan bir ara ürünü olduğu da bilinmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2004). HMF'nin moleküler yapısı Şekil 2.7'de görülmektedir. HMF bir furan halkası, allilik bir hidroksil grubu ve bir karbonil grubu içeren çok fonksiyonlu bir moleküldür. Dolayısıyla, aminler ile Schiff bazı oluşturmaktadırlar (Kocadağlı ve ark., 2014).



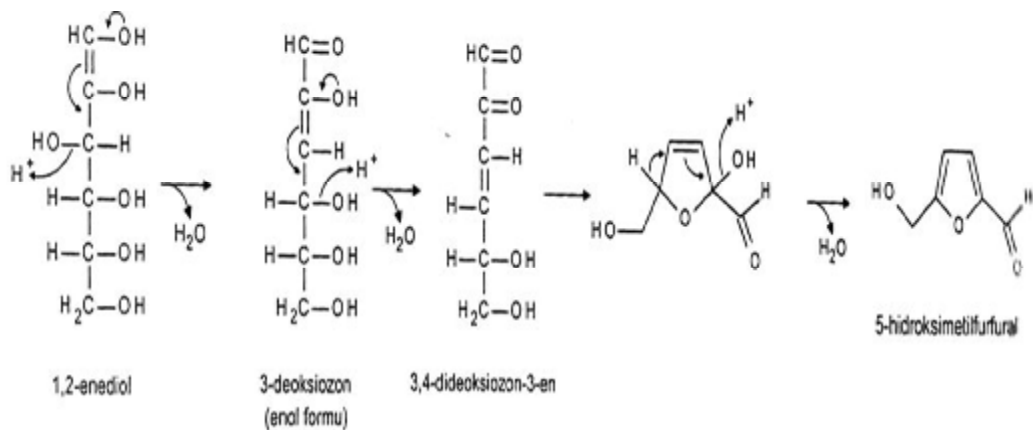
HMF

5-hidroksimetil-2-furfuraldehit
5-hidroksimetil-2-furancarbaldehit
Hidroksimetilfurfural

Şekil.2.7. HMF'nin moleküler yapısı (Kocadağlı, 2014)

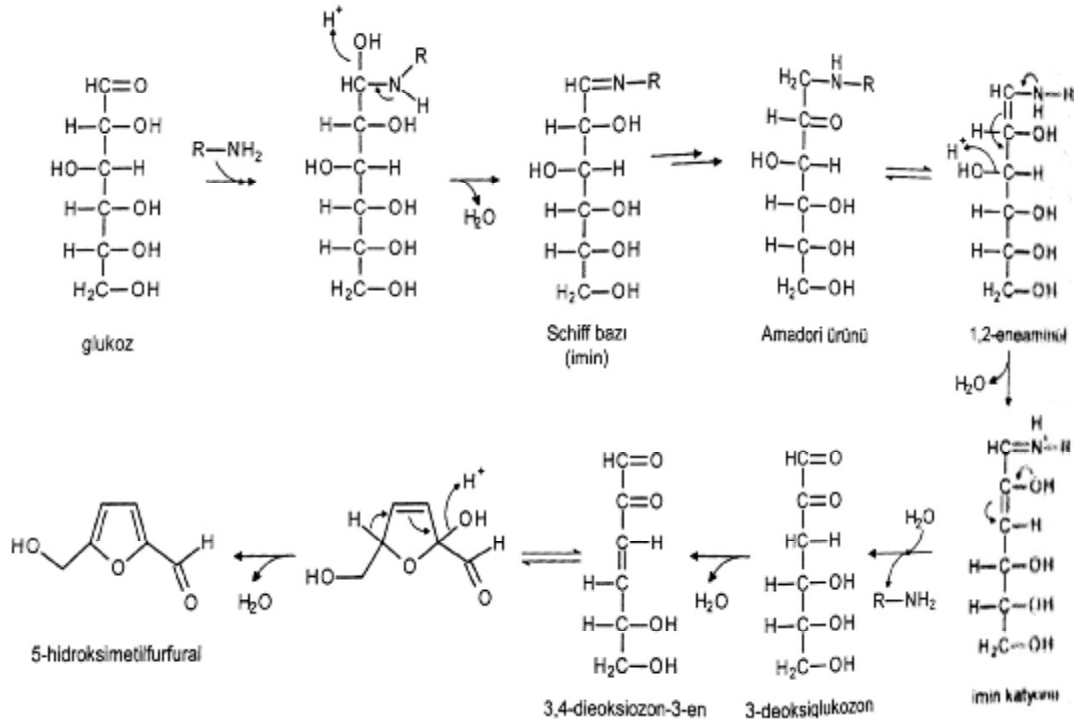
Hidroksimetilfurfural “5-hidroksimetil-2-furaldehit”, “5-Hidroksimetil-furfurol” olarak da adlandırılmaktadır. Hidroksimetilfurfuralin molekül formülü $C_6H_6O_3$, molekül ağırlığı 126.11 g/mol, erime noktası 30-34 °C, kaynama noktası 114-116 °C ve yoğunluğu 1.29 g/cm³ tür (Anon, 2007).

HMF oluşumu hem heksoz degradasyonunda (karamelizasyon) hem de Maillard reaksiyonunda ortak ara ürün olan 3-deoksiozon(3-deoksiglukozon, 3-deoksi-1,2-diuloz) üzerinden gerçekleşir. Karamelizasyonun gerçekleşmesi için çok daha yüksek sıcaklıklar gereklidir. Reaksiyon yavaş olarak asidik ortamda enolizasyon ile başlayarak enediol denen önemli bir ara ürünü oluşturur. Enediolde C=C çift bağındaki karbonlara bağlı hidroksil grupları bulunur. 1,2 -enediolden 5-hidroksimetilfurfural oluşumu Şekil 2.8'de görüldüğü gibidir. Bu reaksiyonda üçüncü karbondan H₂O eliminasyonu ile 3,4-dideoksiozon-3-en oluşur. 3,4-dideoksiozon-3-en halka yaparak bir hemiasetal oluşturur ve bu molekülden bir molekül suyun daha ayrılması (C-2) ile HMF oluşur.



Şekil 2.8. Heksoz şekerlerin dehidrasyonunda HMF oluşumu (Belitz ve ark., 2009)

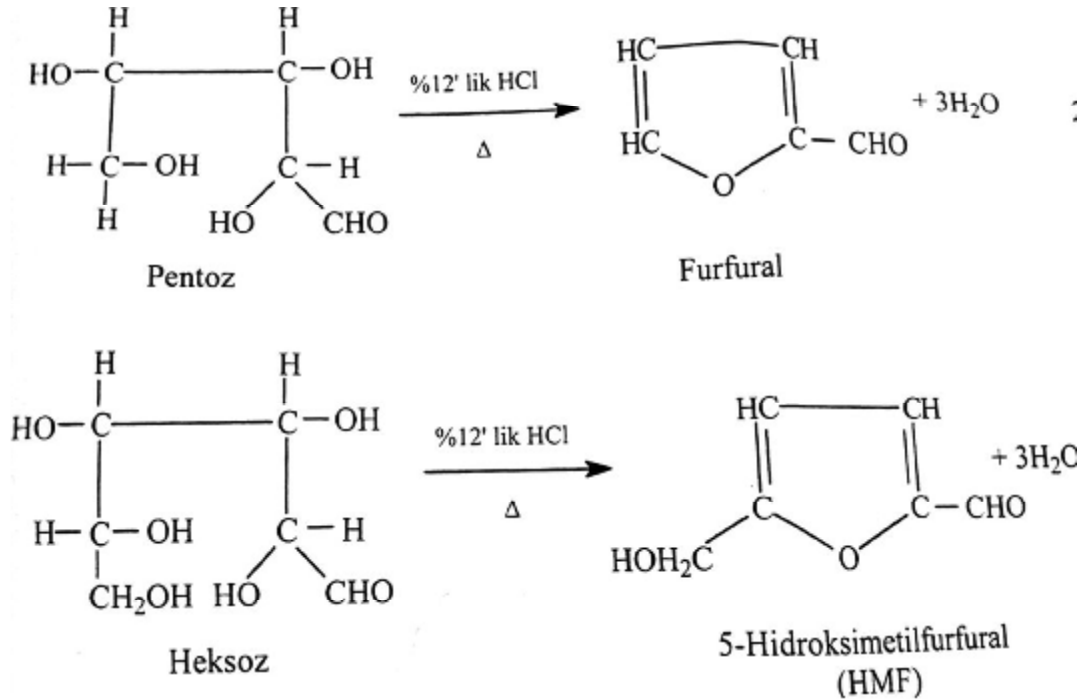
Aminoasitlerin varlığında ise öncelikle karbonil amin kondensasyonu ile Schiff bazı oluşmaktadır (Şekil 2.9). Schiff bazından Amadori ürünü ve buradan da 1,2 enolizasyon ile oluşan 1,2 eneaminol ara ürünü üzerinden H_2O eliminasyonu ile imin katyonu oluşur. İmin katyonunun hidrolizi ve amin eliminasyonu ile 3-deoksiozon oluşur. Ardından 3-deoksiozon üzerinden aynı mekanizma ile 2 molekül suyun eliminasyonu sonucu HMF oluşur. Heksozların amino bileşikler ile kondensasyonu sayesinde enolizasyon ve eliminasyon reaksiyonları nötr pH da ve daha düşük sıcaklıkta gerçekleşir. HMF genellikle Maillard reaksiyonunda son ürün olarak kabul edilmektedir. Fakat HMF gıda bileşenleri ile etkileşebilmekte ve reaktif bir molekül olarak kimyasal kararsızlık gösterdiği bazı durumlarda, özellikle uzun ve aşırı ısı işlemlerde, gıda kalitesinde indikatör olarak kullanılması uygun olmamaktadır. HMF'nin oluşumu ve yıkımı ısı işlem sırasında birlikte yürümekte olup bu nedenle kaybada uğramaktadır. HMF aminlerin bulunmadığı ortamlarda çoğunlukla dimer oluştururken, aminoasitlerin varlığında ise Schiff bazı oluşturmaktadır. Hammadde seçiminin daha az indirgen şeker içerecek şekilde olması HMF oluşumunu azaltmaktadır (Kocadağlı ve ark., 2014).



Şekil 2.9. Maillard reaksiyonunda HMF oluşumu (Belitz ve ark., 2009)

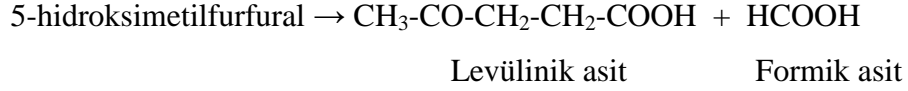
HMF, gerek gıdaların proses aşamasında maruz kaldığı ısı işlem koşulları hakkında bilgi vermesi, gerekse polimerize olarak esmer renkli pigmentlerin oluşumuna neden olması açısından önemlidir. Isıl işlem şiddeti arttıkça (sıcaklık ve süre) HMF miktarı da artmaktadır. Ca, K, Mg gibi bazı minerallerle, alanin, aspartik asit gibi aminoasitlerin de HMF konsantrasyonlarını arttırdığı bildirilmektedir (Lee ve ark., 1988b).

Meyve suyu, reçel, jele gibi ürünlerde HMF oluşumuna Maillard reaksiyonu dışında asidik ortamda heksozların ısı etkisi ile dönüşümü de etkili olmaktadır (Ekşi ve Artık, 1986). Monosakkaritlerin yapısı inorganik asitlerin seyreltik çözeltilerine dirençlidir. Buna karşın, derişik asit çözeltilerinde (%12'lik HCL) ısıtıldıklarında, monosakkaritler dehidrasyona uğramakta ve furan türevleri oluşmaktadır. Aldopentozlar furfurale dönüşmektedir. Aldoheksozlarda benzer şekilde reaksiyona girerek 5-hidroksimetilfurfural (HMF) meydana getirmektedir (Şekil 2.10) (Altınışık, 2006; Çoklar, 2007; Köksel, 2014).



Şekil 2.10. Monosakkaritlerin dehidrasyonu (Köksel, 2014)

HMF, heksozlardan oluşan ürünlerin sonuncusu olmayıp, daha fazla parçalanarak levülinik asit ve formik asit ile asetal, diasetil, laktik asit ve asetik asit gibi diğer bazı kimyasal maddelere dönüşür.



Sıcaklıkla hızları artan bu reaksiyonlarda, oluşan bileşiklerin bazıları kötü kokulu olup üründe istenmeyen tat ve koku gelişimine yol açarlar (Köksel, 1998).

Isıl işlem, birçok gıdanın korunmasında, gıdayı yenilebilir güvenliğe kavuşturmakta ve organoleptik olarak tüketici beğenisini oluşturmada kullanılan en eski ve çok sık kullanılan bir gıda işleme yöntemidir. Isıl işlem görmüş gıdaların kalitesinin değerlendirilmesinde, ısıl işlem şartlarının optimize edilmesinde ve prosesin kontrolünde birçok kimyasal molekül indikatör olarak kullanılabilir. HMF de, çeşitli gıdaların üretimi veya depolanması sırasında ortaya çıkan ve kalite bozulmasının ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan bu indikatörlerden biridir (Aksar, 1984; Kocadağlı, 2014). HMF oluşumu gıdaya uygulanan ısıl işlem yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Isıl işlem sonrası veya depolama sırasında özellikle karbonhidratça zengin gıdalarda kolaylıkla HMF birikimi görülmektedir (Kocadağlı, 2014).

Gıdalarda HMF, kendini yabancı tat ve aroma olarak belli eder. HMF değerinin artması ile C vitamininde azalma, renk ve diğer duyuşsal özelliklerde standart dışı değişim görülmektedir (Macrac ve ark., 1993).

Teknolojik açıdan bu kadar önemli olan HMF'nin sağlık açısından risk taşıyıp taşımadığı henüz kesin olarak açıklanmamıştır. Ancak, düzenli olarak yüksek HMF miktarına sahip ürünleri (örneğin, kurutulmuş erik veya özellikle kurutulmuş erikten yapılan meyve sularını) tüketen insanlar, teorik olarak diğer insanlara oranla daha fazla sağlık riski taşıyabilirler. Bu nedenle, HMF oluşumuna meyilli proses edilmiş gıdalar için maksimum HMF limitlerinin dikkate alınması gerekmektedir (Janzowski ve ark., 2000; Aslonova, 2005). Yaygın olarak tüketilen birçok gıda maddesinde değişik miktarlarda HMF bulunmakta ve HMF'nin günlük alım miktarı

150 mg'a kadar çıkabilmektedir. HMF' nin biyolojik dönüşümünde farklı mekanizmalar vardır. Bunlar arasında HMF' nin hidrosil grubunun sülfotransferaz enzimlerinin katalizörlüğünde 5-sülfoksimetilfurfural'a (SMF) dönüşmesi dikkat çekicidir. Yüksek düzeyde bir reaktiviteye sahip olan SMF'in DNA ve diğer makromoleküller ile reaksiyona girerek mutajenik ve toksik etki gösterebileceği üzerinde durulmaktadır (Kocadağlı, 2014).

Son yıllarda yaklaşık 500'ü aşkın gıda örneğinde yapılan çalışmalar, kurutulmuş meyvelerde, meyve marmeladı ve suyunda, değişik karamel ürünlerinde yüksek düzeyde (1-9.5 g/kg) HMF içeriği olduğunu göstermiştir. HMF oluşumu; üretim aşamasında ve depolama şartlarında özellikle sıcaklık ve ortam pH' sına bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim, meyve suyu ve konsantrelerini içeren model gıdalarda da doğrulanmıştır. Ayrıca HMF tütün, sigara dumanı ve odun tütsülerinde de tespit edilmiştir. HMF' nin yüksek derişimlerinin, toksik etkisinin yanı sıra, üst solunuma, göz, deri ve mukoza membranlarına karşı tahriş edici özelliğinin bulunduğu bildirilmektedir. Kobay farelerde, vücut ağırlığı göz önüne alındığında, ağız yoluyla alınan HMF'nin LD₅₀ değerinin 3.1 g/kg olduğu ortaya konmuştur. Denek fareler üzerinde yapılan diğer epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen bulgular ışığında HMF'nin tümörojenik etkisinin bulunduğu ve kolon kanserini başlatıcı faktör olduğu bildirilmektedir. Denek fareler ile yapılan çalışmalarda, 1260-3150 mg HMF uygulamasının deri lezyonları oluşturduğu ve deri tümörünü artırdığı, 200 mg/kg vücut ağırlığı bazında karaciğer tümörü geliştirdiği rapor edilmiştir (Oral, 2006; Aközlü, 2012; Oral ve ark., 2013).

Gıda maddelerindeki HMF miktarının belli bir düzeyin üzerinde bulunması renkte esmerleşmeye, tat ve koku açısından önemli bozulmalara, ürünün besleyici değerinde azalmalara neden olmakta ve dolayısıyla ürünün pazarlanabilme olanaklarını kısmen veya tamamen ortadan kaldırabilmektedir (Telatar, 1985).

Meyve sularında 5 mg/lt, meyve suyu konsantrelerinde ise 10 mg/kg dan fazla HMF aşırı bir ısı yüklemesinin belirtisi olarak kabul edilmektedir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2004). AIJN (Avrupa Meyve Suyu Üreticiler Birliği) tanı değerlerinde, meyve sularında kalitenin bir göstergesi olarak HMF miktarı tanımlanmışken; Avrupa Birliği (AB) normları ve buna paralel olarak Türk Gıda

Kodeksi'nin Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği (2006/56)'nde HMF ile ilgili bir tanımlama bulunmamaktadır. AIJN'de portakal suyunda HMF miktarı maks. 10mg/L olarak belirtilmiştir. Ayrıca C Vitamini de kalite kriteri olarak tanımlanmıştır. Taze portakal suyunda 400-500 mg/L düzeyinde C vitamini bulunduğu belirtilmekte olup son tüketim anına kadar olması gereken miktar min. 200 mg/L olarak tanımlanmıştır (Anonymous, 2006; Anonymous, 2009).

Kılıç (1994), portakal sularına işlenmesi sırasında uygulanan ısıl işlem şiddetinin (78°C-150 saniye, 85°C-150 saniye, 85°C-15 saniye, ve 92°C-15 saniye), depolama sıcaklığı (+5°C ve oda sıcaklığı) ve depolama süresinin (6 ay) furfural ve Hidroksimetilfurfural (HMF) birikimine etkisi, bu iki bileşiğin L-askorbik asit azalması ve esmerleşme artışıyla ilgilerini araştırmıştır. Depolama süresinin uzamasının; L-askorbik asit azalmasına ve furfural, HMF ve esmerleşmede artmasına sebep olduğunu, depolama sıcaklığının bu değişimlerde en büyük etken olduğunu gözlemlemiştir. Soğuk hava deposu koşullarında depolanan portakal sularının oda sıcaklığında depolananlara oranla daha az L-askorbik asit kaybına uğradıkları ve bu örneklerde furfural ve HMF birikiminin ve esmerleşmenin de daha az olduğunu bildirmiştir.

Solomon ve ark. (1995), tarafından portakal sularının 8°C 'de 52 gün boyunca depolanmaları sonucunda HMF düzeyinde bir değişim gözlenmediği belirlenmiştir.

Bozkurt ve ark.'ı (1998), farklı konsantrasyonlarda (%12,8-38,5-73) ve farklı iki pH'da (3,5-6) hazırladıkları pekmez numunelerinin 55-65-75°C'de ki HMF miktarının değişimi üzerine yaptıkları çalışma sonucunda esmerleşme reaksiyonunun oluşum süresinin; ortamda bulunan reaktiflerin, indirgen şekerler ve amino grup asitlerin konsantrasyonuna, ortamın pH ve su aktivitesine ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini saptamışlardır. Bu doğrultuda yoğunlaşma arttıkça ve pH değeri düştükçe adaptasyon süresinin kısaldığını ve HMF oluşum miktarının arttığını belirtmişlerdir.

Göğüş ve ark. (2000), 45°, 60° ve 75°C'de konsantre edilen portakal suyunda %1.5 ksantin gam ve % 0.5 mikrokristal selüloz gibi bazı hidrokolloidlerin varlığında ve yokluğunda 5-hidroksimetil furfural (HMF) birikimini ve esmer pigment oluşumunu çalışmışlardır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyon oranlarının, meyve suyu ya da konsantrelerde toplam çözünür madde miktarına bağlı

olduğunu bu yüzden konsantre portakal suyunda taze portakal suyundan daha kolay enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının meydana geldiğini vurgulamışlardır. %1.5 ksantin gam ve %0.5 mikrokristal selüloz içeren örneklerin en düşük esmer pigment ve HMF birikimi gösterdiğini, oysa saf portakal suyunda esmer pigment ve HMF birikiminin bütün sıcaklıklarda en yüksek olduğunu bildirmişlerdir. En yüksek esmer pigment ve HMF birikiminin 0.30 ve 0.75 su aktivitesinde, en düşüğünün ise 0.80 su aktivitesinde meydana geldiğini bulmuşlardır.

Arena ve ark. (2001), 5-hidroksimetil-2-furankarboksialdehit (HMF) oluşumunu kan portakalında farklı asidik pH değerleri, sıcaklık ve fruktoz, glukoz ve sükröz'un model sistemlerinde HPLC ile kinetik olarak çalışmışlardır. NFC (konsantreden olmayan) ve RFC (yeniden sulandırılmış) portakal suları için HMF, sırasıyla ortalama olarak 0.58 mg/L ve 0.54 mg/L olarak bulunmuştur. Bu yüzden, konsantrasyon işleminin şeker dağılımını değiştirmedeğini ve HMF düzeyini arttırmadığını bildirmişlerdir.

Shinoda ve ark. (2004), şeker, askorbik asit ve sitrik asit içeren portakal suyunun örnek çözeltisini hazırlamışlar ve depolama boyunca portakal suyunun esmerleşmesini çalışmışlardır. Askorbik asidin esmerleşmeye en çok katkıda bulunan bileşen olduğunu, arginin ve prolin gibi amino asitlerin, sitrik asitin ve metallerin esmerleşmeyi hızlandırdığını bildirmişlerdir. Portakal suyunda depolama sonucu oluşan beş tane ayrışma ürünü belirlemişler ve 3-hidroksi-2-prone (3OH₂P), HMF ve furfuralın esmerleşmeye katkıda bulunduğunu ifade etmişlerdir. Depolama boyunca HMF, furfural, 5-hidroksimaltol ve 2-furoik asidin yavaş yavaş artmasına karşın 3OH₂P'ın önce artıp sonra azaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte 3OH₂P'ın portakal suyunun esmerleşme indikatörü olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Biçgel (2008), pastörizasyon sıcaklığının (75°, 80° ve 85°C) Valensiya ve Kozan Misket çeşitlerine ait portakal sularının kalitesine etkisi üzerine yaptığı araştırmada, en yüksek HMF değerinin Valensiya çeşidine ait 85°C de pastörize edilen örnekte olduğunu bildirmiştir.

Işık (2008), pastörize edilen Hamlin çeşidine ait portakal sularında HMF değerlerini 1.171–1.495 mg/L, Kozan Yerli çeşidine ait örneklerde 1.251–2.062

mg/L arasında bulmuştur. Çeşitler kendi arasında değerlendirildiğinde kontrol grubu ve farklı pastörizasyon uygulamaları arasındaki fark Hamlin çeşidinde istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, Kozan Yerli çeşidine ait örneklerde önemli bulunmuştur. En yüksek HMF değerini Kozan Yerli çeşidinde 85°C' de pastörize edilenlerde olduğunu belirlemiştir.

Shinoda ve ark (2005), portakal suyunun depolanması boyunca esmerleşmeyi etkileyen faktörleri ve 3-hidroksi-2-prone (3OH₂P), HMF ve furfural gibi ayrışma ürünlerinin oluşumunu araştırmışlardır. 3OH₂P ve furfuralın askorbik asitten türediğini ve oluşumlarının şekerler tarafından uyarıldığını, sitrik asit, şelat ajanları ve radikal yakalayıcılar tarafından bastırıldığını belirtmişlerdir.

Telatar (1985b), depolama sıcaklığının yükselmesinin HMF oluşumunu hızlandırdığını ve bu durumun en belirgin olarak 16 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda depolanan örneklerde kendisini gösterdiğini, ancak -18 °C de depolanan ürünlerde HMF oluşmadığını bildirmiştir.

Yüksek asitli meyve sularının daha düşük HMF içeriğine sahip olduğu ifade edilmiştir. Geleneksel olarak işlem görmüş meyve sularının endüstriyel olarak üretilenlere göre daha yüksek HMF içeriğine sahip olduğu ve bunun nedeninin daha yüksek sıcaklıkta daha uzun süre ısıl işlemde kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Burdurlu ve ark., 2006).

Meyve suyu gibi organik asit ve fruktoz içerebilecek gıdalarda ısıl işlem sonrasında HMF oluşumu gerçekleşmektedir. Üstelik oluşan HMF, ülkemizdeki meyve suyu konsantresi (20 mg/kg), bal (40 mg/kg) ve pekmez (25 mg/kg) için üst limitler göz önüne alındığında oldukça yüksektir. Bu nedenle, evaporasyon, konsantrasyon gibi proseslerde vakum evaporasyon, ultrafiltrasyon gibi modifikasyonlar mümkün olduğunca tercih edilmelidir (Oral ve ark., 2013).

Düzdemir (1997), konsantre portakal suyunda difüzyon direncinin esmerleşme hızına etkisi üzerine yaptığı araştırmada, portakal suyu içinde çözülmüş halde bulunan maddelerin (şekerler, amino asitler, askorbik asit, vs.) difüzyonunun, suda çözünen (XG+CMC) (xanthan gum+sodium carboxymethylcellulose) ve suda çözünmeyen (MCC) (microcrystalline cellulose) polimerler katılarak kısıtlanabildiği ve buna bağlı olarak BPF (banana pseudo-stem flour) ve HMF birikiminin

yavaşladığı gözlenmiştir. En %1.5 oranında XG+CMC ile birlikte %0.5 oranında MCC içeren portakal suyunda olduğu, HMF birikiminin de diğerlerine nazaran daha az olduğu, en fazla esmer pigment oluşumu ile HMF birikiminin de, jel maddesi içermeyen portakal suyunda (kontrol) olduğu bildirilmiştir. Su aktivitesinin etkisi incelendiğinde, en fazla esmer pigment oluşumu ve HMF birikimi 0.30-0.5 ve 0.5 - 0.75 su aktiviteleri arasında bulunurken, en düşük değerlerde 0.80 civarındaki su aktivitelerinde gözlenmiştir.

Çoklar (2007), aktif kömür uygulamasının elma suyu konsantrelerinde HMF ve toplam fenolik madde üzerine yaptığı araştırmada, elma suyu konsantresine farklı şartlarda uygulanan aktif kömür sonucunda HMF miktarında %5.0-46.3 arasında bir azalma olduğunu bildirmiştir. Aktif kömür uygulamalarında sıcaklık, şiddetinin ve süresinin belirlenen değerler üzerine etkili oldukları görülmüştür. Elma suyu konsantresi örneklerinde HMF miktarında maksimum azalma oranı 40°C'de 3 g/L aktif kömür dozunda 15 dk uygulama süresinde minimum azalma ise 30°C'de 0.5 g/L aktif kömür dozunda 5 dk uygulama süresinde elde edilmiştir. HMF'nin azaltılmasında sıcaklık, aktif kömür dozu ve uygulama süresinin etkili olduğu görülmüştür. 40°C en etkili sıcaklık olarak tespit edilmiştir. Aktif kömürle temas süresi uzadıkça HMF miktarı azaldığı, aktif kömür dozu arttıkça HMF oranında belirgin bir azalma görüldüğü bildirilmiştir.

Mortaş (2010), standart 5-hidroksimetilfurfural (5-HMF) tayin yönteminde kullanılan ısı işlem ve asit uygulamasının etkisinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada proteine bağlı olarak bulunan HMF'nin serbest hale geçirilmesi ve tespit edilebilmesi için mevcut metot gereği uygulanan asit ve ısı işlemlerinin aslında bağlı konumdaki HMF'yi serbest hale geçirmediği dolayısıyla tespitinin yapılamadığını belirtmiştir. Bunun yanı sıra söz konusu bu işlemlere maruz kalan gıda içerisindeki bileşenlerden de HMF oluştuğu gözlenmiştir. Bu durum ise yanıltıcı bir şekilde gıdada mevcut HMF'den daha yüksek değerlerde HMF'nin tespit edilmesine neden olabilmektedir. Oluşturulan model sistemlerde en fazla HMF oluşumu şekerler içerisinde sırasıyla fruktoz ve sakkarozda, kıvam vericilerden karragenanda ve liflerden inülinde gerçekleşmiştir. Protein-şeker kombinasyonlarında en yüksek HMF miktarı ise % 2 fruktoz-% 0.25 kazeinin olduğu modelde saptanmıştır.

Ağçam (2011), Kozan Yerli çeşidinden elde edilen portakal suyuna farklı şiddetlerde PEF ve ısıtma pastörizasyon uygulanması üzerine yaptığı araştırmada; askorbik asit, toplam fenolik ve karotenoid ile esmerleşme indeksi sonuçları açısından PEF ile işlem gören örneklerin sonuçları gerek başlangıç ve gerekse depolama sonunda daha üstün çıktığını, PEF ile işlem gören portakal suyu örneklerinde HMF tespit edilmezken, ısıtma pastörizasyon uygulamalarında tespit edildiğini ve HMF miktarının depolama süresince ısıtma pastörizasyon uygulanmamış örneklerde arttığını bildirmiştir.

Toker (2012), farklı gıdalarda toplam 5-HMF düzeyinin belirlenmesi ve riskli bulunan gıdaların 5-HMF içeriğinin farklı yöntemler kullanılarak azaltılma olanaklarının araştırılması, üzerine yaptığı çalışmada; farklı asit şeker kullanımının 5-HMF miktarını değiştirdiği belirlenmiştir. Buna ilave olarak, model karamel ortamında %3 oranında farklı lifler (beş çeşit inülin, buğday, yulaf, bezelye, limon ve elma lifi) ilave edilerek, bu liflerin karamel örneklerinin 5-HMF içeriğine ve fizikokimyasal özellikleri (pH, renk değerleri, reolojik özellikleri, °Briks değerleri) üzerine etkisi araştırılmıştır. Şeker içermeyen inülin örneklerinin karameldeki 5-HMF miktarını önemli derecede azalttığı görülmüştür. Karamel ortamında % 10 oranında farklı sebze ve meyve suları (maydanoz, dereotu, tere, ekşimen, semizotu, siyah üzüm, havuç suyu, mor lahana ve pancar suyu) ve peynir suyu ile yoğurt suyu ilave edilerek, karamel örneklerinde oluşan 5-HMF üzerindeki azaltıcı etkileri araştırılmıştır. Ayrıca lahana ve pancar suyu haricindeki suların, 5-HMF oluşumunu azalttığı belirlenmiştir. Cevap yüzey metodu uygulanarak farklı sıcaklık (100, 115 ve 130 °C) ve farklı sürelerin (30, 60 ve 90 dakika) oluşturulan karamel örneklerinde, 5-HMF oluşumu üzerine etkileri araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin artmasıyla, 5-HMF miktarının önemli derecede arttığı görülmüştür.

Oral ve ark (2013), sağlık ve beslenme kalitesi üzerine bazı olumsuz etkileri bilinen HMF'nin Maillard reaksiyonu sonucunda oluşabileceği gibi heksozların asidik ortamda doğrudan ısıtılmalarıyla da oluşabileceğine dair yaptıkları çalışmada, bazı fenolik bileşiklerin, fruktozun farklı organik asitler ile ısıtılmasıyla oluşan HMF seviyesine etkilerini incelemişlerdir. Bu kapsamda üç farklı organik asit (malik, tartarik ve sitrik) ve altı farklı fenolik bileşik (oleuropein, klorojenik asit, tirozol,

kaffeik asit, epikateşin ve ellagic asit) kullanmışlardır. Malik asitle yapılan denemede kontrol ve fenolik bileşik ilaveli grubun HMF içeriğini sırasıyla 14.02 ± 0.63 mg/kg, 15.97 ± 1.03 - 19.79 ± 0.21 mg/kg arasında; sitrik asitli modelde, 22.23 ± 0.97 mg/kg, 18.72 ± 0.49 - 22.11 ± 1.72 mg/kg arasında; tartarik asidin kullanıldığı model sistemde ise 25.94 ± 1.75 mg/kg, 24.70 ± 0.57 - 32.16 ± 1.73 mg/kg arasında değiştiğini; yalnızca oleuropein ve epikateşinin sitrik asitin kullanıldığı model sistemde, HMF oluşumunun kontrol grubuna oranla düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

2.2.3.4. Maillard Tipi Esmerleşme Kinetiği

Maillard tipi esmerleşme kinetiği aslında oldukça karmaşık reaksiyonlardan oluşmaktadır. Maillard reaksiyonu kinetiği, literatürde çoğu kez basit kinetik hesaplamalar ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla reaktan kaybı (şekerler, amino asitler gibi) yada Amadori ürünleri, HMF gibi çeşitli ürünlerin oluşumu ölçülmüş ve bunlara ilişkin reaksiyon dereceleri belirlenmiştir. Örneğin farklı sıcaklıklarda ısıtılan sütte, Maillard reaksiyonuna bağlı lizin kaybının, ikinci derece reaksiyonla açıklandığı; buna karşın kazein ve farklı şekerlerden oluşan nispeten kuru bir sistemde ($a_w=0,52$) 37°C - 60°C 'lerde ısıtma sonucunda kazeindeki lizin kaybının, birinci derece kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği bildirilmektedir. Daha stabil olan orta ve ileri Maillard komponentlerinin oluşum kinetiğinin ise, çoğunlukla sıfıncı derece kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği saptanmıştır (Özkan ve ark., 2010).

Maillard reaksiyonunun en fazla çalışılan yönü, çoğunlukla 420 nm'de absorbans değerlerinin ölçümü ya da reflektans renk değerlerinin saptanması ile izlenen renk oluşumudur. Pek çok araştırmacı renk oluşumunu, genellikle belli bir lag (gecikme) periyodunu takiben, sıfıncı derece kinetik modele uygun olarak açıklamışlardır. Gecikme periyodu, melanoidinlerin son ürün olmaları nedeniyle, oluşmalarının zaman almasından kaynaklanmaktadır. Bu periyodun uzunluğu deneysel koşullara, özellikle uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Van Boekel, 2001).

Gıdaların üretimi ve depolanması sırasında gözlenen HMF oluşumu sıfıncı dereceden veya birinci dereceden, bazı çalışmalara göre de hem birinci hem de ikinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Sıcaklığın kimyasal bir reaksiyonun oluşum hızına etkisi yaygın olarak Arrhenius eşitliği ile belirlenmekte ve bu eşitliğe göre reaksiyonun gerçekleşebilmesi için gerekli olan aktivasyon enerjisi (Ea) hesaplanabilmektedir. Aktivasyon enerjisinin bilinmesi ile herhangi bir sıcaklıkta reaksiyon hızı hakkında bilgi edinilmekte ve böylece gıda için en uygun depolama süresi belirlenebilmektedir (Aslonova, 2005).

Sıcaklığın bireysel reaksiyonlardaki etkisi Arrhenius denkliği ile ifade edilir.

$$k = A. e^{-\Delta e/RT}$$

Genellikle gıdaya yönelik tepkimeler orta düzey sıcaklıkları üzerinde olduğundan, Arrhenius eşitliğine uyulduğu halde düşük ve yüksek sıcaklıklarda sapmalar ortaya çıkmaktadır. Arrhenius ilişkisinde görülen sapmalar düşük ve yüksek sıcaklıklar için sırasıyla enzim aktivitesinin kaybolmasından, reaksiyon zincirinin değişmiş olmasından yada ara reaksiyonla yarışan bir başka reaksiyon tarafından etkilenmesinden, sistemin fiziksel durumunun değişmiş olmasından veya ortamdaki bir veya birden fazla reaktanın tükenmiş olmasından kaynaklanmaktadır (Saldamlı, 2014).

Bozkurt ve ark (1998), pekmez üzerinde yaptıkları çalışmada, pekmezi 55°, 65°, 75°C 'de ısıtılma tabi tutmuş ve pH 3,5-6,0 ile ÇKM 12,8-73 aralıklarında Ea değerini 28 kkal /mol olarak bildirmişlerdir.

Ibarz ve ark (1999), armut püreleri üzerinde yaptıkları çalışmada, püreleri 80° ve 98° C'de ısıtılma tabi tutmuş ve oluşan HMF değerlerine ait Ea değerini 151,1 kJ mol⁻¹ olarak bildirmişlerdir.

Garza ve ark. (1999), Şeftali püreleriyle yaptıkları çalışmalarda, pürelerin 80°, 85°, 90°, 95° ve 98°C'lerde 480 dakika ısıtılmaları sonucu oluşan HMF' ye ait aktivasyon enerjisi (Ea) değerini 124 kJ mol⁻¹ olarak belirtmişlerdir.

Akpınar (2000), L-lisin, L-sistein, L-alanin ve L-serin amino asitlerin D-glukoz monohidrat ile verdiği Maillard reaksiyonunun kinetiği üzerine yaptığı çalışmada; Aktivasyon enerji değerlerini lisin/glukoz sistemi için $E_a=114.2\pm 12$ kJ/mol, sistein/glukoz sistemi için $E_a=123.5\pm 12$ kJ/mol, alanin/glukoz sistemi için $E_a=111.7\pm 12$ kJ/mol, serin/glukoz sistemi için $E_a=125.3\pm 12$ kJ/mol olarak tespit etmiştir. Herbir amino asit için tespit edilen aktivasyon enerjisi değerlerine göre amino asitlerin reaktivite sırası alanin » lisin > sistein « serin olarak belirlenmiş ve bu sıralamanın diğer çalışmalarla belli bir uyum içinde olduğu gözlenmiştir. Amino asitlerin net bir toplamsal etki göstermedikleri saptanmıştır.

Giovanelli ve Lavelli (2002), domates 30-50°C sıcaklıklarda depolanan domates salçası örnekleri için yüksek bir aktivasyon enerjisi değeri (108.547 kJ/mol) saptamışlardır. Diğer yandan renkteki değişimi (ΔE) sıfıncı derece kinetik model ile açıklamışlardır.

Rattanathanalerk ve ark.'ı (2005), ananas suyunun kalite kaybına ısı işlemlerin etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla kolorimetrik renk parametreleri (L, a, b ve E), HMF miktarı ve esmer pigment oluşumu belirlenmiştir. 55-95°C arasında değişen sıcaklık uygulaması ile esmer pigment oluşumu ve HMF düzeyinin sıcaklığın artışına paralel olarak arttığı görülmüştür.

Duru (2008), Kuşburnu nektarlarının 8 ay boyunca farklı sıcaklıklarda (5°, 25°, 35°, 45°C) depolanması üzerine yaptığı çalışmada Kuşburnu nektarlarında HMF oluşumunun sıfıncı dereceden tepkime kinetiğine uyduğunu belirtmiştir. HMF oluşumuna ait aktivasyon enerjisini ise karton kutu ve cam şişe ambalajlarda sırasıyla 47 kJ mol⁻¹ ve 61 kJ mol⁻¹ olarak tespit etmiştir. L-askorbik asit miktarları ise karton kutu ve cam şişede sırasıyla 296.8 mg/L, 446.1 mg/L olarak belirlenmiştir. Depolama süresince L-askorbik asit miktarında meydana gelen değişim %23.4-97.1 arasındadır. Farklı ambalajlardaki kuşburnu nektarlarında L-askorbik asit parçalanma reaksiyonunun birinci dereceden tepkime kinetiğine uyduğu belirlenmiştir. Aktivasyon enerjileri ise karton kutuda 58.6 kJ mol⁻¹, cam şişede ise 66.6 kJ mol⁻¹ olarak saptanmıştır.

Özhan (2008), 5°, 25°, 35° ve 45°C olmak üzere 4 farklı sıcaklıkta depolanmış keçiyoynuzu pekmezi üzerinde yaptıkları çalışmada depolama süresince

Maillard reaksiyonunu incelemiştir. HMF oluşumu spektrofotometrik yöntemle göre, renk değerlerindeki değişim ise esmerleşme indeksi (A_{420}) ve CIE-L*a*b* renk sistemi olmak üzere iki farklı yöntemle göre belirlenmiş, depolama süresince pH, su aktivitesi ve briks değerleri ile antioksidan aktivite düzeyini de incelemiştir. Depolama sonucunda keçiyoynuzu pekmezinde su aktivitesi ve briks değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemişken, pH değeri 25°, 35° ve 45 °C' de istatistiksel açıdan önemli düzeyde bir düşüş göstermiştir. Esmerleşme indeksindeki değişimin ve HMF oluşumunun sıfırıncı dereceden reaksiyon kinetiğine uyum gösterdiği belirlenmiştir. Başlangıç değeri 19.6 mg/kg olan HMF değeri, sıcaklık ve süreye bağlı olarak lineer bir artış göstermiş, 5°, 25°, 35° ve 45 °C' de sırasıyla 20.8 mg/kg, 32.3 mg/kg, 111.9 mg/kg ve 179.8 mg/kg değerlerine ulaşmıştır. 420 nm'de belirlenen absorbans değerleri ise başlangıçta 0.272 iken 5°, 25°, 35° ve 45 °C' de depolama sonunda sırasıyla 0.309, 0.549, 0.919 ve 1.179 olarak tespit edilmiştir. CIE- L*a*b* değerleri incelendiğinde ise genel olarak azalma şeklinde bir değişim saptanmış ancak yalnızca L* değerindeki değişimin tüm sıcaklıklarda önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca HMF oluşumu ve esmerleşme indeksindeki değişime ait aktivasyon enerjisi değerleri sırasıyla 102.67 kJ mol⁻¹, 75.86 kJ mol⁻¹ olarak tespit edilmiştir. HMF ile esmer renkli pigment oluşumu arasında yüksek bir korelasyon belirlenmiş ancak antioksidan aktivite düzeyi ile HMF oluşumu veya esmer renkli pigment oluşumu arasında herhangi bir korelasyona rastlanmamıştır.

Bozkır (2010), Ülkemizde yetiştirilen yerli portakallarımızdan Kozan Yerli, Dörtüol Yerlisi, Finike Yerlisi, Alanya Dilimlişi çeşitlerimizden elde edilen portakal sularının karotenoid bileşimleri ve portakal sularına uygulanan ısı işlem sonucunda karotenoid bileşimi ve meyve suyu teknolojisi açısından önemli bazı özelliklerinde meydana gelen değişimler üzerine yaptığı araştırmada, ısı işlem sonucu toplam karotenoid içeriğindeki azalmanın en az Finike Yerlisi portakal çeşidinde (%5-14), en fazla ise Alanya Dilimlişi'nde olduğunu (%15-25) bildirmiştir. Portakal sularında tanımlanan ve miktarı belirlenen karotenoidlerin yaklaşık yarısının β -karoten'den meydana geldiği (%38.08-55.06) belirlenmiştir. Portakal sularında ısı işlemin etkisiyle (70°C ve 80°C 'de 120 saniyede, 90°C 'de ise 15 saniye de) provitamin A etkinliğine sahip karotenoidlerin azaldığı saptanmıştır. Isı işlem sonucu β -

karoten'deki kaybın, Dörtyol Yerlisi portakal çeşidinde sırasıyla %45.06, %66.11 ve %66.70, Alanya Dilimli'sinde %32.10, %33.79 ve %37.76, Finike Yerlisi ve Kozan Yerli portakal sularında ise %11.62-28.18 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Portakal sularında ısıtma işlemi sonucu (70 °C ve 80 °C 'de 120 saniyede, 90 °C 'de ise 15 saniyede); α -karoten miktarındaki kaybın sırasıyla %23-55, %32-65 ve %52-88 olduğu belirlenmiştir. Dörtyol Yerlisi portakalında ısıtma işlem koşullarına göre (70°C, 80°C ve 90°C) β -kriptoksantin içeriğindeki kayıp sırasıyla %8.7, %44 ve %48, Alanya Dilimli'si ve Finike Yerlisi de ise %6-37 arasında olduğu, buna karşın Kozan Yerli portakal çeşidinde ise β -kriptoksantin içeriğinin %12-69 oranında arttığı saptanmıştır. Isıtma işleminin portakal sularının pH, titrasyon asitliği ve SÇKM içeriklerinde belirgin bir etkisinin olmadığı, buna karşın toplam pektik madde, bulanıklık, çökelen pulp, sitrik, askorbik ve oksalik asit miktarlarının azaldığı, görünür viskozite ve toplam fenolik madde miktarının ise arttığı görülmüştür.

Boranbayeva (2011), karadut suyu ve konsantrasyonu örneklerinin 5°, 20°, 30° ve 40 °C'de 8 ay'lık depolanmaları süresince en çok HMF oluşumunun karadut suyu ve konsantrasyonunda sırasıyla % 170.49 ve % 1204.26 artış ile 40 °C'de depolanan örneklerde olduğunu belirtmiştir. Karadut suyu ve konsantrasyonunda HMF oluşumunun sıfırıncı dereceden tepkime kinetiğine göre geliştiği ve aktivasyon enerjisinin sırasıyla 75.06 kJ mol⁻¹ ve 104.11 kJ mol⁻¹ olduğunu belirtmiştir.

Ağçam (2011), ısıtma işlemi (90°C'de 10 ve 20 sn) uygulamaları sonucunda portakal suyunda 1.67-4.69 ppb HMF tespit etmiştir. Isıtma pastörizasyon uygulamalarına tabi olan örneklerde depolama ile birlikte HMF'nin oluşmaya devam ettiğini ve bunun birinci dereceden madde oluşum kinetiğine uygun olduğunu, HMF için elde edilen kinetik sonuçlara göre reaksiyon hız sabitinin 0.0132-0.0155 1/gün arasında ve katlanma süresinin 45-53 gün arasında olduğunu tespit etmiştir.

