T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSOT ÜRETİMİNDE KULLANILAN BİBERLERİN KURUTULMASI SIRASINDA BAZI KALİTE PARAMETRELERİNİN KİNETİK MODELLENMESİ

Ayşe Fulya HABİBOĞLU ÖĞRETMEN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Prof. Dr. A. Ferit ATASOY danışmanlığında Ayşe Fulya Habiboğlu Öğretmen'in hazırladığı **"İsot üretiminde kullanılan biberlerin kurutulması sırasında bazı kalite parametrelerinin kinetik modellenmesi"** konulu bu çalışma 20.08.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir..

İmza

Danışman: Prof. Dr. A. Ferit ATASOY ……..

Üye: Doç. Dr. Ali YILDIRIM ……..

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Aziz KORKMAZ ……..

Bu Tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 16170

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.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. MATERYAL ve YÖNTEM 9
3.1. Materyal 9
3.1.1. Hammaddenin hazırlanması 9
3.2. Yöntem 10
3.2.1. Kurutma işlemleri 10
3.2.2. Kurutma Sırasındaki Matematiksel Modellemeler 11
3.2.2.1. Kurutma eğrilerinin matematiksel modellenmesi 11
3.2.2.2. Aktivasyon enerjinin belirlenmesi 12
3.2.2.3. Kalite parametrelerinin kinetik modellenmesi 13
3.2.3. Fiziksel ve kimyasal analizler 13
3.2.3.1. Nem tayini 13
3.2.3.2. Su aktivitesi tayini 14
3.2.3.3. Toplam titrasyon asitliği ve pH analizi 14
3.2.4. Renk analizleri 14
3.2.4.1. Yüzey renk analizleri 14
3.2.4.2. Esmerleşme indeksi 14
3.2.4.3. Ekstrakte edilebilir renk analizi 15
3.2.4.4. Kırmızılık/sarılık pigment oranı 15
3.2.5. Toplam fenolik madde miktarı analizi 15
3.2.6. İstatistiksel analizler 16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 17
4.1. Kurutma hızı ve kinetiği 17
4.2. Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi 24
4.3. Toplam titrasyon asitliği 34
4.4. Su aktivitesi değişimi 44
4.5. pH değişimi 46
4.6. Renk özellikleri 49
4.7. Ekstrakte edilebilir renk (ASTA) 55
4.8.Toplam fenolik madde içerikleri 60
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 63
KAYNAKLAR 66

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İSOT ÜRETİMİNDE KULLANILAN BİBERLERİN KURUTULMASI SIRASINDA BAZI KALİTE PARAMETRELERİNİN KİNETİK MODELLENMESİ

Ayşe Fulya HABİBOĞLU ÖĞRETMEN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Ferit ATASOY
Yıl: 2019, Sayfa:80

Bu çalışmada, Urfa, Bursa ve Maraş taze biberlerinin etüv tipi bir kurutuca da 50, 60, 70 ve 80 ºC'de kurutulması sırasında kalite parametrelerinde meydana gelen değişimlerin tespit edilmesi ve kinetik modellerinin yapılması amaçlanmıştır. Midilli ve ark. modelinin verilerinin en yüksek R^2 (0.9982), en düşük RMSE (0.0132) ve en düşük X^2 (0.00035) değerlerine göre kurutma kinetiğini en iyi tanımlayan model olduğu belirlenmiştir. Tüm biber çeşitlerinin etüv kurutucuda kurutma sırasında sıcaklık 50'den 80 ºC'ye arttığında k değerinin arttığı ve bu artışın istatiksel olarak anlamlı bulunduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). Biberlerde en hızlı kurumanın 80 ºC de olduğu tespit edilmiştir. Enzimatik olmayan esmerleşmenin sıfırıncı derece kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu için k değerinin bütün biber çeşitlerinde sıcaklık arttıkça yükseldiği tespit edilmiştir. Esmerleşme reaksiyonunun Q_{10} değeri en düşük (1.20) ve en yüksek (2.34) seviyesinin sırasıyla 50-60 ºC ve 60-70 ºC'de kurutulan Bursa biberinde olduğu belirlenmiştir. Toplam titrasyon asitliği için modelleme uyumu, birinci dereceden kinetik model olarak tespit edilmiştir. Titrasyon asitliğinde k değerinin bütün biber çeşitlerinde sıcaklıkla birlikte arttığı saptanmıştır. Q_{10} değerinin toplam asitlik için en düşük (0.806) 50-60 ºC Urfa biberinde, en yüksek ise (1.86) 60-70 ºC aralıklarında Bursa biberinde olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; kalite özellikleri incelenen biberlerin 70 ºC üzerinde (80 ºC'yi geçmeyecek) kurutulması tavsiye edilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Biber, kurutma kinetiği, sıcaklık, biber çeşiti

ABSTRACT

MSc Thesis

KINETIC MODELING OF SOME QUALITY PARAMETERS DURING DRYING OF PEPPER USED IN ISOT PRODUCTION

Ayşe Fulya HABİBOĞLU ÖĞRETMEN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. A. Ferit ATASOY
Year:2019, Page:80

In this study, it was aimed to determine the changes in quality parameters and make kinetic models during drying of Urfa, Bursa and Maras fresh peppers in an oven type dryer at 50, 60, 70 and 80 ºC. The best defining drying kinetics according to the highest R^2 (0.9982), lowest RMSE (0.0132) and lowest X^2 (0.00035) values was Midilli et al. The k value increased when the temperature increased from 50 to 80 ºC during drying in the oven dryer of all pepper varieties and this increase was found to be statistically significant ($p \leq 0.05$). The fastest drying of the peppers was determined to be at 80 ºC. Non-enzymatic browning was found to fit the zero order kinetic model. The k value of non-enzymatic browning reaction was found to increase with increasing temperature in all pepper varieties. The lowest (1.20) and highest (2.34) levels of the browning reaction were determined in Bursa pepper dried at 50-60 ºC and 60-70 ºC, respectively. Modeling fit for total titration acidity was determined as first order kinetic model. The k value in titration acidity increased with increasing temperature in all pepper varieties. Q_{10} value was the lowest (0.806) 50-60 ºC in Urfa pepper and the highest (1.86) 60-70 ºC in Bursa pepper for total acidity. According to the results of the research; It is recommended to dry the peppers whose quality characteristics are examined above 70 ºC (not to exceed 80 ºC).

KEYWORDS: Pepper, drying kinetics, temperature, pepper variety

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansım süresince danışmanlığımı yapan bilgi, deneyim ve zamanını benden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. A. Ferit ATASOY'a çok teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca benden yardımlarını eksik etmeyen Sayın Doç.Dr.Ali YILDIRIM'a, Araştırma Görevlisi Sayın Bülent BAŞYİĞİT'e ve tezimin jüri üyeliğinde deneyimlerini benimle paylaşan Sayın Dr.Öğr.Üyesi Aziz KORKMAZ'a teşekkür ederim.

Her zaman yüksek lisans yapmam için beni teşvik eden ve destekleriyle bana güç veren babam M. Faruk HABİBOĞLU, annem Fatma HABİBOĞLU ve eşim Bekir ÖĞRETMEN'e, bu süreçte yanımda olan aileme ve dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 4. 1. 50 ºC de 3 farklı çeşit biberin nem oranı süre ilişkisi 18
Şekil 4. 2. 60 ºC de 3 farklı çeşit biberin nem oranı süre ilişkisi 18
Şekil 4. 3. 70 ºC de 3 farklı çeşit biberin nem oranı süre ilişkisi 19
Şekil 4. 4. 80 ºC de 3 farklı çeşit biberin nem oranı süre ilişkisi 19
Şekil 4. 5. Urfa biberinin 4 farklı sıcaklıkta nem oranı süre ilişkisi 22
Şekil 4. 6. Bursa biberinin 4 farklı sıcaklıkta nem oranı süre ilişkisi 22
Şekil 4. 7. Maraş biberinin 4 farklı sıcaklıkta nem oranı süre ilişkisi 23
Şekil 4. 8. Urfa biberinin 4 farklı sıcaklıkta enzimatik olmayan esmerleşme değişimi 24
Şekil 4. 9. Bursa biberinin 4 farklı sıcaklıkta enzimatik olmayan esmerleşme değişimi 25
Şekil 4. 10. Maraş biberinin 4 farklı sıcaklıkta enzimatik olmayan esmerleşme değişimi 25
Şekil 4. 11. Urfa biberinin 50 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 26
Şekil 4. 12. Bursa biberinin 50 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 27
Şekil 4. 13. Maraş biberinin 50 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 27
Şekil 4. 14. Urfa biberinin 60 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 28
Şekil 4. 15. Bursa biberinin 60 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 28
Şekil 4. 16. Maraş biberinin 60 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 29
Şekil 4. 17. Urfa biberinin 70 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 29
Şekil 4. 18. Bursa biberinin 70 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 30
Şekil 4.19. Maraş biberinin 70 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 30
Şekil 4. 20. Urfa biberinin 80 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 31
Şekil 4. 21. Bursa biberinin 80 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 31
Şekil 4. 22. Maraş biberinin 80 ºC'de kurutulması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi 32
Şekil 4. 23. Urfa biberinin kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 34
Şekil 4. 24. Bursa biberinin kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 35
Şekil 4. 25. Maraş biberinin kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 35
Şekil 4. 26. Urfa biberinin 50 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 36
Şekil 4. 27. Bursa biberinin 50 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 37
Şekil 4. 28. Maraş biberinin 50 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 37
Şekil 4. 29. Urfa biberinin 60 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 38
Şekil 4. 30. Bursa biberinin 60 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 38
Şekil 4. 31. Maraş biberinin 60 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 39
Şekil 4. 32. Urfa biberinin 70 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 39

Şekil 4. 33. Bursa biberinin 70 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 40
Şekil 4. 34. Maraş biberinin 70 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 40
Şekil 4. 35. Urfa biberinin 80 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 41
Şekil 4. 36. Bursa biberinin 80 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 41
Şekil 4. 37. Maraş biberinin 80 ºC de kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi 42
Şekil 4. 38. Urfa biberinin su aktivitesi değişimi 44
Şekil 4. 39. Bursa biberinin su aktivitesi değişimi 45
Şekil 4. 40. Maraş biberinin su aktivitesi değişimi 46
Şekil 4. 41. Urfa biberinin pH değişimi 47
Şekil 4. 42. Bursa biberinin pH değişimi 48
Şekil 4. 43. Maraş biberinin pH değişimi 48
Şekil 4. 44. Urfa biberinin L* değeri değişimi 49
Şekil 4. 45. Bursa biberinin L* değeri değişimi 50
Şekil 4. 46. Maraş biberinin L* değeri değişimi 51
Şekil 4. 47. Urfa biberinin a* değeri değişimi 52
Şekil 4. 48. Bursa biberinin a* değeri değişimi 52
Şekil 4. 49. Maraş biberinin a* değeri değişimi 53
Şekil 4. 50. Urfa biberinin b* değeri değişimi 54
Şekil 4. 51. Bursa biberinin b* değeri değişimi 54
Şekil 4. 52. Maraş biberinin b* değeri değişimi 55
Şekil 4. 53. Urfa biberinin ASTA değişimi 56
Şekil 4. 54. Bursa biberinin ASTA değişimi 57
Şekil 4. 55. Maraş biberinin ASTA değişimi 57
Şekil 4. 56. Urfa biberinin k/s değişimi 58
Şekil 4. 57. Bursa biberinin k/s değişimi 59
Şekil 4. 58. Maraş biberinin k/s değişimi 59
Şekil 4. 59. Urfa biberinin toplam fenolik madde değişimi 61
Şekil 4. 60. Bursa biberinin toplam fenolik madde değişimi 61
Şekil 4. 61. Maraş biberinin toplam fenolik madde değişimi 62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1. 1. Ülkemizde en çok üretimi yapılan biber çeşitlerinin son 8 yılda üretim miktarları (TÜİK, 2018) 2
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Urfa, Bursa ve Maraş biberleri 9
Şekil 3.2. Biberlerin hazırlanması 9
Şekil 3.3. Biberlerin etüvde kurutulması 10
Çizelge 3. 1. Kuruma modelleri 11
Çizelge 4. 1. Kuruma modelleri ortalama değerleri 20
Çizelge 4. 2. Farklı çeşit ve sıcaklıkların kurutma sırasındaki Midilli ve ark. modellemesindeki parametreleri 21
Çizelge 4. 3. Biberlerin enzimatik olmayan esmerleşme k değerleri 32
Çizelge 4. 4. Biberlerin enzimatik olmayan esmerleşme Q_{10} değerleri 33
Çizelge 4. 5. Biberlerin toplam titrasyon asitliği k değerleri 42
Çizelge 4. 6. Biberlerin toplam titrasyon asitlği Q_{10} değerleri 43

SİMGELER DİZİNİ

abs	:Absorbans
aw	:Su aktivitesi
ASTA	:Ekstrakte edilebilir renk
E_a	:Aktivasyon Enerjisi
Eş	:Eşitlik
Eİ	:Esmerleşme İndeksi
k	:Kurutma Katsayıları, dk^{-1}
M_o	:Başlangıçtaki Nem Değeri
MR	:Boyutsuz Nem Oranı
MR_{exp}	:Deneysel Nem Oranı
MR_{pre}	:Tahmini Nem Oranı
M_t	:Herhangi Bir Süredeki Nem Değeri
R	:Üniversal Gaz Sabiti
R^2	:Korelasyon Katsayısı
RMSE	:Kök Ortalama Kare Hatası
s	:Saniye
SS	:Standart Sapma
t	:Zaman
T	:Mutlak Kurutma Hava Sıcaklığı, K
TTA	:Toplam Titrasyon Asitliği
TFMM	:Toplam Fenolik Madde Miktarı
X^2	:Ki-Kare

1. GİRİŞ

Patlıcangiller familyasından *Capsicum* cinsini meydana getiren biber, Türkiye'de en çok yetişen sebzelerden birisidir. *Capsicum* türlerinin gen merkezi olarak Peru ve Venezuella'nın yer aldığı bölge Orta Amerika gösterilmektedir. Biberin orijininin Orta Amerika olmasına rağmen yapılan sınıflandırma çalışmaları ile biber orijinlerinin türlere göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Acı olanlarının özellikle Brezilya'nın güneyi ve Bolivya orijinli olduğu bilinmektedir (McLeod ve ark. 1983; Pickersgill, 1984).