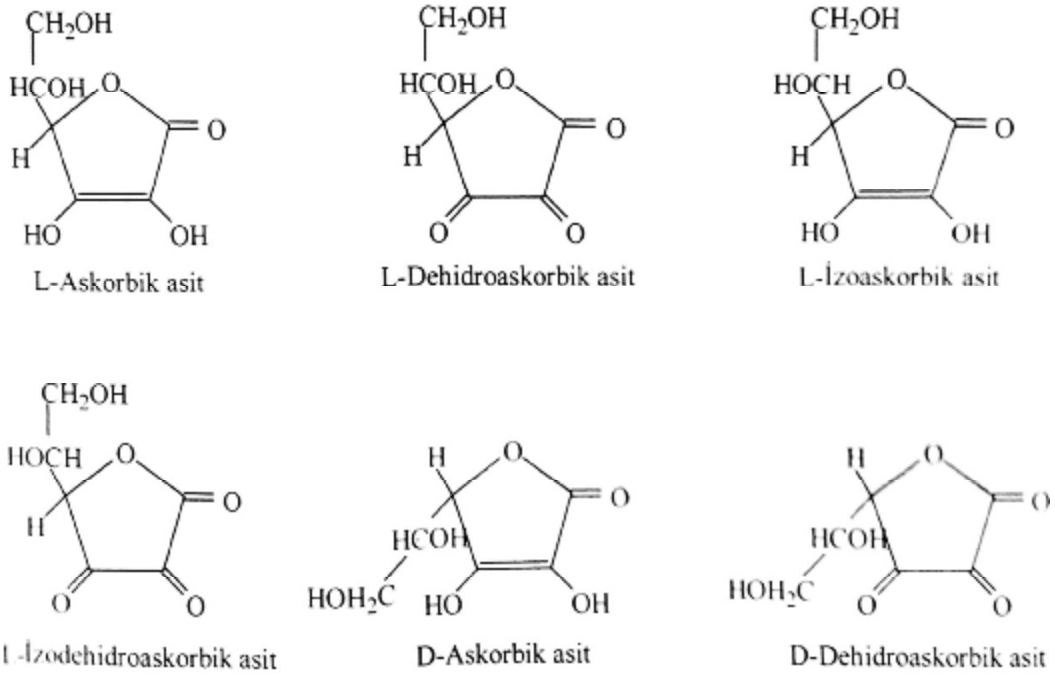
Bakan (2012), çeşitli meyve sularında (vişne, kayısı, şeftali, portakal, elma ve nar) kalite parametrelerinden HMF miktarının 4°C'de depolanan örneklerde önemli düzeyde bir artış göstermezken, 20°C'de depolanan örneklerde zamana bağlı olarak arttığını bildirmiştir.

Apuhan (2012), Domates salçasının 20°C, 30°C ve 40°C olmak üzere 4 farklı sıcaklıkta depolanması üzerine yaptıkları çalışmada depolama sırasında

enzimatik olmayan esmerleşme kinetiğini araştırmıştır. Bu amaçla 12 ay süreyle depolanan ürünlerde depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça salça örneklerinin askorbik asit içeriklerinin hızla azaldığı saptanmıştır. Kinetik veriler, depolama süresince askorbik asidin parçalanmasının sıfıncı derece reaksiyon kinetiğine uyduğunu ve reaksiyon hız sabitlerinin (k) 20, 30 ve 40°C'lerde sırasıyla 52.69, 83.45 ve 128.58 mg askorbik asit/100 g ay olduğunu göstermektedir. Askorbik asit degradasyonuna ilişkin aktivasyon enerjisinin (Ea) 34.41 kJ/mol düzeyinde olduğu, Q₁₀ değerinin ise 20-30°C ve 30-40°C sıcaklık aralığında sırasıyla 1.58 ve 1.54 düzeyinde bulunduğu saptanmıştır. Salça örneklerinin HMF miktarları depolama başlangıcında bir miktar azalırken, depolama süresi ilerledikçe HMF oluşumu artmaya başlamıştır. HMF oluşumunun da sıfıncı derece reaksiyon kinetiğine göre geliştiği ve 20, 30 ve 40°C'lerde hız sabitlerinin sırasıyla 4.572, 8.870 ve 24.557 mg HMF/100 g ay düzeyinde olduğu saptanmıştır. HMF oluşumuna ilişkin aktivasyon enerjisi değeri 63.91 kJ/mol, Q₁₀ değeri ise 20-30°C arasında 1.94 ve 30-40°C arasında 2.77 olarak belirlenmiştir. Depolama süresince salça örneklerinde renk değişiminin de sıfıncı derece reaksiyon kinetiğine uyduğu görülmüş ve 20, 30 ve 40°C'lerde hız sabitlerinin sırasıyla 0.212, 0.602 ve 1.496 ay olduğu saptanmıştır. Sıcaklık artışından örneklerin rengi önemli düzeyde etkilenmiş olup, Q₁₀ değerleri 20-30°C ve 30-40°C sıcaklık aralığında sırasıyla 2.84 ve 2.49, aktivasyon enerjisi ise 74.52 kJ/mol düzeyinde bulunmuştur. Araştırma sonuçları, depolama sıcaklığı yükseldikçe salça örneklerinin HMF miktarının arttığını, askorbik asit içeriği ve renk kalitesinin ise önemli düzeyde düştüğünü göstermektedir. Bu nedenle, salça ve benzeri domates ürünlerinin kalitesinin korunması açısından, depolamada mümkün olabildiğince en düşük sıcaklıklar sağlanmalıdır.

2.3. Portakal Suyunun Askorbik Asit İçeriği

Askorbik asit (C vitamini), taze meyvelerde özellikle turuncgiller ve sebzelerde bulunan, yüksek polariteye sahip olduğundan dolayı suda kolayca çözünebilen bir vitamindir. L-askorbik asit, yüksek çözünürlük özelliği gösteren hem asidik hem de indirgen karakter taşıyan bir vitamindir. Bu nitelikler Lakton halkasındaki karbonil grubu ile konjuge olan enediol yapıdan kaynaklanmaktadır. Vitaminin doğal formu L- izomer olup, D-izomer, L-izomerin %10 aktivitesine sahiptir ve gıdalara vitamin dışı özelliklerden dolayı katılır. L-askorbik asidin kimyasal yapısı ve L-dehidroaskorbik asit ve izomerik formları Şekil 2.11'de görülmektedir (Topcu, 2014).



Şekil 2.11. Askorbik asit ve izomerik formları (Topcu, 2014)

Sıcaklığın şiddeti ve süresi, tuz ve şeker konsantrasyonu, pH, oksijen, enzim, metal katalizörler, askorbik asit konsantrasyonu ile askorbik asidin dehidroaskorbik aside oranı ve bunların dışındaki daha pekçok faktör askorbik asidin bozunma mekanizmasında etkindirler (Topcu, 2014).

Askorbik asit, portakal suyunun raf ömrünü belirleyen önemli bir kalite göstergesidir. Askorbik asitten başka diğer besinlerin kaybı, bulanıklık kaybı, mikrobiyal bozulma, kötü tat ve koku oluşumu, renk ve görünüşteki değişimler portakal suyunun tüm kalite kaybını etkileyen olaylardır. Depolama boyunca, portakal suyu ürünün kalite kaybı ile sonuçlanan çok sayıda bozulma reaksiyonuna uğramaktadır (Polydera ve ark., 2005).

Askorbik asit, oksidasyonla ve ayrıca özellikle yüksek sıcaklıklarda ısı yolla çok kolaylıkla parçalanır. Gıdaların işlenmesi depolanması ve pişirilmesinde en fazla kaybolan vitamin askorbik asittir. Çeşitli işlemlere bu kadar duyarlı olması nedeniyle, gıdalara uygulanan birçok işlemin olumsuz etkisinin belirlenmesinde askorbik asitteki kayıp miktarı bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Dhuique-Mayer ve ark., 2007; Cemeroğlu, 2007). HMF, askorbik asit parçalanmasının ayrışma bileşiklerinden birisidir, bu nedenle işleme boyunca meyve suyuna uygulanan ısı işlemin şiddetini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Dhuique-Mayer ve ark., 2007).

Askorbik asit, dünya genelinde en yaygın kullanılan ilave vitamindir. Biyokimyasal, klinik ve epidemiyolojik çalışmalar, askorbik asidin günde 100-120 mg alınmasının sağlıklı bireylerde kalp hastalıkları, kalp krizi ve kanser riskini optimum düzeyde azalttığı yönünde önerilerde bulunmuştur. Portakal sularında vitamin C içeriği 150 ile 450 mg/L arasında değişmekte ve 1 bardak portakal suyu (200 mL) tavsiye edilen günlük vitamin C alımının %30-80'ini karşılamaktadır (Önür, 2014).

Lee ve Coates (1999), dondurulmuş, taze sıkılmış, pastörize edilmemiş, polietilen şişe ile ambalajlanmış portakal suları üzerinde 24 ay süresince aylık bazda vitamin C kaybını belirlemek için çalışmıştır. Vitamin C içeriğinin 40.6 mg/100 mL olan başlangıç değerinden depolama süresince %19.2'lik kayıpla 32.8 mg/100 mL değerine düştüğünü bildirmişlerdir. Regresyon analizi bu koşullarda vitamin C'nin yaklaşık 0.34 mg/100 mL oranında azaldığını göstermiştir.

Polydera ve ark (2003), geleneksel ısı pastörizasyon (80°C, 30 sn) uygulanan ve hidrostatik basınçla (500 MPa, 35°C, 5 dk.) pastörize edilen portakal sularının raf ömürleri üzerinde çalışmışlar ve iki pastörizasyon uygulamasını birbiriyle

karşılaştırmışlardır. Askorbik asit kaybı, renk, viskozite ve duyuşsal özelliklerini 0-15°C depolama sırasında ölçmüşlerdir. Askorbik asidin parçalanma hızının yüksek basınç uygulanan portakal suyunda daha yavaş olduğunu ve bu durumun bu meyve suyunun geleneksel yolla pastörize edilen meyve suyuna kıyasla raf ömrünün daha uzun olmasını sağladığını bildirmişlerdir. Aktivasyon enerjisinin yüksek basınç uygulanan şişe meyve suyu için 61.1 kJ/mol ve geleneksel yöntemle pastörize edilen şişe meyve suyu için 43.8 kJ/mol olduğunu belirlemişlerdir. Rengin proses türünden fazla etkilenmediğini, yüksek basınç uygulanan meyve suyunun duyuşsal özelliklerinin daha üstün olduğunu ifade etmişlerdir.

Selli ve ark (2004), Kozan Yerli üzerine yapmış olduğu bir çalışmada meyve suyundaki askorbik asit miktarını 550 mg/L olarak belirlemişlerdir. Işık (2008), aynı çeşit üzerine yapmış olduğu çalışmasında askorbik asit miktarını 1060.35±4.45 mg/L olarak belirlemiştir. Kozan Yerli portakal çeşidi için elde edilen askorbik asit sonuçları farklılık göstermektedir. Bu farklılığın temel nedeninin meyvenin yetiştirildiği bölgenin iklim, toprak yapısı ve hasat dönemi ve hasat sonrası fizyolojik durumlarla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Ağçam, 2011).

Burdurlu ve ark (2006), portakal, limon, altıntop ve mandalina gibi turunçgil suyu konsantrelerinde 28, 37 ve 45°C'lerde 8 hafta depolama süresince askorbik asidin parçalanması kinetiğini araştırmışlardır. Her sıcaklıktaki askorbik asit azalmasının 1. dereceden kinetik modeli izlediğini ve aktivasyon enerjisini 12.77±0.97–25.39±1.98 kkal/mol olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, kalan askorbik asidin 28°C'de depolamadan sonra %54.5-83.7, 37°C'de depolamadan sonra %23.6-27, 45°C'de depolamadan sonra %15.1-20 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. HMF'nin askorbik asidin parçalanmasıyla oluşan madde olmasından ötürü HMF'nin oluşumunu da araştırmışlardır. HMF birikiminin 0. dereceden denklemi izlediğini ve aktivasyon enerjisinin 43.41±0.67 ile 80.02±0.07 kkal/mol arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Turunçgil suyu konsantrelerinde bütün depolama sıcaklıklarında HMF birikimi ile askorbik asidin kaybı arasında önemli korelasyon olduğunu elde etmişlerdir.

Igual ve ark (2010), konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyonun altıntop suyunun temel biyoaktif bileşikleri üzerine etkisini ve 2 ay süresince buzdolabında

ve derin dondurucuda bu biyoaktif bileşiklerin stabilitesini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçlar ile konvansiyonel uygulamanın sitrik asitte (1538'den 1478 mg/100 g'a) ve askorbik asitte (36'dan 34.3 mg/100 g'a) önemli bir azalmaya neden olduğunu mikrodalga pastörizasyonun ise bu bileşikleri koruduğunu ifade etmişlerdir. Dondurucuda depolamanın, özellikle de işlem gören meyve sularında askorbik asidi koruduğunu belirtmişlerdir. Mikrodalga enerjisinin altıntop suyunun doğal organoleptik özelliklerini ve ısının etkisiyle kolaylıkla parçalanmış esansiyel besin elementlerini korumak için geleneksel ısı pastörizasyonuna alternatif olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

2.4. Portakal Suyunun Renk Değerleri

Renk, ışığın spektral dağılımından meydana gelen görsel bir özelliktir. Doğal gıdaların renkleri içerdikleri çok çeşitli kimyasal formlara sahip olan ve pigment olarak tanımlanan maddelerden kaynaklanmaktadır. Meyveler ve sebzeler gibi doğal kaynaklı birçok ürün çeşitli renklere sahip olup, çekicilikleri renkleri ile ilgilidir. Renk, gıdaların duyu özellikleri yönünden ele alındığında, tüketici tercihi açısından, gıdanın çekiciliğinde önemli bir rol oynamaktadır (Maskan, 2001b).

Petersen ve ark. (1998), ticari portakal sularının normal koşullarda (5 ve 20°C'de) ve hızlandırılmış koşullarda (30, 40 ve 50°C) duyu kalitesi (portakal tadı, okside tat, acılık, ekşilik), aroma bileşen içeriği (Alpha-terpineol, Beta-terpineol, octanal, linalool) ve renk (L, a, b) değerlerindeki değişimi 9 aylık depolama süresince çalışmıştır. 5°C'de duyu özelliklerinde değişim olmamıştır. 3 aylık depolama sonunda 4°C'deki portakal suyuna göre 20°C'deki portakal suyu daha fazla okside olmuş ve portakal suyu tadı azalmıştır. Sıcaklık artışına paralel olarak aroma bileşenlerinde bozunma (oksidasyon, hidrolizasyon vb) hızlı olmuştur ve ayrıca sıcaklık artışına paralel olarak esmerleşme reaksiyonunda da artış olmuştur. Başlangıç kalitesinin 5°C'de 11 ay, 20°C'de 6 ay, 40°C'de 13 gün ve 50°C'de ise 5 gün korunduğu saptanmıştır.

Lee ve ark. (2001), portakal suyunda CIE renk parametrelerindeki (L^* , a^* , b^*) değişimlerin meyve olgunluğunun bir fonksiyonu olarak önemli olduğunu ve meyve suyunun sarılığının meyve olgunluğunun artması ile fark edilebilir düzeyde arttığını bildirmişlerdir. Tam olgunlaşmış meyvelerden elde edilen meyve sularında Δb^* ve Δa^* pozitif yöndeki değişim istenen koyu renk gelişimini gösterdiğini ve toplam karotenoid içeriğinin gelişimi ve renk parametrelerindeki değişimler arasındaki korelasyonların önemli olduğunu bulmuşlardır.

Koca ve ark. (2003), 28 °, 37 ° ve 45 °C' de 8 haftalık bir depolama süresince turunçgil suyu konsantrlerinde enzimatik olmayan esmerleşme kinetiğini incelemiştir. L^* ve b^* parametrelerindeki değişim birinci dereceden bir reaksiyon izlemektedirken, A_{420} değerlerine ait kinetik veri analizi sıfırıncı dereceden bir reaksiyonu göstermektedir. A_{420} değerlerinden belirlenen aktivasyon enerjisi 17.6 ile 35.27 kcal mol⁻¹ arasında değişmekteyken, L^* ve b^* parametrelerinden hesaplanan değerler sırasıyla 6.67-28.99 kcal mol⁻¹ ve 15.38-34.2 kcal mol⁻¹ aralığında değişmektedir. A_{420} , L^* ve b^* parametrelerinden hesaplanan aktivasyon enerjileri portakal da 28.99-35.27 kcal mol⁻¹ 'dir.

Lee ve Coates (2003), Portakal suyunun pastörizasyonundan sonra meyve suyunun renginin daha açık ve daha doymuş olmasıyla sonuçlanan fark edilebilir renk değişiklikleri meydana geldiğini, CIE a değerinde azalmanın ve CIE L^* , b^* , h^* ve C^* değerlerinde artmanın, pastörizasyondan sonra temel renk değişiklikleri olduğunu ifade etmişlerdir.

Cortés ve ark. (2008), 2 ve 10°C'de 7 hafta depolanan pastörize portakal suyunun ve yüksek yoğunlukta elektrik alan uygulanan (HIPEF) portakal suyunun rengini, esmerleşmesini ve HMF içeriğini değerlendirmişlerdir. HIPEF uygulanan portakal suyunun işlem görmemiş portakal suyuna yakın renklilik gösterirken pastörize portakal suyunun daha sarı renk eğilimi (b^*) ve daha az kırmızı (a^*) eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, depolama sırasındaki renk değişimlerinin, pastörize portakal suyunda HIPEF uygulanan portakal suyuna göre daha fazla olduğunu ve ısı olmayan işlem gören portakal suyunun pastörize edilmiş portakal suyuna kıyasla daha az enzimatik olmayan esmerleşme gösterdiğini tespit etmişlerdir. Depolamanın dördüncü haftasından itibaren 2°C'de depolanan portakal

sularında esmerleşme indeksi değerleri daha uzun süre boyunca sabit kalırken 10°C’de depolanan bütün portakal sularında bu parametrede belirgin bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Cortés ve ark., pastörize edilen veya HIPEF uygulanan meyve sularının HMF içeriğinde önemli değişimler görülmediğini ve soğukta depolama sırasında HMF’nin daima maksimum değerlerin altında olduğunu açıklamışlardır.

Işık (2008), Hamlin portakal suyu örneklerinde pastörizasyon sonrasında L* değerinin 43.38 ± 1.99 ’dan 51.16 ± 1.25 ’e arttığını, Kozan Yerli portakal suyu örneklerinde ise artışın daha az (47.62 ± 1.07 ’den 49.12 ± 0.34 ’e) olduğunu belirlemiştir. Hamlin portakal suyu örneklerinde en açık örneklerin, 51.16 ± 1.25 değeriyle 75°C’de pastörize edilen portakal sularına ait olduğu ve Kozan Yerli portakal suyu örneklerinde ise 49.12 ± 0.34 değeri ile 85°C’de pastörize edilen örneklere ait olduğu saptanmıştır. Hamlin portakal suyu örneklerinde a* değerinin negatif yönde değiştiği, Kozan Yerli’inde ise sıcaklık artışı ile birlikte pozitif yönde değişimin gerçekleştiği saptanmıştır. Hamlin çeşidine ait pastörize ve taze portakal suyu örneklerinin b* değerinin; 30.26 ± 3.02 ile 36.32 ± 0.87 , Kozan Yerli çeşidine ait örneklerde ise 37.50 ± 1.30 ile 39.18 ± 1.27 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kozan Yerli çeşidine ait örneklerin b* değerlerinin daha yüksek olduğu bundan dolayı daha sarı oldukları ifade edilmiştir. Hamlin çeşidine ait pastörize ve taze örneklerde C* değerinin 30.31 ± 3.04 ile 36.33 ± 0.87 arasında değiştiği, Kozan Yerli çeşidine ait örneklerde de 37.55 ± 1.32 ile 39.23 ± 1.27 arasında bulunduğu belirlenmiştir. Her iki çeşit için ayrı ayrı yapılan istatistiksel değerlendirmede uygulanan pastörizasyon işlemlerinin, renk yoğunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Hamlin çeşidine ait tüm örneklerde Hue* değerinin negatif olarak saptandığı, Kozan Yerli çeşidine ait örneklerde ise sıcaklık artışı ile birlikte pozitif yönde artış olduğu tespit edilmiştir. Hue* değerleri Hamlin çeşidinde -89.39 ± 0.25 ile -86.66 ± 0.55 arasında iken, Kozan Yerli çeşidine ait örneklerde de bu değer 86.91 ± 0.10 - 87.08 ± 0.41 arasında değiştiği saptanmıştır. Uygulanan pastörizasyon işlemlerinin istatistiksel bir önemi olmadığı ve çeşitler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Biçgel (2008), tarafından yapılan çalışmada; a* değeri Valensiya portakal suyu örneklerinde 1.00 ± 0.58 , Kozan Misket çeşidine ait örneklerde ise 0.68 ± 0.61 olarak saptanmıştır. Portakal suyu renginin sarılığını ifade eden b* değeri ise, Valensiya portakal suyunda 36.71 ± 1.12 , Kozan Misket portakal suyunda 31.74 ± 2.75 olarak belirlenmiştir. Portakal suyunun renk yoğunluğunun ifadesi olan Chroma (C*) değeri ise; taze Valensiya portakal suyunda 36.79 ± 1.09 , Kozan Misket çeşidine ait örnekler de ise 31.75 ± 2.75 olarak tespit edilmiştir. Portakal suyunda rengin saflığını ve homojenliğini ifade eden Hue* değerinin taze Valensiya portakal suyunda 88.64 ± 0.79 , Kozan Misket portakal suyunda ise 88.83 ± 0.96 düzeyinde olduğu saptanmıştır.

2.5. Portakal Suyunun Karotenoid Bileşenleri

Karotenoidler, doğal pigmentlerin temel sınıflarından biridir ve bitki aleminde oldukça yaygın bulunur (Gross, 1987). Birçok gıdanın renginden sorumlu olmasının yanında (Britton, 1997) bazılarının provitamin A aktivitesine sahip olmasından ötürü beslenme açısından da önemlidir (Simpson ve Chichester, 1981). Yaklaşık 700 adet karotenoid rapor edilmesine rağmen 11 karbon polyen zincirli b-halkalılar provitamin A aktivitesi gösterir. Bu yapısal şartlara yaklaşık 60 karotenoid uymaktadır (Rodriguez-Amaya, 2001). Bu önemli fonksiyonlarına ek olarak karotenoidler insan sağlığına yararlıdır; bu pigmentler reaktif türlerin yakalayıcısı olur ve bu nedenle antioksidan özellik gösterir (Krinsky, 2001) ve insanları cilt hastalıkları, kalp hastalıkları bazı kanserler, makula dejenerasyonu veya katarakt olmak üzere yaşlılıkla alakalı göz hastalıkları gibi ciddi hastalıklardan korur (Agocs ve ark., 2007; Meléndez-Martínez ve ark., 2004; Olson, 1999). Sağlığa olan potansiyel yararları nedeniyle vitamin A aktivitesi gösteren ve göstermeyen karotenoidler artan bir şekilde önemli hale gelmektedir. Buna rağmen, yapılan araştırmalar sadece sınırlı sayıdaki portakal türleri ve portakal suları ile başlıca karotenoidler üzerinde yapılmıştır (Agocs ve ark., 2007). Karotenoidler, farklı turunçgil meyvelerinin kabuğunda ve pulpunda bulunmakla birlikte her iki yapı arasında eşit bir şekilde yayılmamıştır (Pascual ve ark., 1993). Portakal suları genel

anlamda karotenoidlerin kompleks bir kaynağıdır (Meléndez-Martínez ve ark., 2008). Renk, portakal suyunun en önemli özelliğinden biridir ve olgun portakalların birçok türünün kabuğunun ve pulpunun karakteristik rengi, karotenoid pigmentlerinden kaynaklanır. Violaksantin, anteraksantin, zeaksantin, mutatoksanin ve β -kriptoksanin Valensiya portakallarında bulunan temel karotenoidlerdendir (Meléndez- Martínez ve ark., 2005). Hidroksil grubu içeren karotenoidler meyve suyunda serbest veya esterifiye formda bulunabilir (Breithaupt ve Bamedi, 2001). Gıdalardaki karotenoid kompozisyonu ve konsantrasyonu; çeşit, olgunluk, iklim veya yetiştirme bölgesi, yetiştirme koşulları, proses ve depolama gibi faktörler nedeniyle farklılıklar göstermektedir (Rodríguez-Amaya 2001, Dutta ve ark., 2005, Kalt 2005). Bu nedenle, termal pastörizasyonun portakal suyunun karotenoid kompozisyonu üzerine etkisi artan bir şekilde önemli hale gelmektedir. Bazı yazarlar pastörizasyonun violaksantin, anteroksanin (Lee ve Coates, 2003) ve provitamin A karotenoidleri gibi bazı karotenoidlerde azalmaya neden olduğunu bildirmiştir (Lessin ve ark., 1997).

Turunçgil meyveleri karotenoid içeriği bakımından diğer meyve ve meyve suları ile kıyaslandığında, hem toplam karotenoid hem de karotenoid bileşimi açısından daha zengindir (Gama ve Sylos, 2007).

Pupin ve ark (1999), lutein, zeaksantin, β -kriptoksanin, α -karoten ve β -karoten, Brezilya portakal suyu örneklerinde belirlemişlerdir. Fabrikada üretilen konsantrelerden elde edilen konsantrasyonları, Brezilya marketlerinden temin edilen portakal suları ve elde sıkılan portakallardan elde edilen meyve sularının konsantrasyonları ile karşılaştırmışlardır. Vitamin A'nın en önemli kaynağı olan β -karotenin konsantrasyonunun 0.11-1.21 mg/L arasında değişkenlik gösterdiğini belirlemişlerdir. β -karoten konsantrasyonunun en fazla Pera çeşidinde bulunduğunu ve bunu Valensiya, Natal, Lima ve Baia çeşitlerinin izlediğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, fabrikadan temin edilen konsantre donmuş portakal suyu örneklerinde toplam karotenoid konsantrasyonunun 0.26-0.48 mg/L arasında değişkenlik gösterdiğini, marketlerden elde edilen donmuş portakal sularında ise karotenoid konsantrasyonunun biraz daha fazla olduğunu (0.46-0.81 mg/L), konsantre donmuş portakal suyu pulp yıkama örneklerinin 0.04-0.08 mg/L gibi daha

düşük konsantrasyonlarda toplam karotenoid konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Gama ve Sylos (2005), Brezilya Valensiya portakallarından üretilen portakal sularının karotenoid bileşimini açık kolon kromatografisi ve HPLC yöntemleri ile belirlemişlerdir. Araştırmacılar, karotenoid pigmentlerini aseton kullanarak ekstrakte etmiş ve %10 metanolik potasyum hidroksit ile sabunlaştırmışlardır. Açık kolon kromatografisi ile 16 pigmenti izole etmişler ve α -karoten, ξ - karoten, β -karoten, α -kriptoksantin, β -kriptoksantin, lutein-5,6-epoksit, violaksantin, lutein, anteraksantin, zeaksantin, luteoksantin A, luteoksantin B, mutatoksantin A, mutatoksantin B, auroksantin B ve trolikrom B olarak belirlemişlerdir. Gama ve Sylos, 13 karotenoid pigmentini C₁₈ ters-faz kolonuna üçlü gradient (asetonitril-metanol-etilasetat) akış kullanarak uzaklaştırmışlardır. Bunlar arasında violaksantin, lutein, zeaksantin, β -kriptoksantin, ξ - karoten, α -karoten ve β -karoten miktarlarını belirlemişlerdir. Toplam karotenoid içeriğinin 12 ± 6.7 mg/L ve temel karotenoidlerin lutein (%23), β -kriptoksantin (%21) ve zeaksantin (%20) olduğunu bildirmişlerdir.

Gama ve Sylos (2007), Brezilya Valensiya portakal çeşitlerinde ısı pastörizasyondan ve konsantrasyondan kaynaklanan karotenoid pigment içeriklerindeki değişiklikler üzerine çalışmışlardır. Araştırmacılar, ısı pastörizasyondan ve konsantrasyondan sonra toplam karotenoid pigment kaybını önemli bulmamakla birlikte ısı etkilerinin özellikle violaksantin ve lutein üzerinde olmak üzere karotenoid pigment içeriğine etkilerini net bir şekilde gözlemiş ve önemli bulmuşlardır. Pastörizasyonun, violaksantin içeriğini %38 ve lutein içeriğini %20 azalttığını, konsantrasyon prosesinin ise lutein kaybı (%17) ile sonuçlandığını bildirmişlerdir. Luteinin kaybıyla birlikte β -kriptoksantin, pastörize ve konsantre edilen meyve sularında temel karotenoid haline geldiğini ve pastörizasyon ve konsantrasyondan sonra meyve suyundaki provitamin A (β -karoten, α -karoten ve β -kriptoksantin) ve zeaksantin içeriğinde önemli bir düşüş olmadığını açıklamışlardır.

Işık (2008), Kozan Yerli portakal çeşidinden elde edilen portakal suyunda β -karoten, β -apo-8'-karotenal, lutein, ksantofil $\alpha\alpha$ ve zeaksantini tanımlamıştır. Çalışmasında portakal suyuna 75, 80 ve 85°C'de ısı pastörizasyon uygulamış ve

karotenoidler üzerine etkisini sorgulamıştır. Elde ettiği sonuçlara göre tüm karotenoid bileşenlerde önemli düzeyde bir değişim tespit etmemiştir.

Fratianni ve ark. (2010), portakal suyundaki karotenoidlerin farklı süre/sıcaklık koşullarında mikrodalga ile ısıtılması sırasında parçalanmasını izlemişlerdir. HPLC ile çeşitli karotenoidler belirlemiş ve miktarlarını tespit etmişlerdir. Karotenoidlerin parçalanma hızlarının mikrodalga ile ısıtılma sıcaklıklarından etkilendiğini, 60°C ve 70°C'de 10 dak ısıtıldığında lutein ve provitamin A karotenoidlerinin daha fazla kararlılık gösterirken violaksantin ve anteraksantin en kararsız bileşikler olduğunu tespit etmişlerdir. 85°C'de 1 dk mikrodalga ile ısıtılmasından sonra hemen hemen bütün karotenoidlerde yaklaşık %50 düşüş gözlemlendiğini, toplam karotenoidlerin sıcaklığa hassasiyetinin (z değeri) 16.7°C olduğunu, z değerlerinin β -karoten için 10.9°C ve anteraksantin için 16.7°C olduğunu bildirmişlerdir.

Kozan Yerli portakal suyunda en baskın karotenoidlerin çoktan aza doğru β -kriptoksantin, lutein ve zeaksantin olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra portakal suyunda tespit edilen diğer karotenoidler çoktan aza doğru, kantaksantin, β -karoten, α -karoten ve β -apo-8'-karotenol olarak sıralanmıştır. Yapılan kromatografik analiz sonucu likopen Kozan Yerli portakal suyunda tespit edilmemiştir (Ağçam, 2011).

Turunçgil sularında bulunan başlıca karotenoidlerin ise α -karoten, β -karoten, β -kriptoksantin, lutein ve zeaksantin olduğu bildirilmektedir (Sanchez-Moreno ve ark., 2003).

Turunçgil meyve suları birçok ülkede fazla miktarda tüketilmekte ve günümüzde tüketiciler minimum seviyede kimyasalla veya hiç kimyasal olmadan korunmuş tadı, tekstürü ve rengi en iyi olan yüksek kalitede gıdaları tüketmek istemektedir.

Portakal suyu dünya genelinde içecek üreten endüstriler tarafından üretilen en yaygın meyve suyudur. Bir meyvenin rengi kalite faktörlerinin başında gelir ve o meyvenin kabul edilebilirliğinde dikkate değer etki yapar. Portakal suyunun rengi, temel olarak karotenoid pigmentlerinden kaynaklanır (Lee ve Coates, 2003; Vikram ve ark., 2005; Meléndez- Martínez ve ark., 2005) ve ürünün olgunlaşmasıyla, saflık maddelerinin varlığından, teknolojik uygulamalardan, depolama koşullarından,

mikroorganizmaların yaptığı değişikliklerden, esmerleşme reaksiyonlarından etkilenir.

Lee ve Coates (2003), Valensiya portakal suyunun ısı pastörizasyonundan kaynaklanan karotenoid pigment içeriğindeki ve meyve suyu rengindeki değişiklikler üzerinde çalışmıştır. 90°C’de 30 sn ısı pastörizasyondan sonra toplam karotenoidlerde önemli derecede kayıp olduğunu görmüşlerdir. Özellikle violaksantin (-%46.4) ve anteraksantinde (-%24.8) olmak üzere ısının karotenoid pigmentlerine etkisini net bir şekilde gözlemişlerdir ve pastörize edilmiş Valensiya portakal suyunda violaksantin ve anteraksantinde olan kayıpla birlikte luteinin temel karotenoid olduğunu ve bunu zeaksantin izlediğini bildirmişlerdir.

3.MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Portakal

Bu çalışmada Çukurova yöresinde yetiştirilmiş olan Kozan Yerli çeşidi portakal kullanılmıştır (Şekil 3.1). Yaklaşık 175 kg Kozan Yerli portakal çeşidi Kozan ilçesinin Düzağaç köyünden olgunluk döneminde hasat edilmiş ve uygun taşıma koşullarında Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümü soğuk hava deposunda (+4°C) işleninceye kadar depolanmıştır.

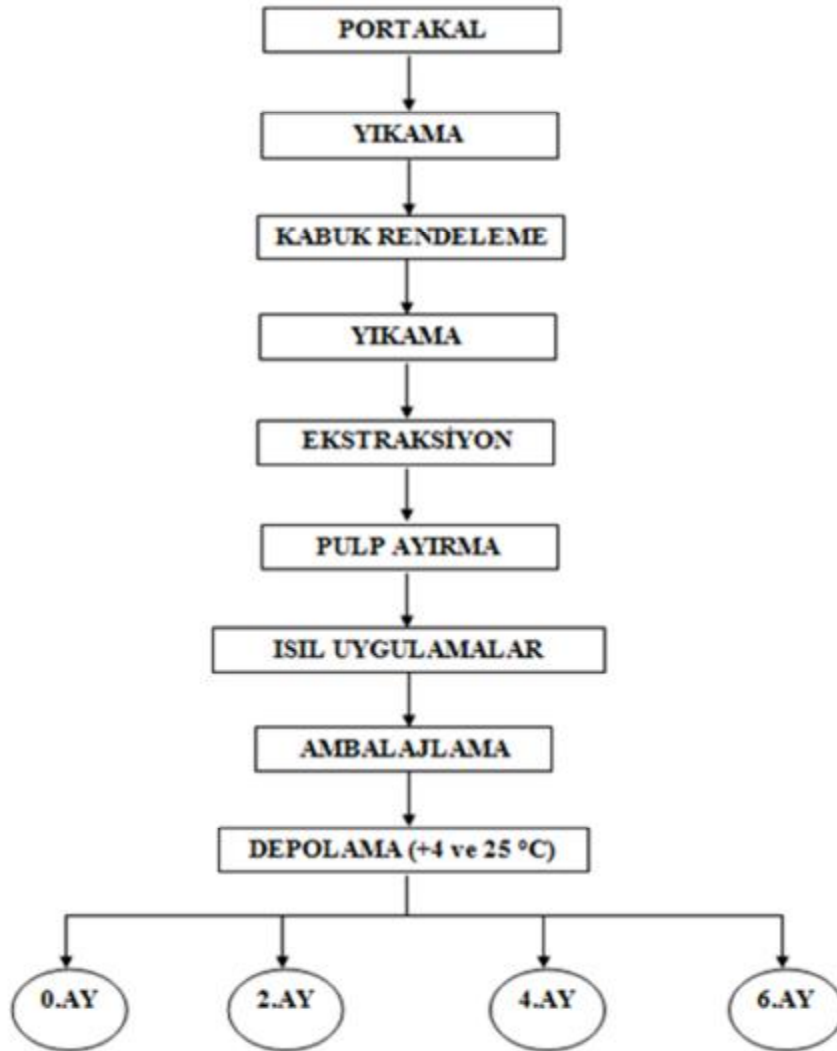


Şekil 3.1. Kozan Yerli portakal çeşidi

3.2. Metot

3.2.1. Portakal Suyuna Uygulanan Teknolojik İşlemler

Portakal suyu üretimi için uygulanan akım şeması Şekil 3.2’de verilmiştir. Yıkanan portakallar, flavedo tabakasındaki kabuk yağını uzaklaştırmak için, el tipi kabuk aşındırıcı ile tıraşlama işlemine tabi tutulmuştur. Flavedo tabakası tıraşlanan portakallar, yıkandıktan sonra otomatik turunçgil ekstraktör makinesi (Can Can, Türkiye) (Şekil 3.3) ile sıkılmıştır.



Şekil 3.2. Portakal suyu üretimi akış şeması



Şekil 3.3. Otomatik portakal sıkma makinesi

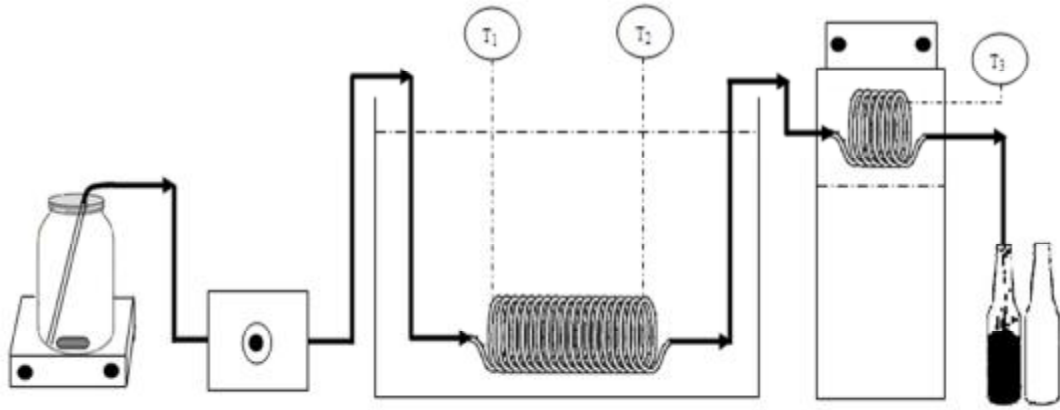
Elde edilen portakal suyu, 1 mm paslanmaz çelik eleklerden geçirilerek çekirdek ve kaba pulp parçalarından ayrılmıştır.

Portakal suyuna 70-90 °C arasında (70, 75, 80, 85 ve 90 °C) 5 farklı sıcaklık derecesi ve 5 farklı (15, 30, 60 90 ve 120 sn) sürede ısı işlem uygulanmıştır. Bu işlemi takiben portakal suları önceden sterilize edilmiş kahverengi 100 mL'lik şişelerde ambalajlanmıştır. Ayrıca elde edilen portakal suyu örnekleri +4 ve 25°C' de altı ay boyunca depolanarak ikişer ay aralıklarla analize tabi tutulmuştur. Depolamayla birlikte HMF konsantrasyonunda meydana gelen değişimler ve oluşum kinetiği ile ürünün diğer özellikleri incelenmiştir. Çalışma 3 tekerrürlü uygulanmıştır.

3.2.1.1. Isıl Pastörizasyon Sistemi

Portakal sularına ısı pastörizasyon uygulamaları için Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde tasarlanan ve sürekli bir rejimle çalışan ısı işlem düzeneği kullanılmıştır. Sistem manyetik karıştırıcı, peristaltik pompa ve peristaltik pompa hortumları, su banyosu, ısı değiştiriciler ve soğutmalı su sirkülatöründen

oluşmaktadır (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5). İstenen ısı normu gerçekleştirebilmek amacıyla ilk olarak sıcaklıklar su banyosunda sabit tutulmuş ardından peristaltik pompanın farklı devirlerinde portakal suyunun ısı değiştiricideki (borusal) kalış süreleri belirlenmiştir. Portakal suyunun sistemde kalış süreleri elde edilen grafik aracılığıyla belirlenmiştir. Bu grafiğe ilişkin denklem vasıtasıyla istenen ısı işlem normunu gerçekleştirmek için pompa devrine karşılık gelen süreler hesaplanmıştır (Ağçam, 2011) (Şekil 3.6).

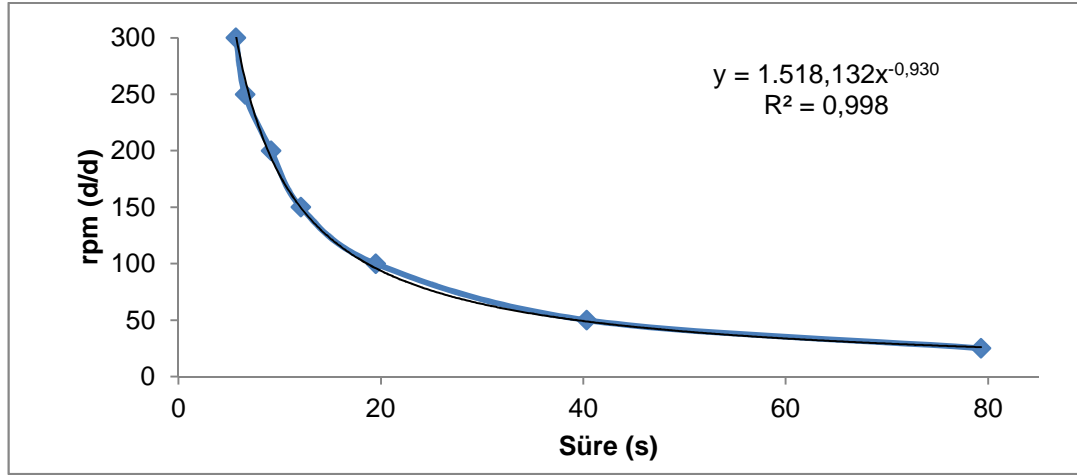


Şekil 3.4. Pastörizasyon düzeneğinin şematik gösterimi (Ağçam, 2011)



Şekil 3.5. Portakal suyunun ısı pastörizasyonu uygulamalarında kullanılan dükenek

Portakal suyunun hedeflenmiş sıcaklığa çıkış süresi ayrıca dikkate alınmıştır. Portakal suyu bileşimini ve duyu özelliklerini ısının yıkıcı gücünden en iyi düzeyde koruyabilmek için su sirkülatörü +4 °C'ye ayarlanmıştır.



Şekil 3.6. Farklı pompa çalışma devirlerinde krom borular içinde portakal suyunun kalış süresini tanımlayan grafik

3.2.2. Portakal Suyuna Uygulanan Analizler

Portakal suyu örnekleri; taze portakal suyundan, pastörizasyon aşamalarından ve depolanan örneklerden alınmıştır.

Alınan portakal suyu örneklerine pH, suda çözünür kuru madde, esmerleşme indeksi, renk, askorbik asit içeriği, HMF miktarı, furfural ve toplam karotenoid miktarı analizleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

3.2.2.1. pH Tayini

Portakal sularındaki pH tayini, cam elektrotlu WTW marka pH metre kullanılarak oda koşullarında yapılmıştır (Cemeroğlu, 1992).

3.2.2.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

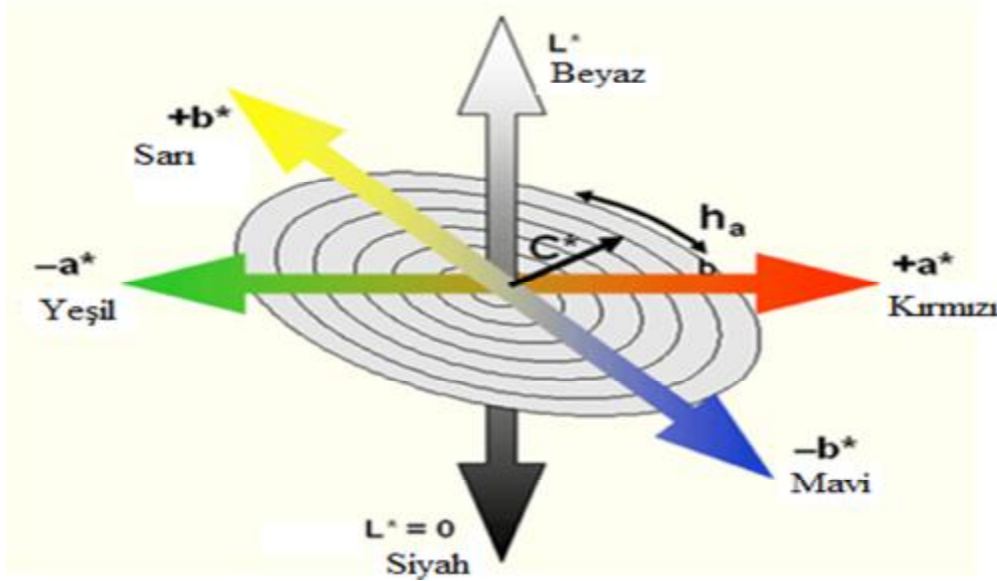
Portakal sularındaki çözünen kuru madde, masa tipi Abbe refraktometresi ile 20°C'de ölçülmüştür. Sonuçlar °Briks olarak ifade edilmiştir (Sánchez-Moreno ve ark., 2003).