Biberler karbonhidrat ve organik asitler gibi makro besin elementleri yanında çeşitli vitaminler (E,C, B_1, B_2), renk maddeleri (karetonoidler) ve acılık oluşturan bileşenler (kapsaisinoidler) gibi birçok mikro besin öğeside içermektedirler. Biberdeki karbonhidratlar (glukoz, fruktoz) ve organik asitler tat ve lezzetten sorumludur. Karetonoidler sarıdan kırmızıya kadarki renk tonlarından sorumlu olup miktarları olgunlaşmayla beraber değişmektedir. Kapsaisinoidler biberlerin ağızda oluşturduğu acılıktan sorumludur ve miktarları biberin çeşiti ve olgunluk düzeyine bağlıdır. Biberleri sağlık yönünden faydalı kılan bileşenleri olan karetonoidler, kapsaisinoidler ve vitaminler, antioksidan etki gösteren maddelerdir (Govindarajan, 1985; 1986).

2018 yılı verilerine göre; biber yetiştiriciliğinde Çin yaklaşık 14 milyon ton ile birinci, ikinci sırada ise yaklaşık 2.5 milyon ton ile Türkiye yer almaktadır (FAO, 2018). Biberler taze olarak yemeklerde ve salatalarda kullanıldığı gibi baharat, konserve, ketçap, salça, sos, hazır çorbalar, turşu, pastırma, sucuk, boya sanayinde, kimya ve ilaç sanayi gibi geniş bir kullanıma sahiptir.

Biber üretimi ülkemizin Karadeniz, Marmara, Doğu ve Güneydoğu Anadolu ve Ege bölgelerinde gerçekleştirilmektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde özellikle isot baharatı üretimine yönelik biber üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde en

çok yetiştirilen 3 çeşit biberin son 8 yıl içinde üretim miktarlarını Çizelge 1.1.'de görmekteyiz.

Çizelge 1. 1. Ülkemizde en çok üretimi yapılan biber çeşitlerinin son 8 yılda üretim miktarları (TÜİK, 2018)

ÜRÜNLER	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Biber (salçalık)	700.038	730.493	748.422	814.372	829.809	879.775	957.03	1.107.713
Biber (dolmalık)	384.273	364.930	383.213	398.470	391.009	393.109	418.435	420.904
Biber (sivri)	752.692	879.846	910.725	946.506	907.126	919.004	967.466	945.361

Şanlıurfa biberi Türk Patent Enstitüsü tarafından 2001 yılında tescillenmiş olup diğer bölgelerde yetişen kırmızıbiberlerden farklı olarak, kendine özgü bir aroma bulundurmaktadır (Akbay ve Candemir, 2006).

Isı ve kütle transferi sayesinde gıdaların bünyesindeki suyun eş zamanlı olarak uzaklaştırılıp belli bir düzeye düşürülmesi işlemine kurutma işlemi denilmektedir. Sebze ve meyvelerin dayanıklılığını arttırma tekniklerden birisi olan kurutma uygulama alanı en geniş ve en eski yöntem olarak bilinmektedir. Soğukta muhafaza edilerek, dondurularak, kimyasallarla işlenerek, oksijensiz ortamda depolanarak, radyoaktif ışınlardan yararlanarak ve ultraviyole ile meyve ve sebzelerin uzun süre muhafaza edilmesi mümkün olmakla birlikte yapılan bu uygulamalar içerisinde kurutma işlemi uygulama alanı en talep gören yöntemdir (Yağcıoğlu, 1996).

Biberlerin kurutulmasında birçok farklı yöntemlerden yararlanılmaktadır. En yaygın kurutma şekli olan güneşte kurutma, ülkemizde biberlerin çok büyük bir kısmının kurutulmasında kullanılmaktadır. Şanlıurfa coğrafi konumu olarak, yıl boyunca en yüksek sıcaklığa sahip ve toplam güneşli gün sayısı olarak Türkiye'nin en sıcak ilidir. Bu özelliğinden dolayı il açısından en avantajlı kurutma yöntemi güneşte kurutma yöntemidir. Bütçe dostu bir yöntem olmakla birlikte güneşte kurutma, ürünlerin dış etmenlere açık ve çabucak kirlenebilmesi sebebiyle hijyenik

ürün elde edilmesinde bazı olumsuzluklar barındırır. Ayrıca, güneş faktörüyle kurutma işlemi dış koşullara bağımlı olmasından ve ürünün kalitesine hava şartlarının direkt etkisi yüzünden kalitesi yüksek kurutulmuş ürün elde edilememektedir. Biberlerin güneşte kurutulmasıyla aynı kalitede daimi olarak ürün elde edilmesine de olanak sağlamamaktadır. Güneş etkisiyle kurutulan biberlerde renk değişimleri kontrol edilememekte, tekrar su kazanma riski, mikrobiyal yükteki artma ve besinlerin vitamin kayıpları da önemli dezavantajlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak özel kurutucuların kullanılmasıyla her zaman aynı kalitede, temiz ve hijyenik kurutulmuş ürün temini mümkün olmaktadır (Günhan, 2005).

Özel amaçlı kurutucular ile kurutma işleminin yapılması, hem kuruma süresini kısaltmakta, hem de raf ömrünü uzatarak daha kaliteli ve temiz ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Kabin tipli kurutucular en çok taneli ve dilimlenmiş ürünler için uygun olup, raflar üzerine serme işlemiyle kurutulmaktadırlar. Bu tip kurutuculardа belli bir hava hızı ürüne göre uygulanmakta olup, ürün kısa sürede kurumaktadır (Olgun ve Rzayev, 2000). Açıkta kurutmaya, güneş ışınlarının enerjisini toplayarak, yani kollektörler kullanarak yapılan kurutma işlemleri çok ciddi bir seçenek sunmaktadır. Biberin hasat edilme işleminden sonra hızlı bir şekilde kurutulması gereklidir. Bu doğrultuda, açıkta serilerek kurutma yöntemine göre güneş enerjisi ve ısıtılmış hava ile kurutma, biberin kuruma süresini ciddi ölçüde kısaltmaktadır (Doymaz ve Pala; 2000).