3.2.2.3. Esmerleşme İndeksi Tayini

10 mL portakal suyu örneği 3000 rpm de 10 dk süresince santrifüj edilip (Heraeus Primo R Biofuge, Osterode, Almanya 2005) üstte kalan berrak kısımdan 5 mL alınmıştır. Bunun üzerine 5 mL etil alkol (%95'lik) ilave edilerek tekrar santrifüj edilmiş ve 420 nm dalga boyunda UV/VIS spektrofotometre (Perkin Emler Lambda 25 Massachusetts, USA, 2005) yardımı ile örneğin absorbans ölçümü yapılmıştır (Meydav ve ark., 1977).

3.2.2.4. Renk Tayini

Portakal suyu örneklerinin rengi Color Flex Hunter Lab renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Renk ölçümü için 50 mL portakal suyu örneği 20 mm Glass Optical Cell Light Path küvetine aktarılıp Hunter Lab renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Bu sistemde 4 filtre kullanılarak L^* , a^* , b^* renk değerleri elde edilmektedir. L^* , a^* , b^* değerleri 3 boyutlu koordinat sistemi ile verilmekte ve bu koordinat sisteminde L^* değeri dikey ekseninde parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken $+a^*$ kırmızılığa, $-a^*$ yeşillığe, $+b^*$ sarılığa, $-b^*$ ise maviliğe gidişi göstermektedir. Bu ölçümlere ilave olarak C^* (Kroma, renk yoğunluğu, $\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$) ve Hue ($\arctan b^*/a^*$) değerleri hesaplanmıştır (Lee ve ark., 2001) (Şekil 3.7).

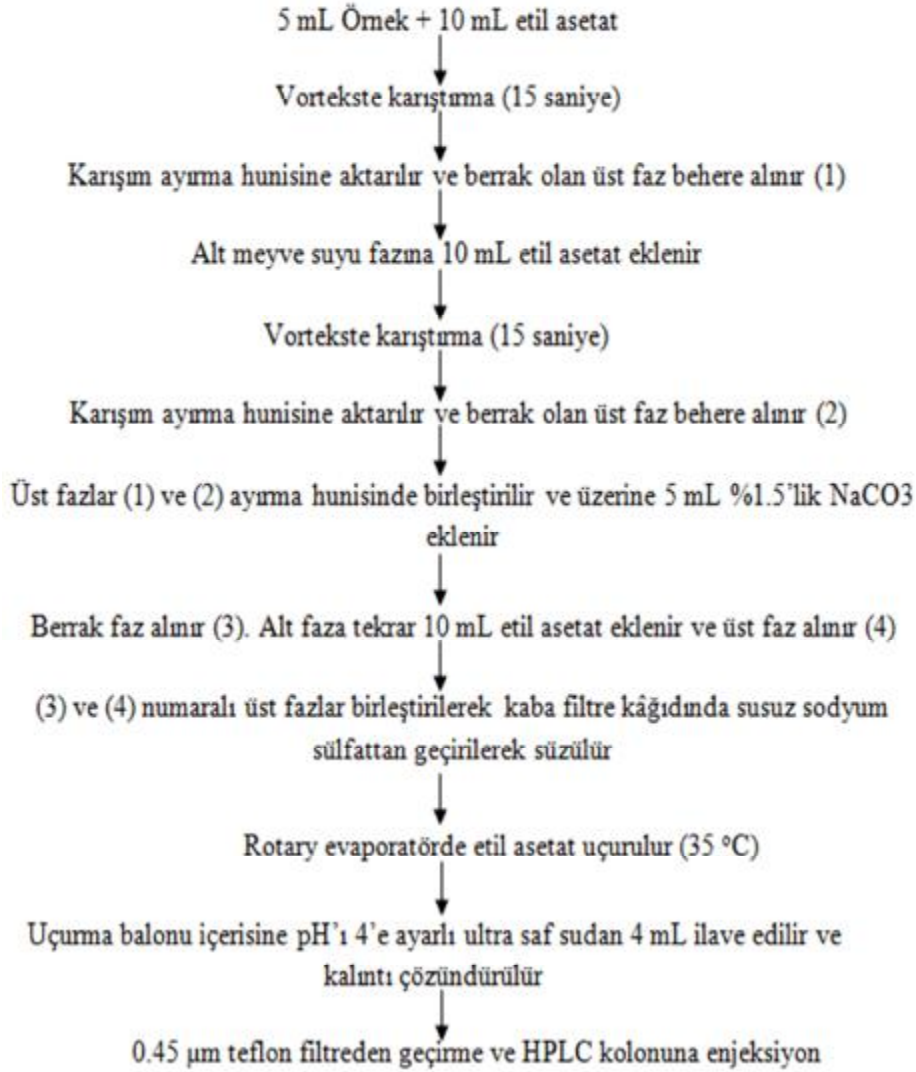


Şekil 3.7. CIELAB (The International Commission on Illumination L, a, b) renk skalası (Anon., 1996)

3.2.2.5. Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini

Hidroksimetilfurfural (HMF), meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunmayan ancak ısı ve asit etkisiyle monosakkaritlerden oluşan bir bileşiktir.

Portakal suyu örneklerinde HMF tayini, yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin ekstraksiyonunda ise Gökmen ve Acar (1998) tarafından önerilen yöntem laboratuvarımız koşullarına uyarlanarak kullanılmıştır. Analizin prensibi portakal suyu örneklerinin etil asetat ile ekstraksiyonu ve sonra sulu sodyum karbonat çözeltisi ile fenoliklerin uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. HPLC’de uygulanan akış ise Zappala ve ark. (2006)’nin yöntemine göre yapılmıştır. HMF tayininde kullanılan yöntem Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8. Hidroksimetilfurfural tayin yönteminin akış şeması

Kromatografi koşulları;

Mobil faz: Metanol/Su/Asetik asit (20/79/1) izokratik akış

Enjeksiyon hacmi: 20µL

Akış hızı: 0.5mL/dk.

Elüsyon süresi: 15 dk.

Dalga boyu: 285nm

Kolon: ACE 5 C18 250*4.6mm

Kolon sıcaklığı: 30°C

Dedektör: Foto Diyod Dedektör (PDA)

3.2.2.6. Askorbik Asit Tayini

Portakal suyu örneğinden 5 mL alınarak test tüpüne aktarılıp üzerine 5 mL % 2.5 Metafosforik asit çözeltisi eklenmiştir. Karışım + 4°C’ de 2500 x g’ de Heraeus Biofuge Primo R marka (Osterode, Almanya) marka cihazda 10 dakika süre ile santrifüjlenmiştir. Santrifüj tüpündeki berrak kısımdan 0.5 mL alınıp % 2.5’lik M-fosforik çözeltisi ile 10 mL’ ye tamamlanmıştır. Bu karışım 0.45 µm’ lik teflon filtreden geçirilerek HPLC (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) cihazına enjekte edilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

Kromatografi koşulları;

Kolon: XTERRA C 18, 5 µM, 4.6X250

Kolon sıcaklığı: 25 °C

Hareketli faz: % 2 KH₂PO₄ (pH 2.4), izokratik akış

Hareketli faz akışı: 0.5 mL/dk.

Enjeksiyon hacmi: 10 µL

Elüsyon Süresi: 15 dk.

Dalga Boyu: 244 nm

3.2.2.7. Toplam Karotenoid Madde Tayini

Portakal sularının toplam karotenoid miktarları için Lee ve ark. (2001)’nin daha önce belirtmiş oldukları yöntem laboratuvarımız koşullarına uygun hale getirilerek kullanılmıştır. Bunun için 5 mL portakal suyu teflon bir tüpe aktarılıp üzerine 10 mL ekstraksiyon çözeltisi (hekzan: aseton: metanol/50:25:25, %0.1 BHT içerikli) ilave edilmiştir. Bu işlemi takiben bir karıştırma işlemi uygulandıktan hemen sonra 4000 rpm, 10 dk, 4°C’de santrifüjleme işlemi yapılmıştır. Santrifüjleme sonrası vakit kaybetmeden 450 nm’de absorbans ölçülmüştür. Toplam karotenoid β-karoten cinsinden ifade edilmekte olup hesaplamada ekstinksiyon katsayısı ($E^{1/2}$) 2505 olarak kullanılmıştır.

$$\text{Toplam karotenoid } \left(\frac{\text{mg}}{100 \text{ mL}} \right) = \frac{\text{Absorbans} * \text{SF}}{E^{1/2}} \times 1000$$

SF: Seyreltme faktörü

$E^{1/2}$ = Ekstinksiyon katsayısı (2505)

3.2.2.8. İstatistiksel Değerlendirme

Analiz sonuçları, SPSS 20.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir (Bek ve Efe, 1988).

3.2.2.9. Kinetik Parametrelerin Hesaplanması

3.2.2.9.1. Reaksiyon Hız Sabitinin (k) Hesaplanması

HPLC metodu ile elde edilen HMF değerlerindeki değişimler “y” eksenine, bu değerlere karşılık gelen sabit sıcaklıktaki süreler “x” eksenine işlenerek bir eğri elde edilip, eğriye regresyon analizi uygulanarak eğrinin denklemi hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2005). Bu işlem çalışmada uygulanan her sıcaklık için yapılmış ve regresyon analizi sonucunda elde edilen denklemlerin eğim değerleri kullanılarak reaksiyon hız sabitleri bulunmuştur. Elde edilen denklemin eğimi bize işlem sıcaklığındaki HMF oluşum reaksiyonunun hızını vermiştir.

Çalışmada, portakal suyunda farklı ısıl işlem normları ve depolama süresince HMF'nin oluşum kinetiği belirlenmiştir. HMF oluşumunun hangi kinetik modele ve diferansiyel eşitliğe uygun olduğu ayrıca tespit edilmiştir. Reaksiyon hız sabitleri ile diğer tüm kinetik parametrelerin hesaplanmasında Cemeroğlu (2005) tarafından verilen hesaplama yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Farklı derecelerdeki (0., 1., 2. ve 3. derece) reaksiyon kinetiğine ilişkin diferansiyel denklem ve çözümleri aşağıda verilmiştir. Denklemlerde geçen C_0 başlangıç konsantrasyonunu (mg/L), C belirli bir ısıl işlem veya depolama

sonrasında bileşenin konsantrasyonunu (mg/L), t süreyi (gün), $t_{1/2}$ yarı ömür süresini (gün) ve k ilgili reaksiyon derecesindeki hız sabitini ifade etmektedir.

$$\frac{dC}{dt} = -kC^0, \quad C_o = C - kt, \quad t_{1/2} = \frac{C_o}{2k}, \quad \left(k, \frac{mg}{L \cdot gün}\right)$$

$$\frac{dC}{dt} = -kC^1, \quad \ln(C_o) = \ln(C) - kt, \quad t_{1/2} = \frac{0.693}{k}, \quad (k, 1/gün)$$

$$\frac{dC}{dt} = -kC^2, \quad 1/C = 1/C_o - kt, \quad t_{1/2} = \frac{1}{C_o k}, \quad \left(k, \frac{L}{mg \cdot gün}\right)$$

$$\frac{dC}{dt} = -kC^3, \quad 1/C^2 = 1/C_o^2 - kt, \quad t_{1/2} = \frac{1}{C_o^2 k}, \quad \left(k, \frac{L^2}{mg^2 \cdot gün}\right)$$

Depolama süresince bileşenlerin konsantrasyonuna ilişkin elde edilen veriler ayrıca yukarıdaki diferansiyel eşitliklere uyarlanıp grafikleri Microsoft Office Excel 2010'da çizilmiştir. Farklı sıcaklık, süre ve depolama süresince HMF'nin konsantrasyonundaki değişimin hangi dereceden kinetiğe uygun gerçekleştiğini bulmak için, reaksiyon derecelerine ilişkin elde edilen denklemlerden regresyon katsayısı bire en yakın olan seçilmiştir (Labuza, 1984).

3.2.2.9.2. Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması

Reaksiyon kinetiğine ilişkin verilerin çözümlenmesi için kimyasal reaksiyonlarda sıkça başvurulan Arrhenius eşitliği kullanılmıştır. Arrhenius eşitliği ile reaksiyon hızının sıcaklıkla ilişkisi tanımlanır ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$k_T = k_0 \cdot e^{\frac{-Ea}{R.T}}$$

$$\ln(k_T) = \ln(k_0) - Ea/(R.T)$$

k_T = Reaksiyon hız sabiti (s^{-1})

T= sıcaklığı (K)

E_a = aktivasyon enerjisi ($Jmol^{-1}$)

R=Evrensel gaz sabiti ($Jmol^{-1}K^{-1}$) ($1.987 cal mol^{-1} K^{-1}$)

k_0 = Reaksiyona girecek maddelerin karşılaşma olasılığı (frekans faktörü) (s^{-1})

Bu amaçla; incelenen reaksiyona ilişkin k değerlerinin doğal logaritmaları (ln k) aritmetik skalalı bir grafiğin “y” eksenine ve bu değerlere karşılık gelen sıcaklık (K) değerlerinin resiprokali ($1/T$), aynı grafiğin “x” eksenine işlenerek linear bir eğri elde edilmiştir. Bu eğriye regresyon analizi uygulanmış ve elde edilen denkleme ait eğim ile gaz sabiti çarpılarak aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2005).

3.2.2.9.3 D ve z Değerlerinin Hesaplanması

D ve z değerlerini belirlemek için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır. Verilen eşitlikler sıcaklığa dayalı proseslerde kullanılan termobakteriyolojik kökenli eşitlikler olup kimyasal reaksiyonlar içinde kullanılabilir. Dolayısıyla bunlardan D, sabit bir sıcaklıkta HMF konsantrasyonunda % 90 artış olmasına neden olan süreyi ve z değeri ise belirli bir sıcaklıktaki D değerini 10 kat azaltması için gerekli olan sıcaklık artışını tanımlamaktadır.

$$D_T = 2.303/k_T, \quad z_T = T_2 - T_1 / (\log D_{T1} - \log D_{T2})$$

D değeri için farklı sıcaklıklardaki HMF oluşum ilişkin reaksiyon hız sabiti formüldeki yerine konarak ve z değerleri ise elde edilen D ve hesaplandıkları sıcaklık değerlerinden yola çıkılarak hesaplanmıştır. Aktivasyon enerjisi ile z değerleri birbirleriyle ters orantılıdır. Buna göre bir reaksiyonun E_a değeri yüksekse, z değeri düşüktür (Özkan ve ark., 2010).

3.2.2.9.4. Q₁₀ Değerinin Hesaplanması

Q₁₀ değeri bir reaksiyonda sıcaklığın 10 °C artması halinde reaksiyon hızının kaç kat arttığını ifade etmektedir. Burada sıcaklığın 10 °C artması durumunda HMF oluşum hızının kaç kat artacağı anlaşılacaktır. Q₁₀ değerini hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$Q_{10} = \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^{\frac{10}{T_2-T_1}} \quad \text{veya} \quad \ln(Q_{10}) = \frac{E_a}{R} \frac{10}{T_2 T_1}$$

Bu eşitliklerdeki T₂ ve T₁ iki farklı sıcaklığı (K), k₂ ve k₁ farklı sıcaklıklardaki reaksiyon hız sabitlerini, E_a aktivasyon enerjisini (Jmol⁻¹) ve R gaz sabitini (Jmol⁻¹K⁻¹) tanımlamaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Portakal Meyvesinin Genel Özellikleri

Kozan Yerli portakal çeşidinin genel meyve analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre meyvenin sahip olduğu en ve boy değerleri sırasıyla 5.60 ± 0.45 ve 5.19 ± 0.31 cm olarak, meyve suyu verimi ise % 41.00 ± 1.70 düzeyinde belirlenmiştir. Bu meyveden elde edilen portakal suyunun suda çözünür kurumadde (SÇKM%) değeri 12.50 ± 0.25 , pH değeri 3.20 ± 0.01 , titrasyon asitliği içerikleri 1.60 ± 0.03 g/100mL ve olgunluk indeksi 7.81 ± 0.10 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 1. Kozan Yerli portakal çeşidinin genel özelliklerine ait ortalama değerler

Özellikler	Kozan Yerli
En (cm)	5.60 ± 0.45
Boy (cm)	5.19 ± 0.31
Verim (%)	41.00 ± 1.70
SÇKM (%)	12.50 ± 0.25
pH	3.20 ± 0.01
Titrasyon Asitliği (TA, g/100mL*)	1.60 ± 0.03
Olgunluk İndeksi (SÇKM/TA)	7.81 ± 0.10

*Sitrik asit cinsinden

Altan (1995), bir çalışmasında Kozan Yerli çeşidinden elde edilen meyve suyunun verimini %48, olgunluk indeksini 8.0, SÇKM değerini %13, titrasyon asitliği miktarını 1.66 g/100mL ve pH değerini 3.56 olarak tespit etmiştir.

Işık (2008), Kozan Yerli meyvesinden elde edilen portakal suyu üzerine yapmış olduğu çalışmada meyvenin enini 6.5-7.2 cm, boyunu 6.2-7.0 cm arasında ve meyve suyu verimini % 44 olarak tespit ettiğini rapor etmiştir.

Ağçam (2011), Kozan Yerli meyvesinden elde edilen portakal suyu üzerine yapmış olduğu çalışmada meyvenin ortalama en ve boy değerleri 6.92 ± 0.64 ve 7.03 ± 0.40 cm olarak, ortalama meyve suyu verimi ise % 41.23 ± 1.72 düzeyinde bildirmiştir. Bu meyveden elde edilen portakal suyunun SÇKM değerini % 11.83 ± 0.29 , pH değerini 3.53 ± 0.01 , titrasyon asitliği değerini sitrik asit cinsinden 1.19 ± 0.04 g/100mL ve son olarak olgunluk indeksini 9.94 ± 0.51 olarak tespit etmiştir.

4.2. Portakal Sularının PH Değerleri

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısıl işlem sıcaklıkları ve sürelerinin, 4°C'deki depolama sırasında pH değerlerindeki değişimler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Isıl işlem sonrasında depolanmamış örneklerin pH değerleri 3.20 ile 3.41 arasında değişmiştir. Farklı ısıl işlem uygulamaları sonrasında ve depolama öncesinde (0. Gün) pH değerlerindeki değişime 75, 80, 85 ve 90°C'deki ısıl işlem uygulamalarında sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 70°C'deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 70°C'deki ısıl işlem uygulamalarından sonra depolama sırasında 60. günde pH değerleri artış gösterirken 120. ve 180. günlerde düşüş tespit edilmiştir ($p < 0.05$). pH değerlerinde 75°C'deki ısıl işlem uygulamalarında, 60. (120 sn uygulaması hariç) ve 120. güne kadar azalma olurken 180. günde hafif bir artış belirlenmiştir. 80°C'deki ısıl işlem uygulamalarında, pH değerlerindeki değişim 60. (120 sn uygulaması hariç) güne kadar önemli bulunmazken 120. ve 180. günde önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 85 ve 90°C'deki ısıl işlem uygulamalarında depolama sırasında pH değerlerinde 120. güne kadar azalma olurken 180. günde hafif artış tespit edilmiştir. Depolama sonunda (180. gün) farklı ısıl işlem sürelerinin etkisi 75, 85 ve 90°C'deki uygulamalarda önemsiz bulunurken 70 ve 80°C uygulamalarında önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Tüm örneklerin pH değerlerinde genel olarak başlangıç değerine göre depolama sonunda azalmalar gözlenmiştir. Isıl işlem sonrasında 4°C'deki depolama sırasında örneklerin pH değerlerinde en fazla % 5 oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında pH değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	pH			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	3.20±0.01 _C ^c	3.30±0.01 _A ^b	3.23±0.01 _B ^a	3.21±0.01 _C ^{ab}
	30	3.22±0.02 _C ^{bc}	3.33±0.01 _A ^a	3.25±0.01 _B ^a	3.22±0.00 _C ^a
	60	3.25±0.01 _B ^b	3.33±0.00 _A ^a	3.25±0.02 _B ^a	3.20±0.01 _C ^b
	90	3.25±0.01 _B ^b	3.31±0.00 _A ^b	3.25±0.02 _B ^a	3.20±0.01 _C ^b
	120	3.28±0.03 _{AB} ^a	3.31±0.00 _A ^b	3.25±0.01 _B ^a	3.21±0.01 _C ^{ab}
75	15	3.35±0.02 _A ^a	3.32±0.00 _B ^{bc}	3.21±0.01 _D ^{bc}	3.24±0.01 _C ^a
	30	3.33±0.02 _A ^a	3.32±0.01 _A ^b	3.22±0.00 _C ^b	3.25±0.01 _B ^a
	60	3.34±0.02 _A ^a	3.32±0.01 _B ^{bc}	3.21±0.01 _D ^{bc}	3.25±0.01 _C ^a
	90	3.33±0.01 _A ^a	3.31±0.01 _B ^c	3.20±0.01 _D ^c	3.25±0.01 _C ^a
	120	3.32±0.01 _B ^a	3.36±0.00 _A ^a	3.25±0.01 _A ^a	3.26±0.02 _A ^a
80	15	3.35±0.01 _A ^a	3.37±0.01 _A ^a	3.25±0.01 _B ^a	3.24±0.01 _B ^c
	30	3.35±0.02 _A ^a	3.36±0.01 _A ^a	3.26±0.01 _B ^a	3.26±0.01 _B ^{ab}
	60	3.37±0.01 _A ^a	3.36±0.01 _A ^a	3.25±0.01 _C ^a	3.28±0.01 _B ^a
	90	3.36±0.02 _A ^a	3.36±0.01 _A ^a	3.26±0.01 _B ^a	3.26±0.01 _B ^b
	120	3.35±0.01 _B ^a	3.36±0.01 _A ^a	3.25±0.00 _C ^a	3.25±0.01 _C ^b
85	15	3.35±0.03 _A ^a	3.33±0.01 _A ^b	3.21±0.01 _B ^a	3.22±0.01 _B ^a
	30	3.37±0.01 _A ^a	3.32±0.00 _B ^{bc}	3.22±0.01 _D ^a	3.24±0.01 _C ^a
	60	3.37±0.01 _A ^a	3.31±0.01 _B ^c	3.21±0.02 _D ^a	3.25±0.01 _C ^a
	90	3.37±0.01 _A ^a	3.31±0.01 _B ^c	3.21±0.01 _D ^a	3.24±0.01 _C ^a
	120	3.37±0.01 _A ^a	3.36±0.01 _A ^a	3.21±0.01 _C ^a	3.25±0.02 _B ^a
90	15	3.38±0.02 _A ^a	3.29±0.01 _B ^b	3.19±0.01 _D ^b	3.25±0.01 _C ^a
	30	3.40±0.01 _A ^a	3.32±0.01 _B ^a	3.20±0.00 _D ^a	3.24±0.01 _C ^a
	60	3.39±0.01 _A ^a	3.32±0.01 _B ^a	3.21±0.01 _D ^a	3.25±0.01 _C ^a
	90	3.41±0.02 _A ^a	3.33±0.01 _B ^a	3.20±0.01 _D ^a	3.24±0.02 _C ^a
	120	3.40±0.02 _A ^a	3.33±0.01 _B ^a	3.20±0.01 _D ^a	3.24±0.01 _C ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısı işlem sıcaklıkları ve sürelerinin, 25°C'deki depolama sırasında pH değerlerindeki değişimler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

85°C'deki uygulamada pH değerlerindeki değişime uygulama sürelerinin etkisi, depolama boyunca önemsiz bulunmuştur. 80 ve 90°C'lerdeki ısı işlem uygulamalarında, pH değerlerindeki değişime 0 ve 180. günlerde sürelerin etkisi önemli bulunmazken 60. ve 120. günlerde önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 85 ve 90°C'deki ısı işlem uygulamalarında depolama sırasında pH değerlerinde 120. güne kadar azalma olurken 180. günde hafif artış tespit edilmiştir. 70,75 ve 80°C deki ısı işlem uygulamalarında pH değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda artış gözlenirken ($p < 0.05$), 85 ve 90°C uygulamalarda ise azalma tespit edilmiştir.

Isıl işlem sonrasında 25°C'deki depolama sırasında örneklerin pH değerlerinde 70, 75 ve 80 °C'de %5'e kadar değişen oranlarda bir artma söz konusu olduğu ancak 85 ve 90 °C'lerde %3 ile %6 arasında değişen oranlarda azalma olduğu tespit edilmiştir.

Selli ve ark. (2004), Kozan Yerli portakal suyu üzerine yapmış oldukları bir çalışmada pH değerini 3.4 olarak belirlemişlerdir. Aynı çeşitte yapılan farklı ısı normlarının meyve suyu kalitesi üzerine etkisinin sorgulandığı diğer bir araştırmada, taze portakal suyu pH'ı 3.04 ± 0.12 ve farklı ısı normlarına tabi olan örneklerin ortalama pH değerini 3.15 ± 0.01 olarak belirlemiştir (Işık, 2008).

Li-Ying ve ark. (2008), 7 tür portakal suyunun fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, 7 portakal türünün pH değerinin 3.81 ile 4.31 aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Timmermans ve ark. (2011), ısı pastörizasyon, yüksek basınç ve yüksek vurgulu elektrik alanı proseslerinin portakal suyu kalite parametreleri üzerine yaptığı çalışmada hiçbir işlem görmemiş portakal suyunun pH değerini 3.37; ısı pastörizasyon, yüksek basınç ve yüksek vurgulu elektrik alanı proseslerinin uygulandığı portakal sularının her birinde ise 3.35 olarak tespit etmişlerdir. Hiçbir işlem uygulanmamış ve 3 farklı yöntemle pastörize edilmiş portakal sularında önemli farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.3. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında pH değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	pH			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	3.20±0.01 _B ^c	3.19±0.02 _{BC} ^c	3.16±0.01 _C ^b	3.37±0.00 _A ^b
	30	3.22±0.02 _C ^{bc}	3.28±0.00 _B ^b	3.18±0.00 _D ^a	3.37±0.00 _A ^b
	60	3.25±0.01 _C ^b	3.29±0.01 _B ^b	3.19±0.00 _D ^a	3.38±0.01 _A ^{ab}
	90	3.25±0.01 _C ^b	3.29±0.01 _B ^b	3.18±0.01 _D ^a	3.37±0.01 _A ^{ab}
	120	3.29±0.03 _C ^a	3.34±0.00 _B ^a	3.18±0.01 _D ^a	3.38±0.00 _A ^a
75	15	3.35±0.02 _B ^a	3.37±0.01 _{AB} ^{bc}	3.17±0.01 _C ^b	3.38±0.00 _A ^a
	30	3.33±0.02 _B ^a	3.39±0.01 _A ^{ab}	3.17±0.00 _C ^b	3.37±0.03 _A ^a
	60	3.34±0.02 _B ^a	3.39±0.01 _A ^{ab}	3.18±0.01 _C ^b	3.35±0.01 _B ^b
	90	3.33±0.01 _B ^a	3.37±0.01 _A ^c	3.20±0.01 _C ^a	3.34±0.00 _B ^b
	120	3.33±0.01 _C ^a	3.39±0.00 _A ^a	3.18±0.01 _D ^b	3.34±0.01 _B ^b
80	15	3.35±0.01 _B ^a	3.38±0.02 _A ^d	3.22±0.01 _C ^a	3.39±0.01 _A ^a
	30	3.36±0.02 _B ^a	3.40±0.00 _A ^c	3.16±0.01 _C ^d	3.40±0.01 _A ^a
	60	3.37±0.01 _C ^a	3.43±0.01 _A ^b	3.18±0.01 _D ^c	3.40±0.01 _B ^a
	90	3.36±0.02 _B ^a	3.39±0.01 _A ^{cd}	3.19±0.01 _C ^b	3.40±0.01 _A ^a
	120	3.35±0.01 _C ^a	3.47±0.02 _A ^a	3.19±0.01 _D ^b	3.39±0.00 _B ^a
85	15	3.35±0.03 _A ^a	3.29±0.01 _B ^a	3.17±0.00 _C ^a	3.26±0.03 _B ^a
	30	3.37±0.01 _A ^a	3.30±0.01 _B ^a	3.17±0.01 _D ^a	3.22±0.02 _C ^a
	60	3.37±0.01 _A ^a	3.30±0.02 _B ^a	3.17±0.01 _D ^a	3.22±0.01 _C ^a
	90	3.38±0.01 _A ^a	3.29±0.01 _B ^a	3.17±0.01 _D ^a	3.19±0.01 _C ^a
	120	3.37±0.01 _A ^a	3.30±0.01 _{AB} ^a	3.20±0.05 _C ^a	3.26±0.08 _{BC} ^a
90	15	3.39±0.02 _A ^a	3.34±0.00 _B ^c	3.13±0.01 _D ^c	3.21±0.01 _C ^a
	30	3.40±0.01 _A ^a	3.35±0.01 _B ^b	3.15±0.00 _D ^b	3.24±0.01 _C ^a
	60	3.39±0.01 _A ^a	3.35±0.01 _B ^a	3.16±0.01 _D ^a	3.24±0.01 _C ^a
	90	3.41±0.02 _A ^a	3.36±0.00 _B ^a	3.16±0.01 _D ^a	3.26±0.04 _C ^a
	120	3.41±0.02 _A ^a	3.36±0.00 _B ^a	3.16±0.01 _D ^{ab}	3.25±0.03 _C ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi $p<0.05$). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi $p<0.05$).

4.3. Portakal Sularının Suda Çözünür Kuru Madde İçerikleri

Briks, turunçgil sularında kalite derecelendirmesinde en önemli faktörlerden biridir ve farklı türlere ve mevsimlere göre farklılık gösterir.

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısı işlem sıcaklıkları ve sürelerinin, 4°C'deki depolama sırasında suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeriğindeki değişimler Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Isıl işlem uygulanmış örneklerin depolama başlangıcında briks değerleri, 12.17° ile 13.33° arasında değişmiştir. Farklı ısı işlem sıcaklık ve süreleri sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) briks değerlerindeki değişimde 70, 75, 80 ve 90°C'de sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 85°C'deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 70°C'lik ısı işlem uygulanan örneklerde depolama sırasında 60. günde briks değerleri artış gösterirken 120. ve 180. günlerde düşüş tespit edilmiştir ($p<0.05$). Tüm örneklerin briks değerleri depolamanın 120. gününden itibaren azalma göstermiştir. Bu azalma 180. gün ile genelde benzerlik göstermektedir. Depolama sonunda (180. gün) farklı ısı işlem sürelerinin etkisi 70, 75, 80, 85 ve 90°C'deki uygulamalarda önemsiz bulunurken, 85 °C depolama öncesi uygulamaları ile 70 °C 120. gün uygulamalarında önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Isıl işleme tabi tutulan örneklerin briks değerlerinde genel olarak başlangıç değerine göre depolama sonunda azalmalar gözlenmiştir. Bu azalmaların % 2.1 ile % 11.3 arasında değişen oranlarda olduğu tespit edilmiştir.

Farnworth ve ark. (2001), yaptıkları çalışmada Valensiya portakallarından ekstrakte ettikleri meyve suyunun briksini 12.28° olarak ölçmüşlerdir.

Bull ve ark. (2004), yüksek basınç uygulamasının Navel ve Valensiya portakal sularının mikrobiyel, fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi konulu çalışmalarında işlem görmemiş Valensiya portakal suyunun briks değerini 8.7°, yüksek basınç uygulanmış Valensiya portakal suyunun briks değerini 8.7° ve ısı pastörizasyon uygulanmış Valensiya portakal suyunun briks değerini 9.0° olarak tespit etmişlerdir. Basınç veya ısı işlem uygulanan portakal sularında briksin işlem görmemiş meyve suyundan önemli derecede farklı olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.4. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında suda çözünür kuru madde içerikleri (°B)

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Suda Çözünür Kuru Madde			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	12.17±0.29 _B ^a	12.83±0.14 _A ^a	12.17±0.14 _B ^a	11.92±0.14 _B ^a
	30	12.67±0.14 _A ^a	12.75±0.25 _A ^a	12.00±0.00 _B ^{ab}	12.00±0.00 _B ^a
	60	12.58±0.14 _{AB} ^a	12.75±0.25 _A ^a	12.25±0.00 _B ^a	11.42±0.38 _C ^a
	90	12.42±0.38 _{AB} ^a	12.92±0.14 _A ^a	11.75±0.25 _{BC} ^b	11.08±0.72 _C ^a
	120	12.83±0.14 _A ^a	12.92±0.14 _A ^a	12.17±0.29 _B ^a	11.58±0.52 _B ^a
75	15	12.67±0.14 _B ^a	13.00±0.00 _A ^a	11.83±0.14 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a
	30	12.67±0.14 _B ^a	12.92±0.14 _A ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a
	60	12.67±0.14 _B ^a	13.08±0.14 _A ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a
	90	12.83±0.14 _A ^a	13.00±0.00 _A ^a	12.00±0.00 _B ^a	11.83±0.29 _B ^a
	120	12.83±0.14 _A ^a	12.83±0.14 _A ^a	11.83±0.29 _B ^a	11.75±0.25 _B ^a
80	15	12.50±0.00 _B ^a	12.83±0.14 _A ^a	11.92±0.14 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a
	30	12.50±0.00 _B ^a	12.83±0.14 _A ^a	11.50±0.00 _D ^a	12.00±0.00 _C ^a
	60	12.67±0.14 _A ^a	12.92±0.14 _A ^a	11.83±0.29 _B ^a	11.92±0.14 _B ^a
	90	12.50±0.00 _B ^a	13.00±0.00 _A ^a	11.92±0.14 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a
	120	12.58±0.14 _A ^a	12.83±0.14 _A ^a	11.92±0.14 _B ^a	11.83±0.14 _B ^a
85	15	12.58±0.14 _A ^b	12.75±0.25 _A ^a	11.75±0.25 _B ^a	12.00±0.00 _B ^a
	30	12.67±0.14 _A ^b	12.42±0.38 _A ^a	12.00±0.00 _B ^a	12.00±0.00 _B ^a
	60	12.75±0.25 _A ^b	12.92±0.14 _A ^a	11.75±0.25 _B ^a	11.75±0.25 _B ^a
	90	13.33±0.29 _A ^a	12.83±0.14 _B ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a
	120	13.33±0.29 _A ^a	12.83±0.14 _B ^a	11.67±0.29 _C ^a	11.83±0.29 _C ^a
90	15	13.08±0.14 _A ^a	13.08±0.14 _A ^a	12.00±0.00 _B ^a	11.83±0.29 _B ^a
	30	13.17±0.14 _A ^a	12.92±0.14 _B ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a
	60	13.33±0.29 _A ^a	12.83±0.14 _{AB} ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.50±0.50 _{BC} ^a
	90	13.33±0.14 _A ^a	13.00±0.00 _B ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a
	120	13.33±0.14 _A ^a	12.92±0.14 _B ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.00±0.00 _C ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

25°C’de depolanan örneklerdeki suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Depolama sonunda (180. gün) farklı ısı işlem sürelerinin etkisi yalnızca 80 °C depolanan örneklerde önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Isıl işlem sonrasında 25°C’deki depolama sırasında örneklerin briks değerlerinde 85 ve 90°C’de %3.9 ile %11.3 arasında değişen oranlarda bir azalma söz konusu olduğu ancak 70, 75 (30 ve 120 sn hariç) ve 80°C (90 sn hariç)’lerde %0-%6.8 oranında artma olduğu tespit edilmiştir. Briks değişimi 4°C’de depolanan örneklere göre daha fazla olmuştur.

Timmermans ve ark. (2011), ısı pastörizasyon, yüksek basınç ve yüksek vurgulu elektrik alanı proseslerinin portakal suyu kalite parametreleri üzerine yaptıkları çalışmada hiçbir işlem görmemiş portakal suyunun briks değerini 11.59°, ısı pastörizasyon uygulanan portakal suyunun briks değerini 11.54° olarak tespit etmişlerdir.

Önür (2014), 5 farklı reçine ile asitliğin azaltılması işlemine tabi tutulan Valensiya çeşidi portakal suları ile yaptığı çalışmada ekstraksiyon işleminden sonra %11.88-12.83 olan SÇKM değerlerinin asitliği giderildikten sonra azalarak %10.25-11.53 olduğunu bildirmiştir. Pastörizasyon sonrasında benzer değerler tespit etmiştir.

Çizelge 4.5. Portakal suyu örneklerinin 25°C’de depolama sırasında suda çözünür kuru madde içerikleri (°B)

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Suda Çözünür Kuru Madde			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	12.17±0.29 _B ^a	12.92±0.14 _A ^a	12.00±0.00 _B ^a	13.00±0.00 _A ^a
	30	12.67±0.14 _A ^a	13.00±0.00 _A ^a	12.17±0.29 _B ^a	12.92±0.14 _A ^a
	60	12.58±0.14 _B ^a	12.50±0.00 _B ^b	12.08±0.14 _C ^a	13.00±0.00 _A ^a
	90	12.42±0.38 _B ^a	12.50±0.00 _B ^b	12.00±0.00 _C ^a	13.00±0.00 _A ^a
	120	12.83±0.14 _A ^a	12.92±0.14 _A ^a	12.00±0.00 _B ^a	12.92±0.14 _A ^a
75	15	12.67±0.14 _B ^a	12.33±0.29 _C ^b	12.00±0.00 _D ^a	13.00±0.00 _A ^a
	30	12.67±0.14 _A ^a	13.00±0.00 _A ^a	11.75±0.25 _A ^{ab}	12.00±1.73 _A ^a
	60	12.67±0.14 _A ^a	12.83±0.29 _A ^a	11.83±0.29 _B ^a	12.92±0.58 _A ^a
	90	12.83±0.14 _B ^a	12.92±0.14 _B ^a	12.00±0.00 _C ^a	13.25±0.00 _A ^a
	120	12.83±0.14 _A ^a	12.92±0.14 _A ^a	11.50±0.00 _B ^b	12.75±0.43 _A ^a
80	15	12.50±0.00 _B ^a	12.50±0.00 _B ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.83±0.29 _A ^{ab}
	30	12.50±0.00 _A ^a	12.50±0.00 _A ^a	12.00±0.00 _A ^a	13.00±0.00 _A ^a
	60	12.67±0.00 _B ^a	12.58±0.00 _B ^a	11.92±0.00 _C ^a	13.00±0.00 _A ^a
	90	12.50±0.14 _A ^a	12.50±0.14 _A ^a	12.00±0.14 _A ^a	12.50±0.00 _A ^b
	120	12.58±0.00 _{AB} ^a	12.50±0.00 _B ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.83±0.00 _A ^{ab}
85	15	12.58±0.14 _{AB} ^b	12.92±0.14 _A ^a	11.83±0.29 _{BC} ^a	11.17±1.04 _C ^a
	30	12.67±0.14 _A ^b	13.08±0.14 _A ^a	11.00±1.00 _B ^a	12.17±0.14 _A ^a
	60	12.75±0.25 _A ^b	12.08±1.59 _A ^a	10.92±1.66 _A ^a	12.08±0.14 _A ^a
	90	13.33±0.29 _A ^a	12.50±0.43 _B ^a	12.00±0.00 _B ^a	12.33±0.29 _B ^a
	120	13.33±0.29 _A ^a	12.92±0.14 _A ^a	10.25±2.82 _A ^a	11.67±0.58 _A ^a
90	15	13.08±0.14 _A ^a	12.92±0.14 _A ^a	12.00±0.00 _C ^a	12.33±0.29 _B ^a
	30	13.17±0.14 _B ^a	13.00±0.00 _B ^a	12.00±0.00 _A ^a	12.17±0.29 _A ^a
	60	13.33±0.29 _A ^a	13.08±0.14 _A ^a	11.00±0.87 _B ^a	11.83±0.29 _B ^a
	90	13.33±0.14 _A ^a	13.08±0.14 _A ^a	12.00±0.00 _B ^a	11.83±0.29 _B ^a
	120	13.33±0.14 _A ^a	13.08±0.14 _A ^a	11.50±0.50 _B ^a	11.83±0.29 _B ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi $p<0.05$). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi $p<0.05$).

4.4. Portakal Sularının Esmerleşme İndeksleri

Esmerleşme, üretim sırasında uygulanan ısı işleme bağlı olarak oluştuğu gibi, depolama sırasında da belli bir hızla devam etmektedir. Sıcaklığın yükselmesi ile esmerleşme şiddetlenmekte, düşük sıcaklıklarda ise zamana bağlı olarak gelişmektedir (Eskin ve ark., 1971).

Esmerleşme indeksi değeri ürüne uygulanan ısıya dayalı işlemler ve bu işlemlerin şiddetine göre oluşan esmer renkli bileşenlerin bir indeksidir. Bu bileşenlerin ortamdaki birikimi arttıkça absorbe edilen ışık arttığından esmerleşme indeksi değeri de aynı orantıda artmaktadır.

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısı işlem sıcaklıkları ve sürelerine tabi tutulan portakal sularının, 4°C'deki depolama sırasında esmerleşme değerlerindeki değişimler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Isıl işlem sonrasında örneklerin esmerleşme değerleri 0.178 ile 0.228 abs arasında değişmiştir. Farklı ısı işlem sürelerinin etkisi 70, 75, 80 ve 85°C'deki uygulamalarda önemsiz bulunurken 90°C' de önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 70, 75, 80, 85 ve 90°C deki uygulamalarda esmerleşme indekslerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda artış tespit edilmiştir ($p < 0.05$). 4°C'de depolanan örneklerin esmerleşme indekslerinde depolama başlangıcına göre %13.55 ile %58.33 arasında artışlar olmuştur.

Mannheim ve Havkin (1981), portakal suyuna pastörizasyon işleminden sonra uygulanan sıcak dolum ve aseptik dolum yapılmasının üründeki esmerleşme düzeyine etkisini incelemiştir. 15°C sıcaklıkta 70 gün depolanan sıcak dolum yapılmış örneklerde 420 nm'de 0.31 abs okunurken, aseptik dolum yapılmış örneklerde 0.29 abs okunmuştur. 25°C sıcaklıkta depolanan örneklerde ise sıcak dolum yapılanlarda 0.35 abs ve aseptik dolum yapılanlarda 0.33 abs okunmuştur. 4 ay depolama süresi sonunda 4°C'de depolanan örneklerde her iki dolum şeklinde de esmerleşme bakımından önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.6. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında esmerleşme indeksleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Esmerleşme İndeksleri			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	0.179±0.01 _B ^a	0.206±0.01 _B ^a	0.215±0.01 _{AB} ^a	0.247±0.05 _A ^a
	30	0.187±0.00 _C ^a	0.193±0.00 _C ^a	0.227±0.02 ^a	0.261±0.02 _A ^a
	60	0.180±0.00 _C ^a	0.194±0.00 _B ^a	0.224±0.01 _A ^a	0.227±0.00 _A ^a
	90	0.178±0.01 _B ^a	0.205±0.01 _{AB} ^a	0.204±0.02 _{AB} ^a	0.234±0.02 _A ^a
	120	0.182±0.00 _D ^a	0.201±0.01 _C ^a	0.220±0.01 _B ^a	0.248±0.01 _A ^a
75	15	0.204±0.00 _B ^a	0.200±0.01 _B ^a	0.238±0.01 _A ^a	0.250±0.01 _A ^b
	30	0.212±0.00 _B ^a	0.208±0.00 _B ^a	0.234±0.01 _A ^a	0.246±0.01 _A ^b
	60	0.209±0.02 _{BC} ^a	0.192±0.01 _C ^a	0.258±0.00 _A ^a	0.238±0.01 _A ^b
	90	0.206±0.01 _B ^a	0.218±0.02 _B ^a	0.265±0.03 _A ^a	0.279±0.01 _A ^a
	120	0.228±0.02 _A ^a	0.223±0.01 _A ^a	0.266±0.04 _A ^a	0.263±0.01 _A ^{ab}
80	15	0.192±0.00 _B ^a	0.199±0.02 _B ^a	0.252±0.00 _A ^a	0.262±0.01 _A ^b
	30	0.194±0.01 _C ^a	0.191±0.00 _C ^a	0.239±0.01 _B ^a	0.266±0.00 _A ^b
	60	0.191±0.01 _C ^a	0.189±0.00 _C ^a	0.248±0.00 _B ^a	0.272±0.00 _A ^{ab}
	90	0.208±0.02 _B ^a	0.193±0.01 _B ^a	0.245±0.02 _A ^a	0.257±0.01 _A ^b
	120	0.193±0.01 _C ^a	0.191±0.01 _C ^a	0.253±0.00 _B ^a	0.296±0.03 _A ^a
85	15	0.192±0.01 _C ^a	0.202±0.02 _C ^a	0.222±0.00 _B ^c	0.259±0.01 _A ^a
	30	0.181±0.00 _C ^a	0.203±0.01 _B ^a	0.221±0.01 _B ^c	0.275±0.02 _A ^a
	60	0.185±0.01 _C ^a	0.189±0.00 _C ^a	0.251±0.01 _B ^a	0.282±0.00 _A ^a
	90	0.188±0.00 _C ^a	0.194±0.01 _C ^a	0.252±0.00 _B ^a	0.288±0.02 _A ^a
	120	0.188±0.01 _C ^a	0.189±0.00 _C ^a	0.240±0.01 _B ^b	0.272±0.00 _A ^a
90	15	0.180±0.00 _B ^c	0.188±0.00 _B ^{ab}	0.231±0.02 _A ^a	0.239±0.01 _A ^b
	30	0.184±0.00 _C ^{bc}	0.182±0.00 _C ^{bc}	0.230±0.00 _B ^a	0.270±0.02 _A ^a
	60	0.180±0.00 _C ^c	0.190±0.00 _C ^a	0.242±0.01 _B ^a	0.286±0.02 _A ^a
	90	0.189±0.00 _C ^{ab}	0.188±0.01 _C ^{ab}	0.225±0.01 _B ^a	0.270±0.01 _A ^a
	120	0.189±0.01 _C ^a	0.180±0.00 _C ^c	0.235±0.01 _B ^a	0.271±0.00 _A ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

25°C'deki depolama sırasında esmerleşme değerlerindeki değişimler Çizelge 4.7'de verilmiştir. 25°C'de depolanan örneklerde depolama başlangıcına göre %46.92 ile %145.32 arasında artışlar olmuştur. Çizelge 4.6 ile 4.7 incelendiğinde 25°C'deki artışların çok daha fazla olduğu görülmektedir.

Bull ve ark. (2004), Navel ve Valensiya portakal suları üzerine yaptıkları çalışmada esmerleşme indekslerini taze portakal suyunda 0.097 abs, yüksek basınç uygulanmışta 0.094 abs ve ısıtılmış pastörizasyon uygulanmışta ise 0.096 abs olarak tespit etmişlerdir. Isıl işlem veya basınç uygulanan portakal sularının esmerleşme indeksinin taze portakal suyundan önemli derecede farklı olmadığını bildirmişlerdir. Bütün örneklerin esmerleşme indeksinde zamanla önemli bir artışın ($p<0.05$) gözlemlendiğini ve bunun askorbik asidin oksidasyonundan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Ağçam (2011), artan sıcaklık değerleriyle birlikte esmerleşme indeksi değerlerinin artmış olabileceğini ve esmerleşme indeksinin depolama ile birlikte özellikle 180 günlük depolama periyodu sonunda başlangıç durumuna göre önemli düzeyde arttığını ifade etmiştir.

Çizelge 4.7. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında esmerleşme indeksleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Esmerleşme İndeksleri			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	0.179±0.01 _C ^a	0.362±0.11 _{AB} ^a	0.262±0.02 _{BC} ^a	0.390±0.03 _A ^{ab}
	30	0.187±0.00 _C ^a	0.351±0.03 _{AB} ^{ab}	0.287±0.01 _{BC} ^a	0.433±0.10 _A ^a
	60	0.180±0.00 _C ^a	0.230±0.01 _B ^c	0.267±0.02 _B ^a	0.362±0.04 _A ^{abc}
	90	0.178±0.01 _C ^a	0.255±0.05 _B ^{bc}	0.228±0.00 _B ^b	0.307±0.01 _A ^{bc}
	120	0.182±0.00 _C ^a	0.237±0.00 _B ^c	0.229±0.02 _B ^b	0.288±0.01 _A ^c
75	15	0.204±0.00 _B ^a	0.238±0.01 _B ^a	0.278±0.05 _B ^a	0.387±0.05 _A ^a
	30	0.212±0.00 _C ^a	0.310±0.04 _B ^a	0.228±0.01 _C ^a	0.376±0.01 _A ^a
	60	0.203±0.02 _B ^a	0.273±0.05 _B ^a	0.268±0.02 _B ^a	0.421±0.07 _A ^a
	90	0.206±0.01 _B ^a	0.291±0.05 _B ^a	0.305±0.04 _B ^a	0.445±0.07 _A ^a
	120	0.228±0.02 _B ^a	0.274±0.04 _B ^a	0.263±0.01 _B ^a	0.493±0.07 _A ^a
80	15	0.191±0.00 _B ^a	0.319±0.06 _A ^a	0.328±0.02 _A ^a	0.411±0.09 _A ^{ab}
	30	0.194±0.01 _B ^a	0.253±0.01 _{AB} ^a	0.321±0.08 _A ^a	0.348±0.07 _A ^{abc}
	60	0.191±0.01 _C ^a	0.255±0.02 _B ^a	0.322±0.06 _A ^a	0.301±0.01 _{AB} ^{bc}
	90	0.208±0.02 _A ^a	0.260±0.03 _A ^a	0.304±0.08 _A ^a	0.276±0.02 _A ^c
	120	0.193±0.01 _C ^a	0.299±0.01 _B ^a	0.318±0.03 _B ^a	0.434±0.07 _A ^a
85	15	0.192±0.01 _B ^a	0.267±0.02 _A ^a	0.291±0.04 _A ^{ab}	0.281±0.05 _A ^b
	30	0.181±0.08 _D ^a	0.274±0.04 _B ^a	0.222±0.01 _C ^b	0.391±0.00 _A ^a
	60	0.185±0.01 _C ^a	0.257±0.04 _B ^a	0.289±0.04 _B ^{ab}	0.402±0.03 _A ^a
	90	0.188±0.00 _C ^a	0.289±0.08 _{BC} ^a	0.385±0.13 _{AB} ^a	0.461±0.04 _A ^a
	120	0.188±0.01 _B ^a	0.283±0.07 _{AB} ^a	0.435±0.11 _A ^a	0.415±0.10 _A ^a
90	15	0.180±0.00 _B ^c	0.287±0.03 _A ^a	0.299±0.04 _A ^a	0.379±0.10 _A ^a
	30	0.184±0.00 _C ^{bc}	0.244±0.02 _B ^{ab}	0.244±0.00 _B ^a	0.382±0.06 _A ^a
	60	0.180±0.00 _B ^c	0.269±0.04 _A ^{ab}	0.249±0.04 _A ^a	0.290±0.03 _A ^a
	90	0.189±0.00 _B ^{ab}	0.224±0.00 _B ^b	0.243±0.01 _B ^a	0.360±0.10 _A ^a
	120	0.189±0.01 _B ^a	0.224±0.00 _B ^b	0.232±0.04 _B ^a	0.333±0.06 _A ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, her bir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

4.5. Portakal Sularının Renklerinde Oluşan Değişimler

Gıdaların rengi, tüketicinin satın alma davranışını etkileyen ve gıdanın kabul edilebilirliğinde dikkate değer etki yaratan en önemli kalite faktörüdür. Nitekim tüketici ilk olarak rengi algılamakta ve renk yardımı ile lezzet ve aroma gibi diğer kalite kriterleri için bir ön fikir oluşturmaktadır. Renk, aynı zamanda taze gıdaların doğal olgunlaşma, depolama veya proses sırasındaki değişikliklerin bir göstergesidir (Calvo ve Durán, 1997, Apuhan, 2012). Portakal sularında tipik renk, genellikle karotenoidlerden ve bazı türlerde (kan portakalı) karotenoidler ile antosiyaninlerin karışımından kaynaklanmaktadır. CIELAB parametreleri L*, a* ve b* enstrümental ölçümünün Hunter Labscan spektrofotometrik kalorimetre ile yapıldığı yöntem en yaygın uygulanan yöntemdir ve portakal suyunda CIELAB hue açısı değeri h ($h = a \tan(b/a)$) de aynı zamanda rengi açıklamak için kullanılmaktadır.

Renk, ısı işleme maruz kalma süresine bağlı olarak çok değişmektedir. L* değeri parlaklığı ifade eder ve aynı zamanda enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının da bir göstergesidir (Mahieddine ve ark., 2011). Basit bir ifade ile renk esmerleşmesi reaksiyonu sonucu L* (aydınlık) değeri azalmakta, a* (kırmızılık) değeri artmakta ve b* (sarılık) değeri ise azalmaktadır.

4.5.1. Portakal Sularının L* Değerlerindeki Değişimler

L renk değeri, rengi ölçülen nesnenin parlaklığı ve matlığı hakkında bilgi veren bir parametredir. L değeri nesnenin sahip olduğu parlaklık miktarına bağlı olarak 0 ile 100 arasında bir değer alabilir. L değeri 0 olduğunda nesnenin aşırı mat veya siyah olduğu, 100 olduğunda ise aşırı parlak veya beyaz bir renge sahip olduğu anlaşılmaktadır (Ağçam, 2011).

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı sıcaklık ve süredeki L* (beyazlık ve parlaklık) değerlerine ait değişimler 4°C'de depolanan örnekler için Çizelge 4.8'de verilmiştir. Isıl işlem sonrasında depolama öncesi L* değerleri 49.28 ile 53.56 arasında değişmiştir. Farklı ısıl işlem uygulamaları sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) L* değerlerindeki değişime

70, 75 ve 85°C'deki ısıtım uygulamalarında sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 80 ve 90°C'deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Depolanan örneklerin L^* değerleri depo başlangıcına göre genellikle azalma göstermiş olup, bu azalma %1.79 ile %10.89 arasında değişmiştir. Bu azalmaların bazıları istatistiksel olarak önemli bulunurken bazıları önemsiz bulunmuştur. Çizelgeden de görülebileceği gibi 80, 85 ve 90°C'de uygulama sürelerinin etkisi önemsiz bulunurken, 70 ve 75°C'de uygulama sürelerinin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Esteve ve ark. (2005), depolama periyodunun İspanyol portakal sularının rengi, kimyasal ve fiziksel kompozisyonu üzerine etkisi konulu çalışmalarında portakal sularının L^* değerini 57.00-60.73 olarak bulmuşlardır ve 4°C'de depolama sonunda L değerinde çok az bir azalma tespit etmişlerdir.

Işık (2008), Hamlin ve Kozan Yerli, Biçgel (2008), ise Valensiya ve Kozan Misket portakallarında elde edilen meyve sularına ısıtım pastörizasyon uyguladıktan sonra taze meyve suyuna göre L^* değerlerinin arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, Hamlin, Kozan Yerli, Valensiya ve Kozan Misket portakallarından elde edilen meyve sularının L^* renk değerlerini sırasıyla; 43.38 ± 1.99 , 47.62 ± 1.07 , 45.07 ± 2.34 ve 44.93 ± 3.00 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.8. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında L* değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	L*			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	51.68±1.52 _A ^a	49.95±0.36 _{AB} ^a	50.80±0.61 _{AB} ^a	49.06±0.80 _B ^{ab}
	30	53.56±1.46 _A ^a	49.05±1.59 _B ^a	50.19±2.05 _{AB} ^a	48.50±2.35 _B ^{ab}
	60	51.74±1.79 _A ^a	49.60±0.95 _B ^a	50.23±0.64 _{AB} ^a	46.11±0.11 _C ^b
	90	53.33±0.95 _A ^a	49.92±2.02 _A ^a	51.09±1.26 _A ^a	50.92±2.51 _A ^a
	120	52.50±1.03 _A ^a	49.44±2.97 _A ^a	49.84±0.45 _A ^a	48.70±0.28 _A ^{ab}
75	15	49.28±1.35 _A ^a	50.93±0.29 _A ^{ab}	50.15±1.25 _A ^a	49.00±2.50 _A ^a
	30	51.31±0.81 _A ^a	51.49±0.88 _A ^a	50.82±1.58 _A ^a	48.26±1.42 _B ^{ab}
	60	49.28±1.47 _A ^a	49.93±0.80 _A ^{bc}	49.09±0.89 _A ^a	48.40±1.32 _A ^{ab}
	90	50.57±0.48 _A ^a	49.26±0.56 _A ^c	49.09±3.38 _A ^a	46.34±1.00 _A ^b
	120	50.48±0.66 _{AB} ^a	51.51±1.21 _A ^a	47.72±3.33 _B ^a	45.87±1.03 _C ^b
80	15	52.09±0.43 _A ^{ab}	50.59±0.00 _B ^a	48.93±0.40 _C ^a	49.11±1.15 _C ^a
	30	52.51±0.81 _A ^a	50.21±0.13 _B ^a	49.62±0.66 _B ^a	49.29±0.59 _B ^a
	60	52.26±0.35 _A ^{ab}	49.97±0.19 _B ^a	48.73±1.84 _B ^{ab}	47.66±1.50 _B ^a
	90	51.30±0.65 _A ^{bc}	49.07±0.91 _B ^a	46.94±0.84 _C ^b	47.88±1.28 _{BC} ^a
	120	50.60±0.53 _A ^c	47.87±2.59 _A ^a	47.04±0.40 _A ^b	45.87±2.58 _A ^a
85	15	51.78±0.20 _A ^a	49.28±1.15 _B ^a	48.46±0.23 _B ^a	48.84±0.26 _B ^a
	30	51.80±0.61 _A ^a	49.42±0.10 _C ^a	48.88±0.04 _C ^a	50.78±0.56 _B ^a
	60	51.63±0.42 _A ^a	49.12±0.28 _B ^a	46.92±0.79 _C ^b	48.70±1.20 _B ^a
	90	51.78±0.99 _A ^a	48.91±1.80 _B ^a	47.32±0.41 _B ^b	48.17±2.03 _B ^a
	120	50.75±0.49 _A ^a	49.00±1.05 _A ^a	48.31±0.49 _B ^a	48.26±0.22 _B ^a
90	15	53.29±0.20 _A ^a	52.23±1.20 _A ^a	50.81±1.37 _A ^a	51.68±1.61 _A ^a
	30	52.06±0.42 _A ^b	51.91±2.73 _A ^a	49.56±1.29 _A ^a	49.18±0.68 _A ^a
	60	53.07±0.12 _A ^a	51.26±3.18 _A ^a	49.40±0.81 _A ^a	50.46±3.23 _A ^a
	90	52.17±0.24 _A ^b	49.08±1.66 _A ^a	48.89±1.27 _A ^a	50.29±1.68 _A ^a
	120	51.98±0.43 _A ^b	51.96±1.60 _A ^a	48.15±1.61 _B ^a	48.79±0.88 _B ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

25°C'deki depolama sırasında L* değerlerindeki değişimler Çizelge 4.9'da verilmiştir. Depolama sonunda 70°C'de 90 ve 120 sn'lik ısı işlem uygulamalarında daha düşük süre uygulamalarına göre L* değerlerinde artış görülmüştür. 75, 80, 85 ve 90°C uygulamalarında artan uygulama süresi ve depolama süresine bağlı olarak L* değerlerinde azalmalar görülmüştür. 25°C 'de depolanan örneklerin L* değerleri 4°C'de depolanan örnekler gibi depo başlangıcına göre genellikle azalma göstermiş olup, bu azalma oranı % 0.61 ile 24.40 oranında değişmiştir. Renk değişimi 4°C'de depolanan örneklere göre daha fazla olmuştur. 70°C'de daha uzun süre ısı işlem uygulanan (90 ve 120 sn) örnekler haricinde diğer tüm uzun süreli sıcaklık uygulamalarında L* değerleri daha fazla azalma göstermekte, bu ise rengin depolama ile daha fazla koyulaşma ve/veya kararma gösterdiğini ifade etmektedir.

Genel olarak bu çalışmada 4 ve 25°C'lerde depolama ile birlikte L* değerlerinde başlangıç değerlerine göre azalmalar görülmüştür. Depolama ile birlikte L değerindeki azalışın nedeni, askorbik asit ve/veya fenolik bileşenlerin parçalanmasının yanı sıra ısı pastörizasyon uygulamalarında oluşan esmer renkli bileşenlerin birikimi ile açıklanabilir.

Gıda maddelerinin yüksek sıcaklıklardaki ısı işlem etkisine hassas olduğu, kalite kayıplarının sıcaklık artışına paralel olarak arttığı, gıdanın karakteristik rengini veren pigmentlerin ısı işlemlerden fazlaca etkilenerek önemli seviyelerde kayba uğradığı birçok araştırmacı tarafından da ifade edilmiştir (Kerkhofs ve ark., 2005).

Li-Ying ve ark. (2008), farklı tür portakal suları üzerine yaptıkları çalışmada Olinda Valensiya portakal türünün L* değerini 51.45, Delta Valensiya portakal türünün L* değerini 51.43 olmak üzere 7 portakal türünün L* değerinin 51.43 ile 54.35 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Cortes ve ark. (2008), taze portakal suyu, ısı pastörizasyon ve PEF uygulanmış örneklerin renk değerlerini kıyaslamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre taze portakal suyunda L* değerini 51.36 ± 0.54 , ısı pastörize edilmiş 52.41 ± 0.12 ve son olarak PEF uygulanmış 52.23 ± 0.05 olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlar arasındaki farkın önemli olduğunu ve işlem görmüşlerin L* değerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.9. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında L* değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	L*			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	51.68±1.52 _A ^a	49.90±4.99 _A ^a	50.59±0.91 _A ^a	51.37±0.94 _A ^{ab}
	30	53.56±1.46 _A ^a	49.21±0.91 _A ^a	53.21±4.65 _A ^a	48.42±3.53 _A ^b
	60	51.74±1.79 _A ^a	52.93±1.03 _A ^a	55.86±4.59 _A ^a	47.26±4.28 _A ^b
	90	53.33±0.95 _A ^a	53.38±1.27 _A ^a	56.17±4.05 _A ^a	54.73±1.48 _A ^a
	120	52.50±1.03 _A ^a	53.45±0.52 _A ^a	52.66±0.85 _A ^a	54.73±1.48 _A ^a
75	15	49.28±1.35 _A ^a	52.40±0.31 _A ^a	50.28±2.88 _A ^a	48.73±1.04 _A ^a
	30	51.31±0.81 _A ^a	47.71±2.52 _B ^a	51.29±0.47 _A ^a	48.24±1.83 _{AB} ^a
	60	49.28±1.47 _A ^a	47.95±2.82 _A ^a	49.34±2.46 _A ^a	45.43±3.61 _A ^a
	90	50.57±0.48 _A ^a	46.90±2.65 _{AB} ^a	47.20±3.04 _{AB} ^a	42.65±2.65 _B ^a
	120	50.48±0.66 _A ^a	48.70±3.99 _A ^a	50.60±1.56 _A ^a	40.63±5.38 _B ^a
80	15	52.09±0.43 _A ^{ab}	50.77±1.99 _A ^a	47.44±4.61 _A ^a	47.32±3.39 _A ^a
	30	52.51±0.81 _A ^a	49.11±1.39 _A ^{ab}	45.90±4.01 _A ^a	47.44±3.21 _A ^a
	60	52.26±0.35 _A ^{ab}	46.83±1.85 _B ^{bc}	46.57±1.18 _B ^a	47.26±0.33 _B ^a
	90	51.30±0.65 _A ^{bc}	47.17±1.02 _B ^b	44.17±3.88 _B ^a	46.08±0.92 _B ^a
	120	50.60±0.53 _A ^c	44.28±0.56 _B ^c	43.52±0.24 _B ^a	42.71±2.13 _B ^a
85	15	51.78±0.20 _A ^a	48.59±2.42 _A ^a	46.60±3.55 _A ^a	48.05±3.15 _A ^a
	30	51.80±0.61 _A ^a	46.94±2.43 _B ^a	48.39±0.48 _B ^a	42.33±0.09 _C ^a
	60	51.63±0.42 _A ^a	51.47±1.00 _A ^a	42.50±3.79 _B ^a	42.11±2.13 _B ^a
	90	51.78±0.99 _A ^a	45.50±3.40 _{AB} ^a	43.03±6.70 _B ^a	39.14±2.41 _B ^a
	120	50.75±0.49 _A ^a	46.92±2.66 _{AB} ^a	39.87±2.18 _C ^a	41.47±6.24 _{BC} ^a
90	15	53.29±0.20 _A ^a	47.67±2.71 _{AB} ^a	48.25±2.43 _{AB} ^a	41.77±6.30 _B ^a
	30	52.06±0.42 _A ^b	49.43±0.62 _A ^a	52.11±3.61 _A ^a	45.04±4.96 _A ^a
	60	53.07±0.12 _A ^a	47.13±2.80 _A ^a	48.72±3.33 _A ^a	47.65±2.07 _A ^a
	90	52.17±0.24 _A ^b	49.45±0.41 _A ^a	47.61±0.88 _{AB} ^a	44.01±4.54 _B ^a
	120	51.98±0.43 _A ^b	48.36±0.73 _{AB} ^a	46.98±2.24 _B ^a	42.66±3.61 _C ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

Bozkır (2010), portakal suyu renginin açıklığını ve parlaklığını ifade eden L* değerinin en yüksek Kozan Yerli portakal çeşidinde olduğu (47.74), dolayısıyla portakal suyunun diğer portakal çeşitlerine göre daha açık bir renge sahip olduğunu tespit etmiştir. L* değeri açısından Kozan Yerli portakalını sırasıyla Alanya Dilimlişi, Finike Yerli ve Dört Yol Yerli portakal çeşitlerinin takip ettiğini bildirmiştir.

Timmermans ve ark. (2011), hiçbir işlem görmemiş portakal suyunun L* değerini 57.22, ısıtma pastörizasyonu uygulanan portakal suyunun L* değerini 57.60, yüksek basınç uygulanan portakal suyunun L* değerini 57.10 ve yüksek voltajlı elektrik alanı uygulanan portakal suyunun L* değerini 56.31 olarak tespit etmişlerdir ve sonuç itibarıyla ısıtma pastörizasyonu uygulanan portakal suyunun, işlem görmemiş, yüksek basınç ve yüksek voltajlı elektrik alanı uygulanan portakal sularına kıyasla daha parlak olduğunu bildirmişlerdir.

Ağçam (2011), portakal suyu üzerine yaptığı çalışmada farklı uygulamaların ve depolama periyotlarının L* değerleri üzerine olan etkisinin önemli olduğunu ($p < 0.05$), portakal suyu örneklerinin L* değerlerinin tüm işlem görmüş örneklerde depolama ile birlikte azalmakta olduğunu bildirmiştir.

Stinco ve ark. (2013), endüstriyel portakal suyu acılık giderme işleminin portakal suyunun biyoaktif bileşikleri ve besin değeri üzerine etkisi konulu çalışmalarında kullandıkları Salustina portakal sularında L* değerini 74.61 olarak bulmuşlardır.

4.5.2. Portakal Sularının a* Değerlerindeki Değişimler

a* değeri rengi ölçülen nesnenin kırmızılığı ve yeşilliği hakkında bilgi veren bir renk parametresidir.

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan ısıtma işleminin şiddetine bağlı olarak, 4°C'deki depolama sırasında a* değerlerindeki değişimler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Isıtma işlemi uygulanan örneklerin depolama öncesi a* değerleri 5.91 ile 7.24 arasında değişmiştir. Farklı ısıtma uygulamaları sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) a* değerlerindeki değişime 70, 75, 80 ve

85°C'deki ısıtma işlem uygulamalarında sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 90°C'deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tüm örneklerin a^* değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda artış olduğu tespit edilmiştir. Bu artışlar daha çok 120. günden itibaren olmuştur. 4°C'de depolama ile a^* değerlerindeki artışlar % 17.12 ile % 66.84 oranında olmuştur. Yine 70°C'de daha uzun süre ısıtma işlem uygulanan (90 ve 120 sn) örnekler haricinde diğer tüm sıcaklık uygulamalarında uzun süreli uygulamaların a^* değerleri daha fazla artış göstermiş olup bu rengin depolama ile daha fazla esmerleşme gösterdiğini ifade etmektedir.

Lee ve ark. (2003), pastörize portakal sularında L^* değerinde $40.22\pm 0.16'$ dan $41.22\pm 0.81'e$ küçük bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Isıtma işleminden sonra, b^* değerlerinin (17.62 ± 0.35) bütün örneklerde yavaş yavaş pozitif yönde, a^* değerlerinin $-1.75\pm 0.07'$ den -2.64 ± 0.15 ($p<0.05$)' ye bir parça negatif yönde değiştiğini belirlemişlerdir.

Işık (2008), Kozan Yerli çeşidi portakal sularında pastörizasyon sonrasında a^* değerinin 0.01-1.85 arasında değiştiğini ve Portakal suyu renginin kırmızılığını ifade eden a^* değerlerinde sıcaklık artışı ile birlikte pozitif yönde değişim gerçekleştiğini bildirmiştir.

Biçgel (2008), Valensiya ve Kozan Misket çeşidi portakalından elde ettiği meyve sularının ısıtma pastörizasyonu sonrasında a^* renk değerlerinde artış olduğunu bildirmiştir. Valensiya portakal suyunun başlangıç değeri $1.00\pm 0.58'$ den ısıtma pastörizasyon sonrası bu değer $2.28\pm 0.43'e$, Kozan Misket portakal suyunda bu değer $0.68\pm 0.61'$ den $1.51\pm 1.20'$ ye arttığını tespit etmiştir.

Cortes ve ark. (2008), yapmış oldukları çalışmada işlem görmüş örneklerin a^* değerlerinin azaldığını bildirmiştir. Araştırmacılar, taze portakal suyunun a^* değerini 4.56 ± 0.40 , PEF uygulanmışta 2.99 ± 0.08 ve son olarak ısıtma pastörizasyona maruz kalan örnekte 1.57 ± 0.03 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.10. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında a* değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	a*			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	6.28±0.13 _C ^a	7.50±0.06 _B ^a	7.96±0.45 _B ^a	9.24±0.60 _A ^a
	30	6.09±0.80 _B ^a	7.52±0.18 _{AB} ^a	8.76±1.53 _A ^a	9.76±1.72 _A ^a
	60	6.4±0.14 _D ^a	7.29±0.50 _C ^a	8.35±0.42 _B ^a	10.70±0.04 _A ^a
	90	6.14±0.18 _A ^a	7.00±0.62 _A ^a	8.01±0.59 _A ^a	8.40±1.58 _A ^a
	120	6.89±0.60 _C ^a	7.63±0.10 _C ^a	8.83±0.50 _B ^a	9.65±0.18 _A ^a
75	15	5.91±0.45 _A ^a	6.74±0.18 _A ^{ab}	7.99±1.08 _A ^a	7.62±1.70 _A ^b
	30	6.09±0.25 _B ^a	6.22±0.51 _B ^b	7.26±1.01 _B ^a	8.93±0.88 _A ^{ab}
	60	7.24±1.21 _A ^a	7.05±0.48 _A ^{ab}	8.34±0.57 _A ^a	8.74±1.04 _A ^{ab}
	90	6.43±0.04 _B ^a	7.56±0.37 _B ^a	8.45±2.07 _{AB} ^a	10.29±0.63 _A ^a
	120	6.36±0.06 _B ^a	6.25±0.58 _B ^b	8.82±2.23 _A ^a	10.39±0.67 _B ^a
80	15	6.31±0.37 _B ^a	6.82±0.03 _B ^a	8.76±0.17 _A ^{ab}	8.75±0.82 _A ^a
	30	6.10±0.14 _C ^a	6.94±0.08 _B ^a	7.92±0.40 _A ^b	8.60±0.58 _A ^a
	60	6.10±0.23 _C ^a	7.05±0.13 _{BC} ^a	8.61±1.10 _{AB} ^{ab}	9.61±1.23 _A ^a
	90	6.32±0.27 _C ^a	7.61±0.41 _B ^a	9.63±0.70 _A ^a	9.49±0.86 _A ^a
	120	6.45±0.21 _A ^a	9.41±3.22 _A ^a	9.73±0.20 _A ^a	10.73±1.65 _A ^a
85	15	6.47±0.08 _B ^a	6.82±0.44 _B ^a	9.01±0.04 _A ^{bc}	9.09±0.29 _A ^a
	30	6.37±0.01 _D ^a	6.70±0.01 _C ^a	8.73±0.04 _A ^c	7.79±0.22 _B ^a
	60	6.31±0.18 _B ^a	6.67±0.27 _B ^a	10.04±0.39 _A ^a	9.29±0.94 _A ^a
	90	6.23±0.40 _B ^a	7.06±0.19 _B ^a	10.06±0.25 _A ^a	9.73±1.36 _A ^a
	120	6.44±0.09 _B ^a	6.88±0.12 _B ^a	9.40±0.44 _A ^b	9.60±0.17 _A ^a
90	15	6.39±0.04 _A ^a	6.40±0.76 _A ^a	7.74±1.08 _A ^a	7.48±1.18 _A ^a
	30	6.46±0.04 _B ^a	5.90±1.12 _B ^a	8.38±0.83 _A ^a	9.13±0.58 _A ^a
	60	5.92±0.09 _A ^c	6.38±1.96 _A ^a	8.76±0.82 _A ^a	8.97±2.14 _A ^a
	90	6.15±0.16 _B ^b	6.20±0.20 _B ^a	8.69±0.67 _A ^a	8.29±1.01 _A ^a
	120	6.32±0.08 _B ^{ab}	6.30±0.39 _B ^a	9.32±1.10 _A ^a	9.21±0.49 _A ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

25°C’de depolanan örneklerin a* değerlerindeki değişimler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Tüm örneklerin a* değerlerinin başlangıç değerine göre depolama sonunda arttığı, depolama sırasındaki artışların 2. aydan itibaren olduğu tespit edilmiştir. 25°C’de renk değişimi 4°C’de depolanan örneklere göre daha fazla olmuştur. 25°C’de depolama ile a* değerlerindeki artışlar % 42.91 ile 175.05 oranında olmuştur. 70°C’de daha uzun süre ısıtılan (90 ve 120 sn) örnekler haricinde diğer tüm sıcaklık uygulamalarında bazı istisnai durumlar ile birlikte, uzun süreli uygulamaların a* değerleri daha fazla artış göstermiş olup renk koyulaşmıştır.

Bozkır (2010), portakal suyu örneklerinin a* değerlerinin -7.7 ile -9.5 arasında değiştiğini ve çeşitler arasında belirgin bir farklılığın bulunmadığını, ısıtılan işlem görmüş portakal suları a* değeri yönünden kıyaslandığında ise Dört Yol Yerli portakal çeşidinde a* değerinin %37-49 oranında arttığını, dolayısıyla rengin sarıya yakın açık turuncu olduğunu bildirmiştir. Diğer portakal çeşitlerinde de, ısıtılan işlem sonucu, a* değerinde artış olmakla birlikte, Dört Yol yerli portakal çeşidindekine göre daha az bir artış olduğunu (%14-%30) tespit etmiştir.

Ağçam (2011), taze portakal suyunda uygulanan teknolojik işlemlere bağlı olarak a* değerinde bir azalma olduğunu ayrıca depolama süresince farklı uygulamalarla işlenen portakal suyu örneklerinin depolama ile birlikte a* değerlerinde bir artış olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.11. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında a* değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	a*			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	6.28±0.13 _B ^a	10.68±3.45 _A ^a	11.93±0.74 _A ^a	11.27±0.94 _A ^a
	30	6.09±0.80 _B ^a	11.14±0.87 _A ^a	10.68±2.35 _A ^a	11.42±1.34 _A ^a
	60	6.41±0.14 _B ^a	7.21±0.49 _B ^b	8.16±1.98 _B ^a	10.78±1.48 _A ^a
	90	6.14±0.18 _A ^a	7.84±1.67 _A ^{ab}	8.36±1.57 _A ^a	8.77±0.44 _A ^a
	120	6.89±0.60 _C ^a	7.07±0.41 _C ^b	8.77±0.44 _B ^a	9.97±0.67 _A ^a
75	15	5.91±0.45 _B ^a	7.69±0.24 _B ^a	11.27±2.22 _A ^a	11.76±0.68 _A ^a
	30	6.09±0.25 _C ^a	9.37±0.49 _B ^a	9.50±0.23 _A ^a	10.91±1.34 _A ^a
	60	7.24±1.21 _A ^a	10.17±2.57 _A ^a	10.98±1.58 _A ^a	12.74±2.67 _A ^a
	90	6.43±0.04 _B ^a	10.88±2.47 _A ^a	11.96±2.40 _A ^a	14.37±2.08 _A ^a
	120	6.36±0.06 _B ^a	9.11±2.75 _B ^a	10.12±1.03 _B ^a	15.39±2.63 _A ^a
80	15	6.31±0.37 _B ^a	9.05±1.87 _B ^b	12.99±2.20 _A ^a	13.08±2.46 _A ^b
	30	6.10±0.14 _C ^a	9.12±1.11 _{BC} ^b	12.69±2.59 _A ^a	11.85±2.28 _{AB} ^b
	60	6.10±0.23 _B ^a	10.64±1.75 _A ^{ab}	11.52±1.04 _A ^a	11.26±0.02 _A ^b
	90	6.32±0.27 _C ^a	10.23±1.21 _B ^{ab}	13.57±2.67 _A ^a	11.12±0.65 _{AB} ^b
	120	6.45±0.21 _D ^a	12.83±0.47 _C ^a	14.32±0.00 _B ^a	17.03±0.00 _A ^a
85	15	6.47±0.08 _B ^a	9.88±1.79 _A ^a	12.54±2.54 _A ^a	13.04±1.57 _A ^a
	30	6.37±0.01 _C ^a	11.19±1.83 _B ^a	10.91±0.93 _B ^a	15.38±0.02 _A ^a
	60	6.31±0.18 _D ^a	9.17±0.33 _C ^a	13.05±1.45 _B ^a	15.59±1.13 _A ^a
	90	6.23±0.40 _C ^a	11.87±2.47 _B ^a	14.71±4.01 _{AB} ^a	17.13±1.06 _A ^a
	120	6.44±0.09 _B ^a	11.12±2.37 _{AB} ^a	15.09±2.83 _A ^a	15.47±3.44 _A ^a
90	15	6.39±0.04 _C ^a	10.95±2.33 _B ^a	12.01±1.86 _{AB} ^a	15.56±3.22 _A ^a
	30	6.46±0.04 _C ^a	8.84±0.64 _{BC} ^a	10.03±0.09 _B ^a	13.82±2.67 _A ^a
	60	5.92±0.09 _B ^c	11.21±2.30 _A ^a	10.79±3.43 _A ^a	13.50±0.39 _A ^a
	90	6.15±0.16 _B ^b	8.70±0.41 _B ^a	11.83±0.79 _A ^a	13.96±2.68 _A ^a
	120	6.32±0.08 _C ^{ab}	8.81±0.55 _{BC} ^a	11.58±2.58 _{AB} ^a	14.35±2.45 _A ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

4.5.3. Portakal Sularının b* Değerlerindeki Değişimler

b* değeri rengi ölçülen nesnenin sarılığı ve maviliği hakkında bilgi veren bir renk parametresidir.

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan ısıtma işleminin şiddetine bağlı olarak, 4°C'deki depolama sırasında b* değerlerindeki değişimler Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Isıtma işlemi sonrası ve depolama öncesinde örneklerin b* değerleri 78.28 ile 82.80 arasında değişmiştir. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ısıtma işlemi sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) b* değerlerindeki değişime 70 ve 75°C'deki ısıtma işlemlerindeki sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 80, 85 ve 90°C'deki uygulamalarda sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 85 ve 90°C'deki 60.cı günden itibaren depolama süresinin b* değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır.

Tüm örneklerin b* değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda azalma olduğu tespit edilmiştir. 4°C'de depolama sonrası b* değerlerindeki azalma oranı %3.3 ile %9.5 arasında olmuştur. b* değerlerindeki değişimin a* değerlerindeki değişim kadar olmadığı tespit edilmiştir.

Lee ve Kim (2003), kontrol altıntop suyunun b* değerini 9.6, Kang ve Rhee (2002), mandarin portakal suyunu kontrol portakal suyu ile kıyasladıklarında b* değerini 20.8 olarak bildirmişlerdir.

Esteve ve ark. (2005), portakal sularının b* değerini 62.33-65.42 olarak bulmuşlardır ve 4°C'de depolama sonunda b* değerinde farklılıklar tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.12. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında b* değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	b*			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	80.91±1.93 _A ^a	78.30±0.65 _B ^a	77.30±0.68 _B ^{ab}	76.09±1.17 _B ^a
	30	81.93±0.61 _A ^a	76.97±1.89 _B ^a	76.00±0.78 _B ^c	74.93±2.45 _B ^a
	60	81.21±2.23 _A ^a	77.57±1.93 _B ^a	76.31±0.40 _{BC} ^{bc}	73.81±0.63 _C ^a
	90	82.37±0.96 _A ^a	76.57±3.81 _B ^a	77.53±0.21 _B ^a	75.23±0.49 _B ^a
	120	82.80±0.57 _A ^a	76.68±3.90 _B ^a	77.09±0.62 _B ^{abc}	74.95±0.60 _B ^a
75	15	77.27±1.91 _A ^a	78.30±0.26 _A ^a	76.50±0.75 _{AB} ^a	74.72±0.81 _B ^a
	30	79.47±0.33 _A ^a	77.89±0.35 _B ^a	76.18±0.85 _C ^a	75.22±1.18 _C ^a
	60	78.28±0.95 _A ^a	77.69±0.27 _{AB} ^a	76.51±0.84 _{BC} ^a	75.34±1.11 _C ^a
	90	79.67±0.76 _A ^a	76.75±1.13 _B ^a	74.14±1.02 _C ^a	72.86±0.71 _C ^a
	120	79.46±0.65 _A ^a	78.02±2.04 _{AB} ^a	74.89±2.97 _{BC} ^a	72.77±2.00 _C ^a
80	15	81.43±0.26 _A ^a	78.33±0.06 _B ^a	75.49±0.15 _C ^{ab}	76.44±1.08 _C ^a
	30	81.29±0.63 _A ^a	77.96±0.04 _B ^a	76.58±0.33 _{BC} ^a	76.15±1.35 _C ^a
	60	81.26±0.14 _A ^a	77.82±0.07 _B ^a	74.80±0.52 _C ^{bc}	74.71±1.74 _C ^a
	90	80.46±0.58 _A ^{ab}	77.35±0.59 _B ^a	74.58±1.37 _C ^{bc}	74.48±1.02 _C ^a
	120	79.75±0.91 _A ^b	75.46±3.47 _{AB} ^a	73.87±0.17 _B ^c	72.39±3.17 _B ^a
85	15	81.25±0.39 _A ^a	76.76±1.76 _B ^a	75.98±0.59 _B ^a	75.75±0.43 _B ^a
	30	81.27±0.23 _A ^a	76.69±0.06 _B ^a	76.27±0.05 _B ^a	76.80±1.53 _B ^a
	60	80.28±0.20 _A ^b	76.01±1.05 _B ^a	75.75±1.95 _B ^a	75.79±2.02 _B ^a
	90	80.21±0.49 _A ^b	76.42±1.88 _B ^a	76.07±0.92 _B ^a	74.69±2.35 _B ^a
	120	79.30±0.62 _A ^c	77.00±1.17 _B ^a	75.20±1.10 _C ^a	74.44±0.35 _C ^a
90	15	82.21±0.08 _A ^a	78.09±2.08 _B ^a	77.53±0.67 _B ^a	77.50±1.05 _B ^a
	30	81.40±0.54 _A ^b	76.77±1.05 _B ^a	76.37±0.25 _B ^a	75.86±1.32 _B ^a
	60	81.27±0.36 _A ^{bc}	76.10±1.36 _B ^a	75.22±0.89 _B ^a	73.73±2.83 _B ^a
	90	80.67±0.22 _A ^c	76.77±2.14 _B ^a	76.18±1.23 _B ^a	76.19±0.55 _B ^a
	120	80.94±0.38 _A ^{bc}	74.81±3.31 _B ^a	75.10±1.36 _B ^a	75.93±1.04 _B ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

25°C’de depolanan örneklerin b* değerlerindeki değişimler Çizelge 4.13’de verilmiştir.

4°C’de ve 25°C’de depolanan örneklerin başlangıç örnekleri aynı olduğu için depolama öncesi b* değerlerindeki değişime 70, 75°C’deki ısıtma işlem uygulamalarında sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 80, 85 ve 90°C’deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 25°C’de depolanan örneklerin b* değerlerindeki değişime 60, 120 ve 180. günlerde sürelerin etkisi önemsiz bulunmuştur. Tüm örneklerin b* değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda azalma olduğu tespit edilmiştir. 25°C’de depolanan örneklerin b* değerlerindeki azalma oranı 4°C’de depolanan örneklere kıyasla daha fazla olup bu oran %5.3 ile %20.5 arasında değişmektedir.

b* renk değerinin depolama ile azalmasında en büyük sebep karotenoidlerin zamanla parçalanmasıdır. Çünkü karotenoidler, çeşitleri ve konsantrasyonlarına göre ortama kırmızı, turuncu veya sarı renk kazandırabilme özelliğine sahiptirler. Depolama ile birlikte karotenoidlerin parçalanması sonucu b* renk değeri doğrudan etkilenip azalmaktadır.

Cserhalmi ve ark. (2006), işlem görmemiş portakal suyunun b* değerini 3.34, yüksek vurgulu elektrik alanı uygulanan portakal suyunun b* değerini ise 3.70 olarak belirlemişlerdir.

Li-Ying ve ark. (2008), Olinda Valensiya portakal türünün b* değerini 14.06, Delta Valensiya portakal türünün b* değerini 51.46 olarak tespit etmişlerdir.

Cortés ve ark. (2008), yapmış oldukları bir çalışmada taze, PEF ve ısıtma pastörizasyon uygulanmış portakal sularının b* değerlerini sırasıyla 50.73 ± 0.67 , 53.62 ± 0.57 ve 57.61 ± 10.56 şeklinde belirlemişler ve işlem görmüş portakal suyu örneklerinin b* değerinin arttığını bildirmişlerdir.

Işık (2008), Kozan Yerli çeşidi portakal sularında pastörizasyon sonrasında b* değerinin 37.50-39.18 arasında değiştiğini ve Portakal suyu renginin sarılığını ifade eden b* değerinin Hamlin ve Kozan Yerli çeşitlerinden elde edilen portakal sularında pastörizasyon ile birlikte önce arttığını sonra azaldığını bildirmiştir.

Çizelge 4.13. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında b* değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	b*			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	80.91±1.93 _A ^a	73.77±4.02 _B ^a	74.42±0.39 _B ^a	73.14±0.38 _B ^a
	30	81.93±0.61 _A ^a	75.49±0.68 _B ^a	73.42±2.23 _B ^a	73.18±2.26 _B ^a
	60	81.21±2.23 _A ^a	77.30±0.74 _{AB} ^a	71.58±3.76 _{BC} ^a	69.95±4.73 _C ^a
	90	82.37±0.96 _A ^a	76.83±0.37 _B ^a	72.52±3.35 _C ^a	73.02±0.55 _C ^a
	120	82.80±0.57 _A ^a	77.12±0.93 _B ^a	75.88±0.63 _B ^a	73.02±0.55 _C ^a
75	15	77.27±1.91 _A ^a	77.09±0.31 _A ^a	74.56±1.38 _B ^a	73.15±1.10 _B ^a
	30	79.47±0.33 _A ^a	74.41±1.97 _B ^a	75.50±0.10 _B ^a	73.29±1.54 _B ^a
	60	78.28±0.95 _A ^a	74.82±2.81 _{AB} ^a	73.49±0.63 _B ^a	70.77±3.70 _B ^a
	90	79.67±0.76 _A ^a	73.56±2.92 _B ^a	73.23±3.22 _B ^a	68.20±2.89 _C ^a
	120	79.46±0.65 _A ^a	73.73±3.32 _A ^a	72.51±0.98 _A ^a	65.12±6.96 _B ^a
80	15	81.43±0.26 _A ^a	75.97±0.94 _B ^a	72.08±1.87 _C ^a	72.34±2.33 _C ^a
	30	81.29±0.63 _A ^a	75.92±1.64 _B ^a	71.54±4.01 _B ^a	72.71±3.01 _B ^a
	60	81.26±0.14 _A ^a	74.00±2.04 _B ^a	69.97±1.60 _C ^a	73.67±0.06 _B ^a
	90	80.46±0.58 _A ^{ab}	74.39±1.46 _B ^a	70.39±4.84 _B ^a	73.34±1.26 _B ^a
	120	79.75±0.91 _A ^b	71.06±0.65 _B ^a	69.55±0.90 _C ^a	67.82±0.46 _D ^a
85	15	81.25±0.39 _A ^a	74.72±1.41 _B ^a	73.10±3.74 _B ^a	74.26±2.96 _B ^a
	30	81.27±0.23 _A ^a	74.16±2.70 _B ^a	74.48±1.88 _B ^a	67.92±0.08 _C ^a
	60	80.28±0.20 _A ^b	76.49±0.35 _A ^a	68.32±4.76 _B ^a	67.18±1.93 _B ^a
	90	80.21±0.49 _A ^b	72.10±3.84 _B ^a	67.30±6.91 _B ^a	63.78±3.36 _B ^a
	120	79.30±0.62 _A ^c	74.11±3.04 _{AB} ^a	64.82±2.74 _C ^a	66.54±8.07 _{BC} ^a
90	15	82.21±0.08 _A ^a	74.36±2.16 _{AB} ^a	73.79±1.83 _{AB} ^a	67.15±8.11 _B ^a
	30	81.40±0.54 _A ^b	76.59±0.41 _{AB} ^a	73.51±4.31 _{BC} ^a	69.61±4.11 _C ^a
	60	81.27±0.36 _A ^{bc}	73.79±1.99 _B ^a	74.55±3.08 _B ^a	73.61±1.98 _B ^a
	90	80.67±0.22 _A ^c	76.57±0.05 _{AB} ^a	74.21±0.96 _{BC} ^a	69.95±5.79 _C ^a
	120	80.94±0.38 _A ^{bc}	75.96±0.77 _{AB} ^a	73.63±2.91 _{BC} ^a	69.23±4.80 _C ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

Bozkır (2010), yaptığı çalışmada Alanya Dilimli ve Dörtüol Yerlisi çeşitleri arasında istatistiksel anlamda b* değerlerinde önemli bir farklılığın bulunmadığı ($P>0.05$), buna karşın, Kozan Yerli portakal çeşidinin b* değerlerinin diğer portakallara göre daha yüksek olduğunu (44.98) bildirmiştir ($P<0.05$). Ayrıca, ısı işlem görmüş portakal suları aralarında kıyaslandığında Kozan Yerli portakal çeşidinde b* değerinin %37-44 oranında bir artış gösterdiğini, diğer portakal çeşitlerinin b* değerinin arttığını, ancak bu artışın Kozan Yerli'sine göre daha düşük olduğunu tespit etmiştir.

Timmermans ve ark. (2011), hiçbir işlem görmemiş portakal suyunun b* değerini 61.84, ısı pastörizasyon uygulanan portakal suyunun b* değerini 62.51, yüksek basınç uygulanan portakal suyunun b* değerini 61.93 ve yüksek vurgulu elektrik alanı uygulanan portakal suyunun b* değerini 61.61 olarak tespit etmişlerdir.