Taze ürünlerde bulunan serbest suyu uzaklaştırıp ürünlerde meydana gelebilecek olası biyolojik-kimyasal reaksiyonları ve mikroorganizmaların gelişmesini engellemek ve bunların çoğalamayacağı bir seviyeye indirerek besinlerin uzun süre bozulmadan dayanmalarını kurutma işlemi sağlamaktır. Fakat kurutma koşulları, ürünün kalitesi üzerine olumsuz yönde etkileyecek bazı biyokimyasal reaksiyonları hızlandırıcı bir etki gösterdiği için, kurutulmuş ürünün kalite özelliklerini ciddi bir düzeyde etkilemektedir. Bu özellikler, kurutmada kullanılan sıcaklık, hava akış hızı, havadaki bağıl nem gibi kurutma şartları, kurutulan ürünün yapısal özelliklerini; renk, görünüm gibi optik özelliklerini; tat, aroma, doku, koku

gibi duyusal belirlenen özelliklerini, su tutma kapasitesi ve rehidrasyon hızı gibi özelliklerini etkilemektedir (Cemeroğlu ve ark., 2003).

Bu çalışmada, *Capsicum annuum* türü 3 farklı kırmızıbiberin (Urfa, Bursa ve Maraş) fanlı kabin tipi kurutucuda (etüv), 4 farklı sıcaklıkta (50, 60, 70 ve 80°C) kurutulması sırasında kurutma kinetiği ve bazı kalite parametrelerinin kinetik modellenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, kurutma sırasında bazı kalite özelliklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, kurutma işlemi ve bazı sebzelerin kurutma şartlarına bağlı olarak fiziksel ve kimyasal değişimleriyle ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

Kırmızıbiberler güneşte serilerek ve güneş kollektörlü kurutucularda kurutulduğunda, diğer yönteme göre % 65 oranında güneş kollektörlü kurutucularda kurutulan biberlerin daha kısa zamanda kurudukları ve kalite kriteri renginin daha homojen ve parlak olduğu saptanmıştır (Kim ve ark., 1982).

Kiranoudis ve ark. aynı boyutta dilimlenmiş soğan ve biberi, farklı derecelerde (60, 65, 70, 75 ve 80°C) kurutmuşlar ve uygulanan işlemin 3 - 7 saat aralığında sürdüğünü belirlemişlerdir (Kiranoudis ve ark., 1992).

Kaymak ve Ertekin (2002) yapmış oldukları çalışmada, hava sıcaklığının, hava hızının ve ön işlemin (haşlama, sodyum klorüre ve sülfürik aside daldırma) yeşil ve kırmızıbiberin kurutma kinetiğine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, düşen kuruma periyodunda düzensiz halde gerçekleşen nem transferi Fick Difüzyon modeliyle tanımlanmış ve difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Sıcaklığın difüzyon katsayısı üzerine etkisi Arrhenius eşitliğiyle yorumlanmıştır. Kuruma hızı ve difüzyon katsayısı değerlerinin ön işlemlerden etkilendiği görülmüştür. Kurutulmuş biberlerin 25 ve 45 °C'deki rehidrasyon oranları ve bu değerlerin kurutma koşullarına ve rehidrasyon sıcaklığına bağlı olmadığı saptanmıştır. Kurutma ön işlemlerinin, biberlerin rehidrasyon karakterlerinin kalitesini arttırdığı gözlemlenmiştir.

Koç ve ark. (2004), kırmızıbiber kurutmada kullanılan güneş enerjili bir kurutucu performansı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada açık havada hızlı kurutma olmasına karşın, l-askorbik asit (C vitamini) ve renk seviyeleri incelendiğinde kurutucu ile kurutulan biberlerde elde edilen değerler (askorbik asit: 21.6 mg/100g, ekstrakte edilebilir renk değeri: 425.2) açıkta

kurutulan biberlerden (askorbik asit: 20.2 mg/100g, ekstrakte edilebilir renk değeri: 286.2) daha yüksek bulunmuştur.

Doymaz ve Pala (2002), kırmızıbiberin sıcak hava ile kurutma karakteristikleri ile ilgili çalışmalarında, farklı işlem ve hava kurutma şartları altında kırmızıbiberlerin kurutulmasının teorik ve deneysel bir çalışmasını sunmuşlardır. Parçalanmış biberlerin kuruyan kavisleri de dikkate alınarak üstel denklem ve Page denklemi kullanılmış ve her iki denklemin R^2 değerleri karşılaştırılarak üstel denklemden daha iyi kurutma karakteristiklerini sağlayan denklemin Page denklemi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kurutma sırasında farklı sebze ve meyvelerin (domates, biber, kabak, bezelye, soğan, mantar, mısır, pırasa, sarımsak, kereviz, patates, havuç) havanın hızı ve sıcaklığının kurutma kinetiği üzerinde etkisi araştırılmıştır. İki ayrı sıcaklık (30-70 °C) işlenmiştir. 1. dereceden reaksiyon modeli (n=1) kinetiği kullanılmıştır. İncelenen modelin parametrelerinin kurutma işlemi sırasında hava şartlarına ve örnek boyutlarından önemli ölçüde etkilendiğini belirlemişlerdir. Sıcaklığın artışıyla kurutma sabitinin direkt arttığı saptanmıştır (Krokida ve ark., 2003).

Valazquez ve ark. (2014) yapay kurutma, güneşte kurutma ve tütsüleyerek kurutma metodlarını kullanarak elde ettikleri biber baharatı örneklerinin ekstrakte edilebilir renk (ASTA) değerlerini, pigment konsantrasyonlarını, esmerleşme indekslerini, yüzey renklerini ve kırmızı/sarı oranlarını karşılaştırmışlardır. En düşük esmerleşme indeksi ve kırmızı/sarı oranının fırında kurutma yöntemiyle elde edilen örnekteki, en yüksek pigment konsantrasyonu ve ASTA değerinin tütsülenerek elde edilen örnekte ve güneşte kurutularak elde edilen örnekte ise en yüksek kırmızılık oranının olduğunu tespit etmişlerdir.

Tunde-Akintunde ve Ajala (2010) yaptıkları çalışmada, ön işlemlerin 60 ºC'de kurutulan kırmızıbiberlerin kuruma davranışları üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada ön işlemlerin kuruma hızını ve kuruma süresini etkilediği görülmüştür. Farklı ön işlem görmüş kırmızıbiberler, ön işlem görmemiş kırmızıbiberlere göre

daha hızlı kurumuşlardır ve dolayısıyla daha yüksek kuruma hızına sahip olmuşlardır. Kırmızıbiberlerin kurutulması doğrusal azalan hız periyodunda gerçekleşmiştir. Kırmızıbiberlerin ince tabaka kuruma karakteristiklerinin tanımlanması için dört matematiksel model (Newton, Pabis, Logaritmik ,Henderson ve ve Page) üzerinde çalışılmıştır. Bu dört modelin regresyon katsayısı (R^2), khi-kare ($\chi 2$), tahmini sistematik hata (MBE) ve tahmini standart hata (RMSE) değerleri karşılaştırılmış ve Page modelinin diğer modellere göre kuruma karakteristiklerini daha iyi uyum gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan diğer bir araştırmada, biber karotenoidlerinin sıcaklıkla olan ilişkileri konusunda, 60 °C'nin altında ksantofiller ve β-karoten daha fazla parçalandığı, daha yüksek sıcaklık değerlerinde ise kırmızı renk maddelerinin bozulmalarının hızlandığı belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının artması kırmızıbiberin toplam karotenoid miktarındaki azalışa sebep olduğu belirlenmiştir (Jaren ve Minguez, 1999).