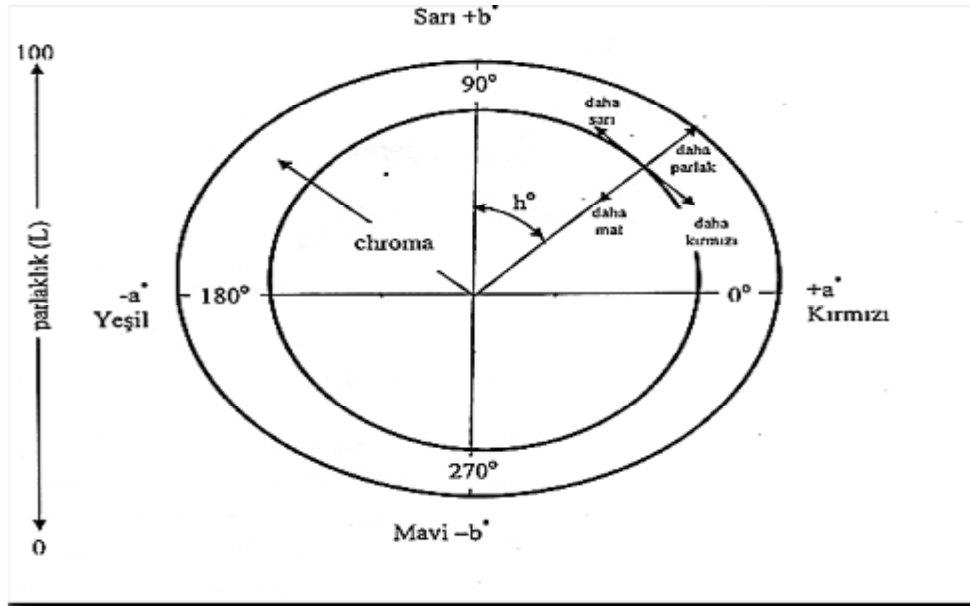
Ağçam (2011), farklı uygulamaların ve depolama periyotlarının b* değerleri üzerine olan etkisinin önemli olduğunu ($p<0.05$), depolama ile birlikte işlem görmüş portakal suyu örneklerinin b* değerlerinde bir azalış olduğunu bildirmiştir.

Stinco ve ark. (2013), çalışmalarında kullandıkları Salustina portakal sularının b* değerini 76.60 olarak tespit etmişlerdir.

4.5.4. Portakal Sularının Hue Açısı Değerlerindeki Değişimler

Hue değeri derece olarak Hue açısını göstermektedir (Şekil 4.1)

Hue değerleri rengin saflığını ve homojenliğini ifade eder. Hue açısı, rengi analiz edilen nesnenin sahip olduğu rengin hangi temel renge daha yakın olduğunu ifade eden değerdir. Hue açısı dört temel renk (kırmızı, sarı, yeşil, mavi) vasıtasıyla trigonometrik bölgelere ayrılarak açıklanabilir. 0° kırmızılığı (+a), 90° sarılığını (+b), 180° yeşilliğini (-a) ve 270° maviliğini (-b) ifade etmektedir. Burada renge dayalı trigonometrik fonksiyonlarda $0-90^\circ$ I. bölgeyi (+a,+b), $90-180^\circ$ II. bölgeyi (-a,+b), $180-270^\circ$ III. bölgeyi (-a,-b) ve son olarak $270-360^\circ$ IV. bölgeyi (+a,-b) ifade etmektedir (Veberic ve ark., 2010; Macdougall, 2000).



Şekil 4.1. CIELCH (The International Commission on Illumination L,C,H) renk skalası (Anon., 1996)

Hue değeri ve karotenoidler arasında bir ilişki kurulacak olursa özellikle kırmızı karotenoid bakımından zengin gıdaların Hue değerinin I. bölge sınırlarında çıkması gerekmektedir. Çünkü I. bölge, karotenoidlerin sorumlu olduğu sarı-turuncu-kırmızı rengini sınırları içerisinde barındıran bölgedir. Sonuç olarak bir gıdanın Hue değerinin I. Bölgede tespit edilmesi karotenoid bakımından zengin olduğunu gösterir.

4°C'deki depolama sırasında Hue açısı değerlerindeki değişimler Çizelge 4.14'de verilmiştir. Isıl işlem sonrasında depolanmamış örneklerin Hue değerleri 85.24 ile 85.83 arasında değişmiştir. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ısıl işlem sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) Hue değerlerindeki değişime 90°C hariç diğer ısıl işlem uygulamalarındaki sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 90°C'deki uygulamalarda sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 80, 85 ve 90°C'deki 120 ve 180. günlerde depolama süresinin Hue değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır.

Tüm örneklerin Hue değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda azalma olduğu tespit edilmiştir. 4°C'de depolanan örneklerdeki Hue değerlerindeki azalma oranı %1.25 ile %4.51 arasında bulunmuştur.

Lee ve Kim (2003), kontrol altıntop suyunun Hue değerini 109° olarak bulmuştur.

Lee ve ark. (2003), taze portakal suyu örneğinde Hue değerini 95.66° ve ısıl pastörizasyon maruz kalan örnekte ise 97.51° tespit etmiştir.

Esteve ve ark. (2005), İspanyol portakal çeşitlerinden elde ettikleri portakal sularını pastörize edip kalitesinde meydana gelen değişimleri incelemiştir. Araştırmacılar meyve sularının Hue* değerlerini 79.33±0.01 ile 85.43±0.04 arasında bulmuşlardır.

Melendéz-Martínez ve ark. (2005), Valensiya portakalından elde edilen meyve suyunun Hue* değerini 77.27-80.82° arasında tespit etmişlerdir.

Işık (2008), yapmış olduğu bir çalışmada Kozan Yerli ve Hamlin portakallarından elde edilen meyve sularının Hue* değerini sırasıyla 86.91±0.10 ve 91.69±0.25 olarak tespit etmiştir. Araştırmacı ısıl pastörizasyon sonrası Hue* değerinde bir artış belirlemiştir.

Biçgel (2008), Valensiya ve Kozan Misket portakal suyu örneklerinin Hue* değerini sırasıyla 86.44±0.79 ve 87.62±1.85 olarak tespit etmiş ve ısıl pastörizasyon sonrası Hue* değerlerinde bir artış belirlemiştir.

Li-Ying ve ark. (2008), Olinda Valensiya portakal türünün Hue açısı değerini 73.85°, Delta Valensiya portakal türünün Hue açısı değerini 76.02° olarak bulmuşlardır.

Çizelge 4.14. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında Hue açısı değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Hue Açısı Değerleri			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	85.56±0.10 _A ^a	84.53±0.00 _B ^a	84.12±0.38 _B ^a	83.07±0.55 _C ^a
	30	85.75±0.53 _A ^a	84.42±0.12 _{AB} ^a	83.42±1.19 _B ^a	82.55±1.51 _B ^a
	60	85.48±0.03 _A ^a	84.63±0.24 _B ^a	83.75±0.35 _C ^a	81.75±0.10 _D ^a
	90	85.74±0.12 _A ^a	84.79±0.21 _{AB} ^a	84.10±0.42 _B ^a	83.63±1.17 _B ^a
	120	85.24±0.45 _A ^a	84.31±0.35 _B ^a	83.46±0.42 _C ^a	82.66±0.19 _D ^a
75	15	85.63±0.29 _A ^a	85.08±0.12 _A ^a	84.03±0.85 _A ^a	84.19±1.24 _A ^a
	30	85.61±0.19 _A ^a	85.44±0.36 _A ^a	84.56±0.73 _A ^a	83.23±0.76 _B ^{ab}
	60	84.71±0.92 _A ^a	84.82±0.36 _A ^{ab}	83.78±0.49 _A ^a	83.37±0.86 _A ^{ab}
	90	85.39±0.05 _A ^a	84.37±0.33 _{AB} ^b	83.51±1.51 _B ^a	81.96±0.56 _C ^b
	120	85.42±0.07 _A ^a	85.41±0.46 _A ^a	83.23±1.95 _B ^a	81.87±0.63 _B ^b
80	15	85.57±0.26 _A ^a	85.02±0.02 _A ^a	83.38±0.11 _B ^{ab}	83.47±0.70 _B ^a
	30	85.71±0.13 _A ^a	84.92±0.05 _B ^a	84.09±0.29 _C ^a	83.55±0.53 _C ^a
	60	85.71±0.16 _A ^a	84.82±0.10 _A ^a	83.43±0.81 _B ^{ab}	82.66±1.09 _B ^a
	90	85.51±0.20 _A ^a	84.38±0.34 _B ^a	82.64±0.66 _C ^b	82.73±0.75 _C ^a
	120	85.38±0.10 _A ^a	82.82±2.80 _A ^a	82.50±0.17 _A ^b	81.53±1.63 _A ^a
85	15	85.44±0.03 _A ^a	84.93±0.21 _B ^a	83.24±0.08 _C ^{ab}	83.16±0.25 _C ^a
	30	85.52±0.01 _A ^a	85.01±0.00 _B ^a	83.47±0.03 _C ^a	84.21±0.19 _C ^a
	60	85.50±0.14 _A ^a	84.99±0.13 _A ^a	82.44±0.46 _B ^c	83.00±0.89 _B ^a
	90	85.56±0.28 _A ^a	84.72±0.27 _A ^a	82.47±0.18 _B ^c	82.55±1.26 _B ^a
	120	85.36±0.03 _A ^a	84.89±0.16 _B ^a	82.87±0.43 _C ^{bc}	82.65±0.16 _C ^a
90	15	85.56±0.03 _A ^{bc}	85.31±0.53 _A ^a	84.30±0.84 _A ^a	84.49±0.87 _A ^a
	30	85.46±0.04 _A ^c	85.61±0.79 _A ^a	83.74±0.64 _B ^a	83.13±0.54 _B ^a
	60	85.83±0.05 _A ^a	85.23±1.38 _{AB} ^a	83.36±0.69 _B ^a	83.07±1.58 _B ^a
	90	85.64±0.11 _A ^b	85.38±0.16 _A ^a	83.49±0.61 _B ^a	83.79±0.75 _B ^a
	120	85.54±0.07 _A ^{bc}	85.19±0.10 _A ^a	82.91±0.95 _B ^a	83.08±0.45 _B ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

25°C'deki depolama sırasında Hue açısı değerlerindeki değişimler Çizelge 4.15'de verilmiştir. 4°C'de ve 25°C'de depolanan örneklerin başlangıç örnekleri aynı olduğu için Hue değerlerindeki değişime yukarıda belirtildiği gibi yalnızca 90°C'deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 25°C'de depolama süresi sonunda örneklere uygulanan tüm ısı işlem sürelerinin etkisi istisnalar (70°C'de daha uzun süre ısı işlem uygulanan (90 ve 120 sn) haricinde) olmakla birlikte uzun süreli işlemlerde Hue değerleri daha fazla azalmıştır ancak istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tüm örneklerin Hue değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda azalma olduğu tespit edilmiştir. 25°C'de depolanan örneklerin Hue değerlerindeki azalma oranı 4°C'de depolanan örneklere kıyasla daha fazla olup bu oranın %3.02 ile %12.44 arasında değiştiği görülmüştür.

Hue* açısını tanımlayan renk parametrelerdeki değişim incelendiğinde renk parametrelerinden a*'nın depolama süresince değerinde bir miktar artış olduğu, b*'nin ise depolama süresince değerinde bir azalış olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç karşısında Hue açısı değerinin azalması kaçınılmaz olmuştur.

Bozkır (2010), Hue açısı değeri bakımından en yüksek değer Kozan Yerli portakal çeşidinde, en düşük değerin ise Alanya Dilimli (73.9) ve Dört Yol Yerli (72.9) portakal çeşitlerine ait olduğunu bildirmiştir.

Ağçam (2011), Depolamanın başlangıcında PEF ve ısı pastörizasyon uygulamalarının artan şiddeti ile Hue değerleri arasında doğrudan bir ilişki gözlenmezken, depolamanın son periyodu olan 180. günde gerek PEF gerekse ısı pastörizasyon şiddetindeki artışın Hue* değerinde daha fazla azalışa neden olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 4.15. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında Hue açısı değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Hue Açısı Değerleri			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	85.56±0.10 _A ^a	81.67±3.14 _A ^a	80.89±0.51 _A ^b	81.24±0.73 _A ^a
	30	85.75±0.53 _A ^a	81.60±0.72 _B ^a	81.75±1.61 _B ^{ab}	81.13±1.09 _B ^a
	60	85.48±0.03 _A ^a	84.67±0.33 _A ^a	83.54±1.21 _A ^a	81.22±1.22 _B ^a
	90	85.74±0.12 _A ^a	84.17±1.27 _A ^a	83.45±0.97 _A ^a	83.15±0.32 _A ^a
	120	85.24±0.45 _A ^a	84.77±0.24 _A ^a	83.41±0.34 _{AB} ^a	82.22±0.48 _B ^a
75	15	85.63±0.29 _A ^a	84.30±0.20 _A ^a	81.39±1.84 _B ^a	80.86±0.58 _B ^a
	30	85.61±0.19 _A ^a	82.82±0.52 _A ^a	82.83±0.18 _A ^a	81.52±1.17 _A ^a
	60	84.71±0.92 _A ^a	82.21±2.26 _A ^a	81.50±1.27 _A ^a	79.72±2.65 _A ^a
	90	85.39±0.05 _A ^a	81.53±2.25 _B ^a	80.67±2.28 _B ^a	78.05±2.19 _B ^a
	120	85.42±0.07 _A ^a	82.89±2.47 _A ^a	82.06±0.69 _A ^a	76.49±3.56 _B ^a
80	15	85.57±0.26 _A ^a	83.20±1.48 _A ^a	79.76±1.95 _B ^a	79.72±2.19 _B ^a
	30	85.71±0.13 _A ^a	83.14±0.97 _{AB} ^a	79.86±2.56 _B ^a	80.70±2.17 _B ^a
	60	85.71±0.16 _A ^a	81.79±1.57 _B ^{ab}	80.64±1.03 _B ^a	81.31±0.02 _B ^a
	90	85.51±0.20 _A ^a	82.16±1.06 _B ^a	78.98±2.92 _C ^a	81.37±0.64 _{BC} ^a
	120	85.38±0.10 _A ^a	79.77±0.45 _B ^b	78.36±0.15 _C ^a	75.90±0.09 _D ^b
85	15	85.44±0.03 _A ^a	82.45±1.49 _{AB} ^a	80.19±2.49 _B ^a	80.03±1.28 _B ^a
	30	85.52±0.01 _A ^a	81.38±1.69 _B ^a	81.66±0.91 _B ^a	77.24±0.03 _C ^a
	60	85.50±0.14 _A ^a	83.16±0.27 _A ^a	79.16±1.29 _B ^a	76.91±1.27 _C ^a
	90	85.56±0.28 _A ^a	80.58±2.40 _{AB} ^a	77.43±4.31 _{BC} ^a	74.92±1.69 _C ^a
	120	85.36±0.03 _A ^a	81.42±2.14 _{AB} ^a	76.86±2.81 _B ^a	76.63±4.13 _B ^a
90	15	85.56±0.03 _A ^{bc}	81.59±1.97 _A ^a	80.74±1.63 _{AB} ^a	76.66±4.36 _B ^a
	30	85.46±0.04 _A ^c	83.41±0.51 _A ^a	82.21±0.45 _A ^a	78.69±2.78 _B ^a
	60	85.83±0.05 _A ^a	81.34±1.95 _{AB} ^a	81.70±2.98 _B ^a	79.60±0.28 _B ^a
	90	85.64±0.11 _A ^b	83.52±0.31 _{AB} ^a	80.94±0.70 _{BC} ^a	78.56±3.16 _C ^a
	120	85.54±0.07 _A ^{bc}	83.39±0.44 _{AB} ^a	81.01±2.32 _{BC} ^a	78.18±2.65 _C ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

4.5.5. Portakal Sularının Kroma (C) Değerlerindeki Değişimler

C* değeri rengin sahip olduğu yoğunluğu bir başka deyişle tonunu ifade eden renk parametresidir. Matematiksel olarak ifade edilecek olursa a* ve b* renk değerlerinin karelerinin toplamının karekökü alındığında elde edilen değerdir. Örneğin bir nesnenin renk analizi sonucu elde edilen a* ve b* değerleri aracılığı ile önce Hue açısı değeri belirlensin ve bu değer 90° olsun, 90°'lik Hue açısı sarı rengin olduğu bölgeyi ifade etmektedir. Fakat bu bölgede yer alan sarının hangi yoğunluktaki sarıyı veya bir başka deyişle hangi tondaki sarıyı temsil ettiğini bulabilmek için Hue açısı ile birlikte C* değerine ihtiyaç vardır (Ağçam, 2011). Değer yükseldikçe renk daha parlak, küçüldükçe ise daha mat olarak gözlenmektedir (Anon., 1996).

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlemi uygulanan Kozan Yerli çeşidi portakal sularının kroma değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Örneklerin ısıtma işlemi sonrası ve depolama öncesindeki (0.Gün) C* değerleri 77.49 ile 83.09 arasında değişmektedir. C* değerlerine 70 ve 75°C'deki sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 80, 85 ve 90°C'deki uygulamalarda sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Tüm örneklerin C* değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda azalma olduğu tespit edilmiştir. 4°C'de depolanan örneklerdeki C* değerlerindeki azalma oranı %3.06 ile %9.05 arasında bulunmuştur.

Meléndez-Martínez ve ark. (2007), farklı çeşitteki portakalları sıkarak elde ettikleri portakal suyunun renk değerlerine incelemiş olup, elde edilen sonuçlara göre L*, a*, b*, Hue* ve C* değerlerini sırasıyla 63.60±3.81, 5.90±3.60, 55.35±9.92, 84.16±3.20 ve 55.75±10.11 olarak belirlemişlerdir.

Işık (2008), Kozan Yerli portakalından elde ettiği meyve suyunun farklı pastörizasyon normlarına ait elde ettiği sonuçlara göre taze örnekte C* değerini 37.55±1.32 ve ısıtma pastörizasyona maruz kalmış örneklerde 39.23±1.27 olarak belirlemiştir.

Çizelge 4.16. Portakal sularının 4°C’de depolama sırasında C* değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	C*			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	81.15±1.92 _A ^a	78.66±0.65 _B ^a	77.71±0.63 _B ^{ab}	76.65±1.08 _B ^a
	30	82.16±0.66 _A ^a	77.33±1.89 _B ^a	76.51±0.65 _B ^c	75.58±2.23 _B ^a
	60	81.46±2.23 _A ^a	77.92±1.96 _B ^a	76.76±0.35 _{BC} ^{bc}	74.58±0.61 _C ^a
	90	82.60±0.96 _A ^a	76.89±3.85 _B ^a	77.94±0.25 _B ^a	75.71±0.59 _B ^a
	120	83.09±0.52 _A ^a	77.06±3.87 _B ^a	77.60±0.56 _B ^{ab}	75.57±0.57 _B ^a
75	15	77.49±1.92 _A ^a	78.59±0.27 _A ^a	76.93±0.64 _{AB} ^a	75.12±0.96 _B ^a
	30	79.70±0.31 _A ^a	78.14±0.39 _B ^a	76.53±0.90 _C ^a	75.76±1.07 _C ^a
	60	78.62±0.88 _A ^a	78.01±0.24 _{AB} ^a	76.97±0.77 _{BC} ^a	75.85±1.01 _C ^a
	90	79.93±0.76 _A ^a	77.12±1.11 _B ^a	74.64±1.22 _C ^a	73.58±0.62 _C ^a
	120	79.71±0.65 _A ^a	78.27±2.02 _{AB} ^a	75.44±2.69 _{BC} ^a	73.51±1.94 _C ^a
80	15	81.67±0.25 _A ^a	78.62±0.06 _B ^a	76.00±0.17 _C ^{ab}	76.94±0.98 _C ^a
	30	81.52±0.62 _A ^a	78.27±0.05 _B ^a	76.99±0.34 _C ^a	76.64±1.29 _C ^a
	60	81.49±0.14 _A ^a	78.14±0.07 _B ^a	75.30±0.60 _C ^{bc}	75.33±1.56 _C ^a
	90	80.70±0.57 _A ^{ab}	77.72±0.55 _B ^a	75.20±1.26 _C ^{bc}	75.08±0.90 _C ^a
	120	80.01±0.92 _A ^b	76.10±2.99 _{AB} ^a	74.51±0.14 _B ^c	73.20±2.91 _B ^a
85	15	81.51±0.39 _A ^a	77.06±1.79 _B ^a	76.51±0.58 _B ^a	76.29±0.39 _B ^a
	30	81.52±0.23 _A ^a	76.98±0.06 _B ^a	76.77±0.05 _B ^a	77.19±1.53 _B ^a
	60	80.53±0.19 _A ^b	76.30±1.07 _B ^a	76.41±1.89 _B ^a	76.36±1.89 _B ^a
	90	80.45±0.50 _A ^b	76.75±1.85 _B ^a	76.73±0.92 _B ^a	75.33±2.15 _B ^a
	120	79.56±0.62 _A ^c	77.30±1.16 _B ^a	75.79±1.04 _C ^a	75.05±0.32 _C ^a
90	15	82.46±0.08 _A ^a	78.35±2.09 _B ^a	77.92±0.57 _B ^a	77.86±1.05 _B ^a
	30	81.65±0.53 _A ^b	77.00±1.12 _B ^a	76.83±0.16 _B ^{ab}	76.41±1.25 _B ^a
	60	81.49±0.36 _A ^{bc}	76.38±1.52 _B ^a	75.73±0.79 _B ^b	74.30±2.88 _B ^a
	90	80.90±0.22 _A ^c	77.02±2.13 _B ^a	76.67±1.14 _B ^{ab}	76.64±0.56 _B ^a
	120	81.18±0.37 _A ^{bc}	75.08±3.33 _B ^a	75.68±1.22 _B ^b	76.49±0.98 _B ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

25°C'deki depolama sırasında C* değerlerindeki değişimler Çizelge 4.17'de verilmiştir. Tüm örneklerin C* değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda azalma olduğu görülmüştür. 25°C'de depolanan örneklerdeki C* değerlerindeki azalma oranı 4°C'de depolanan örneklere göre daha fazla olup, %4.38 ile %17.90 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Cortés ve ark. (2008), taze portakal suyunun C* değerini 57.63 ± 0.65 , PEF ile işlenmiş portakal suyu örneğini 53.70 ± 0.69 ve ısıtılmış pastörizasyona maruz kalan örnekte bu değeri 50.93 ± 0.69 olarak belirlemişlerdir. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere her iki yöntemle işlenen portakal suyunun C* değerinde azalma gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Li-Ying ve ark. (2008), Olinda Valensiya portakal türünün kroma değerini 53.04, Delta Valensiya portakal türünün kroma değerini 50.55 olarak belirlemişlerdir. Olinda Valensiya'nın daha yüksek kroma değeri ile daha parlak ve saf bir renge sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Ağçam (2011), portakal suyu örneklerinin C* değerlerinin 18.78 ile 21.12 arasında değiştiğini, a* ve b* değerleri ile işlem görmüş örneklerin C değerlerinin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca Kroma değerinin depolama sonuna doğru başlangıç değerine göre azalarak değiştiğini, işlem görmüş portakal suyu örneklerinin özellikle 180. gündeki kroma değerlerinin gerek PEF ve gerekse ısıtılmış pastörizasyon uygulamaları şiddetine bağlı olarak daha çok azaldığını bildirmiştir.

Çizelge 4.17. Portakal sularının 25°C’de depolama sırasında C* değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	C*			
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün
70	15	81.15±1.92 _A ^a	74.61±3.45 _B ^a	75.37±0.49 _B ^a	74.01±0.36 _B ^a
	30	82.16±0.66 _A ^a	76.31±0.54 _B ^a	74.22±2.49 _B ^a	74.07±2.21 _B ^a
	60	81.46±2.23 _A ^a	77.64±0.77 _{AB} ^a	72.06±3.95 _{BC} ^a	70.78±4.71 _C ^a
	90	82.60±0.96 _A ^a	77.24±0.19 _B ^a	73.01±3.50 _C ^a	73.54±0.57 _C ^a
	120	83.09±0.52 _A ^a	77.44±0.96 _B ^a	76.38±0.62 _B ^a	73.70±0.61 _C ^a
75	15	77.49±1.92 _A ^a	77.47±0.28 _A ^a	75.44±1.01 _{AB} ^a	74.10±1.05 _B ^a
	30	79.70±0.31 _A ^a	75.00±1.91 _B ^a	76.09±0.07 _B ^a	74.11±1.35 _B ^a
	60	78.62±0.88 _A ^a	75.55±2.41 _{AB} ^a	74.32±0.40 _B ^a	71.96±3.17 _B ^a
	90	79.93±0.76 _A ^a	74.39±2.51 _B ^a	74.24±2.76 _B ^a	69.73±2.39 _C ^a
	120	79.71±0.65 _A ^a	74.34±2.92 _A ^a	73.21±1.11 _{AB} ^a	67.00±6.18 _B ^a
80	15	81.67±0.25 _A ^a	76.53±0.70 _B ^a	73.27±1.46 _C ^a	73.55±1.90 _C ^a
	30	81.52±0.62 _A ^a	76.47±1.50 _B ^a	72.70±3.49 _B ^a	73.71±2.57 _B ^a
	60	81.49±0.14 _A ^a	74.78±1.75 _B ^a	70.92±1.43 _C ^a	74.53±0.06 _B ^a
	90	80.70±0.57 _A ^{ab}	75.10±1.29 _B ^a	71.74±4.20 _B ^a	74.18±1.15 _B ^a
	120	80.01±0.92 _A ^b	72.21±0.56 _B ^b	71.01±0.88 _{BC} ^a	69.93±0.44 _C ^b
85	15	81.51±0.39 _A ^a	75.39±1.16 _B ^a	74.22±3.21 _B ^a	75.41±2.91 _B ^a
	30	81.52±0.23 _A ^a	75.02±2.39 _B ^a	75.28±1.73 _B ^a	69.64±0.07 _C ^a
	60	80.53±0.19 _A ^b	77.04±0.31 _A ^a	69.57±4.72 _B ^a	68.97±1.63 _B ^a
	90	80.45±0.50 _A ^b	73.11±3.38 _B ^a	69.03±6.02 _B ^a	66.05±2.95 _B ^a
	120	79.56±0.62 _A ^c	74.97±2.65 _{AB} ^a	66.60±2.25 _C ^a	68.44±7.17 _{BC} ^a
90	15	82.46±0.08 _A ^a	75.19±1.83 _B ^a	74.78±1.51 _B ^a	69.06±7.07 _B ^a
	30	81.65±0.53 _A ^b	77.10±0.33 _{AB} ^a	74.19±4.27 _{BC} ^a	71.02±3.54 _C ^a
	60	81.49±0.36 _A ^{bc}	74.67±1.64 _B ^a	75.39±2.50 _B ^a	74.84±1.98 _B ^a
	90	80.90±0.22 _A ^c	77.07±0.03 _{AB} ^a	75.15±0.83 _{BC} ^a	71.40±5.09 _C ^a
	120	81.18±0.37 _A ^{bc}	76.47±0.75 _B ^a	74.57±2.47 _{BC} ^a	70.75±4.24 _C ^a

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05).

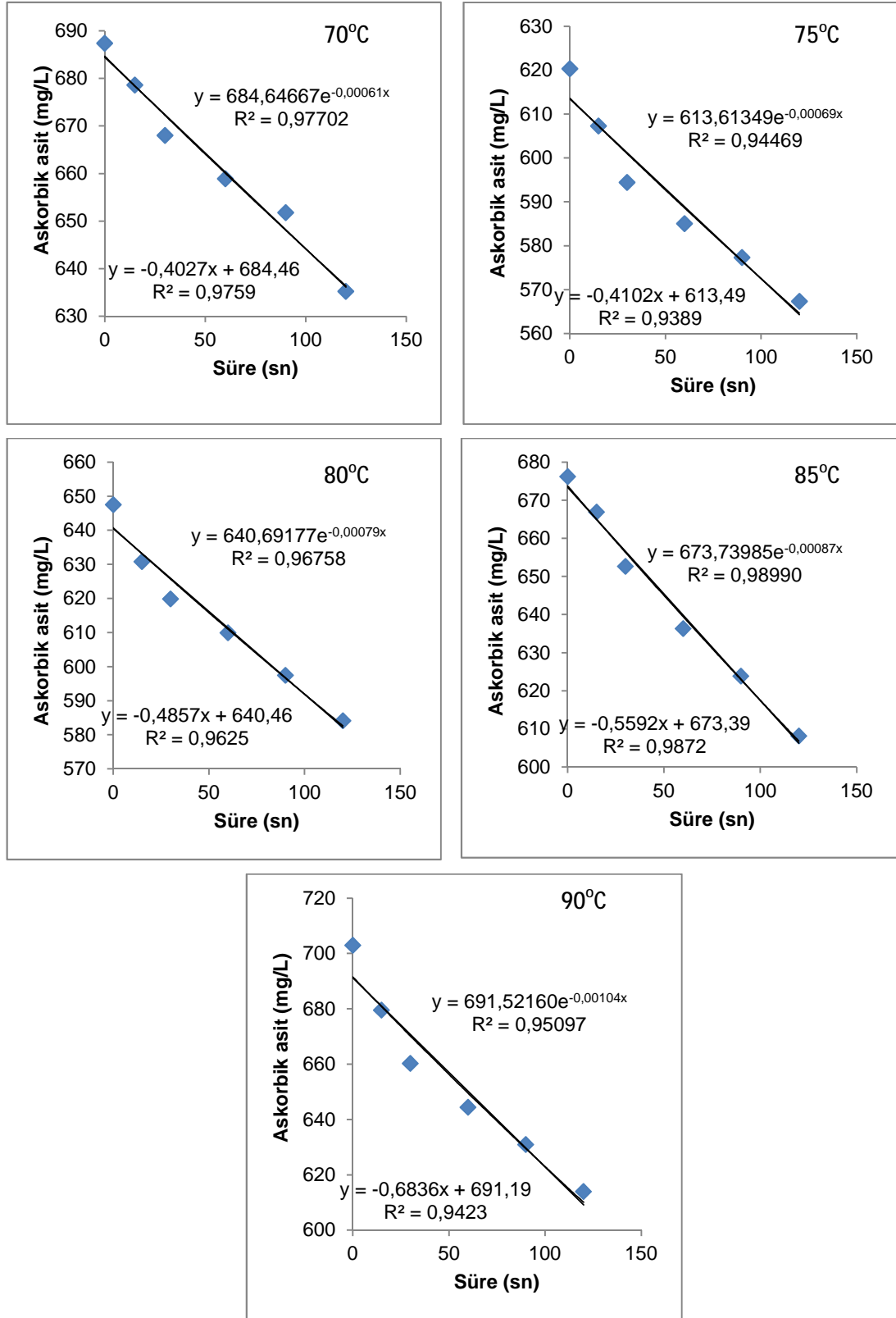
4.6. Portakal Sularının Askorbik Asit İçerikleri

Vitamin C (askorbik ve L-dehidroaskorbik asit) insanlar için önemli bir besin maddesidir ve serbest radikallerin varlığına karşı koruma sağlayan ve sonucunda birçok dejeneratif hastalığa karşı korunmada etkili olan yüksek antioksidan aktivitesine sahiptir. Vitamin C'nin stabil olmamasından ve besinsel öneminden ötürü vitamin C içeriği diğer besin elementlerinin varlığını garanti eder ve vitamin C, işlenmiş gıdaların besin kalitesinin bir indikatörü olarak bilinir (Önür, 2014).

4.6.1. Farklı Sıcaklık Uygulamaları Sırasında Portakal Suyu Örneklerinin Askorbik Asit İçeriklerinin Parçalanma Kinetiği

70, 75, 80, 85 ve 90°C'de 15 ile 120 saniye arasında ısıtılma işlemi uygulanan portakal suyu örneklerinin sahip oldukları askorbik asit içeriklerinin parçalanma kinetikleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir. 70°C'de ısıtılma işlemi uygulamaları sonrası askorbik asit içerikleri 678.59-635.23 mg/L arasında olup, 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R² değeri sırasıyla 0.9759 ve 0.9770, 75°C'de ısıtılma sonrası 607.27 - 567.33 mg/L arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R² değeri sırasıyla 0.9389 ve 0.9446, 80°C'de 630.81-584.15 mg/L arasında olup, 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R² değeri sırasıyla 0.9625 ve 0.9675, 85°C'de 666.91-608.16 mg/L arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R² değeri sırasıyla 0.9872 ve 0.9899, 90°C'de 679.47- 613.91 mg/L arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R² değeri sırasıyla 0.9423-0.9509 olarak belirlenmiştir.

Farklı sıcaklık uygulamalarıyla işlenen portakal suyu örneklerinin sahip oldukları askorbik asit içeriğinin hangi dereceden parçalanma kinetiğine uygun olduğuna ilişkin yapılan matematiksel modellemede elde edilen denklemlerin regresyon katsayıları (R²) Çizelge 4.18'de verilmiştir. Elde edilen grafiklerin denklemleri ve bu denklemlere ilişkin regresyon katsayıları 0. ve 1. reaksiyon dereceleri için belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Farklı sıcaklık uygulamaları süresince askorbik asit değişimlerinin 0. ve 1. dereceden reaksiyona göre elde edilen grafik ve denklemleri

Çizelge 4.18. Reaksiyon derecelerine göre farklı sıcaklıkta askorbik asidin parçalanmasına ilişkin kinetik veriler

Sıcaklık (°C)	0. Derece		1. Derece	
	Denklem	R ²	Denklem	R ²
70	$y = -0.4027x + 684.46$	0.9759	$y = 684.64667e^{-0.00061x}$	0.9770
75	$y = -0.4102x + 613.49$	0.9389	$y = 613.61349e^{-0.00069x}$	0.9446
80	$y = -0.4857x + 640.46$	0.9625	$y = 640.69177e^{-0.00079x}$	0.9675
85	$y = -0.5592x + 673.39$	0.9872	$y = 673.73985e^{-0.00087x}$	0.9899
90	$y = -0.6836x + 691.19$	0.9423	$y = 691.52160e^{-0.00104x}$	0.9509

Farklı sıcaklık ve süreler neticesinde askorbik asit konsantrasyonundaki değişimin hangi dereceden reaksiyona uygun gerçekleştiğini bulmak için, reaksiyon derecelerine ilişkin elde edilen denklemlerden regrasyon katsayısı (R²) bire en yakın olan seçilmektedir.

Askorbik asit parçalanma kinetiğine ilişkin verilerin çözümlenmesi için kimyasal reaksiyonlarda sıkça başvurulan Arrhenius eşitliği kullanılmıştır. Arrhenius eşitliği reaksiyon hızının sıcaklıkla ilişkisini tanımlar ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Cemeroğlu, 2005).

$$k_T = k_0 \cdot e^{\frac{-E_a}{R \cdot T}} \quad (4.1)$$

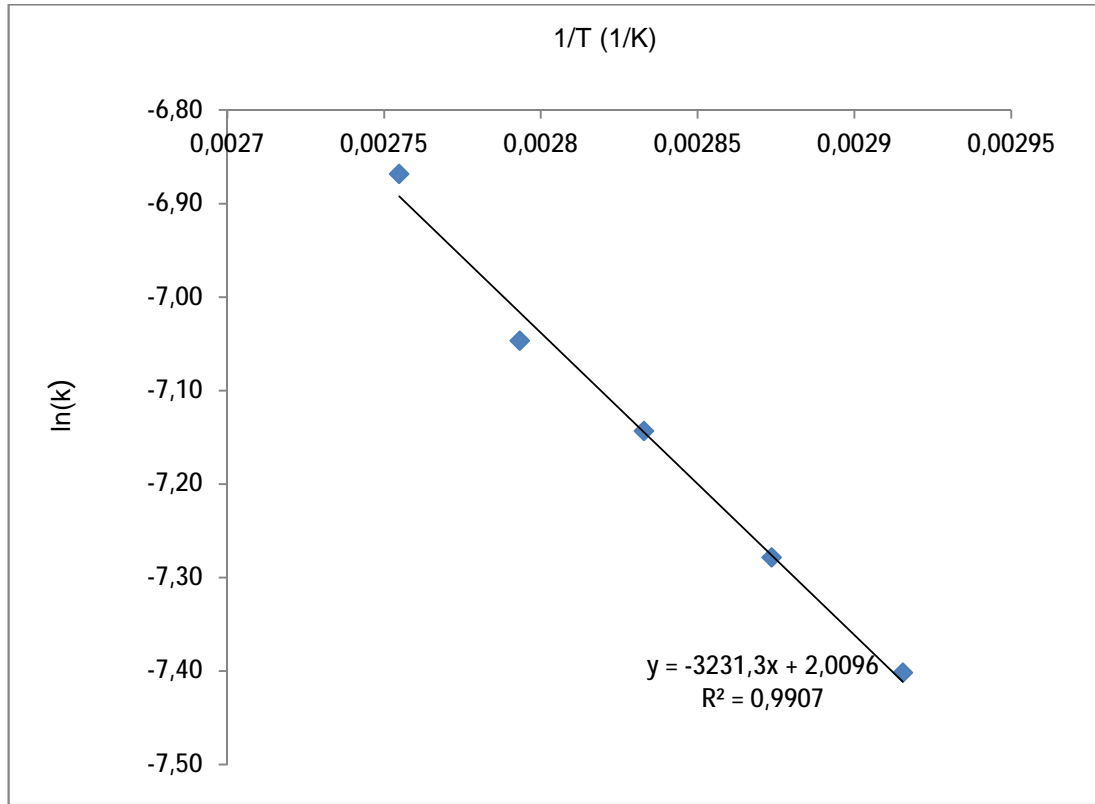
$$\ln(k_T) = \ln(k_0) - \frac{E_a}{R \cdot T} \quad (4.2)$$

Bu eşitlikteki k_T reaksiyon hız sabitini (s^{-1}), T sıcaklığı (K), E_a aktivasyon enerjisini (kJmol^{-1}), R evrensel gaz sabitini ($\text{kJmol}^{-1}\text{K}^{-1}$) ve k_0 reaksiyona girecek maddelerin karşılaşma olasılığını (s^{-1}) tanımlar.

(4.2) nolu eşitlik (4.1) nolu eşitliğin logaritması alınarak elde edilen ve bu sayede lineer özellik kazanan bir eşitliktir. Çizelge 4.19'da elde edilen veriler sunulmuştur. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında askorbik asit parçalanmasına ilişkin Arrhenius grafiği Şekil 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında askorbik asit parçalanmasına ilişkin Arrhenius grafiğine ait veriler

Sıcaklık		$k \times 10^{-4}$	$-\ln(k)$	$1/T$
(°C)	(K)			
70	343	6.10	-7.4021	0.00292
75	348	6.90	-7.2788	0.00287
80	353	7.90	-7.1435	0.00283
85	358	8.70	-7.0470	0.00279
90	363	10.40	-6.8685	0.00275



Şekil 4.3. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında askorbik asit parçalanmasına ilişkin Arrhenius grafiği

Elde edilen sonuçlara göre askorbik asit portakal suyunda en uygun 1. dereceden kinetiğe göre parçalanmaktadır. Buna göre yarı ömür süresi formülasyonu için 1. dereceden parçalanma denklemi (4.3) kullanılmıştır.

$$t_{1/2} = \frac{\ln(\frac{C_0}{2}) - \ln(C_0)}{-k} = \frac{\ln \frac{C_0}{2C_0}}{-k} = \frac{0.693}{k} \quad (4.3)$$

Askorbik asit için hesaplanan yarı ömür süreleri ($t_{1/2}$ (sn)) Çizelge 4.20'de verilmiştir. 70°C için bu değer 1136.3 sn iken 90°C'deki ısıtma işlem için 666.5 sn olarak tespit edilmiştir.

D değeri; sabit sıcaklıkta ısıtılan bir ortamdaki bileşiğin %90'nının parçalanmasına, yani; bir desimal azalmasına neden olan ısıtma süresidir. Aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır (4.4). D değerleri 3774.7 ile 2214.0 sn arasında değişmektedir (Çizelge 4.20).

$$D = \frac{2.303}{k} \quad (4.4)$$

z değeri; bir bileşiğin sabit bir sıcaklıkta desimal parçalanma süresinin 10 misli kısalması için bu sabit sıcaklığın ne kadar artırılması gerektiğini ifade eder. Portakal sularındaki askorbik asidin parçalanması için z değeri 86.32°C olarak aşağıdaki formül (4.5) yardımı ile hesaplanmıştır (Çizelge 4.20).

$$z = \frac{2.303RT_2T_1}{Ea} \quad \text{veya} \quad z = \frac{T_2 - T_1}{\log\left(\frac{D_1}{D_2}\right)} \quad (4.5)$$

Ea aktivasyon enerjisi (kJmol^{-1}), R evrensel gaz sabiti ($8.314 \text{ kJmol}^{-1}\text{K}^{-1}$) kullanılarak aşağıdaki formül (4.6) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Eğim} = -Ea/R \rightarrow Ea = \text{Eğim} * R \quad (4.6)$$

Q_{10} değeri, bir reaksiyonda sıcaklığın 10°C artması halinde reaksiyon hızının kaç kat arttığını gösterir. Şu halde yukarıda belirtildiği gibi Q_{10} değeri (4.7), bir reaksiyonun sıcaklık değişiminden etkilenme düzeyini göstermektedir. Bir reaksiyonun Q_{10} değeri yüksek olursa o reaksiyonun sıcaklık değişiminden fazlaca etkilendiği anlaşılır ve aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır. Q_{10} değeri askorbik asit için 1.31 olarak belirlenmiştir.

$$Q_{10} = 10^{\left(\frac{10}{Z}\right)} \quad (4.7)$$

Çizelge 4.20. Farklı ısıl işlem uygulanan portakal suyunda askorbik asit parçalanma kinetiği

Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	R^2		k (s^{-1})	$k \times 10^{-4}$	$t_{1/2}$ (sn)	D (sn)	z ($^{\circ}\text{C}$)	E_a (kJ/mol)	Q_{10}
	0	1							
70	0.9759	0.9770	0.000610	6.10	1136.3	3774.7	86.32	26.87	1.31
75	0.9389	0.9447	0.000690	6.90	1004.6	3337.1			
80	0.9625	0.9676	0.000790	7.90	877.4	2914.7			
85	0.9872	0.9899	0.000870	8.70	796.7	2646.6			
90	0.9423	0.9510	0.001040	10.40	666.5	2214.0			

Laing ve ark. (1978), askorbik asit parçalanmasında oksijenin büyük rol oynadığını ve ortamda bol miktarda bulunması durumunda 1. dereceden parçalanma reaksiyonuna uygun olarak azaldığını tespit etmişlerdir.

Van den Broeck ve ark. (1998), portakal suyu, domates pulpu ve farklı pH'ya sahip çözeltilerde askorbik asidin 1. dereceden kinetiğe uygun olarak parçalandığını tespit etmişlerdir.

Van den Broeck ve ark. (2006), domates ve portakal sularının askorbik asit değişimini inceledikleri çalışmada portakal suyu için 140°C' de D değerini 47.93 dk, 120-140°C' de, z değerini ise 27.15°C olarak rapor etmişlerdir.

Dhuique-Mayer ve ark. (2007), yaptıkları bir çalışmada turunçgil sularında askorbik asidin parçalanma kinetiğine ait logaritmik eğriden elde ettikleri regresyon katsayısını 0.925 olarak hesaplamışlardır. Arrhenius eşitliğiyle aktivasyon enerjisini 35.6 kJ/mol bulmuşlardır. Tüm sıcaklık (50-100°C) uygulamalarında parçalanma oranlarını çok düşük bulmuşlardır. Turunçgil sularındaki C vitamininin bekledikleri gibi ısıya duyarlı olmadığını bildirmişlerdir.

4.6.2. Farklı Sıcaklıkta Depolanan Portakal Suyu Örneklerinin Askorbik Asit İçeriklerinin Parçalanma Kinetiği

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısı işlem sıcaklıkları ve sürelerinin, 4°C'deki depolama sırasında askorbik asit içeriğindeki değişimler Çizelge 4.21'de verilmiştir. Isıl işlem sonrası depolanmamış (0. Gün) örneklerin askorbik asit içerikleri 567.3 ile 679.4 mg/L arasında değişmiştir. Portakal suyuna uygulanan sıcaklık derecelerine ait sürenin artmasıyla birlikte ürünün askorbik asit kaybının da arttığı belirlenmiştir. Depolama öncesindeki tüm sıcaklık uygulamaları ve süreleri arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama sonrasında ise askorbik asit içeriklerindeki değişime 70 ve 75°C'deki uygulama süreleri arasındaki farkın etkisi önemsiz bulunurken diğer sıcaklıkların uygulama sürelerinin etkisi istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tüm örneklerin askorbik asit içeriklerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede azalmalar tespit edilmiştir. 4°C'deki depolama sonrasında askorbik asit içeriklerindeki azalmanın %27 (585.05 mg/L'den 427.6 mg/L'ye) ile %55 (609.92 mg/L'den 270 mg/L'ye) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

25°C'deki depolama sırasında askorbik asit içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.22'de verilmiştir. Tüm örneklerin askorbik asit içeriklerindeki değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede azalmalar tespit edilmiştir. 25°C'deki depolama sırasında askorbik asit içeriklerindeki azalmanın,

4°C'deki askorbik asit içeriklerindeki değişime göre çok daha fazla olduğu görülmüştür. 25°C'deki depolama sonrasında askorbik asit içeriklerindeki azalma oranı %47 (567.33 mg/L'den 299.23 mg/L'ye) ile %87 (608.16 mg/L'den 78.69 mg/L'ye) arasında değişmektedir.

4 ve 25°C'lik depolama koşullarında depolanan portakal sularının k sabitleri incelendiğinde 4°C için 1.74 ile $4.86 \text{ gün}^{-1} \times 10^{-3}$, 25°C için ise 3.44 - $12.45 \text{ gün}^{-1} \times 10^{-3}$ olduğu görülmüştür. Bu durum bize askorbik asit parçalanma reaksiyon hızının yüksek sıcaklıkta daha hızlı gerçekleştiğini göstermektedir. Yarılanma süreleri incelendiğinde ise ($t_{1/2}$) 4°C için 142.86 - 400.83 gün, 25°C için 56.11 - 210.63 gün olarak tespit edilmiştir. Reaksiyon hızı arttıkça yarılanma süresinin azaldığı görülmektedir. Şüphesiz 4°C'de depolanan örneklerin askorbik asit içerikleri daha fazla korunmuştur.

Fernandez ve ark. (2001), 4°C'de 21 gün depolanan yüksek basınç uygulanmış portakal suyunda önemli bir vitamin C kaybı olmadığını bildirmiştir.

Farnworth ve ark. (2001), Valensiya portakal sularını kullandıkları çalışmada pastörize edilmemiş ve -18°C 'de dondurulmuş portakal sularının askorbik asit içeriğini $54.2 \text{ mg}/100 \text{ mL}$, pastörize edilmiş ve -18°C 'de dondurulmuş portakal sularının askorbik asit içeriğini $53.7 \text{ mg}/100\text{mL}$ ve pastörize edilmiş ve 1°C 'de depolanmış portakal sularının askorbik asit içeriğini $49.6 \text{ mg}/100 \text{ mL}$ olarak tespit etmişlerdir. Askorbik asit konsantrasyonunun her bir yöntemden ve depolama süresinden etkilendiğini bildirmişlerdir. Pastörize edilmiş ve 1°C 'de depolanmış portakal suyunun diğer portakal sularına kıyasla daha az askorbik asit içerdiği ve bütün portakal sularında depolama süresi arttıkça askorbik asidin önemli derecede azaldığı sonucuna varmışlardır.

Bull ve ark. (2004), Navel ve Valensiya portakal suları üzerine yaptıkları çalışmada portakal suları PET şişeye doldurulduğu anda L-askorbik asit içeriğini Valensiya portakal suyunda $406 \text{ mg}/\text{L}$ ve Navel portakal suyunda $498 \text{ mg}/\text{L}$ olarak bulmuşlardır. Bütün portakal suyu örneklerinde uygulama ve depolama sıcaklığından bağımsız olarak L-askorbik asit konsantrasyonunda önemli farklılıklar tespit etmişlerdir ($p < 0.05$). Depolama süresince özellikle Valensiya portakal suyunun L-askorbik asit konsantrasyonunda azalma olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumu,

asidik koşulların askorbik asidi stabil ettiği bilindiğinden (Tannebaum ve ark., 1985), Navel portakal suyunun (pH 3.8) Valensiya portakal suyundan (pH 4.2) daha düşük pH'ya sahip olmasına baĐlamıŐlardır. Meyve suyunun pH'sının yanında meyve suyunda çözünen oksijen miktarının ve PET Şişeye giren oksijen miktarının askorbik asidin parçalanmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Selli ve ark. (2004), Kozan Yerli üzerine yapmış olduğu bir çalışmada meyve suyundaki askorbik asit miktarını 550 mg/L olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.21. Portakal sularının 4°C'de depolama sırasında askorbik asit içerikleri (mg/L)											
Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Askorbik Asit								*Depolama Kinetiği	
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün	k_s (gün ⁻¹ x 10 ⁻³)	$t_{1/2}$ (gün)				
70	15	678.59±7.99 ^a	549.7±12.12 ^a	515.8±31.44 ^a	361.6±52.66 ^c	3.29±0.68	217.06±47.08				
	30	668.03±5.26 ^b	550.8±55.81 ^B	479.5±26.43 ^a	409.6±34.34 ^B	2.68±0.15	258.79±14.14				
	60	658.91±5.41 ^A	538.3±27.66 ^B	485.3±17.45 ^c	427.6±13.49 ^D	2.35±0.27	298.11±36.45				
	90	651.76±6.78 ^c	544.1±48.76 ^B	458.0±28.83 ^C	387.3±44.53 ^D	2.92±0.68	247.90±66.16				
	120	635.23±5.86 ^d	564.0±31.27 ^B	424.40±49.02 ^C	362.0±14.14 ^D	3.30±0.30	211.45±20.33				
75	15	607.27±8.77 ^a	516.7±36.68 ^B	416.9±38.02 ^C	372.0±25.12 ^C	2.81±0.61	255.41±62.55				
	30	594.44±2.94 ^b	521.1±14.69 ^a	444.2±28.03 ^a	372.0±32.02 ^D	2.61±0.45	270.91±50.46				
	60	585.05±3.67 ^A	538.3±27.66 ^B	485.3±17.45 ^a	427.6±13.49 ^D	1.74±0.19	400.83±45.85				
	90	577.31±1.78 ^A	490.6±27.33 ^B	458.1±29.13 ^B	387.3±44.53 ^C	2.13±0.73	360.42±153.34				
	120	567.33±5.61 ^d	524.0±10.12 ^a	424.4±49.02 ^B	362.0±14.14 ^C	2.64±0.40	265.83±36.66				
80	15	630.81±4.19 ^a	577.2±73.00 ^A	342.2±22.02 ^a	325.6±6.39 ^{ab}	4.16±0.13	166.83±5.24				
	30	619.89±4.15 ^{ab}	580.7±21.03 ^A	410.5±17.71 ^a	370.1±44.54 ^B	3.16±0.61	225.42±46.00				
	60	609.92±8.75 ^{bc}	507.1±44.81 ^{ab}	329.8±69.24 ^c	270.0±9.27 ^c	4.79±0.55	145.93±17.76				
	90	597.47±8.25 ^{cd}	474.3±17.42 ^b	355.43±19.56 ^c	305.8±35.93 ^{bc}	3.87±0.81	184.01±36.56				
	120	584.15±2.98 ^d	364.6±15.06 ^c	323.4±37.89 ^c	263.0±7.24 ^c	4.21±0.37	165.45±14.28				
85	15	666.91±6.95 ^a	491.3±49.80 ^B	418.3±21.81 ^{ab}	363.8±24.82 ^a	3.30±0.20	210.51±12.90				
	30	652.69±2.47 ^b	471.8±25.83 ^B	425.3±21.96 ^a	385.5±4.24 ^a	2.77±0.02	250.49±1.39				
	60	636.36±9.28 ^{bc}	440.1±85.40 ^A	338.9±42.10 ^c	319.2±26.30 ^b	3.90±0.30	178.35±13.12				
	90	623.88±10.19 ^c	477.0±19.53 ^B	340.8±39.60 ^c	288.4±37.00 ^b	4.45±0.69	157.97±22.88				
	120	608.16±2.01 ^d	382.9±6.96 ^B	360.5±33.09 ^{bc}	318.4±8.82 ^b	3.34±0.27	208.19±16.57				
90	15	679.47±1.71 ^a	574.2±25.14 ^b	420.2±34.20 ^c	397.4±60.08 ^a	3.29±0.79	219.16±52.60				
	30	660.23±4.77 ^b	621.9±11.87 ^A	410.5±10.46 ^a	346.1±43.84 ^{ab}	3.92±0.66	180.18±28.98				
	60	644.41±3.80 ^b	552.4±6.49 ^b	336.0±22.88 ^b	289.5±14.00 ^b	4.86±0.20	142.86±5.92				
	90	630.91±7.80 ^{bc}	497.9±20.78 ^c	422.4±24.90 ^c	401.8±30.76 ^a	2.54±0.51	280.83±63.03				
	120	613.91±7.30 ^c	501.8±4.15 ^c	411.2±16.11 ^a	369.3±15.41 ^D	2.85±0.40	246.38±37.28				

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). *+4°C' de depolanan üründen askorbik asit değişim kinetiği

Çizelge 4.21. Portakal sularının 25°C'de depolama sırasında askorbik asit içerikleri (mg/L)		Askorbik Asit					*Depolama Kinetiği	
Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün	k _s (gün ⁻¹ ×10 ³)	t _{1/2} (gün)	
70	15	678.59±7.99 ^a	379.41±39.42 ^b	335.75±33.85 ^{bc}	281.95±24.48 ^c	4.61±0.41	151.24±13.76	
	30	668.03±5.26 ^a	385.35±31.89 ^b	287.97±28.53 ^c	257.89±39.59 ^c	5.28±0.82	133.52±22.03	
	60	658.91±5.41 ^a	520.00±38.35 ^b	408.04±28.52 ^b	268.60±25.24 ^d	4.92±0.61	142.36±17.13	
	90	651.76±6.78 ^a	548.59±50.76 ^a	495.27±26.34 ^a	310.12±11.07 ^a	3.89±0.24	178.45±11.14	
	120	635.23±5.86 ^a	514.40±25.72 ^a	456.95±15.46 ^{ab}	309.36±6.49 ^a	3.79±0.22	183.09±10.33	
75	15	607.27±8.77 ^a	450.92±55.26 ^a	391.76±61.58 ^{bc}	311.81±26.60 ^a	3.59±0.40	194.72±20.42	
	30	594.44±2.94 ^b	427.79±37.24 ^a	316.09±78.01 ^a	258.43±21.25 ^{ab}	4.70±0.77	150.52±27.18	
	60	585.05±3.67 ^a	426.41±38.48 ^a	366.61±23.81 ^a	306.14±22.99 ^a	3.50±0.35	199.29±19.27	
	90	577.31±1.78 ^a	455.25±46.33 ^a	395.57±40.47 ^a	195.62±46.95 ^b	4.14±1.77	196.84±104.6	
	120	567.33±5.61 ^a	443.52±39.76 ^a	405.13±15.97 ^a	299.23±56.03 ^a	3.44±0.96	210.63±50.51	
80	15	630.81±4.19 ^a	377.56±46.57 ^b	267.76±46.42 ^c	212.41±14.72 ^b	6.01±0.79	116.48±14.17	
	30	619.89±4.15 ^a	453.75±47.49 ^a	359.75±99.14 ^{bc}	308.69±40.75 ^c	3.92±0.88	183.94±46.71	
	60	609.92±8.75 ^a	371.72±66.53 ^b	251.96±44.33 ^c	207.93±19.08 ^b	6.03±0.47	115.47±9.29	
	90	597.47±8.25 ^a	454.25±35.76 ^a	303.80±86.22 ^c	232.28±50.81 ^b	5.53±1.23	129.79±30.97	
	120	584.15±2.98 ^a	286.71±20.55 ^b	222.04±12.99 ^c	159.58±48.85 ^d	7.10±1.64	100.85±21.13	
85	15	666.91±6.95 ^a	543.60±33.18 ^a	370.95±112.68 ^a	296.25±88.04 ^a	4.91±2.20	160.15±65.72	
	30	652.69±2.47 ^a	436.17±35.86 ^a	389.60±41.17 ^a	200.66±23.86 ^{bc}	6.07±0.51	114.67±9.98	
	60	636.36±9.28 ^a	529.24±50.61 ^a	296.29±89.93 ^a	213.69±48.50 ^{ab}	6.58±1.80	110.44±28.29	
	90	623.88±10.19 ^a	526.28±75.17 ^a	366.63±93.42 ^a	120.13±34.00 ^{cd}	8.99±1.52	78.71±14.73	
	120	608.16±2.01 ^a	388.79±159.29 ^a	100.93±8.39 ^b	78.69±5.55 ^d	12.45±1.34	56.11±6.07	
90	15	679.47±1.71 ^a	580.51±73.84 ^a	406.92±83.62 ^a	134.06±10.16 ^b	8.77±0.53	79.25±4.87	
	30	660.23±4.77 ^a	597.35±20.56 ^a	512.83±39.51 ^a	256.43±60.32 ^a	5.05±1.33	143.22±34.91	
	60	644.41±3.80 ^a	538.91±69.36 ^a	434.76±38.84 ^a	330.15±11.45 ^d	3.72±0.41	187.77±20.49	
	90	630.91±7.80 ^a	537.25±46.83 ^a	392.49±31.53 ^a	329.53±55.16 ^a	3.82±1.06	190.91±52.25	
	120	613.91±7.30 ^a	541.65±30.69 ^a	369.49±59.40 ^a	282.03±46.97 ^a	4.57±0.79	154.55±24.38	

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). *+25°C'de depolanan üründe askorbik asit değişim kinetiği

Polydera ve ark. (2003), tarafından yapılan bir çalışmada ise, ısı işlem uygulanmış (80°C'de 30 sn) portakal sularının 5, 10 ve 15°C'lerde 40 gün depolanması süresince askorbik asit kaybına ilişkin yarı ömür süreleri sırasıyla, 5.3, 4.3 ve 2.2 hafta olarak belirlenmiştir. Askorbik asit kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi değerini ise 43.8 kJ/mol ($R^2=0.890$) olarak belirlemişlerdir.

Esteve ve ark. (2005), depolama öncesinde farklı portakal sularının askorbik asit içeriğini 42.46 ile 73.45 mg/100 mL arasında bulmuşlardır. Aynı araştırmacılar tespit edilen vitamin C değerlerinin birbirinden önemli derecede farklı ve tavsiye edilen minimum değerlerden (40 mg/100 mL) daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Li-Ying ve ark. (2008), Olinda Valensiya portakal türünün askorbik asit miktarını 0.50 g/L, Delta Valensiya portakal türünün askorbik asit miktarını 0.38 g/L olarak bildirmişlerdir.

Işık (2008), Hamlin ve Kozan Yerli portakal çeşitlerinden elde edilen taze sıkılmış (kontrol) ve ısı işlem uygulanmış (75, 80 ve 85°C) portakal sularında askorbik asit miktarlarında meydana gelen değişimleri incelemiştir. Bu araştırmada. Hamlin portakal suyunda askorbik asit miktarlarının 353.05 ± 15.99 ile 480.08 ± 25.12 mg/L, Kozan Yerli portakal suyunda ise 1017.17 ± 34.04 ile 1060.35 ± 4.45 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Her çeşidin kendi arasında yapılan istatistiksel değerlendirmede kontrol grubu ile farklı pastörizasyon uygulamaları arasındaki farkın Hamlin çeşidi için önemli olduğu, Kozan Yerli çeşidi için ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki portakal sularının askorbik asit içeriğinin pastörize portakal sularına göre her iki çeşitte de yüksek olduğu belirlenmiştir.

Günümüzde portakal suyunun geleneksel yöntemlerle pastörizasyonunda 95°C'de 15 saniye ya da 90°C'de 1 dakika süreyle ısı işlem uygulanmaktadır. Depolanma sırasında askorbik asitte meydana gelen azalma ve ısı değişimi sorunu da çözülmüştür (Bozkır, 2010).

Pala (2011), yaptığı bir çalışmada, ısı işlem görmüş portakal suyu örneklerinin 4, 10 ve 20°C'lerde depolanması sırasında askorbik asit kaybına ilişkin yarı ömür sürelerini sırasıyla 30.7, 21.5 ve 12.6 hafta olarak saptamıştır. Bu değerler, depolama sıcaklığı arttıkça portakal suyunda bulunan askorbik asidin parçalanma hızının da arttığını göstermektedir. Yarı ömür süresi ($t_{1/2}$), portakal suyunun raf

ömrünün tahmin edilmesinde büyük öneme sahip kinetik parametrelerden biridir. Bu değer, depolama süresince sıcaklığa bağlı olarak askorbik asidin %50'sinin parçalandığı, zaman birimini ifade etmektedir. Arrhenius grafiğinin denkleminin eğimi kullanılarak da aktivasyon enerjisi (E_a) değeri $35.013 \text{ kJ mol}^{-1}$ ($R^2=0.999$) olarak hesaplanmıştır.

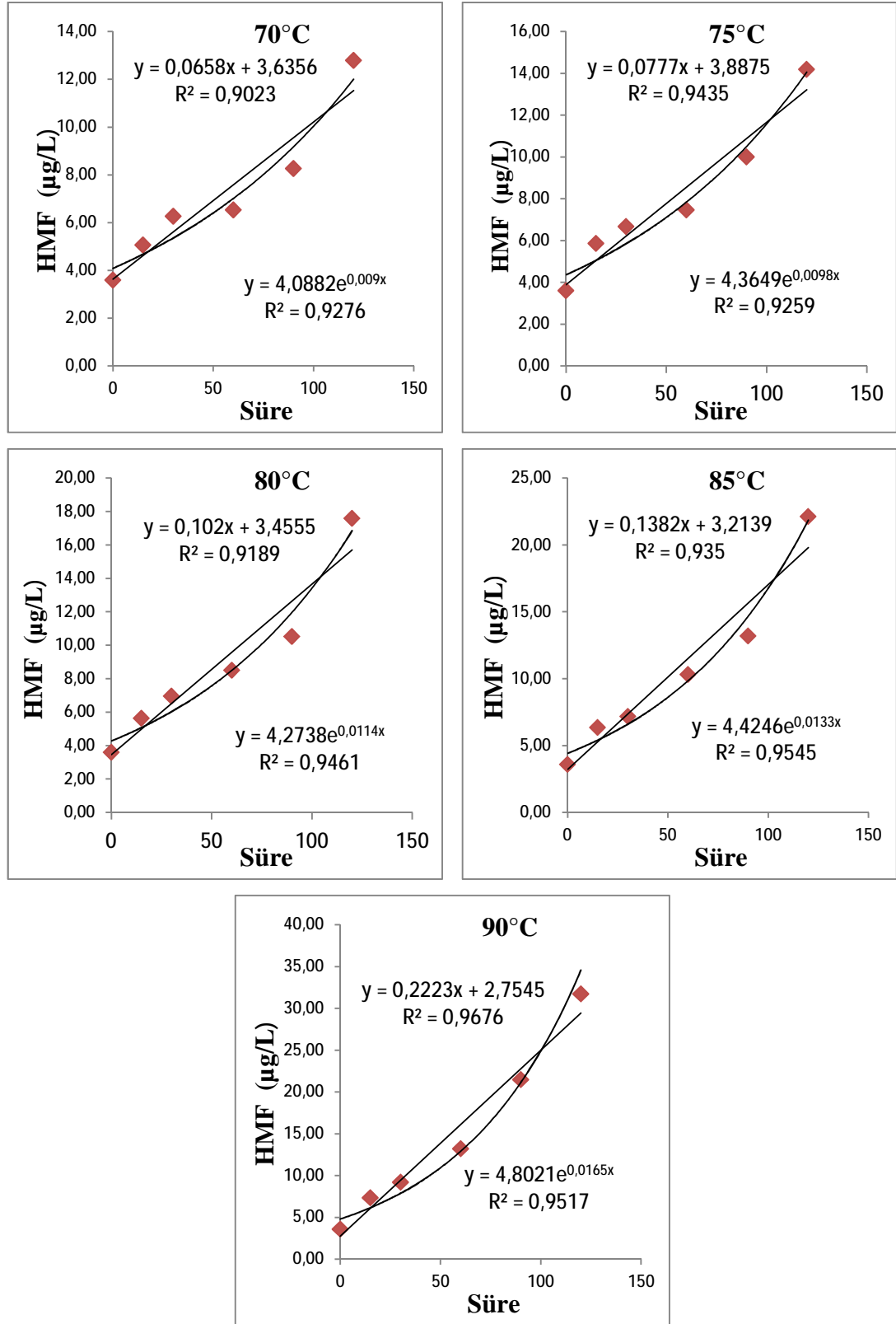
Stinco ve ark. (2013), Salustina portakal sularının ortalama askorbik asit içeriğini 61.79 mg/100mL olarak ölçmüşlerdir. Acılık giderme uygulamasının askorbik asit içeriğini %27 oranında azalttığını bildirmiştir.

4.7. Portakal Sularının Hidroksimetilfurfural (HMF) İçerikleri

Furanik aldehytlerin kontrolü, gıdalarda esmerleşmenin, tağşişin, ısının, uygun olmayan depolamanın ve duyuşal özelliklerin değerlendirilmesinde önemlidir. Asitlerle katalizlenen şekerlerin hidrolizinin temel parçalanma ürünü 5-(hidroksimetil)-2-furaldehitdir (HMF) (Esteve ve ark., 2005). HMF'nin oluşumu depolama süresi ve sıcaklık ile doğru orantılıdır.

4.7.1. Farklı Sıcaklık Uygulamaları Sırasında Portakal Suyu Örneklerinin HMF Oluşum Kinetiği

70, 75, 80, 85 ve 90°C 'de 15 ile 120 saniye arasında ısıtım işlem uygulanan portakal suyu örneklerinin sahip oldukları HMF oluşum kinetikleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir. 70°C 'de ısıtım işlem sonrası HMF içerikleri $5.07\text{-}12.80 \text{ }\mu\text{g/L}$ arasında tespit edilmiştir. 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre elde edilen denklemlerin R^2 değeri sırasıyla 0.9023 ve 0.9276 olarak belirlenmiştir. 75°C 'de ısıtım işlem sonrası HMF içerikleri $5.87\text{-}14.20 \text{ }\mu\text{g/L}$ arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre elde edilen denklemlerin R^2 değeri sırasıyla 0.9435-0.9259, 80°C 'de $5.64\text{-}17.60 \text{ }\mu\text{g/L}$ arasında olup, 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R^2 değeri sırasıyla 0.9189-0.9461, 85°C 'de $6.36\text{-}22.13 \text{ }\mu\text{g/L}$ arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R^2 değeri sırasıyla 0.9350 ve 0.9545, 90°C 'de $7.33\text{-}31.74 \text{ }\mu\text{g/L}$ arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R^2 değeri sırasıyla 0.9676-0.9517 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Farklı sıcaklık uygulamaları süresince HMF oluşumunun 0. ve 1. dereceden reaksiyonlarına göre elde edilen grafik ve denklemleri

Farklı sıcaklık uygulamalarıyla işlenen portakal suyu örneklerinin sahip oldukları HMF içeriğinin hangi dereceden oluşum kinetiğine uygun olduğuna ilişkin yapılan incelemede elde edilen denklemlerin regrasyon katsayıları (R^2) Çizelge 4.23'de verilmiştir. 1. derece denklemlerinden elde edilen sonuca göre genelde daha yüksek (ortalama R^2 değerleri 0.9411) R^2 değerleri elde edilirken, 0. dereceden denklemler sonucunda daha düşük (ortalama R^2 değerleri 0.9334) R^2 değerleri elde edilmiştir.

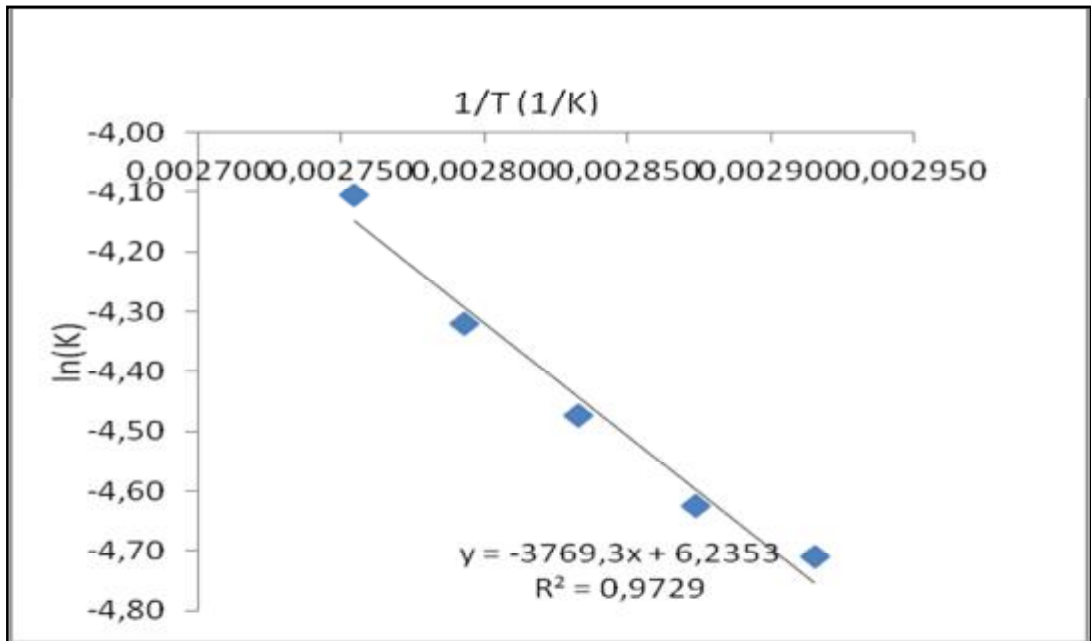
Çizelge 4.23. Reaksiyon derecelerine göre farklı sıcaklıkta HMF oluşumuna ilişkin kinetik veriler

Sıcaklık (°C)	0. Derece		1. Derece	
	Denklem	R^2	Denklem	R^2
70	$y = 0.0658x + 3.6356$	0.9023	$y = 4.0882e^{0.009x}$	0.9276
75	$y = 0.0777x + 3.8875$	0.9435	$y = 4.3649e^{0.0098x}$	0.9259
80	$y = 0.102x + 3.4555$	0.9189	$y = 4.2738e^{0.0114x}$	0.9461
85	$y = 0.1382x + 3.2139$	0.9350	$y = 4.4246e^{0.0133x}$	0.9545
90	$y = 0.1382x + 3.2139$	0.9676	$y = 4.8021e^{0.0165x}$	0.9517

HMF oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiğine ait veriler Çizelge 4.24 ve Şekil 4.5'de görülmektedir.

Çizelge 4.24. Farklı ısıl işlem uygulamaları sırasında HMF oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiğine ait veriler

Sıcaklık				
(°C)	(K)	$k \times 10^{-2}$	$-\ln(k)$	$1/T$
70	343	0.90	-4.71	0.00292
75	348	0.98	-4.63	0.00287
80	353	1.14	-4.47	0.00283
85	358	1.33	-4.32	0.00279
90	363	1.65	-4.10	0.00275



Şekil 4.5. Farklı ısıl işlem uygulamaları sırasında HMF oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiği

Elde edilen sonuçlara göre portakal suyunda HMF artışı en uygun 1. derece reaksiyon kinetiğine göre gerçekleşmiştir. Buna göre HMF için “yarı ömür süresi”

ifadesi yerine “katlanma süresi” ifadesini kullanmanın daha uygun olacağı düşünülmüş, 1. dereceden parçalanma denkleminin k değeri kullanılmıştır. Aynı zamanda HMF’ nin D, z, Ea ve Q₁₀ değerleri için 1. derece reaksiyon katsayısı kullanılmıştır.

$$t_{2x} = \frac{\ln(2C_0) - \ln(C_0)}{k} = \frac{\ln\left(\frac{2C_0}{C_0}\right)}{k} = \frac{0.693}{k} \quad (4.8)$$

HMF için hesaplanan katlanma süreleri t_{2x} (sn) Çizelge 4.25’de verilmiştir. 70°C için bu değer 77 sn iken 90°C’deki ısı işlem için 42 sn olarak tespit edilmiştir.

D değeri; sabit bir sıcaklıkta HMF konsantrasyonunda %90 artış olmasına neden olan süreyi ifade etmek için kullanılmıştır. D değerini hesaplamak için 4.4 nolu eşitlik kullanılmıştır. D değerleri 255.8 ile 139.6 sn arasında değişmektedir. z değeri ise belirli bir sıcaklıktaki D değerinin 10 kat azalması için gerekli olan sıcaklık artışını tanımlamaktadır. Portakal sularındaki HMF oluşumu için z değeri 4.5 nolu formül yardımıyla 75.98°C olarak hesaplanmıştır. Ea değeri; 4.6 nolu denklemden 31.34 kJ/mol, Q₁₀ değeri, 4.7 nolu denklemden 1.35 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.25).

Shaw ve ark. (1977), maillard tepkimesinin ileri aşamalarında HMF’nin azotlu maddelerle birleşerek polimerizasyon ve kondensasyon sonucu renkli bileşikler oluşturmalarını, gittikçe azalan oranda artış olmasının bir nedeni olarak göstermişlerdir.

Işık (2008), tarafından yapılan çalışmada ise; Hamlin portakal sularında HMF değerlerinin 0.089±0.12–1.495±0.3 mg/L, Kozan Yerli portakal sularında ise 0.059±0.05–2.062±2.06 mg/L arasında olduğu saptanmıştır. Çeşitler kendi aralarında değerlendirildiğinde; kontrol grubu ile farklı pastörizasyon uygulamaları arasındaki farkın Hamlin çeşidinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu ifade edilmiştir. Kozan Yerli çeşidinde HMF değerinin 85°C’de pastörize edilenlerde kontrol grubuna göre önemli derecede fazla olduğu belirtilmiştir.

Cortés ve ark. (2008), Navel çeşidine ait portakal suyunda PEF ve ısı pastörizasyon sonrasında oluşan HMF miktarlarını karşılaştırmışlardır. Elde edilen

sonuçlara göre taze portakal suyunda HMF miktarı 0.088 ± 0.023 mg/L, ısıt pastörizasyonla işlenende 0.089 ± 0.023 mg/L ve PEF uygulanmış örnekte 0.115 ± 0.023 mg/L olarak belirlemişlerdir.

Ağçam (2011), kontrol ve PEF tekniği ile işlenen portakal suyu örneklerinde HMF tespit edememiştir. Isıt pastörizasyonla işlenen örneklerde ise HMF tespit edilmiş olup bu değerlerin ısıt norm şiddetiyle arttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.25. Farklı ısıt işlem uygulanan portakal suyunda HMF oluşum kinetiği

Sıcaklık (°C)	R ²		k(s ⁻¹)	kx10 ⁻²	t _{2x} (sn)	D(sn)	z(°C)	Ea (kJ/mol)	Q ₁₀
	0	1							
70	0.9023	0.9276	0.0090	0.90	77.0	255.8	75.98	31.34	1.35
75	0.9435	0.9259	0.0098	0.98	70.7	235.0			
80	0.9189	0.9461	0.0114	1.14	60.8	202.0			
85	0.9350	0.9545	0.0133	1.33	52.1	173.1			
90	0.9676	0.9517	0.0165	1.65	42.0	139.6			

4.7.2. Farklı Sıcaklıkta Depolanan Portakal Suyu Örneklerinin HMF Oluşum Kinetiği

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısı işlem sıcaklıkları ve sürelerinin, 4°C'deki depolama sırasında HMF içeriğindeki değişimler Çizelge 4.26'da verilmiştir. Isıl işlem sonrası depolanmamış (0.gün) örneklerin HMF içerikleri 5.07 ile 31.74 µg/L arasında değişmiştir. Tüm örneklerin HMF içeriklerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede artma tespit edilmiştir (p<0.05). Depolama öncesinde tüm sıcaklık uygulamalarının süreleri arasındaki farklılık istatistik açıdan önemli (p<0.05) bulunurken, 4°C'de depolama sonrasında, 75 ve 85°C'de ısı işlem uygulanan örneklerde farklı süre uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. 4°C'deki depolama sonrasında HMF içeriklerinde %270 (31.74 µg/L'den 117.47 µg/L'ye) ile %2420 (5.64 µg/L'den 142.13 µg/L'ye) oranında artış olduğu tespit edilmiştir.

25°C'deki depolama sırasında HMF içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.27'de verilmiştir. Tüm örneklerin HMF değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede artma tespit edilmiştir. 25°C'deki depolama sırasında HMF oluşumunun, 4°C'deki HMF oluşumuna göre çok daha fazla olduğu görülmüştür. 25°C'deki depolama sonrasında HMF oluşma oranı %5901 (31.74 µg/L'den 1904.67 µg/L'ye) ile %49261 (5.07 µg/L'den 2500.93 µg/L'ye) arasında değişmektedir.

4 ve 25°C'lik depolama koşullarında depolanan portakal sularının k sabitleri incelendiğinde 4°C için 0.71 ile 1.73 gün⁻¹x10⁻², 25°C için ise 2.13-3.27 gün⁻¹x10⁻² olduğu görülmüştür. Bu durum, HMF'nin oluşum hızının yüksek sıcaklıkta depolamada daha hızlı gerçekleştiğini göstermektedir. Katlanma süreleri incelendiğinde (t_{2x}) 4°C için 40.02-97.73 gün, 25°C için 21.20-32.52 gün olarak tespit edilmiştir. Reaksiyon hızı arttıkça katlanma süresinin azaldığı görülmektedir. Buna göre HMF oluşumunun arttığı ifade edilebilir. Şüphesiz 4°C'de depolanan örneklerde HMF oluşumu daha yavaş gerçekleşmiştir. Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27'de görüldüğü gibi ısı işlem şiddetine ve süresine bağlı olarak HMF içeriklerinin düzenli olarak arttığı görülmektedir.

HMF'nin ısı uygulaması sonrasında depolanan ürünlerde oluşmaya devam ettiği bilinmektedir. Tatum ve ark. (1975), portakal suyunun 12 hafta 35°C sıcaklıkta depolanmasıyla üründe oluşan parçalanma ürünlerinin başlıcalarından birinin de HMF olduğunu bildirmişlerdir.

Esteve ve ark. (2005), depolama periyodunun İspanyol portakal sularının rengi ile kimyasal ve fiziksel kompozisyonu üzerine etkisi konulu çalışmalarında portakal sularının birinde HMF değerini belirleyememiş olup diğerlerinde 0.08-0.54 mg/L olarak belirlemişlerdir. HMF değerinin orta ısı işleme tabi tutulan portakal sularında tolere edilebilir değerin altında (5 mg/L HMF) olduğunu ve bu durumun, meyve sularının çok düşük ısı işleme tabi tutulduğunu gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bakan (2012), meyve sularında raf ömrü süresince antioksidan aktivite ve kalite değişimi üzerine yaptığı çalışmada, 4°C depolanan portakal sularında HMF gelişiminin çok düşük düzeyde kaldığını, 20°C'de depolanan portakal sularında ise zamana bağlı olarak HMF değerinde artış gözlendiğini bildirmiştir. Başlangıç HMF (mg/kg) miktarı 1.10 ± 0.21 değerinden 12. ayın sonunda 20°C'de 3.20 ± 0.06 değerine yükselmiştir.

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	HMF							*Depolama Kinetiği	
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün	k_s (gün ⁻¹ x 10 ⁻²)	t_{2x} (gün)			
70	15	5.07±0.23 ^d	14.27±3.80 ^b	22.53±3.70 ^c	60.93±3.63 ^a	1.35±0.08	51.36±3.11			
	30	6.27±0.23 ^c	8.80±1.74 ^c	31.60±1.60 ^b	46.13±7.69 ^b	1.21±0.10	57.63±5.11			
	60	6.53±0.23 ^c	15.33±3.80 ^b	71.60±4.61 ^a	95.73±26.34 ^b	1.59±0.16	43.85±4.29			
	90	8.27±0.83 ^b	10.40±2.12 ^{bc}	27.60±6.00 ^c	88.67±2.60 ^b	1.35±0.08	51.47±3.33			
	120	12.80±0.40 ^a	33.20±0.69 ^a	41.87±6.52 ^b	181.60±70.86 ^a	1.34±0.18	52.36±6.97			
			5.87±0.23 ^d	29.07±1.40 ^a	30.93±3.72 ^{ab}	97.33±3.35 ^a	1.41±0.02	49.02±0.69		
75	30	6.67±0.23 ^{cd}	16.53±4.41 ^b	51.73±9.20 ^b	78.93±13.15 ^a	1.50±0.10	46.23±2.99			
	60	7.47±0.46 ^c	22.40±5.64 ^{ca}	49.60±4.21 ^a	108.13±12.93 ^a	1.26±0.04	55.16±1.61			
	90	10.00±0.69 ^c	25.87±3.72 ^{bc}	36.67±7.90 ^a	104.27±15.28 ^a	1.34±0.09	51.93±3.25			
	120	14.20±0.54 ^a	17.60±2.62 ^b	36.80±3.67 ^{bd}	87.33±9.74 ^a	1.03±0.06	67.45±4.19			
			5.64±0.42 ^d	14.40±0.80 ^{bc}	30.27±6.40 ^b	142.13±20.00 ^a	1.73±0.05	40.02±1.14		
			6.96±0.55 ^{cd}	21.47±1.22 ^{bc}	45.60±6.29 ^a	109.60±7.99 ^a	1.50±0.10	46.23±2.99		
80	60	8.52±0.55 ^c	24.80±3.42 ^b	50.27±1.29 ^a	82.93±3.89 ^b	1.26±0.04	55.16±1.61			
	90	10.53±0.92 ^c	34.13±8.82 ^a	49.20±2.12 ^a	135.07±21.11 ^a	1.34±0.09	51.93±3.25			
	120	17.60±1.44 ^a	38.00±5.67 ^a	42.27±6.96 ^a	108.00±25.02 ^{ab}	0.92±0.15	76.75±11.28			
			6.36±0.21 ^d	17.73±2.20 ^b	53.47±8.24 ^b	127.07±28.12 ^a	1.67±0.10	41.55±2.59		
			7.20±0.36 ^d	17.20±3.02 ^b	48.40±3.94 ^b	105.73±44.95 ^a	1.49±0.17	46.87±4.97		
			10.32±0.21 ^c	40.93±10.17 ^a	66.53±9.00 ^a	106.93±15.24 ^a	1.25±0.03	55.47±1.23		
85	90	13.20±1.06 ^b	42.13±14.38 ^a	69.47±5.21 ^a	118.93±11.66 ^a	1.19±0.05	58.33±2.28			
	120	22.13±2.20 ^a	48.93±6.50 ^a	68.67±6.66 ^a	118.00±1.39 ^a	0.90±0.04	77.48±3.12			
			7.33±0.83 ^d	18.00±4.85 ^c	52.93±13.06 ^b	88.80±32.27 ^b	1.41±0.24	50.02±7.85		
			9.20±0.40 ^d	17.47±5.66 ^c	39.07±6.28 ^b	89.20±17.12 ^b	1.17±0.03	59.33±1.28		
			13.20±0.69 ^c	28.67±3.00 ^b	69.33±2.05 ^a	102.80±7.60 ^b	1.18±0.04	58.93±2.05		
			21.47±2.20 ^c	53.87±3.84 ^a	72.80±9.77 ^a	146.27±21.70 ^a	1.01±0.11	69.35±7.43		
90	120	31.74±0.46 ^a	53.60±5.38 ^a	76.27±1.40 ^a	117.47±16.06 ^{ab}	0.71±0.04	97.73±5.51			

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). *+4°C de depolanan üründen HMF değişim kinetiği

Çizelge 4.27. Portakal sularının 25°C'de depolama sırasında HMF içerikleri (µg/L)

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	HMF						*Depolama Kinetiği	
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün	k_s (gün ⁻¹ x 10 ⁻²)	t_{2x} (gün)		
70	15	5.07±0.23 ^c	106.00±27.59 ^b	296.13±74.42 ^c	2500.93±205.02 ^a	3.27±0.11	21.20±0.67		
	30	6.27±0.23 ^c	289.60±74.39 ^a	373.73±64.43 ^c	2390.93±264.41 ^a	3.01±0.03	22.99±0.26		
	60	6.53±0.23 ^c	244.13±1.40 ^a	820.13±60.24 ^a	2430.00±317.18 ^a	3.16±0.06	21.95±0.40		
	90	8.27±0.83 ^b	234.40±33.62 ^a	681.47±3.80 ^b	1760.80±105.82 ^a	2.86±0.06	24.23±0.51		
	120	12.80±0.40 ^a	266.27±13.40 ^a	684.67±40.62 ^b	1790.75±61.64 ^b	2.63±0.04	26.37±0.43		
	15	5.87±0.23 ^c	262.13±36.71 ^b	361.60±33.80 ^c	2217.73±235.92 ^a	3.02±0.08	22.96±0.59		
75	30	6.67±0.23 ^c	312.27±20.94 ^{ab}	747.73±111.97 ^b	2471.47±397.58 ^{ab}	3.10±0.10	22.38±0.72		
	60	7.47±0.46 ^c	284.80±51.76 ^{ab}	946.00±84.47 ^a	2615.07±285.77 ^{ab}	3.13±0.07	22.15±0.46		
	90	10.00±0.69 ^b	335.73±29.96 ^a	1026.80±96.82 ^a	2744.67±72.65 ^a	2.99±0.05	23.15±0.36		
	120	14.20±0.54 ^a	246.27±41.93 ^b	599.20±91.95 ^b	2680.67±76.68 ^{ab}	2.77±0.05	25.04±0.46		
	15	5.64±0.42 ^c	279.20±17.82 ^{BC}	389.73±20.03 ^b	2231.60±305.24 ^a	3.04±0.07	22.78±0.55		
	30	6.96±0.55 ^{bc}	191.33±53.86 ^b	312.67±69.04 ^b	1896.67±377.95 ^a	2.88±0.11	24.07±0.91		
80	60	8.52±0.55 ^{bc}	94.00±36.56 ^d	537.87±91.54 ^{ba}	1227.60±42.69 ^b	2.78±0.10	24.92±0.89		
	90	10.53±0.92 ^c	167.60±49.40 ^{BC}	288.93±44.19 ^b	1296.93±172.07 ^a	2.50±0.05	27.73±0.58		
	120	17.60±1.44 ^a	114.27±17.77 ^{BC}	392.67±87.09 ^b	2340.80±296.63 ^a	2.61±0.20	26.65±1.99		
	15	6.36±0.21 ^c	175.47±23.69 ^b	276.40±11.45 ^d	977.87±161.27 ^c	2.59±0.06	26.77±0.59		
	30	7.20±0.36 ^b	136.40±38.06 ^c	367.73±1.95 ^c	2193.73±82.40 ^a	3.03±0.05	22.88±0.40		
	60	10.32±0.21 ^c	371.87±59.81 ^a	542.40±79.86 ^b	2234.13±117.25 ^{ab}	2.75±0.02	25.19±0.22		
85	90	13.20±1.06 ^b	355.73±6.20 ^a	570.53±49.98 ^{ba}	2304.67±74.81 ^a	2.66±0.04	26.05±0.43		
	120	22.13±2.20 ^a	372.40±40.05 ^a	655.73±42.40 ^a	2061.47±141.47 ^{Ab}	2.36±0.09	29.36±1.11		
	15	7.33±0.83 ^d	380.40±15.98 ^a	696.80±30.01 ^{abc}	2542.40±204.48 ^a	3.03±0.05	22.91±0.36		
	30	9.20±0.40 ^d	336.27±30.23 ^a	750.27±117.59 ^{ab}	2652.93±176.65 ^a	2.96±0.09	23.39±0.69		
	60	13.20±0.69 ^d	360.13±17.54 ^a	617.47±118.70 ^{bc}	2536.93±199.64 ^a	2.72±0.02	25.51±0.15		
	90	21.47±2.20 ^b	279.33±18.25 ^c	826.13±67.89 ^a	2335.73±272.54 ^a	2.53±0.10	27.48±1.13		
120	31.74±0.46 ^a	327.33±44.59 ^{ab}	541.87±12.25 ^c	1904.67±127.42 ^b	2.13±0.04	32.52±0.65			

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulamaya süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). * +25°C'de depolanan üründe HMF değişim kinetiği

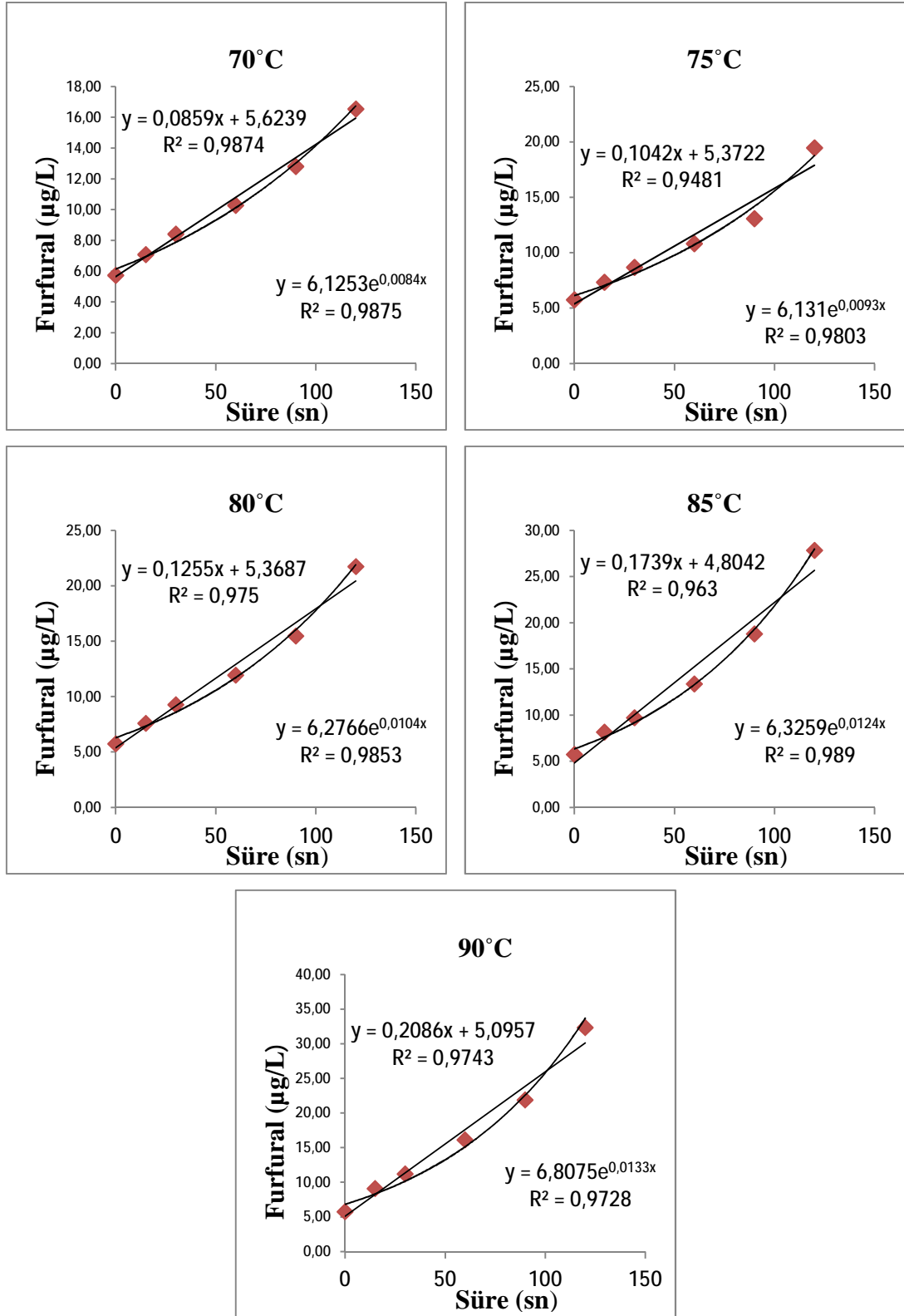
4.8. Portakal Sularının Furfural İçerikleri

4.8.1. Farklı Sıcaklık Uygulamaları Sırasında Portakal Suyu Örneklerinin Furfural Oluşum Kinetiği

70, 75, 80, 85 ve 90°C'de 15 ile 120 saniye arasında ısıl işlem uygulanan portakal suyu örneklerinin sahip oldukları furfuralın oluşum kinetikleri Şekil 4.6'da görülmektedir. 70°C'de ısıl işlem sonrası furfural içerikleri 7.07-16.53 µg/L arasında tespit edilmiştir. 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre elde edilen denklemlerin R² değeri sırasıyla 0.9874 ve 0.9875 olarak belirlenmiştir. 75°C'de ısıl işlem sonrası furfural içerikleri 7.33-19.47 µg/L arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre elde edilen denklemlerin R² değeri sırasıyla 0.9481 ve 0.9803, 80°C'de 7.60-21.73 µg/L arasında olup, 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R² değeri sırasıyla 0.9750 ve 0.9853, 85°C'de 8.16-27.83 µg /L arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R² değeri sırasıyla 0.9630 ve 0.9890, 90°C'de 9.07-32.32 µg/L arasında olup 0. ve 1. dereceden kinetiğe göre R² değeri sırasıyla 0.9743-0.9728 olarak belirlenmiştir.