Bir çalışmada; 60, 70 ve 80 ºC olan 3 ayrı sıcaklıkta ve hava hızının 1.2 m/s olduğu bamyaların hava ile kurutulması esnasında kuruma karakteristikleri incelenmiştir. Örneklerin kuruma periyodunun sadece azalan hız periyodunda gerçekleştiği ve azalan hız periyodunun birinci ve ikinci azalan hız periyodu olarak 2 ayrı dönem gösterdiği saptanmıştır. Bununla beraber; bamya numunesinin su aktivitesinin proses koşulları ile değişimi gözlemlenmiş ve su aktivitesi değerinin sıcaklık ile ters orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir (Göğüş ve Maskan, 1999).

Koyuncu ve Pınar (2001), yaptıkları çalışmada kırmızıbiberin kurutulmasında kullanılabilecek doğal akışlı güneşli kabin tip bir kurutucu tasarlamışlardır. Bu kurutucu, kuruma süresince çevre koşullarının ürün üzerindeki olumsuz etkilerini son derece azaltmakta ve kaliteyi yükseltmektedir. Ayrıca kurutucunun kullanılmasıyla, 1 kg ürün için gerekli kuruma süresinin 3.5 saatten 1.28 saate düşürüldüğünü, böylece kuruma süresinin 2.73 kat azaltılabileceği tespit edilmiştir.

Güneş kolektörü ile kırmızıbiber kurutulan bir çalışmada, kurutma süresini etkileyen temel faktörlerin kurutma havası sıcaklığı ve bağıl nemi olduğunu çok az

miktarda da hava hızının etkisinin olduğunu belirtmiştir. Kırmızıbiber için en uygun kurutma hava hızının 0.5 m/s olduğunu ortaya koyarak, 65 °C'nin üzerindeki kurutma işlemlerinde biberlerin renklerinde siyahlaşma olduğunu, 70 °C'nin üzerinde ise biberlerde yanma olduğunu gözlemlemiştir (Onat, 2002).

Kaymak-Ertekin ve Gedik (2005), 2 milimetre kalınlığında yuvarlak şekilde doğranıp tepsili kurutucuda 4 ayrı sıcaklıkta, 4 ayrı hava hızı ve 2 ayrı bağıl nem şartlarında kurutulan soğanlardaki enzimatik olmayan esmerleşme kinetiğini araştırmışlardır. Esmerleşme reaksiyonlarının sıfırıncı dereceden kinetik modele uyduğunu belirlemiştir.

Sharma ve ark. (2011) ise üç farklı sıcaklıkta (55, 60, 65°C) yaptıkları nar kurutması çalışmasında kuruma kinetiğini ve modelini belirlemelerinin yanı sıra difüzyon katsayısını ve aktivasyon enerjisini de hesaplayarak göstermişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada, materyal olarak Şanlıurfa hal pazarından temin edilen Urfa ve Bursa biberleri ile Kahramanmaraş hal pazarından sağlanan Maraş biberi kullanılmıştır (Şekil 3.1). Tüm analizler için analitik saflıkta kimyasal maddeler kullanılmıştır.

3.1.1. Hammaddenin hazırlanması

Taze kırmızı Bursa ve Urfa biberleri sap ve tohumlarından temizlendikten sonra Şekil 3.2'de görüldüğü gibi bıçakla 2-3 parçaya ayrılmıştır. Maraş biberi ise aşırı tohumlu ve çok ince olan et yapısından dolayı sadece sapından ayrılarak bütün olarak kurutulmuştur. Taze biberlerden kurutma öncesi örnek alınarak kilitli buzdolabı poşet ambalajlarda derin dondurucuda analiz süresine kadar muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Urfa, Bursa ve Maraş biberleri



Şekil 3.2. Biberlerin hazırlanması

3.2. Yöntem

3.2.1. Kurutma işlemleri

Parçalanan biberler etüvün raflarına dizilerek 50, 60, 70 ve 80°C sıcaklıklarda biberlerin nem içeriği <%15 oluncaya kadar kurutulmuştur (Şekil 3.3). Tüm üretim işlemi 2 paralelli olarak uygulanmıştır.

Kurutma da kullanılan 2 adet etüv eş zamanlı olarak 4 ayrı sıcaklıkta 3 rafına da farklı çeşit biberler serilerek yapılmıştır. Biberleri serme sıklığının (gr/m^2) aynı olmasına dikkat edilerek, sonuçların sağlıklı bir şekilde karşılaştırılabilmesine olanak sağlanmıştır. Hava akış hızını etkilemeyecek ve ortam koşullarını numunelere en iyi düzeyde yansıtacak kurutma kapları seçilmiştir. Kurutma ortamlarına konan numunelerin süreç içerisinde düzenli ağırlık ölçümleri yapılmış ve elde edilen ağırlık değişim verileri ile regresyon analizi (R^2) ve istatistiki bazı hesaplamalar ($\chi 2$, MBE, RMSE) kullanılarak kurutma hızı, kinetiği ve en uygun matematiksel kurutma modellemesi belirlenmiştir. Ağırlık değişimleri takip edilmiş ve bu ağırlık değişimi verileri ile nem oranı (m-me)/(m0-me) hesaplanmıştır.



Şekil 3.3.Biberlerin etüvde kurutulması

Kurutma işlemlerinde süreç içerisinde belirli aralıklarla alınan numuneler nemden etkilenmeyecek şekilde kilitli buzdolabı poşetle ambalajlanıp kodlanarak -20 °C'de derin dondurucuda analizlerin yapılacağı tarihe kadar muhafaza edilmiştir

3.2.2. Kurutma sırasındaki matematiksel modellemeler

3.2.2.1. Kurutma eğrilerinin matematiksel modellenmesi

Tarım ürünlerinin kurutulmasının analizinde matematiksel modelleme etkili ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Biberin kuruma özelliklerinin incelenmesi için kuruma işleminin iyi yapılması çok önemlidir. Biberin kurutulması sırasında farklı sıcaklık ve farklı çeşitlerde elde edilecek nem verileri Çizelge 3.1.'deki yaygın olarak kullanılan kurutma modellerine uyarlanmıştır.