Farklı sıcaklık uygulamalarıyla işlenen portakal suyu örneklerinin furfural oluşumunun hangi dereceden kinetiğe uygun olduğuna ilişkin yapılan matematiksel modellemede elde edilen denklemlerin regresyon katsayıları (R²) Çizelge 4.28'de verilmiştir. 1. derece denklemlerinden elde edilen sonuca göre genelde daha yüksek (ortalama R² değerleri 0.9830) R² değerleri elde edilirken 0. Dereceden denklemler sonucunda daha düşük (ortalama R² değerleri 0.9695) R² değerleri elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre furfural portakal suyunda uygulanan sıcaklık derecesine bağlı olarak 1. dereceden kinetiğe göre artış göstermektedir.



Şekil 4.6. Farklı sıcaklık uygulamaları süresince furfural oluşumunun 0. ve 1. dereceden reaksiyonlarına göre elde edilen grafik ve denklemleri

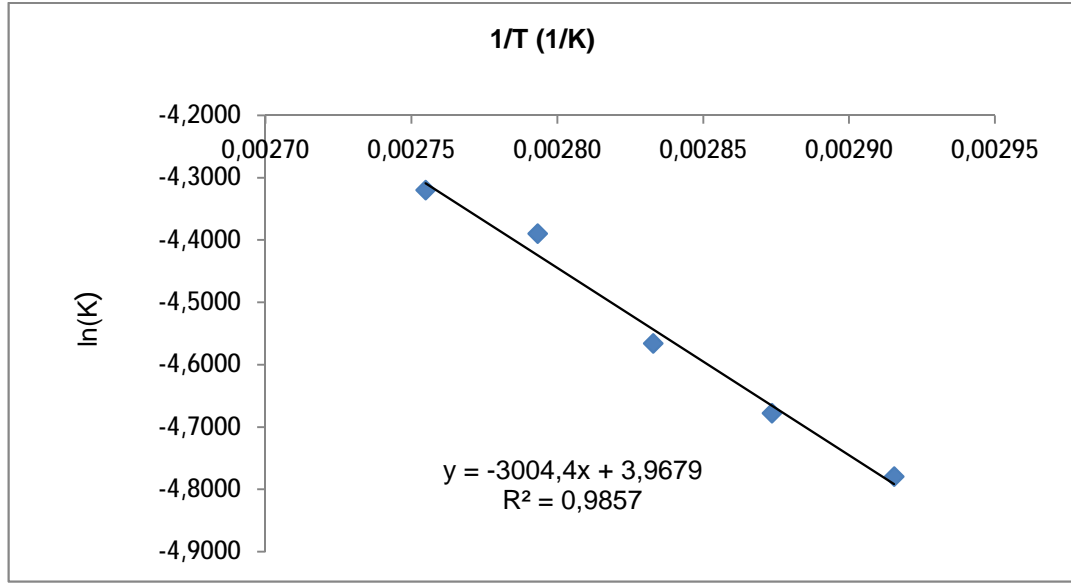
Çizelge 4.28. Reaksiyon derecelerine göre farklı sıcaklıkta furfural oluşumuna ilişkin kinetik veriler

Sıcaklık (°C)	0. Derece		1. Derece	
	Denklem	R ²	Denklem	R ²
70	$y = 0.0859x + 5.6239$	0.9874	$y = 6.1253e^{0.0084x}$	0.9875
75	$y = 0.1042x + 5.3722$	0.9481	$y = 6.131e^{0.0093x}$	0.9803
80	$y = 0.1255x + 5.3687$	0.9750	$y = 6.2766e^{0.0104x}$	0.9853
85	$y = 0.1739x + 4.8042$	0.9630	$y = 6.3259e^{0.0124x}$	0.9890
90	$y = 0.2086x + 5.0957$	0.9743	$y = 6.8075e^{0.0133x}$	0.9728

Farklı ısıl işlem uygulamaları sırasında furfural oluşumuna ilişkin Arrhenius verileri ve grafiği Çizelge 4.29 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Farklı ısıl işlem uygulamaları sırasında furfural oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiğine ait veriler

Sıcaklık				
(°C)	(K)	$k \times 10^{-2}$	$-\ln(k)$	1/T
70	343	0.84	-4.7795	0.00292
75	348	0.93	-4.6777	0.00287
80	353	1.04	-4.5659	0.00283
85	358	1.24	-4.3901	0.00279
90	363	1.33	-4.3200	0.00275



Şekil 4.7. Farklı ısı işlem uygulamaları sırasında furfural oluşumuna ilişkin Arrhenius grafiği

Elde edilen sonuçlara göre portakal suyunda furfural içeriğindeki artış 1. derece reaksiyon kinetiğe göre gerçekleşmiştir. HMF içeriğinde bildirildiği gibi furfural içinde “yarı ömür süresi” ifadesi yerine “katlanma süresi” ifadesini kullanmanın daha uygun olacağı düşünülmüş ve buna göre 4.8 nolu formül kullanılarak 1. dereceden parçalanma denkleminin k değeri kullanılmıştır. Aynı zamanda furfuralin D, z, Ea ve Q₁₀ değerleri için 1.derece reaksiyon katsayısı kullanılmıştır.

Furfural için 4.8 nolu denklem yardımıyla hesaplanan katlanma süreleri t_{2x}(sn) Çizelge 4.30 'da verilmiştir. 70°C için bu değer 82.5 sn iken 90°C'deki ısı işlem için 52.1 sn olarak tespit edilmiştir.

D değeri; sabit bir sıcaklıkta furfural konsantrasyonunda %90 artış olmasına neden olan süreyi ifade etmek için kullanılmıştır. D değerini hesaplamak için 4.4 nolu eşitlik kullanılmıştır. D değerleri 274.12 ile 173.13 sn arasında değişmektedir. z değeri ise; belirli bir sıcaklıktaki D değerinin 10 kat azalması için gerekli olan sıcaklık artışını tanımlamaktadır. Portakal sularındaki furfural oluşumu için z değeri 4.5 nolu formül yardımıyla 100.21°C olarak hesaplanmıştır. Ea değeri; 4.6 nolu denklem yardımıyla 24.98 kJ/mol, Q₁₀ değeri, 4.7 nolu denklemle 1.26 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Farklı ısı işlem uygulanan portakal suyunda furfural oluşumu kinetiği

Sıcaklık (°C)	R ²		k (s ⁻¹)	kx10 ⁻²	t _{2x} (sn)	D (sn)	z (°C)	Ea (kj/mol)	Q ₁₀
	0	1							
70	0.9874	0.9875	0.00840	0.84	82.5	274.12	100.21	24.98	1.26
75	0.9481	0.9803	0.00930	0.93	74.5	247.59			
80	0.9750	0.9853	0.01040	1.04	66.6	221.40			
85	0.9630	0.9890	0.01240	1.24	55.9	185.69			
90	0.9743	0.9728	0.01330	1.33	52.1	173.13			

Yuan ve Chen (1998), HPLC-PDA (Fotodiyot Dizin Dedektör) ile meyve suları ve içkilerde furanik bileşiklerin eş zamanlı ayırma ve tanımlamasını yapmışlardır. 5-HMF, furfural ve 2-furoik asidi analiz edilmiş bütün örneklerde saptamışlardır. Portakal sularında HMF miktarını 4.2 mg/L, furfural miktarını ise 3.7 mg/L olarak belirlemişlerdir.

4.8.2. Farklı Sıcaklıkta Depolanan Portakal Suyu Örneklerinde Furfural Oluşum Kinetiği

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısı işlem sıcaklıkları ve sürelerinin, 4°C'deki depolama sırasında furfural içeriğindeki değişimler Çizelge 4.31'de verilmiştir. Isıl işlem sonrası depolanmamış (0.gün) örneklerin furfural içerikleri 7.07±0.61 ile 32.32±2.16 µg/L arasında değişmiştir. Tüm örneklerin furfural içeriklerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede artma tespit edilmiştir (p<0.05). Depolama öncesinde ve sonrasında tüm sıcaklık uygulamaları ve süreleri arasındaki farklılık istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). 4°C'deki depolama sonrasında furfural içeriklerinde

%72 (32.32 µg/L'den 55.52 µg/L'ye) ile %454 (8.16 µg/L'den 45.20 µg/L'ye) oranları arasında artış tespit edilmiştir.

25°C'deki depolama sırasında furfural içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.32'de verilmiştir. Tüm örneklerin furfural içeriklerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede artışlar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Depolama öncesinde ve sonrasında tüm sıcaklık uygulamaları ve süreleri arasındaki farklılık istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 25°C'de depolama sırasındaki furfural oluşumunun, 4°C'deki depolamaya göre çok daha fazla olduğu görülmüştür. 25°C'deki depolama sonrasında furfural oluşumu %1032 (32.32 µg/L'den 365.87 µg/L'ye) ile %12456 (7.33 µg/L'den 920.80 µg/L'ye) arasında değişmektedir.

4 ve 25°C'lik depolama koşullarında depolanan portakal sularının k sabitleri incelendiğinde 4°C için 0.30 ile 0.97 gün⁻¹x10⁻², 25°C için ise 1.35-2.58 gün⁻¹x10⁻² olduğu görülmüştür. t_{2x} değerleri incelendiğinde ise 4°C için 71.77-232.18 gün, 25°C için ise 26.88-51.41 gün olarak tespit edilmiştir. Buna göre yüksek sıcaklıkta depolanan örneklerde furfural oluşma hızı artmış ve katlanma süresi kısalmıştır. Şüphesiz maillard reaksiyonları ve askorbik asit parçalanması sonucu furfural oluşumu 4°C'de depolanan örneklerde 25°C'ye göre daha az olmuştur. Portakal suyunun farklı sıcaklık uygulamalarından sonra 4 ve 25°C'de 180 gün bekletilmesi sonucunda elde edilen furfural oluşum kinetiğine ilişkin denklemlerin regresyon değerlerine göre bu reaksiyonun birinci dereceden tepkimeye uygun olduğu belirlenmiştir.

Nagy ve Dinsmore (1974), 12 hafta süre ile depolanan portakal sularında 5, 12, 15 ve 30°C'lik depolama sıcaklıklarının furfural oluşumu üzerindeki etkilerini incelemişler ve depolama sıcaklığının artışına bağlı olarak furfural miktarının sırasıyla 24, 111, 242 ve 2299 µg/L düzeylerinde arttığını belirlemişlerdir.

Crandall ve ark. (1987), portakal suyunun 72° brikse konsantre edilmesi ve soğuk hava koşullarında 6 ay depolanmasının, portakal suyu kalitesini etkileyecek düzeyde furfural oluşmasını engellediğini bildirmişlerdir.

Lee ve Nagy (1988a), altıntop sularında yaptıkları bir çalışmada, furfuralın taze meyve suyunda ölçülebilir düzeyde oluşmadığını, depolama sıcaklığının ve süresinin furfural oluşumu üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada, 15

hafta depolama süresi sonunda depolama sıcaklıkları 10°C'nin altında olan tüm örneklerin furfural içerikleri 50 µg/L' nin altında iken, 20°C'de bu miktar 100 µg/L ve 30°C' de ise 1000 µg/L düzeylerine kadar çıkmıştır.

Çizelge 4.31. Portakal sularının 4°C'de depolama sırasında furfural içerikleri (µg/L)									
Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Furfural					*Depolama Kinetiği		
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün	k_s (gün ⁻¹ x10 ⁻²)	t_{2x} (gün)		
70	15	7.07±0.61 ^d	12.53±1.40 ^b	22.80±4.23 ^c	31.87±2.84 ^c	0.85±0.03	81.49±3.22		
	30	8.40±0.80 ^{cd}	14.40±2.43 ^b	28.93±4.01 ^{ab}	43.47±4.64 ^b	0.94±0.05	73.97±3.69		
	60	10.27±1.15 ^c	19.47±0.46 ^c	32.67±1.97 ^a	50.67±3.89 ^a	0.89±0.09	78.84±8.19		
	90	12.80±1.44 ^c	15.33±0.83 ^c	22.27±1.80 ^c	32.27±2.27 ^c	0.53±0.03	132.17±7.07		
	120	16.53±1.29 ^a	18.80±1.83 ^a	26.00±0.80 ^{bc}	35.07±1.62 ^c	0.43±0.07	163.66±27.80		
75	15	7.33±0.23 ^e	15.33±1.22 ^{bc}	25.20±1.06 ^{cd}	40.00±1.83 ^b	0.93±0.00	74.41±0.18		
	30	8.67±0.23 ^d	13.33±2.05 ^c	23.20±3.60 ^d	38.00±1.44 ^b	0.83±0.03	83.46±2.91		
	60	10.80±0.00 ^c	15.87±3.23 ^{bc}	33.60±1.60 ^a	46.80±0.69 ^a	0.86±0.36	80.68±3.42		
	90	13.07±0.23 ^b	18.27±1.22 ^b	29.73±1.67 ^{ab}	40.27±3.11 ^a	0.64±0.03	108.01±6.20		
	120	19.47±1.62 ^a	23.87±0.83 ^{bc}	28.40±1.74 ^{bc}	41.87±4.50 ^b	0.41±0.02	168.90±6.22		
80	15	7.60±0.80 ^d	10.80±2.00 ^d	22.53±2.05 ^b	40.80±2.43 ^c	0.97±0.01	71.77±0.47		
	30	9.28±1.11 ^d	15.20±1.06 ^c	23.33±4.03 ^b	37.73±0.46 ^c	0.77±0.10	90.67±12.67		
	60	11.95±1.03 ^c	23.07±1.22 ^{ab}	26.80±2.80 ^{ab}	52.93±2.27 ^a	0.77±0.04	90.17±4.81		
	90	15.47±1.29 ^b	21.33±1.62 ^b	30.53±3.00 ^a	49.47±2.84 ^{ab}	0.64±0.04	108.37±7.02		
	120	21.73±1.40 ^a	23.87±1.22 ^a	31.73±2.20 ^a	48.13±4.16 ^b	0.44±0.05	157.04±16.60		
85	15	8.16±0.34 ^d	16.53±0.61 ^c	29.07±2.57 ^{bc}	45.20±4.23 ^b	0.95±0.07	73.36±5.56		
	30	9.71±0.90 ^d	17.07±0.83 ^c	26.67±1.01 ^c	39.33±1.22 ^b	0.78±0.05	89.64±5.83		
	60	13.37±1.61 ^c	22.40±1.44 ^b	30.13±2.84 ^{bc}	52.40±4.18 ^a	0.73±0.08	95.26±10.58		
	90	18.80±0.80 ^b	22.40±1.44 ^b	32.27±2.54 ^b	53.87±4.39 ^a	0.59±0.08	119.78±17.36		
	120	27.83±2.07 ^a	30.27±2.44 ^a	38.00±1.39 ^a	54.27±4.28 ^a	0.37±0.03	187.25±15.15		
90	15	9.07±1.19 ^d	14.67±0.23 ^e	23.47±0.83 ^c	33.20±0.80 ^c	0.73±0.07	95.57±9.07		
	30	11.20±1.01 ^d	18.53±1.89 ^d	30.53±1.29 ^b	44.53±4.28 ^b	0.77±0.05	89.85±6.20		
	60	16.09±0.86 ^c	21.73±1.22 ^c	30.53±2.66 ^b	41.73±2.20 ^b	0.53±0.02	130.24±5.23		
	90	21.87±0.92 ^b	24.80±1.44 ^b	32.13±1.89 ^b	42.13±1.97 ^b	0.37±0.42	188.28±19.85		
	120	32.32±2.16 ^a	36.00±1.73 ^a	43.20±2.09 ^a	55.52±1.47 ^a	0.30±0.37	232.18±30.17		

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). *+4°C'de depolanan türünde furfural değişim kinetiği

Çizelge 4.32. Portakal sularının 25°C'de depolama sırasında furfural içerikleri (µg/L)

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Furfural						*Depolama Kinetiği	
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün	k_d (gün ⁻¹ × 10 ⁻²)	t_{2x} (gün)		
70	15	7.07±0.61 ^d	117.07±5.10 ^a	325.33±18.60 ^a	799.73±43.83 ^a	2.54±0.04	27.33±0.39		
	30	8.40±0.80 ^{cd}	80.80±4.45 ^c	274.53±26.27 ^b	560.40±45.66 ^b	2.30±0.05	30.09±0.69		
	60	10.27±1.15 ^c	97.60±11.22 ^b	267.47±16.44 ^b	591.07±34.23 ^b	2.20±0.08	31.58±1.18		
	90	12.80±1.44 ^b	76.53±3.35 ^c	205.73±7.94 ^{bc}	431.87±33.04 ^c	1.93±0.09	36.06±1.79		
	120	16.53±1.29 ^a	71.73±6.89 ^c	131.33±6.48 ^d	291.60±22.91 ^d	1.54±0.02	45.12±0.69		
	75	15	7.33±0.23 ^e	117.87±18.03 ^{ab}	320.93±46.99 ^{ab}	920.80±142.50 ^a	2.58±0.08	26.88±0.84	
30	8.67±0.23 ^d	90.27±13.54 ^b	268.13±33.50 ^b	599.60±34.11 ^a	2.30±0.06	30.15±0.75			
60	10.80±0.00 ^c	141.07±13.01 ^a	190.00±9.81 ^b	782.00±43.69 ^{ab}	2.19±0.02	31.64±0.25			
90	13.07±0.23 ^b	102.13±15.35 ^b	342.40±26.62 ^a	857.20±13.17 ^a	2.29±0.02	30.21±0.20			
120	19.47±1.62 ^a	134.40±6.44 ^a	272.93±22.63 ^{ab}	685.33±18.98 ^{bc}	1.90±0.06	36.50±1.08			
80	15	7.60±0.80 ^d	119.60±5.00 ^c	273.33±24.92 ^b	674.93±33.40 ^d	2.38±0.05	29.10±0.60		
	30	9.28±1.11 ^d	143.33±7.66 ^{ab}	230.93±23.51 ^c	857.73±42.18 ^{ab}	2.34±0.07	29.58±0.93		
	60	11.95±1.03 ^c	152.53±6.84 ^a	275.87±24.57 ^b	741.33±28.74 ^{cd}	2.16±0.02	32.04±0.28		
	90	15.47±1.29 ^b	141.47±14.73 ^{ab}	450.40±12.20 ^a	920.80±63.69 ^a	2.24±0.09	31.01±1.29		
	120	21.73±1.40 ^a	130.93±11.66 ^{bc}	415.73±5.79 ^a	801.20±36.72 ^{bc}	2.00±0.05	34.72±0.89		
	85	15	8.16±0.34 ^d	110.67±5.22 ^a	249.47±4.05 ^a	623.73±21.97 ^a	2.30±0.01	30.08±0.13	
30	9.71±0.90 ^d	86.93±4.16 ^b	178.13±14.66 ^b	424.13±20.07 ^c	2.01±0.02	34.50±0.26			
60	13.37±1.61 ^c	111.20±10.35 ^a	163.47±5.69 ^b	541.87±24.86 ^b	1.92±0.08	36.18±1.52			
90	18.80±0.80 ^b	100.13±1.67 ^a	179.20±18.05 ^b	408.27±26.66 ^c	1.64±0.07	42.42±1.70			
120	27.83±2.07 ^a	79.07±9.34 ^b	155.47±20.34 ^b	351.87±34.20 ^d	1.38±0.08	50.31±2.88			
90	15	9.07±1.19 ^d	82.27±5.94 ^{bc}	186.67±13.80 ^{ab}	424.67±28.45 ^a	2.06±0.07	33.63±1.13		
	30	11.20±1.01 ^d	81.20±2.40 ^{bc}	172.13±13.41 ^b	398.27±4.41 ^a	1.91±0.05	36.27±0.96		
	60	16.09±0.86 ^c	94.67±11.02 ^{ab}	210.00±11.34 ^a	443.33±48.04 ^a	1.77±0.05	39.10±1.14		
	90	21.87±0.92 ^b	103.33±11.35 ^a	186.00±13.86 ^{ab}	402.27±54.26 ^a	1.55±0.05	44.69±1.50		
	120	32.32±2.16 ^a	70.93±6.82 ^c	164.93±16.74 ^b	365.87±62.75 ^a	1.35±0.06	51.41±2.38		
	90	32.32±2.16 ^a	70.93±6.82 ^c	164.93±16.74 ^b	365.87±62.75 ^a	1.35±0.06	51.41±2.38		

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). *+25°C'de depolanan üründen furfural değişim kinetiği

4.9. Portakal Sularının Toplam Karotenoid İçerikleri

Karotenoidler, portakal suyunun rengine ve besin değerine katkısından dolayı portakal suları için kalite göstergesidir. Portakal suyundaki baskın 2 karotenoid kriptoksantin ve β -karotendir (Fратиanni ve ark., 2010).

Kozan Yerli çeşidi portakalın meyve suyuna işlenmesi sırasında uygulanan farklı ısı işlem sıcaklıkları ve sürelerine tabi tutularak 4°C'de depolanan örneklerdeki toplam karotenoid içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.33'de verilmiştir. Isıl işlem sonrasında örneklerin toplam karotenoid içerikleri 6.110 ile 8.027 mg/L arasında değişmiştir. Depolama öncesi 90°C'deki 60, 90 ve 120 sn uygulamalarında sürelerin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama sırasında tüm ısı işlem uygulamalarında toplam karotenoid değerlerindeki değişim 60. günden itibaren önemli bulunmuş ($p<0.05$) ve depolama süresine bağlı olarak toplam karotenoid değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir. 4°C'deki depolama sonrasında toplam karotenoid değerlerindeki azalma oranı %30 (6.38 mg/L'den 4.46 mg/L'ye) ile %64 (7.48 mg/L'den 2.72 mg/L'ye) arasında değişmektedir.

25°C'deki depolama sırasında toplam karotenoid değerlerindeki değişimler Çizelge 4.34'de verilmiştir. Toplam karotenoid değerlerinde tüm ısı işlem uygulamalarında işlem sürelerinin etkisi 60, 120 ve 180. günde (75 °C'de uygulanan ısı işlem süreleri hariç) önemsiz bulunmuştur. Tüm örneklerin toplam karotenoid içeriklerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede azalmalar tespit edilmiştir. 25°C'deki depolama sırasında karotenoid değerlerindeki azalmanın, 4°C'deki karotenoid içeriklerindeki değişime göre daha fazla olduğu görülmüştür. 25°C'deki depolama sonrasında azalma oranı %29 (6.81 mg/L'den 4.82 mg/L'ye) ile %72 (7.64 mg/L'den 2.16 mg/L'ye) arasında değişmektedir. 25°C' de depolanan örneklerde toplam karotenoid değerindeki azalma oranı en fazla 90°C'de görülmektedir. 4°C'de depolanan örneklerde ise 70°C'lik ısı işlem uygulanan örneklerde azalma oranı daha yüksek bulunmuştur.

Yapılan çalışmada farklı sıcaklık uygulamalarının toplam karotenoid miktarları üzerine olan etkisinin önemli olmadığı görülmüştür ($p<0.05$). 4 ve 25°C' lik depolama koşullarında depolanan portakal sularının k sabitleri incelendiğinde 4°C

için 1.07 (85°C'de 15 sn)- 2.64 (70°C'de 120 sn) $\text{gün}^{-1} \times 10^{-2}$, 25°C için ise 1.20 (75°C'de 15 sn)-2.81 (90°C'de 120 sn) $\text{gün}^{-1} \times 10^{-2}$ olduğu görülmüştür. Yarılanma süreleri incelendiğinde ise ($t_{1/2}$) 4°C için 154.09-299.35 gün ile 25°C için 128.70-296.69 gün olarak tespit edilmiştir. Portakal suyunun farklı sıcaklık uygulamalarından sonra belirli depolama koşullarında (+4 ve 25°C'de 180 gün) bekletilmesi sonucunda elde edilen karotenoid parçalanma kinetiğine ilişkin denklemlerin regrasyon değerlerine göre bu reaksiyonun sıfırıncı dereceden tepkimeye uygun olduğu tespit edilmiştir.

Pupin ve ark. (1999), elde sıkılmış Pera Rio çeşidi portakal suyunda toplam karotenoid içeriğini 0.63-1.21 mg/L, Natal çeşidi portakal suyunda 0.18-0.28 mg/L., Valensiya çeşidi portakal suyunda 0.17-0.31 mg/L, Hamlin çeşidi portakal suyunda 0.11-0.45 mg/L, elde sıkılmış ve dondurulmuş konsantre Pera Rio çeşidi portakal suyunda 0.48 mg/L ve Hamlin çeşidinde 0.26 mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Lee ve ark. (2001), tatlı portakaldan elde edilen meyve suyunun karotenoid bileşenlerini araştırdıkları çalışmalarında toplam karotenoid değerini β -karoten cinsinden 8.3-8.8 mg/L aralığında belirlemişlerdir.

Gama ve Sylos (2005), Brezilya Valensiya portakallarından üretilen portakal sularının toplam karotenoid içeriğini 12 ± 6.7 mg/L olarak belirlemişlerdir.

Gama ve Sylos (2007), Brezilya Valensiya portakal çeşitlerinde ısıtma pastörizasyondan ve konsantrasyondan kaynaklanan karotenoid pigment içeriklerindeki değişiklikler üzerine yaptıkları çalışmada taze portakal suyunda 12 mg/L olan toplam karotenoid içeriğinin pastörizasyon ile yaklaşık %13 azalarak 10.40 mg/L'ye ve konsantrasyon ile yaklaşık %18 azalarak 9.9 mg/L'ye düştüğünü ancak bu kayıpların önemli olmadığını bildirmişlerdir.

Ağçam (2011), yaptığı çalışmada farklı uygulamaların ve depolama periyotlarının toplam karotenoid miktarları üzerine olan etkisinin önemli olduğunu ifade etmiştir. Portakal suyu örneklerinin uygulamalardan hemen sonraki toplam karotenoid değerlerinin en yüksek olduğunu ve depolama ile birlikte bu değerlerin azalmaya başladığını bildirmiştir. Ayrıca, portakal suyunun farklı teknik ve düzeylerdeki uygulamalardan sonra belirli depolama koşullarında (+4°C'de 180 gün) bekletilmesi sonucunda elde edilen karotenoid parçalanma kinetiğine ilişkin

denklemlerin regrasyon katsayısı değerlerine göre bu reaksiyonun ikinci dereceden tepkimeye en uygun olduğunu tespit etmiştir.

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Toplam Karotenoid						*Depolama Kinetiği	
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün	k_s (gün ⁻¹ x 10 ⁻²)	$t_{1/2}$ (gün)		
70	15	7.52±0.17 ^a	5.69±0.48 ^a	5.55±0.15 ^a	3.01±0.25 ^c	2.31±0.11	163.03±5.72		
	30	7.60±0.22 ^a	7.07±0.24 ^a	5.65±0.01 ^c	3.32±0.20 ^b	2.38±0.18	160.38±8.74		
	60	7.40±0.14 ^a	5.89±0.71 ^a	5.51±0.18 ^a	3.63±0.42 ^a	1.95±0.28	192.69±29.37		
	90	7.48±0.13 ^a	6.29±0.21 ^a	5.95±0.48 ^a	2.72±0.57 ^c	2.44±0.30	154.97±18.76		
	120	8.03±0.42 ^a	6.74±0.05 ^b	5.31±0.18 ^a	3.22±0.94 ^d	2.64±0.35	154.09±25.98		
75	15	6.81±0.32 ^a	6.20±0.48 ^a	5.00±0.77 ^a	4.18±0.15 ^b	1.51±0.27	228.21±28.92		
	30	6.90±0.15 ^a	6.07±0.72 ^a	4.56±0.40 ^a	3.70±0.45 ^b	1.85±0.09	186.69±11.65		
	60	6.97±0.20 ^a	5.14±0.31 ^b	4.41±0.12 ^a	3.51±0.08 ^a	1.85±0.08	188.33±3.24		
	90	6.80±0.15 ^a	5.55±0.89 ^a	4.45±0.25 ^a	3.95±0.46 ^a	1.60±0.19	213.65±22.01		
	120	6.95±0.27 ^a	5.67±0.76 ^a	5.18±0.31 ^{bc}	4.53±0.47 ^a	1.29±0.31	277.41±49.04		
80	15	6.75±0.31 ^a	5.81±0.79 ^{AB}	5.16±0.49 ^a	3.63±0.36 ^a	1.67±0.30	205.94±33.65		
	30	6.11±0.03 ^a	5.63±0.13 ^{AB}	5.05±0.23 ^a	3.38±0.69 ^a	1.46±0.40	220.27±59.78		
	60	6.52±0.21 ^a	6.03±0.70 ^a	4.83±0.56 ^b	3.75±0.40 ^a	1.58±0.33	210.59±33.87		
	90	6.36±0.39 ^a	5.75±0.29 ^a	4.89±0.36 ^a	3.85±0.64 ^a	1.40±0.14	229.30±32.68		
	120	6.27±0.22 ^a	5.60±0.47 ^{AB}	5.12±0.15 ^a	3.00±0.72 ^a	1.71±0.46	189.88±40.03		
85	15	6.38±0.17 ^a	5.36±0.06 ^b	4.71±0.27 ^a	4.46±0.10 ^c	1.07±0.10	299.35±18.75		
	30	6.61±0.02 ^a	5.68±0.52 ^b	5.00±0.68 ^{bc}	4.27±0.03 ^c	1.28±0.01	257.59±2.91		
	60	6.33±0.10 ^a	5.74±0.62 ^a	4.95±0.47 ^a	4.20±0.27 ^b	1.20±0.35	278.94±76.00		
	90	6.70±0.21 ^a	6.34±0.12 ^a	4.78±0.73 ^b	3.82±0.53 ^a	1.70±0.33	200.98±34.06		
	120	6.33±0.17 ^a	6.06±0.22 ^a	4.53±0.23 ^b	3.66±0.39 ^c	1.59±0.29	202.74±28.89		
90	15	7.21±0.10 ^a	5.85±1.17 ^b	4.32±0.10 ^a	4.04±0.29 ^a	1.84±0.30	199.35±32.98		
	30	7.25±0.07 ^a	6.16±0.46 ^b	4.57±0.17 ^c	4.16±0.09 ^a	1.81±0.11	201.04±13.11		
	60	7.64±0.86 ^a	6.48±0.84 ^a	4.57±0.53 ^b	3.81±0.66 ^b	2.23±0.92	187.92±65.05		
	90	6.92±0.03 ^b	6.21±0.55 ^b	4.61±0.20 ^a	4.32±0.40 ^a	1.57±0.28	226.03±43.67		
	120	7.00±0.11 ^b	6.42±0.43 ^a	4.39±0.58 ^b	3.62±0.12 ^c	2.03±0.05	172.37±6.51		

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için uygulama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). *+4 °C de depolanan üründe toplam karotenoid değişim kinetiği

Çizelge 4.33. Portakal sularının 25°C'de depolama sırasında toplam karotenoid içerikleri (mg/L)

Sıcaklık (°C)	Süre (sn)	Toplam Karotenoid					*Depolama Kinetiği	
		0. Gün	60. Gün	120. Gün	180. Gün	k_s (gün ⁻¹ x 10 ⁻²)	$t_{1/2}$ (gün)	
70	15	7.52±0.17 ^a	6.56±0.37 ^B	5.80±0.22 ^a	3.95±0.43 ^C	1.91±0.16	197.64±20.61	
	30	7.60±0.22 ^a	6.53±0.53 ^{AB}	6.01±0.08 ^a	3.44±0.15 ^a	2.19±0.21	175.46±12.15	
	60	7.40±0.14 ^a	6.88±0.08 ^a	6.18±0.53 ^a	3.95±0.90 ^a	1.84±0.41	209.75±58.35	
	90	7.48±0.13 ^a	7.42±0.03 ^a	5.93±0.19 ^a	4.62±0.54 ^a	1.75±0.30	222.36±40.53	
	120	8.03±0.42 ^a	7.03±0.36 ^a	6.34±0.24 ^a	4.92±0.48 ^a	1.67±0.42	249.32±54.19	
75	15	6.81±0.32 ^a	6.35±0.44 ^a	5.70±0.29 ^a	4.82±0.18 ^a	1.20±0.21	296.65±46.60	
	30	6.90±0.15 ^a	6.28±0.10 ^{AB}	4.87±0.15 ^{AB}	4.33±0.23 ^{CB}	1.45±0.04	233.23±9.89	
	60	6.97±0.20 ^a	6.79±0.61 ^a	5.41±0.11 ^a	4.05±0.07 ^b	1.92±0.41	196.85±25.53	
	90	6.80±0.15 ^a	6.16±0.39 ^a	5.08±0.14 ^a	3.76±0.04 ^b	1.68±0.17	201.95±15.47	
	120	6.95±0.27 ^a	5.28±0.49 ^a	3.97±0.20 ^a	3.41±0.02 ^c	1.99±0.18	175.36±12.61	
80	15	6.75±0.31 ^a	6.13±0.36 ^{AB}	5.49±0.26 ^a	3.29±0.54 ^a	1.77±0.21	188.96±26.19	
	30	6.11±0.03 ^a	6.08±0.05 ^a	5.14±0.30 ^a	3.22±0.15 ^a	1.68±0.15	187.16±14.33	
	60	6.52±0.21 ^a	5.98±0.38 ^a	4.94±0.10 ^a	3.70±0.61 ^a	1.62±0.42	212.70±51.96	
	90	6.36±0.39 ^a	6.18±0.19 ^a	5.30±0.21 ^a	3.29±0.22 ^a	1.84±0.18	182.24±12.21	
	120	6.27±0.22 ^a	5.73±0.07 ^a	4.85±0.29 ^a	3.03±0.28 ^a	1.89±0.33	175.32±26.06	
85	15	6.38±0.17 ^a	6.36±0.38 ^a	5.14±0.60 ^a	2.92±0.69 ^a	2.10±0.26	160.79±11.87	
	30	6.61±0.02 ^a	6.32±0.14 ^a	5.39±0.28 ^a	3.26±0.25 ^a	1.83±0.0	180.89±8.24	
	60	6.33±0.10 ^a	5.93±0.31 ^a	5.09±0.24 ^a	3.48±0.31 ^a	1.57±0.25	205.17±28.07	
	90	6.70±0.21 ^a	5.98±0.22 ^a	5.12±0.19 ^a	3.37±0.34 ^a	1.67±0.36	196.20±28.54	
	120	6.33±0.17 ^a	6.05±0.14 ^a	4.94±0.22 ^a	3.47±0.23 ^a	1.62±0.21	197.53±20.47	
90	15	7.21±0.10 ^a	6.68±0.44 ^a	5.54±0.40 ^a	2.42±0.51 ^C	2.59±0.41	141.56±20.90	
	30	7.25±0.07 ^a	6.96±0.26 ^a	5.40±0.60 ^a	2.88±0.75 ^C	2.49±0.51	151.61±31.71	
	60	7.64±0.86 ^b	6.56±0.38 ^a	5.48±0.22 ^a	2.16±0.22 ^a	2.62±0.19	134.83±8.38	
	90	6.92±0.03 ^A	6.78±0.14 ^a	5.29±0.66 ^a	2.78±0.30 ^a	2.42±0.19	147.39±6.19	
	120	7.00±0.11 ^b	6.85±0.08 ^a	5.05±0.54 ^a	2.21±0.04 ^a	2.81±0.08	128.70±2.98	

Aynı sütunda küçük harf ile gösterilenler, herbir sıcaklık için depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). Aynı satırda büyük harf ile gösterilenler, depolama süreleri arasındaki farkı göstermektedir (önem seviyesi p<0.05). * +25°C'de depolanan üründen toplam karotenoid değişim kinetiği

5. SONUÇLAR

Elde edilen bulgulara göre;

1. Kozan Yerli çeşidi portakalların meyve suyu verimi % 41.00 ± 1.70 , briks değeri $12.50 \pm 0.25^{\circ}B$, pH değeri 3.20 ± 0.01 , titrasyon asitliği 1.60 ± 0.03 g/100mL (sitrik asit cinsinden) ve olgunluk indeksi, 7.81 ± 0.10 olarak tespit edilmiştir.
2. Isıl işlem sonrasında depolanmamış örneklerin pH değerleri 3.20 ile 3.41 arasında değişmiştir. Tüm örneklerin pH değerlerinde genel olarak başlangıç değerine göre depolama sonunda azalmalar gözlenmiştir. $4^{\circ}C$ 'de depolama sonunda (180. gün) farklı ısıl işlem sürelerinin pH üzerine etkisi 75, 80 ve $90^{\circ}C$ 'deki uygulamalarda önemsiz bulunurken, 70 ve $85^{\circ}C$ uygulamalarında önemli bulunmuştur. Isıl işlem sonrasında $4^{\circ}C$ 'deki depolama sırasında örneklerin pH değerlerinde en fazla %5 oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir. $25^{\circ}C$ 'deki depolama sırasında örneklerin pH değerlerinde 70, 75 ve $80^{\circ}C$ 'de %5'e kadar değişen oranlarda bir artma söz konusu iken 85 ve $90^{\circ}C$ 'lerde %3 ile %6 arasında değişen oranlarda azalma tespit edilmiştir.
3. Isıl işlem uygulanmış örneklerin depolama başlangıcında briks değerleri, 12.17° ile 13.33° arasında değişmiştir. Farklı ısıl işlem sıcaklık ve süreleri sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) briks değerlerindeki değişimde 70, 75, 80 ve $90^{\circ}C$ 'de sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, $85^{\circ}C$ 'deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur. Briks değerlerinde genel olarak başlangıç değerine göre $4^{\circ}C$ 'de depolama sonunda % 2.1 ile %11.3 arasında azalmalar tespit edilmiştir. $25^{\circ}C$ 'deki depolama sırasında örneklerin briks değerlerinde 85 ve $90^{\circ}C$ 'de %3.9 ile %11.3 arasında azalma olurken, 70, 75 (30 ve 120 sn hariç) ve $80^{\circ}C$ (90 sn hariç)'lerde %0-%6.8 oranında artma tespit edilmiştir. Briks değişimi $4^{\circ}C$ 'de depolanan örneklerle göre daha fazla olmuştur.

4. Isıl işlem sonrasında örneklerin esmerleşme değerleri 0.178 ile 0.228 abs arasında değişmiştir. Farklı ısı işlem sürelerinin etkisi yalnızca 90°C' de önemli bulunmuştur. 4°C'de depolama sonunda esmerleşme indekslerinde başlangıç değerine göre %13.55 ile %58.33 arasında artış olduğu tespit edilmiştir. 25°C'de depolanan örneklerde ise 4°C ye göre daha fazla olup, depolama başlangıcına göre %46.92 ile %145.32 arasında artış olduğu görülmüştür.
5. Isıl işlem sonrasında depolama öncesi L* değerleri 49.28 ile 53.56 arasında değişmiştir. L* değerlerindeki değişime 70, 75 ve 85°C'deki ısı işlem uygulamalarında sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 80 ve 90°C'deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur. Depolanan örneklerin L* değerleri depo başlangıcına göre genellikle azalma göstermiş olup azalma oranı % 1.79 ile %10.89 arasında değişmiştir. 25°C 'de depolanan örneklerin L* değerleri 4°C'de depolanan örnekler gibi depo başlangıcına göre genellikle azalma göstermiş olup % 0.61 ile 24.40 arasında değişmiştir. Renk değişimi 4°C'de depolanan örneklere göre 25°C'de daha fazla olmuştur.
6. Isıl işlem uygulanan örneklerin depolama öncesi a* değerleri 5.91 ile 7.24 arasında değişmiştir. Farklı ısı işlem uygulamaları sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) a* değerlerindeki değişime yalnızca 90°C'deki uygulamada sürelerin etkisi önemli bulunmuştur. Tüm örneklerin a* değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda artış olduğu tespit edilmiştir. Depolama sırasındaki artışlar daha çok 120. günden itibaren olmuştur. 4°C'de depolama ile a* değerlerindeki artışlar % 17.12 ile % 66.84 oranında, 25°C'de depolama ile artışlar % 42.91 ile 175.05 oranında olmuştur. 25°C'de renk değişimi 4°C'de depolanan örneklere göre daha fazla olmuştur.
7. Isıl işlem sonrası ve depolama öncesinde örneklerin b* değerleri 78.28 ile 82.80 arasında değişmiştir. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ısı işlem sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) b* değerlerindeki değişime 70 ve 75°C'deki ısı işlem uygulamalarındaki sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 80, 85 ve 90°C'deki uygulamalarda sürelerin etkisi önemli bulunmuştur. Tüm

örneklerin b^* değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda azalma olduğu tespit edilmiştir. 4°C 'de depolama sonrası b^* değerlerindeki azalma oranı %3.3 ile %9.5 arasında 25°C 'de azalma oranı 4°C 'de depolanan örneklerle kıyasla daha fazla olup bu oran %5.3 ile %20.5 arasında değişmiştir. b^* değerlerindeki değişimin a^* değerlerindeki değişim kadar olmadığı tespit edilmiştir.

8. Isıl işlem sonrasında depolanmamış örneklerin Hue değerleri 85.24 ile 85.83 arasında değişmiştir. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ısıl işlem sonrasında ve depolama öncesinde (0.Gün) Hue değerlerindeki değişim yalnızca 90°C 'deki uygulamalarda sürelerin etkisi önemli bulunmuştur. 4°C 'de depolanan tüm örneklerdeki Hue değerlerindeki azalma oranı %1.25 ile %4.51 arasında 25°C 'de depolananlarda ise azalma %3.02 ile %12.44 arasında değişmiştir.
9. Isıl işlem sonrası ve depolama öncesindeki (0.Gün) C^* değerleri 77.49 ile 83.09 arasında değişmektedir. C^* değerlerine 70 ve 75°C 'deki sürelerin etkisi önemsiz bulunurken, 80 , 85 ve 90°C 'deki uygulamalarda sürelerin etkisi önemli bulunmuştur. Tüm örneklerin C^* değerlerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda azalma olduğu tespit edilmiştir. 4°C 'de depolanan örneklerdeki C^* değerlerindeki azalma oranı %3.06 ile %9.05 arasında 25°C 'de depolanan örneklerde ise 4°C 'de depolanan örneklerle göre daha fazla olup, %4.38 ile %17.90 arasında değiştiği tespit edilmiştir.
10. Isıl işlem sonrası, askorbik asit içerikleri 70°C için 678.59-635.23 mg/L arasında, 75°C 'de ısıl işlem sonrası askorbik asit içerikleri 607.27 -567.33 mg/L arasında, 80°C 'de 630.81-584.15 mg/L arasında, 85°C 'de 666.91-608.16 mg/L arasında, 90°C 'de 679.47- 613.91 mg/L arasında belirlenmiştir. Sıcaklık ve sürenin artışı ile askorbik asidin parçalanmasını artırdığı belirlenmiştir. Tüm sıcaklık ve sürelerdeki uygulamaların askorbik asit içeriği üzerinde 1. derece reaksiyon gösterdiği belirlenmiştir. Isıl işlem uygulamaları sonucunda askorbik asit parçalanma kinetiği verilerine göre yarılanma süresi ($t_{1/2}$) 70 , 75 , 80 , 85 ve 90°C arasındaki ısıl işlem uygulamaları için sırasıyla 1136.3, 1004.6, 877.4, 796.7 ve 666.5 sn, D değerleri sırasıyla 3774.7,

3337.1, 2914.7, 2646.6 ve 2214 sn, z değeri 86.32°C , aktivasyon enerjisi 26.87 kJ/mol , Q_{10} değeri ise 1.31 olarak tespit edilmiştir.