Çizelge 3. 1. Kuruma modelleri

Model	Model eşitliği	Kaynak
Lewiss	MR = exp(−kt)	(Lewis, 1921)
Page	MR = exp(−ktn)	(Page, 1949)
Aghbashlo ve ark.	MR=exp(-k1t/1+k2t)	(Aghbashlo ve ark., 2009)
Logarithmic	MR = aexp(−kt) + c	(Karathanos, 1999)
Two-Term exponential	MR = a exp(-kt) + (1- a)exp(-kat)	(Yaldiz ve ark., 2001)
Demir ve ark.	MR=a exp(-kt)n +b	(Demir ve ark., 2007)
Wang and Singh	MR=1 +at+bt2	Wang and Singh (1978)
Midilli ve ark.	MR = a exp(-ktn) + bt	(Midilli ve ark., 2002)
Weibull	MR=exp(-(t/α)β)	(Carzo ve ark., 2008

MR, nem oranı; a, b, c katsayıları; n, her denklem için spesifik kurutma üssü; k, her bir denkleme özgü kurutma katsayıları; t, zaman

Herhangi bir süredeki nem değerleri aşağıdaki eşitlik (Eş.3.1) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$M_t = \left[\frac{(M_o + 1) * W_t}{W_o} - 1 \right] * 100 \qquad \text{(Eş.3.1.)}$$

Burada, W_o başlangıç ağırlığı (g), W_t herhangi bir zamandaki ağırlığı (g) ifade etmektedir. M_o başlangıç ve M_t herhangi bir kurutma süresindeki nem değerlerini göstermektedir.

Deneysel nem değerleri Eş. 3.2 kullanılarak boyutsuzlaştırılmıştır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad \text{(Eş.3.2.)}$$

Burada, MR boyutsuz nem oranını, M_t, M_o ve M_e sırasıyla herhangi bir zamandaki, başlangıç ve doyma noktasındaki nem değerlerini ifade etmektedir. Bu eşitlikte M_e değeri M_t ve M_o değerlerine göre çok küçük olduğu için ihmal edilmesi ihtimali ile Eşitlik 3.3' e indirgenmiştir (Rayaguru and Routray, 2012).

$$MR = \frac{M_t}{M_o} \quad \text{(Eş.3.3.)}$$

3.2.2.2. Aktivasyon enerjinin belirlenmesi

Midilli ve ark. modelindeki kurutma katsayısının (k) sıcaklık ile değişimi Arrhenius tipi üstel bir fonksiyonla açıklanmaktadır;

$$\ln k = \ln K_o - \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T}\right) \quad \text{(Eş.3.4.)}$$

Eş. 3.4'de k Midilli ve ark. modelindeki kurutma katsayısı (dk^{-1}), Ko referans sıcaklıkta kurutma katsayısı, E_a aktivasyon enerjisi (kJ mol^{-1}), T mutlak kurutma havası sıcaklığıdır (K) ve R üniversal gaz sabitidir (8.314 kj kg^{-1} mol^{-1} K^{-1}). Sıcaklığın kurutma katsayısına (k) etkisi incelendiğinde bir doğru elde edilir ve elde edilen doğrunun eğiminden aktivasyon enerjisinin değeri hesaplanır (Doymaz, 2006). Termodinamik biliminde aktivasyon enerjisi, ürün içinde nem transferi olduğunda, enerji engelini geçen su molekülleri ile ifade edilir. Aktivasyon enerjisinin düşük

değerleri kuruma prosesinde daha yüksek k değerleri verir. Bir prosesin aktivasyon enerjisindeki azalma, su taneciklerinin ortalama enerjilerindeki artıştan ortaya çıkar.

3.2.2.3. Kalite parametrelerinin kinetik modellenmesi

Kurutma sırasında bazı kalite parametrelerinde meydana gelen değişimlerin kinetik modellemesi Eş.3.5'e göre yapılmıştır.

$$\frac{dC}{dt} = \pm k * C^n \qquad \text{(Eş.3.5.)}$$

Bu eşitlikte dC / dt konsantrasyonun zamana göre değişim hızını, C bileşiğin konsantrasyonunu, k hız sabitini ve n ise reaksiyon derecesini ifade etmektedir.

Aktivasyon enerjisinin hesaplanmasında eşitlik 3.4'de belirtilen Arrhenius eşitliğinden yararlanılmıştır.

Q_{10} değerinin hesaplanmasında 3.6 nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$Q_{10} = \frac{k_2}{k_1} \qquad \text{(Eş.3.6.)}$$

Bu eşitlikte, k_1 reaksiyonun T_1 sıcaklıktaki hızını, k_2 ise T_2 sıcaklıkta ki hızını ifade etmektedir.

3.2.3. Fiziksel ve kimyasal analizler

3.2.3.1. Nem tayini

Biberlerin nem oranı gravimetrik olarak belirlenmiştir. 1 gr örnek sabit tartıma gelen petrilere ilave edilip 105 °C'de fanlı etüvde bekletilmiştir. Sabit tartıma gelmiş olan örneklerin son tartımı yazılıp hesaplanmıştır. Analiz 3 paralelli olarak yapılmıştır (AOAC, 2005).

3.2.3.2. Su aktivitesi tayini

Örneklerin su aktivite değerleri 25 °C sıcaklıkta su aktivitesi cihazı (Aqualab Pre marka, USA) kullanılarak direkt ölçülmüştür (Mierzwa ve Kowalski, 2016).

3.2.3.3. Toplam titrasyon asitliği ve pH analizi

Serrano ve arkadaşlarının 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada belirtilen yönteme göre titrasyon asitliği ve pH belirlenmiştir.

3.2.4. Renk analizleri

Renk analizleri olarak yüzey renk parametreleri, esmerleşme indeksi, ASTA ve kırmızılık/sarılık analizleri yapılmıştır.

3.2.4.1. Yüzey renk analizleri

Farklı çeşit biber örneklerin L*, a*, b* değerleri Color Quest XE HunterLab cihazıyla ölçümler yapılmıştır (Vega-Galvez ve ark., 2009).

3.2.4.2. Esmerleşme indeksi

Topuz ve ark. (2009)'a göre yapılmıştır. Örnekten 1 gr tartılıp 50 ml saf su ilave edildikten sonra 2 saat boyunca 25 °C'de 160 rpm'de yatay çalkalamalı su banyosunda bekletilmiştir. Bu süre sonunda ekstrakt 16 dakika 4000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Daha sonra üst faz 0.45 µm'lik PTFE (politetrafloroetilen) filtreden geçirilip spektrofotometre yardımı ile 420 nm'de absorbans değeri okunmuştur. Örnekler farklı nem oranlarına sahip olduğu için okunan absorbans değerleri 0.1 gr kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

3.2.4.3. Ekstrakte edilebilir renk analizi

Ekstrakte edilebilir renk (ASTA) analizi AOAC metodu (2002)'na göre saptanmıştır. Biber örneklerinden 0.1 (±0.001) gr tartılarak 20 ml aseton eklenip 3 saat boyunca 25 °C'de 140 rpm'de yatay çalkalamalı su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra kaba filtre kağıdı yardımıyla süzülerek ekstrat elde edilmiştir. Ekstrakt 1/5 oranında seyreltilip absorbans değeri 460 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. ASTA değeri 3.7 nolu eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{ASTA} = \text{A} \cdot 164 \cdot If \cdot w^{-1} \qquad \text{(Eş.3.7.)}$$

A: Örneğin absorbans değeri

If: Spektrofotometrenin standart sapması (1)

w: örneğin kuru bazdaki ağırlığı (gr)

3.2.4.4. Kırmızılık/sarılık pigment oranı

ASTA analizini yapmak için hazırlanan ekstrakt kırmızılık/sarılık oranını belirlemede kullanılmıştır. Bu ekstraksiyonları spektrofotometrede 470 nm'de kırmızılığı, 455 nm'de sarı pigment absorbans değerleri okunmuştur. Bu absorbans değerlerinin birbirine oranı ile hesaplanmıştır (Carvajal ve ark., 1997).

3.2.5. Toplam fenolik madde miktarı analizi

Biber ekstraklarının fenolik madde içeriği Folin ve Ciocalteau reaktifi ile spektrofotometrik yöntemle Çam ve İçyer (2015) tarafından belirtilen metoda göre yapılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı gallik asit cinsinden hesaplanmıştır (Başyiğit, 2017).

Toplam fenolik madde miktarını belirlemek için ilk olarak Folin&Ciocalteau reaktifini 1/9 oranında olacak şekilde saf su ile seyreltilmiştir. Daha sonra %7.5'lik Na_2CO_3 çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler karanlıkta bekletilmiştir. Analiz için seyretilen ekstraklardan 0.4 ml tüplere alınır. Alınan ekstraklara 2 ml

folin ve 1.6 ml Na_2CO_3 çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra çözelti eklenmiş örnekler oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 1 saat bekletilmeye bırakılmıştır. Bu süre sonunda renk değişimine uğrayan örnekler spektrofotometrede 765 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur.

3.2.6. İstatistiksel analizler

Analizler sonucu elde edilen veriler SPSS paket programı (SPSS 16.0 software for Windows, SPSS Inc., USA) ile varyans analizi (ANOVA) kullanılarak hesaplanmıştır. Parametreler arasındaki kıyaslamalar, Duncan kıyaslama testi ile yapılmıştır. Doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizi, SIGMA PLOT 10 (Jandel Scientific, San Francisco, USA) kullanılarak deney verilerinden dikkate alınan modeller ile ilişkili parametrelerin tahmin edilmesi için tüm çalışmalarda gerçekleştirilmiştir. Modellerin uyum doğruluğunun ölçütü olarak korelasyon katsayısı (R^2), kök ortalama standart hata (RMSE) ve ki-kare (X^2) değerleri kullanılmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\left[(MR_{\exp} - MR_{pre})\right]^2} \qquad \text{(Eş.3.8.)}$$

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(MR_{\exp} - MR_{pre})^2}{n-m} \qquad \text{(Eş.3.9.)}$$

3.8 ve 3.9 nolu eşitliklerde n, m, MR_{exp} ve MR_{pre} sırasıyla deney sayısı, parametre sayısı, deneysel nem oranları ve tahmini nem oranlarını ifade etmektedir. Tüm işlemler ve analizler ikişer kez yapılmıştır.

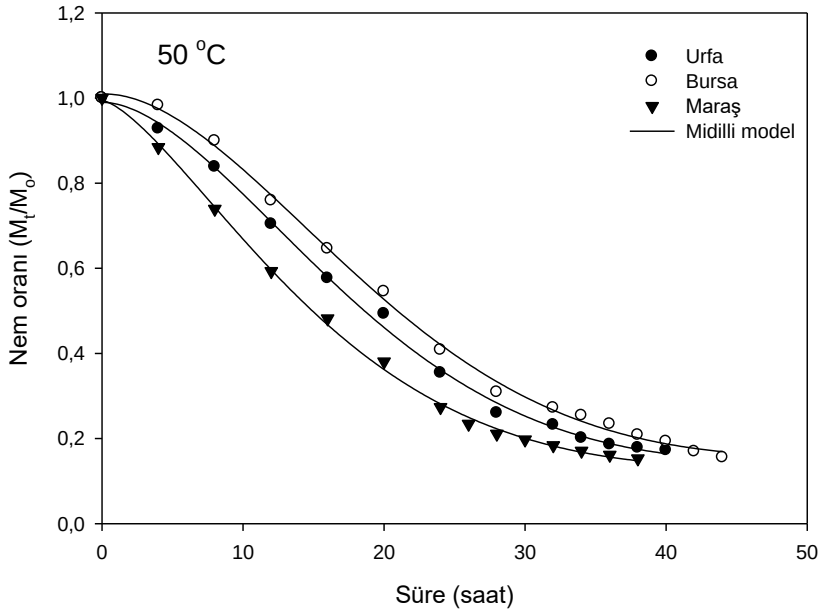
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Kurutma hızı ve kinetiği

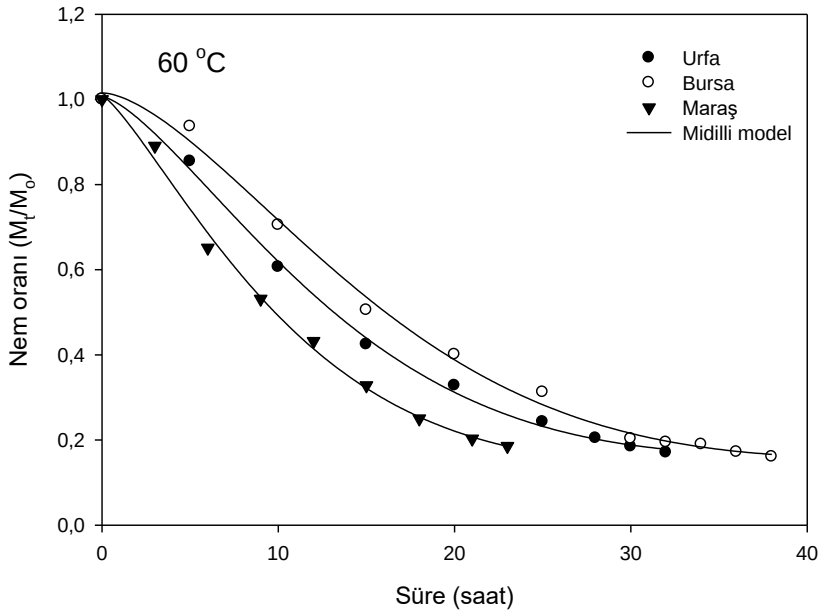
Kurutma eğrileri Şekil 4.1-4.7 'de gösterilmiştir. Kurutma süresi Urfa biberi için 50°C de 40 saat, 60°C 32 saat, 70°C 17 saat ve 80°C 11 saat sürmüştür. Bursa biberinde 50°C de 44 saat, 60°C 38 saat, 70°C 18 saat ve 80°C 14 saat, Maraş biberinde ise 50°C, 60°C, 70°C ve 80°C de sırasıyla 38 saat, 23 saat, 13 saat ve 8 saat sürmüştür.