11. Portakal suyunun farklı sıcaklık uygulamalarından sonra belirli depolama koşullarında ($+4$ ve 25°C 'de 180 gün) bekletilmesi sonucunda elde edilen askorbik asit parçalanma kinetiğine ilişkin denklemlerin regrasyon katsayısı değerlerine göre reaksiyonun birinci dereceden tepkimeye uygun olduğu tespit edilmiştir. 4°C 'deki depolama sonrasında askorbik asit içeriklerindeki azalma oranının %27 (585.05 mg/L 'den 427.6 mg/L 'ye) ile %55 (609.92 mg/L 'den 270 mg/L 'ye) arasında, 25°C 'deki depolamada %47 (567.33 mg/L 'den 299.23 mg/L 'ye) ile %87 (608.16 mg/L 'den 78.69 mg/L 'ye) arasında değişmiştir. Askorbik asit parçalanma kinetiğine ilişkin reaksiyonların k sabitlerinin 4°C için 1.74 ile $4.86 \text{ gün}^{-1} \times 10^{-3}$, 25°C için ise 3.44 - $12.45 \text{ gün}^{-1} \times 10^{-3}$ aralığında olduğu görülmüştür. Yarılanma süreleri ($t_{1/2}$) 4°C için 142.86 - 400.83 gün, 25°C için 56.11 - 210.63 gün ile arasında değiştiği tespit edilmiştir. Reaksiyon hızının artmasıyla yarılanma süresi azalmıştır.
12. Isıl işlem sonrası 70°C 'de HMF içerikleri 5.07 - $12.80 \text{ }\mu\text{g/L}$, 75°C 'de ısıl işlem sonrası HMF içerikleri 5.87 - $14.20 \text{ }\mu\text{g/L}$, 80°C 'de 5.64 - $17.60 \text{ }\mu\text{g/L}$, 85°C 'de 6.36 - $22.13 \text{ }\mu\text{g/L}$ arasında ve 90°C 'de 7.33 - $31.74 \text{ }\mu\text{g/L}$ arasında belirlenmiştir. Tüm sıcaklık uygulamaları ve sürelerinin HMF içeriği üzerinde 1. derece reaksiyon gösterdiği belirlenmiştir. HMF oluşum kinetiği verilerine göre katlanma süresi (t_{2x}) 70 , 75 , 80 , 85 ve 90°C arasındaki ısıl işlem uygulamaları için sırasıyla 77.0 , 70.7 , 60.8 , 52.1 ve 42.0 sn, D değerleri sırasıyla 255.8 , 235 , 202 , 173.1 ve 139.6 sn, z değeri ise 75.98°C , aktivasyon enerjisi (E_a) 31.34 kJ/mol , Q_{10} değeri ise 1.35 olarak tespit edilmiştir.
13. Portakal suyu örneklerinde 4°C 'deki depolama sonrasında HMF içeriklerinde artış oranı %270 ($31.74 \text{ }\mu\text{g/L}$ 'den $117.47 \text{ }\mu\text{g/L}$ 'ye) ile %2420 ($5.64 \text{ }\mu\text{g/L}$ 'den $142.13 \text{ }\mu\text{g/L}$ 'ye) arasında, 25°C 'deki depolama sonrasında % 5901 ($31.74 \text{ }\mu\text{g/L}$ 'den $1904.67 \text{ }\mu\text{g/L}$ 'ye) ile % 49261 ($5.07 \text{ }\mu\text{g/L}$ 'den $2500.93 \text{ }\mu\text{g/L}$ 'ye) arasında tespit edilmiştir. Tüm örneklerin HMF içeriklerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede artma tespit

edilmiştir. HMF oluşum kinetiğine ilişkin reaksiyonlarda depolanan portakal sularının k sabitleri incelendiğinde 4°C için 0.71 ile 1.73 gün⁻¹x10⁻², 25°C için ise 2.13-3.27 gün⁻¹x10⁻² olduğu görülmüştür. Bu durum, HMF'nin oluşum hızının yüksek sıcaklıkta daha hızlı gerçekleştiğini göstermektedir. Katlanma süreleri incelendiğinde ise (t_{2x}) 4°C için 40.02-97.73 gün, 25°C için 21.20-32.52 gün olarak tespit edilmiştir. Reaksiyon hızı arttıkça katlanma süresinin azaldığı görülmektedir. Şüphesiz 4°C'de depolanan örneklerde HMF oluşumu daha yavaş gerçekleşmiştir.

14. Isıl işlem uygulanan portakal suyu örneklerinin 70°C'de ısıl işlem sonrası furfural içerikleri 7.07-16.53 µg/L, 75°C'de ısıl işlem sonrası furfural içerikleri 7.33-19.47 µg/L, 80°C'de 7.60-21.73 µg/L, 85°C'de 8.16-27.83 µg/L ve 90°C'de 9.07-32.32 µg/L arasında olup, furfural portakal suyunda uygulanan sıcaklık derecesi bağlı olarak 1. dereceden kinetiğe göre artış göstermektedir. Furfural oluşum kinetiği verilerine göre katlanma süresi (t_{2x}) 70, 75, 80, 85 ve 90°C ısıl işlem uygulamaları için sırasıyla 82.5, 74.5, 66.6, 55.9 ve 52.1 sn, D değerleri sırasıyla 274.12, 247.59, 221.40, 185.69 ve 173.13 sn, z değeri ise 100.21 °C, aktivasyon enerjisi 24.98 kJ/mol, Q₁₀ değeri ise 1.26 olarak tespit edilmiştir.
15. Tüm örneklerin furfural içeriklerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede artışlar tespit edilmiştir. 4°C'deki depolama sonrasında furfural içeriklerinde %72 (32.32 µg/L'den 55.52 µg/L'ye) ile %454 (8.16 µg/L'den 45.20 µg/L'ye) oranları arasında, 25°C'deki depolama sonrasında furfural oluşumu %1032 (32.32 µg/L'den 365.87 µg/L'ye) ile %12456 (7.33 µg/L'den 920.80 µg/L'ye) arasında tespit edilmiştir.
16. Furfural oluşum kinetiğine ilişkin reaksiyonlarda depolanan portakal sularının k sabitleri 4°C için 0.30 ile 0.97 gün⁻¹x10⁻², 25°C için ise 1.35-2.58 gün⁻¹x10⁻² olduğu görülmüştür. t_{2x} değerleri incelendiğinde ise 4°C için 71.77-232.18 gün, 25°C için ise 26.88-51.41 gün olarak tespit edilmiştir.
17. Isıl işlem sonrasında örneklerin toplam karotenoid içerikleri 6.110 ile 8.027 mg/L arasında değişmiştir. Depolama sırasında tüm ısıl işlem uygulamalarında toplam karotenoid içeriklerindeki değişim 60. günden

İtibaren önemli bulunmuştur ve depolama süresine bağlı olarak toplam karotenoid içeriklerinde azalmalar tespit edilmiş olup azalma oranı 4°C'deki depolama sonunda %30.15 ile %63.65, 25°C'deki depolama sonunda ise %29 (6.81 mg/L'den 4.82 mg/L'ye) ile %72 (7.64 mg/L'den 2.16 mg/L'ye) arasında değişmektedir. 25°C'deki depolama sırasında karotenoid içeriklerindeki azalmanın, 4°C'deki değişime göre daha fazla olduğu görülmektedir. 25°C'de depolanan örneklerde azalma oranı en fazla 90°C'lik ısıtma işlem uygulamasında iken 4°C'de depolanan örneklerde 70°C'de görülmektedir. Farklı sıcaklık uygulamalarının toplam karotenoid miktarları üzerine olan etkisinin önemli olmadığı görülmüştür.

18. 4 ve 25°C'lik depolama koşullarında depolanan portakal sularına ait toplam karotenoid parçalanma kinetiğine ilişkin reaksiyonlara ait k sabitlerinin 4°C için $1.07 - 2.64 \text{ gün}^{-1} \times 10^{-2}$, 25°C için ise $1.20-2.81 \text{ gün}^{-1} \times 10^{-2}$ aralığında olduğu belirlenmiştir. Yarılma süreleri ise ($t_{1/2}$) 4°C için 154.09-299.35 gün ile 25°C için 128.70-296.69 gün aralığında tespit edilmiştir. Karotenoid parçalanma kinetiğine ilişkin denklemlerin regresyon değerlerine göre bu reaksiyonun sıfırıncı dereceden tepkimeye uygun olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak portakal sularına uygulanan ısıtma işlem ve süreleri ile depolama sıcaklığı ve sürelerinin örneklerin askorbik asit, HMF, furfural ve esmerleşme indeksi değerleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Portakal sularına uygulanan ısıtma işlem uygulamalarının askorbik asit azalmasına, HMF ve furfural birikimine ve esmerleşmeye neden olmuştur. Depolama süresinin uzamasına bağlı olarak, üründe askorbik asit yıkımı, furfural ile HMF birikimi ve esmerleşme düzeyi artmıştır. 25°C'de depolanan örneklerde 4°C'de depolanan örneklere göre esmerleşme indeksi değerlerinin daha fazla arttığı, L*, b*, Hue* ve C* değerlerinin daha fazla azaldığı, a* değerlerinin daha fazla arttığı, askorbik asit ve karotenoid içeriklerinde daha yüksek oranda azalma olduğu ve HMF ve furfural içeriklerinin de daha yüksek oranda arttığı görülmüştür. Dolayısıyla portakal sularının üretimden sonra 4°C'de depolanmaları önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- AGÓCS, A., NAGY, V., SZABÓ Z., MÁRK, L., OHMACHT, R., and DEL, J., 2007. Comparative Study on The Carotenoid Composition of The Peel and The Pulp Of Different Citrus Species Innovative Food Science and Emerging Technologies., 8, 390–394, 2007.
- AĞÇAM, E., 2011. Vurgulu Elektrik Alan ve Isıl İşlem Uygulamalarının Portakal Suyunun Özellikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 238 s.
- AJANDOUZ, E. H. TCHIAKPE, L. S. DALLE ORE, F., BENAÏBA, A., and A. PUÏGSERVER, 2001. Effects of pH on Caramelization and Maillard Reaction Kinetics in Fructose-Lysine Model Sytems. Journal of Food Science, 66 (7): 926-931.
- AKGÜN, C., 2006. Turunçgil Sektör Profili. Dış Ticaret Şubesi Uygulama Servisi.
- AKÖZLÜ, A., 2012. Kayseri ve Civarında Geleneksel Yollarla Üretilen Pekmezlerdeki Hidroksi Metil Furfural Miktarlarının Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi İle Tayini E.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65 s.
- AKPINAR, K., 2000. Maillard Reaksiyonunun Model Çalışmaları. Akdeniz Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 96 s.
- AKSAR, A., 1984. Flavour Changes During Production and Storage of Fruit Juices. Fluessiges Obst., 51, 564-569.
- ALAIS, C., and LINDEN, G. 1991. Non-enzymatic browning-the Maillard reaction. In “Food Biochemistry”. I. D. Morton (Ed.), Ellis Horwood Limited, p. 222, England.
- ALTAN, A. ve FENERCİOĞLU, H., 1989. Limon Suyunun Ev Koşullarında Pastörize Edilerek Dayandırılması Olanığı Üzerinde Bir Araştırma, Gıda Dergisi, 14 (15); 321-328.

- ALTAN, A., 1991. Çukurova Bölgesinde yetiştirilen Portakal Çeşitlerinin Meyve Suyuna İşlenmeye Uygunluk Durumları. Çukurova I. Tarım Kongresi, 302–315, ADANA.
- ALTAN, A., 1995. Çukurova Bölgesinde Yetiştirilen 5 Portakal Çeşidinin Meyve Suyu Teknolojisi Bakımından Önemli Bazı Özellikleri Gıda 20 (4) 215-225.
- ALTINIŞIK, M., 2006. Karbohidratların Yapısal ve İşlevsel Özellikleri II. ADÜTF Biyokimya Ders Notları.
- ALTUĞ, T., 2014. Gıdalarda Doğal Olarak Bulunan Lezzet Bileşenleri (İ. SALDAMLI editör). Gıda Kimyası, 4.baskı, Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi, Ankara, s. 591-670.
- ANONYMOUS, 1996. Application Note:CIE L*C*h Color Scale. Hunter Associates Laboratory,Inc.,Virginia, 4:8-11.
- ANONYMOUS, 2003. İTO-Etüt ve Araştırma Şubesi-Narenciye Sektör Profili. <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-67.pdf>
- ANONYMOUS, 2006. TGK-Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği (2006/56).
- ANONYMOUS, 2007. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroxymethylfurfural>
- ANONYMOUS, 2010. <http://www.utk.org.tr/FilePath/pdf/TURUNGIL%20YETISTIRICILIGI%20KITABI.pdf> (Erişim tarihi 08/04/2015)
- ANONYMOUS, 2011a. <http://www.food-info.net/tr/colour/maillard.htm>
- ANONYMOUS, 2011b. E.Ü. Mühendislik Fakültesi Gıda Biyokimya Ders Notu . food.ege.edu.tr/files/gidabiyokimyasi2011.pdf
- ANONYMOUS,2006b.<http://www.adanato.org.tr/TR/Gazeteler/ATOGazete.aspx?ID=42> (26.08.2009)
- ANONYMOUS. 2009. AIJN Code of Practice For Evaluation of Fruit and Vegetable Juices. Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the EU.
- Antioxidative Capacity, Nutrient Content and Sensory Quality of
- APUHAN, E., 2012. Domates Salçasının Farklı Sıcaklıklarda Depolanması Sırasında Enzimatik Olmayan Esmerleşme Kinetiğinin Belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 62 s.

- ARENA, E., FALLICO, B., and MACCARONE, E., 2001. Thermal Damage in Blood Orange Juice: Kinetics of 5 –Hydroxymethyl-2-Furancarboxaldehyde Formation. *International Journal of Food Science and Technology*. 36; 145-151.
- ASLONOVA, D., 2005. Reçel Üretim ve Depolanması Sürecinde HMF Oluşum Kinetiği. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 51 s.
- BAKAN, A., 2012. Meyve Sularında Raf Ömrü Süresince Antioksidan Aktivite Ve Kalite Değişimi A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 187 s.
- BAXTER, J. H. 1995. Free Amino Acid Stability In Reducing Sugar Systems. *J. of Food Sci.*, 60 (2); 405-408.
- BEK, Y. ve EFE, E., 1988. Araştırma ve Deneme Metotları-I. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. No: 71, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana, (395).
- BELITZ, H.D., GROSCH, W., and SCHIEBERLE, P. 2009. *Food Chemistry*. 4 Th Revised and Extended Edition, Springer- Verlag, Berlin, Germany, 989 p.
- BİÇGEL, N.K., 2008. Pastörizasyon Sıcaklığının Valensiya ve Kozan Misket Portakallarından Üretilen Meyve Sularının Kalitesi Üzerine Etkisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 129 s.
- BORANBAYEVA, T., 2011. Karadut Suyunda Biyoaktif Bileşikler ve Antioksidan Aktivitenin Depolamada Değişimi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 86 s.
- BOZKIR, HAMZA., 2010. Yerli Portakal Çeşitlerinden Elde Edilen Portakal Sularının Karotenoid Bileşimlerinin Belirlenmesi Ve Isıl İşlemin Etkileri. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 113 s.
- BOZKURT, H., GÖGÜS, F., and EREN, S. 1999. Nonenzymic Browning Reactions In Boiled Grape Juice and Its Models During Storage. *Food Chemistry*, 64; 89-93.

- BOZKURT, H., GÖĞÜŞ, F., ve EREN, S., 1998. Pekmezde Maillard Esmerleşme Reaksiyonlarının Kinetik Modellenmesi. *Journal of Food Engineering and Environmental Science*, 22:455-460.
- BREITHAUPT, D. E., and BAMEDI, A., 2001. Carotenoid Esters in Vegetables and Fruits: A Screening With Emphasis on B-Cryptoxanthin Esters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:2064–2070.
- BRITTON, G., 1997. Carotenoids. (G. A. F. HENDRY, and J. D. HOUGHTON editors), *Natural Food Colorants*, 2nd edition, Black Academic and Professional, Britton, s.197-243.
- BULL, M. K., ZERDIN, K., HOWE, E., GOICOECHEA, D., PARAMANANDHAN, P., STOCKMAN, R., SELLAHEWA, J., SZABO, E. A., JOHNSON, R. L., and STEWART, C. M., 2004. The Effect of High Pressure Processing on The Microbial, Physical and Chemical Properties of Valencia and Navel Orange Juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5:135–149.
- BURDURLU, H. S. ve KARADENİZ, F. 2003. Effect of Storage On Nonenzymatic Browning of Apple Juice Concentrates. *Food Chemistry*, 80; 91-97.
- BURDURLU, H. S. ve KARADENİZ, F., 2002. Gıdalarda Maillard Reaksiyonu. *Gıda Dergisi*, 27(2):77-83.
- BURDURLU, H.S., KOCA, N. ve KARADENİZ, F., 2006. Degradation of Vitamin C in Citrus Juice Concentrates During Storage. *Journal of Food Engineering*, 74: 211-216.
- CALVO, C., and DURÁN, L., 1997. Propiedades físicas II. Ópticas y color. En: *Temas en Tecnología de Alimentos. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)*. Instituto Politécnico Nacional, Mexico, DF.
- CAN, A. G. ve EKŞİ, A. 1983. Meyve Suyunda Hidroksimetilfurfural Miktarı Üzerine Araştırma. *Gıda Dergisi*, 8: 51-54.

- CAPUANO,E., FERRIGNO A., ACAMPA, I., SERPEN, A., AÇAR, Ö. Ç., GOKMEN, V., and FOGLIANO, V., 2009. Effect of Flour Type On Maillard Reaction and Acrylamide Formation During Toastingof Bread Crisp Model Systems and Mitigation Strategies Food Research International, 42 : 1295–1302
- CARABASA-GIRIBET, M., and IBARZ-RIBAS, A. 2000. Kinetics of Colour Development in Aqueous Glucose Systems at High Temperatures. Journal of Food Engineering, 44; 181-189.
- CEMEROĞLU B., ve KARADENİZ, F. 2004. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi Kitabı. 2. baskı, Ankara.
- CEMEROĞLU, B., 1982. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi. Teknik Basım Sanayi, Ankara. s: 256-257.
- CEMEROĞLU, B., 1992. Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metodları. Biltav Yayıncılık, Ankara.
- CEMEROĞLU, B., 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. 1.Cilt. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, s.79–95.
- CEMEROĞLU, B., 2005. Isıl İşlem Sırasında Gıda Bileşenlerinin Parçalanma Kinetiği. Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler. Ankara: Başkent Klişe Matbaacılık, s. 450-458.
- CEMEROĞLU, B., 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, Ankara, S.168–171.
- CEMEROĞLU, B., ACAR, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayını, No:6. Ankara.
- CEMEROĞLU, B., KARADENİZ F. ve ÖZKAN M., 2003. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Bölüm: Kurutma Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 28, s. 541-675.
- CEMEROĞLU, B., KARADENİZ, F. 2001. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:25, 384 s, Ankara.
- CEMEROĞLU, B., YEMECİOĞLU, A., ve ÖZKAN, M., 2004. Meyve ve Sebzelerin Bileşimi (B. CEMEROĞLU editör). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Cilt:1, 2. Baskı, Başkent Klişe Matbaacılık, Ankara, s.1-188.

- CLEGG, K. M., 1964. Nonenzymic Browning of Lemon Juice. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 15(12):878.
- CLEGG, K. M., and MORTON, A. D., 1965. Carbonyl Compounds and The Nonenzymic Browning of Lemon Juice. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 16:191.
- CORTÉS, C., ESTEVE, M. J., and FRIGOLA, A., 2008. Color of Orange Juice Treated By High Intensity Pulsed Electric Fields During Refrigerated Storage and Comparison With Pasteurized Juice. *Food Control*, 19:151–158.
- CRANDALL, P.G., CHEN, C.S., and DAVIS, K.C., 1987. Preparation and Storage of 72 °Brix Orange Juice Concentrate. *Journal of Food Science*. 52 (2) 382-385.
- CSERHALMI, Z., SASS-KISS, Á., TÓTH-MARKUS, M., and LECHNER, N., 2006. Study of Pulsed Electric Field Treated Citrus Juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7:49-54.
- ÇOKLAR, H., 2007. Aktif Kömür Uygulamasının Ticari Elma Suyu Konsantresindeki Hidroksimetilfurfural (HMF) ve Toplam Fenolik Madde Düzeyi Üzerine Etkisi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 51 s.
- DEMİR, N., 1994. Ankara Piyasasında Tüketime Sunulan Ticari Meyve Sularının Bazı Analitik Özelliklerinin Saptanması Üzerine Araştırmalar. H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.
- DENGE, A., 2011. Ayvanın Kuruması Sırasında Yapısında Meydana Gelen Fiziksel Değişimlerin İncelenmesi Afyon Kocatepe Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 129 s.
- DHUIQUE-MAYER, C., CARIS-VEYRAT, C., TBATOU, M., AMIOT, M. J., CARAIL, M., and DORNIER, M., Thermal Degradation of Antioxidant Micronutrients in Citrus Juice: Kinetics and Newly Formed Compounds. 2007.
- DURAN, H., 2011. Yerli Portakal Çeşitlerinin Meyve Suyu Teknolojisi Bakımından Önemli Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 79 s.

- DURU, N., 2008. Kuşburnu Nektarındaki Karotenoidlerin Depolama Stabilitesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 71 s.
- DUTTA, D., CHAUDHURÍ, U.R., and CHAKRABORTY, R., 2005. “Structure, Health Benefits, Antioxidant Property and Processing And Storage Of Carotenoids”, African Journal of Biotechnology, 4, 1510–1520.
- DÜZDEMİR, CAHİT., 1997. Konsantre Portakal Suyunda Difüzyon Direncinin Esmerleşme Hızına Etkisi. G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 96 s.
- EKŞİ, A., ve ARTIK, N., 1986. Meyve Suyunda Hidroksimetilfurfural Miktarı Üzerine Pastörizasyon Sonrası Soğutma İşlemlerinin Etkisi. Gıda Dergisi. 11 (3), 139-143.
- ESKIN, N.A.M. 1990. Biochemistry of Food Processing: Browning Reactions in foods. In ‘Biochemistry of Foods’, Second Edition, Academic Pres, London, 240-295.
- ESTEVE, M. J., FRIGOLA, A., RODRIGO, C., and RODRIGO, D., 2005. Effect of Storage Period Under Variable Conditions On The Chemical and Physical Composition and Colour Of Spanish Refrigerated Orange Juices. Food and Chemical Toxicology, 43:1413-142.
- FALLICO, B., ZAPPALA, M., ARENA, E., and VERZERA, A. 2004. Effects of Conditioning on HMF Content In Unifloral Honeys. Food Chemistry, 85 (2); 305-313.
- FAOSTAT, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<http://faostat.fao.org>) (Erişim tarihi: 25 Ocak 2014).
- FARNWORTH, E. R., LAGACEAÀ, M., COUTURE, R., YAYLAYAN V., and FERNÁNDEZ-GARCIA, A., BUTZ, P., BOGNAR, A. and TAUSCHER, B., 2001.
- FRATIANNI, A., CINQUANTA, L., and PANFILI, G., 2010. Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. Food Science and Technology, 43:867-871.

- GAMA, J. J. T. and SYLOS, C. M., 2005. Major Carotenoid Composition of Brazilian Valencia Orange Juice: Identification and quantification by HPLC. *Food Research International*, 38:899–903.
- GAMA, J. J. T. and SYLOS, C. M., 2007. Effect of Thermal Pasteurization And Concentration on Carotenoid Composition of Brazilian Valencia Orange Juice. *Food Chemistry*, 100:1686–1690.
- GARZA, S., IBARZ, A., PAGAN, J., and GINER, J. 1999. Non-Enzymatic Browning in Peach Puree During Heating. *Food Resarch International*, 32, 335-343.
- GEDİK, A., 2001. Kuru Soğanların Kurutulması ve Depolanması Sırasında Bazı Kalite Karakteristiklerinin (Renk, Aroma) Bozunma Kinetiği ve Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 92s.
- GIOVANELLI G. VE LAVELLI V. G., 2002. Evaluation of Heat and Oxidative Damage During Storage of Processed Tomato Products. I. Study of Oxidative Damage Indices. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 82: 1263-1267.
- GÖĞÜS, F., DUZDEMİR, C., and EREN, S., 2000. Effects of Some Hydrocolloids and Water Activity on Nonenzymic Browning of Concentrated Orange Juice. *Food*. Volume 44, Issue 6. 438-442.
- GÖKMEN, V., and ACAR, J., 1998. An Investigation on The Relationship Between Patulin and Fumaric Acid in Apple Juice Concentrates. *Lebensmittel Wissenschaft Und. Technology*, 31:480-483.
- GROSS, J., 1987. *Pigments in fruits*. London: Academic Press.
- HASDEMİR, M., 2007. Turunçgiller. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü. T.E.A.E.- Bakış*, Sayı:9, Nüsha.
- HERNANDEZ, Y. LOBO, M.G., and GONZALEZ, M., 2006. Determination of Vitamin C in Tropical Fruits: A Comparative Evaluation of Methods”, *Food Chemistry*, 96:654–664.
- HODGE, J. E. 1953. Dehydrated Foods-Chemistry of Browning Reations in Model Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1(15), 928-943.

- IBARZ, A., PAGAN, J., GARZA, S. 1999. Kinetic Models For Colour Changes in Pear Puree During Heating at Relatively High Temperatures. *Journal of Food Engineering*, 39: 415-422,7
- IGUAL, M., GARCÍA-MARTÍNEZ, E., CAMACHO, M. M., and MARTÍNEZNAVARRETE, N., 2010. Effect of Thermal Treatment And Storage on The Stability of Organic Acids and The Functional Value of Grapefruit Juice. *Food Chemistry*, 118:291–299.
- IŞIK, Ö., 2008. Pastörizasyon Sıcaklığının Kozan Yerlisi ve Hamlin Portakallarından Üretilen Meyve Sularının Kalitesi Üzerine Etkisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 131 s.
- JANZOWSKI, C., GLAAB, V., SAMİMİ, E., SCHLATTER, J., and EISENBRAND, G. 2000. 5- Hydroxymethylfurfural: Assessment Of Mutagenicity, Dna-Damaging Potential and Reactivity Towards Cellular Glutathione. *Food and Chemical Toxicology* 38; 801-809.
- JOHNSON, J. R., BRADDOCK, R. J. and CHEN, C. S. 1995. Kinetics of Ascorbic Acid Loss and Nonenzymatic Browning in Orange Juice Serum: Experimental Rate Constants. *Journal Of Food Science*, 60 (3); 502-505.
- KALT, W., 2005, “Effects of Production and Processing Factors On Major Fruit and Vegetable Antioxidants”, *Journal of Food Science*, 70, 11–19.
- KAVOUSI, P., MIRHOSSEINI, H., GHAZALI, H., and ARIFFIN, A.A., 2015. Formation and Reduction of 5-Hydroxymethylfurfural at Frying Temperature in Model System as A Function of Amino Acid and Sugar Composition. *Food Chemistry*, 64; 89-93.
- KELEBEK, H., SELLI, S., CANBAS, A. and CABAROGLU, T., 2009. HPLC Determination of Organic Acids, Sugars, Phenolic Compositions and Antioxidant Capacity of Orange Juice and Orange Wine Made From A Turkish Cv. Kozan. University of Cukurova, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, 01330-Adana, Turkey *Microchemical Journal* 91, 187–192, 2009.

- KILIÇ, Z., 1994. Portakal Suyunda Farklı Isıl İşlem Uygulamaları ve Depolama Koşullarına Bağlı Olarak Furfural ve HMF Oluşumu ve Bunlarla İlgili Bazı Özelliklerde Meydana Gelen Değişmeler. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Ana Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 93 s.
- KOCA, N., BURDURLU, H.S., and KARADENİZ., 2003. Kinetics of Nonenzymatic Browning Reaction in Citrus Juice Concentrates During Storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27:353-360.
- KOCADAĞLI, T., HAMZALIOĞU, B.A., TAŞ, N. ve GÖKMEN, V., 2014. Gıdalarda Isıl İşlem Sırasında Oluşan Zararlı Bileşikler (İ. SALDAMLI editör). *Gıda Kimyası*, 4.baskı, Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi, Ankara, s. 479-520.
- KOLA, O., 2005. “Washington” Portakal Sularındaki Limonin Acılığının Bazı Reçineler Kullanılarak Giderilmesi. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü- Doktora Tezi, Adana, 187s.
- KOMTHONG, P., KATOH, T., IGURA, N., SHIMODA, M. and HAYAKAWA, I., 2003. Effect of High Hydrostatic Pressure Combined With pH and Temperature on Glucose/Fructose-Leucine/Lysine/Glutamate Browning Reactions. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.*, 48 (12); 135-142.
- KÖKSEL. H., 1998. Karbonhidratlar (İ. Saldamlı editör). *Gıda Kimyası*, Hacettepe Üniversitesi Basımevi, Ankara, s. 37-104.
- KÖKSEL. H., 2014. Karbonhidratlar (İ. SALDAMLI editör). *Gıda Kimyası*, 4.baskı, Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi, Ankara, s. 47-133.
- KÖKYAR. N., 2012. Portakal Suyu Endüstrisi Atıklarından Fenolik Bileşiklerin Derişiklendirilmesi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 105 s.
- KRINSKY, N. I., 2001. Carotenoids as Antioxidants. *Nutrition*, 17:815–817.
- LABUZA, T.P., (1984). Application of Chemical Kinetics to Deterioration of Foods, *J. Chem. Educ.*, 61, 348-358.
- LEE, H. S. and CASTLE, W. S., 2001. Seasonal Changes of Carotenoid Pigments and Color in Hamlin, Earlygold, and Budd Blood Orange Juices. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 49; 877-88.

- LEE, H. S., and COATES, G. A., 1999. Vitamin C in Frozen, Fresh Squeezed, Unpasteurized, Polyethylene-Bottled Orange Juice: A Storage Study. *Food Chemistry*, 65:165–168.
- LEE, H. S., and COATES, G. A., 2003. Effect of Thermal Pasteurization On Valencia Orange Juice Color and Pigments. *Food Science and Technology*, 36:153–156.
- LEE, H. S., and KIM, J. G., 2003. Effects of Debittering on Red Grapefruit Juice Concentrate. *Food Chemistry*, 82:177–180.
- LEE, H.S. and NAGY, S. 1988a. Quality Changes and Nonenzymic Browning Intermediates in Grapefruit Juice During Storage. *Journal of Food Science*. 53(1); 168-172.
- LEE, H.S. and NAGY, S. 1988b. Relationship of Sugar Degradation to Detrimental Changes in Citrus Juice Quality. *Food Technology*, 11:91-97.
- LESSIN, W. J., CATIGANI, G. L., and SCHWARTZ, S. J., 1997. Quantification Of Cis–Trans Isomers of Provitamin A Carotenoids in Fresh and Processed Fruits and Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:3728–3732.
- LI-YING, N., JI-HONG, W., XIAO-JUN, L., FANG, C., ZHENG-FU, W., GUANGHUA, Z., and XIASONG, H., 2008. Physicochemical Characteristics of Orange Juice Samples From Seven Cultivars. *Agricultural Sciences in China*, 7(1):41-47.
- MACDOUGALL, D. B., 2000. *Colour in food*. CRC Press, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- MACRAC, R., ROBINSON, R. K. and SALDER, M.J. 1993. *Encyclopaedia Of Food Science Food Technology and Nutrition*. Academic Press, Volume One; 494-499,510-515.
- MAHIEDDINE, B., FAOUZI, S. M., HEDJER, S., MOUSSA, H., AISSA, B., and MAHMOUD, S., 2011. Heat Treatment Effect on the Technological Quality of Processed Tomato Paste. *Canadian Journal on Chemical Engineering and Technology* Vol. 2, No. 3, March 2011, 27-40.

- MANNHEIM, C. H., NAVKIN, M., 1981. Shelf-Life of Aseptically Bottled Orange Juice. *J. Food Process.Preserv.* 5:1.
- MASKAN, M., 2001a. Drying, Shrinkage and Rehydration Characteristics Of Kiwifruits During Hot Air and Microwave Drying. *Journal of Food Engineering*, 48 : (2), 177-182.
- MASKAN, M., 2001b. Kinetics of Colour Change of Kiwifruits During Hot Air and
- MELÉNDEZ-MARTINEZ, A. J., BRITTON, G., VICARIO, G. and HEREDIA, F. J., 2005. Color and Carotenoid Profile of Spanish Valencia Late Ultrafrozen Orange Juices. *Food Research International*, 38:931–936.
- MELÉNDEZ-MARTINEZ, A. J., BRITTON, G., VICARIO, I. M., and HEREDIA, F. J., 2008. The Complex Carotenoid Pattern of Orange Juices From Concentrate. *Food Chemistry*, 109:546–553.
- MELÉNDEZ-MARTINEZ, A. J., VICARIO, I. M., and HEREDIA, F. J., 2004. Importancia Nutricional De Los Pigmentos Carotenoides. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 54:149-154. 137
- MELÉNDEZ-MARTINEZ, A.J., VICARIO, I.M. and HEREDIA, F.J., 2007. Carotenoids, Color and Ascorbic acid Content of a Novel Frozen-Marketed Orange Juice, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 55: 1347-1355.
- Metabolites in 11 Cultivars of Persimmon Fruit (*Diospyros Kaki* L.). *Food Chemistry*, 119:477-483.
- MEYDAV, S., SAGUY, I. and KOPELMAN, J.I., 1977. Browning Determination In Citrus Products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 25(3): 602–604.
- Microwave Drying, *Journal of Food Engineering*, 48:169-175.
- MORTAŞ, M., 2010. Standart 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Tayin Yönteminde Kullanılan Isıl İşlem Ve Asit Uygulamasının Etkisinin Belirlenmesi Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 97 s.
- NAGY, S. and SMOOT, J.M. 1977. Temperature and Storage Effects On Percent Retention and Percent. U.S. Recommended Allowance of Vitamin C in Canned Single-Strength Dietary Orange Juice. *J. Agric. Food Chemistry*. 25 (1), 135-138.

- OLSON, J. A., 1999. Carotenoids and Human Health. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 49:7–11.
- ORAL, R.A., 2006. Bazı Gıdalarda HMF İçeriğinin Saptanması, Depolanması Esnasındaki Değişimi ve Biyolojik Yöntemle Azaltılması. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 69 s.
- ORAL, R.A., DOĞAN, M. ve SARIOĞLU, K., 2013. Organik Asit-fruktoz Model Sisteminde Bazı Fenolik Bileşiklerin HMF Oluşumu Üzerine Etkileri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 8(2) :12-17
- Orange Juice and An Orange, Lemon, Carrot Juice Product After High Pressure Treatment and Storage n Different Packaging. *European Food Research and Technology*, 213(4–5):290–296.
- ÖNÜR, E., 2014. Portakal Suyu Asitliğinin Azaltılmasında İyon Değiştirici Reçine Kullanımının Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 153 s.
- ÖZHAN, N.B., 2008. Depolama Süresince Keçiboynuzu Pekmezinde Enzimatik Olmayan Esmerleşme Reaksiyonları Kinetiği. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 49 s.
- ÖZKAN, M., CEMEROĞLU, B. ve TOKLUCU, A.K., 2010. Gıda Mühendisliğinde Reaksiyon Kinetiği. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, No:42
- PALA, Ç. U., Bazı Meyve Sularına Isıl İşleme Alternatif Olarak Ultraviyole Işınlmasının Uygulanması. Çanakkale 18 Mart Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 91 s.
- PASCUAL, M., MALLENT, D., and CUNAT, P., 1993. Estudio de los carotenoides de naranjas cv. Navelina. *Revista Espanola de Ciencia Y Tecnologia de Alimentos*, 33:179–196.
- PETERSEN, M. A., TENDER, D., and POLL, L. 1998. Comparison of Normal and Accelerated Storage of Commercial Orange Juice- Change in Flavour and Content of Volatile Compounds. *Food Quality and Preference*, Vol. 9(1/2), pp. 43-51.

- POLYDERA, A. C., STOFOROS, N. G. and TAOUKIS, P. S., 2005. Quality Degradation Kinetics of Pasteurised and High Pressure Processed Fresh Navel Orange Juice: Nutritional Parameters and Shelf Life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 6: 1-9.
- POLYDERA, A. C., STOFOROS, N. G., and TAOUKIS, P. S., 2003. Comparative Shelf Life Study and Vitamin C Loss Kinetics In Pasteurised and High Pressure Processed Reconstituted Orange Juice. *Journal of Food Engineering*, 60:21–29.
- POLYDERA, A. C., STOFOROS, N. G., TAOUKIS, P. S., 2004. The Effect of Storage on The Antioxidant Activity of Reconstituted Orange Juice Which had been Pasteurized by High Pressure or Heat. *International Journal of Food Science and Technology*. 39: 783–791.
- PUPIN, A. M., DENNIS, M. J., and TOLEDO, M. C. F., 1999. HPLC Analysis of Carotenoids In Orange Juice. *Food Chemistry*, 64:269±275.
- RADA- MENDOZA, M., SANZ, M. L., OLANO, A. and VILLAMIEL, M. 2004. Formation of Hydroxymethylfurfural and Furosine During The Storage of Jams and Fruit- Based Infant Foods. *Food Chemistry*, 85 (4); 605-609.
- RATTANATHANALERK, M., CHIEWCHAN, N. and SCICHUMPOUNG, W. 2005. Effect of Thermal Processing on the Quality Loss of Pineapple Juice. *Journal of Food Engineering*, 66: 259-265.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., 2001. *A Guide To Carotenoid Analysis In Foods*, Washington, DC: International Life Sciences Institute Press.
- ROOS, Y. H. and HIMBERG.M. J. 1994. Non Enzymatic Browning Behavior As Related To Glass Transition of A Food Model At Chilling Temperatures. *J. Agric. Food. Chem.* 42 (4) : 893-898.
- SANCAK A.Z., AYGÖREN E. 2012. Portakal Suyu. *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. TEPGE Bakış*. ISSN: 1303–8346 / Sayı:14/Nüsha: 1, Ankara.

- SÀNCHEZ-MORENO, C., PLAZA, L., DE ANCOS, B., CANO, M. P., 2003. Quantitative Bioactive Compounds Assessment and Their Relative Contribution to the Antioxidant Capacity of Commercial Orange Juices, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 83; 430–439.
- SCHMITZER, V., 2010. Comparative Study of Primary and Secondary
- SELLİ, S., CABAROĞLU, T., and CANBAŞ, A., 2004. Volatile Flavour Components Of Orange Juice Obtained From The Cv. Kozan of Turkey. *Journal Of Food Composition and Analysis*, 17 (2004) 789-796.
- SHINODA, Y., KOMURA, H., HOMMA, S., MURATA, M., 2004. Browning and Decomposed Products of Model Orange Juice. *Bioscience. Biotechnology. Biochemistry*. 68 (3): 529-536.
- SHINODA, Y., KOMURA, H., HOMMA, S., MURATA, M., 2005. Browning Of Model Orange Juice Solution: Factors Affecting the Formation of Decomposition Products. *Bioscience. Biotechnology. Biochemistry*. 69 : 2129-2137.
- SIMPSON, K. L., and CHICHESTER, C. O., 1981. Metabolism and Nutritional Significance Of Carotenoids. *Annual Review of Nutrition*, 1:351–371.
- SOLOMON, O., SVANBERG, U. and SAHLSTRÖM, A. 1995. Effect of Oxygen and Fluorescent Light on The Quality Of Orange Juice During Storage at 8°C . *Food Chemistry*, 53, 363-368.
- STEWART, B., 2001. Thermal Processing, Storage Conditions, and The Composition and Physical Properties of Orange Juice. *Food Research International*, 34:25-30.
- STINCO, C. M., FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, R., HERNANZ, D., HEREDIA, F. J., MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J. and VICARIO, I. M., 2013. Industrial Orange Juice Debitting: Impact on Bioactive Compounds and Nutritional Value. *Journal of Food Engineering*, 116:155–161.
- TELATAR, Y., 1985. Elma Suyu ve Konsantrelerinde Hidroksimetilfurfural (HMF). I. Farklı Elma Çeşitlerinin Elma Suyu ve Konsantresine İşlenmesi Süresinde HMF Oluşumu. *Gıda Dergisi*, Yıl: 10. Sayı:4; 195-201.

- TELATAR, Y., 1985b. Elma Suyu ve Konsantrelerinde Hidroksimetilfurfural (HMF). II. Farklı Elma Suyu Konsantrelerinin Depolanması Süresince HMF Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler. *Gıda Dergisi*, Yıl: 10. Sayı:4; 195-201.
- TEPGE, 2014. Tarımsal Araştırmalardan Bakış. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü.
<http://www.tepge.gov.tr/Dosyalar/Yayinlar/e12cfb321e014dcd8e3258a277debde854.pdf>. (Erişim Tarihi:23/05/2015)
- TIMMERMANS, R. A. H., MASTWIJK, H. C., KNOL, J. J., QUATAERT, M. C. J., VERVOORT, L., VAN DER PLANCKEN, I., HENDRICKX, M. E. and MATSER, A. M., 2011. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 12:235-243.
- TOKER, Ö.S. 2012. Farklı Gıdalarda Toplam 5-HMF Düzeyinin Belirlenmesi Ve Riskli Bulunan Gıdaların 5-HMF İçeriğinin Farklı Yöntemler Kullanılarak Azaltılma Olanaklarının Araştırılması. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 153 s.
- TONELLI, S.M., ERRAZU, A.F., PORRAS, J.A., LOZANO, J.E. 1995. Prediction of 5-HMF Formation in An Industrial Apple Juice Evaporator. *Journal of Food Science*, 60 (6), 1292-1294, 1300.
- TOPCU, A., SALDAMLI, İ. ve SAĞLAM, F., 2014. Vitaminler ve Mineraller (İ. SALDAMLI editör). *Gıda Kimyası*, 4. baskı, Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi, Ankara, s. 411-478.
- TORIBIO, J. L. and LOZANO, J.E. 1987. Formation of 5-(Hydroxymethyl)-Furfural in Clarified Apple Juice During Heating At Elevated Temperatures. *Food Science and Technology*, 20; 59-62.
- TOSI, E., CIAPPINI, M., RE, E., LUCENO, H. 2002. Honey Thermal Treatment Effects On Hydroxymethylfurfural Content. *Food Chemistry*, 77; 71-74.
- TOSUN, I. and USTUN, N. S. 2003. Nonenzymic Browning During Storage of White Hard Grape Pekmez (Zile Pekmezi). *Food Chemistry*, 80 (4); 441-443.
- VAN BOEKEL M.A.J.S., 2001. Kinetic Aspects of the Maillard Reaction: A Critical Review. *Nahrung/Food*, 45 (3): 150–159.

- VAN BOEKEL M.A.J.S., 2006. Formation of Flavor Compounds in The Maillard Reaction. *Biotechnology Advances*, 24, 230-233.
- VEBERIC, R., JURHAR, J., MIKULIC-PETKOVSEK, M., STAMPAR, F. and VIKRAM, V. B., RAMESH, M. N. and PRAPULLA, S. G., 2005. Thermal Degradation Kinetics of Nutrients in Orange Juice Heated By Electromagnetic and Conventional Methods. *Journal of Food Engineering*, 69(1):31–40.
- XU, G., YE, X., CHEN, J. and LIU, D., 2007. Effect of Heat Treatment on the Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Citrus Peel Extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 330-335.
- YILDIZ, O., ŞAHİN, H., KARA, M., ALİYAZICIOĞLU, R., TARHAN, Ö., ve KOLAYLI, S., 2010. Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi. *Akademik Gıda* 8 (6) : 44-51.
- YUAN, J. and CHEN, F., 1998. Separation and Identification of Furanic Compounds In Fruit Juices and Drinks by High-Performance Liquid Chromatography Photodiode Array Detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46:1286-1291.
- ZAMORA, R., ALAÍZ, M. and F. J. HİDALGO, 2000. Contribution of Pyrrole Formation and Polymerization to The Nonenzymatic Browning Produced By Amino-Carbonly Reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 : 3152-3158.
- ZAPPALA, M., FALLICO, B., ARENA, E. and VERZERA, A., 2005. Methods For The Determination of HMF in Honey: A Comparison. *Food Control* 16:273-277.

ÖZGEÇMİŞ

01/08/1980'da Adana'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimlerini Adananın değişik okullarında tamamladı. 1999 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2003 yılında Gıda Mühendisliği lisansını tamamladıktan sonra aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2004 yılında Adana Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğüne mühendis olarak atandı. Yüreğir İlçe Müdürlüğünde 8 yıl, Sarıçam İlçe Müdürlüğünde 1 yıl Gıda denetçisi olarak görev yaptı. 2005 yılında eğitimine 6 yıl ara verdi. 2011 yılında af kapsamında yüksek lisans eğitimine tekrar başladı. 2013 yılında Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Gıda Birimine naklen atama ile mühendis olarak atanmış olup halen aynı görevine devam etmektedir. Evli ve 2 çocuk annesidir.