Taze kırmızıbiber numunesinin kuru madde miktarı Urfa biberi için % 15.9, nem düzeyi ise % 85.1, Bursa biberi için kuru madde miktarı % 8.8, nem düzeyi ise % 91.2 ve Maraş biberi için kuru madde miktarı % 22.3, nem düzeyi ise % 77.7 olarak belirlenmiştir. Tespit edilen kuru madde miktarı, kurutma işlemlerinde kullanılan kırmızıbiberlere ait nem değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Ayrıca bazı analizlerin sonuçları kuru madde üzerinden değerlendirilmiştir.

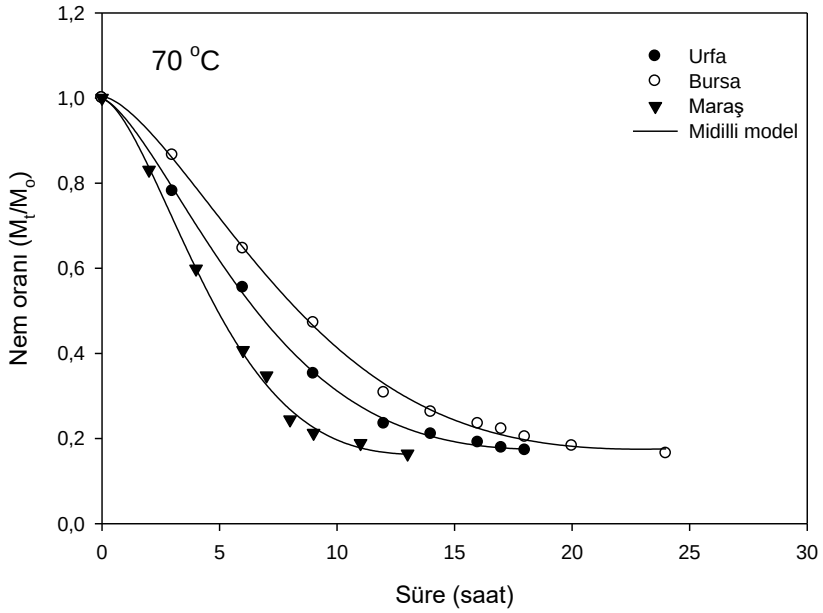
Bütün sıcaklık derecelerinde nem oranı kurutma işleminin başlangıcında hızlı bir şekilde, daha sonra yavaşlayan bir hızla azaldığı belirlenmiştir. Kurutma işleminin birbirini izleyen üç aşamada gerçekleştiği bildirilmektedir (Traffano-Schiffo ve ark., 2014). İndüksiyon aşamasında su akış mekanizmaları birleştirilir; ikinci peryotta hız maksimum değerine ulaşır. Son aşamada ise suyun azalması görüldüğü belirtilmektedir (Traffano-Schiffo ve ark., 2014; Toujani ve ark., 2013).



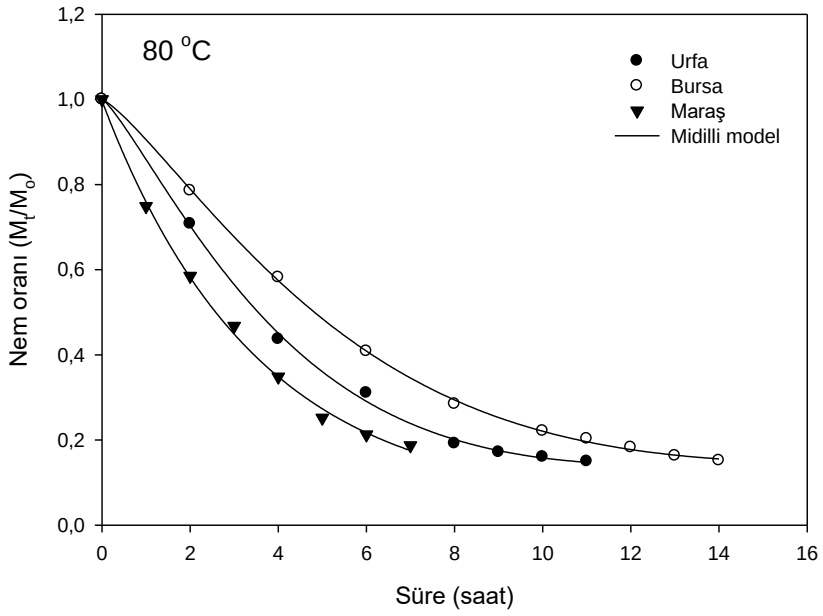
Şekil 4. 1.50 °C de 3 farklı çeşit biberin nem oranı süre ilişkisi



Şekil 4. 2.60 °C de 3 farklı çeşit biberin nem oranı süre ilişkisi



Şekil 4. 3.70 ºC de 3 farklı çeşit biberin nem oranı süre ilişkisi



Şekil 4. 4.80 ºC de 3 farklı çeşit biberin nem oranı süre ilişkisi

Biberlerin kurutulmasında 2 ana faktör karşılaştırılmıştır. Kullanılan 3 ayrı çeşit (Urfa, Bursa ve Maraş) biberin kurutma üzerine etkisi ve kurutmanın yapıldığı 4 ayrı sıcaklık (50-60-70 ve 80 ºC) faktörleri kurutma hızı için kıyaslanmış ve elde edilen sonuclar en uygun kinetik modele uygulanmıştır.

Örneklerin dört farklı sıcaklık ortamında kurutulması sırasında elde edilen nem oranı değerlerinin kuruma zamanı ile değişimini içeren deneysel veriler, doğrusal olmayan regresyon analizi ile on ayrı ince tabaka kuruma modellerine uygulanmıştır Regresyon katsayıları (R^2), khikare ($\chi 2$) ve tahminin standart hatası (RMSE) değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Bir denklemin uygunluğu tespitinde yüksek R^2, düşük $\chi 2$ ve RMSE değerlerine bakılır (Sarsavadia vd., 1999).

Midilli ve ark. modelinin diğer 9 modele göre en iyi uyumu gösterdiği tespit edilmiştir. Regresyon katsayısı, ürünlerin kurutma eğrilerini tanımlayan en iyi denklemi seçmek için ana kriter olarak seçilmiştir. Tahminin standart hatası (RMSE), model ile elde edilen tahmini değerler ile deneysel değerler arasındaki sapmayı göstermektedir. Ayrıca khikare ($\chi 2$) değerinin azalması ile uyumun arttığı belirtilmektedir (Mengeş ve Ertekin, 2007)

Çizelge 4. 1. Kuruma modelleri ortalama değerleri

Model	R^2	RMSE	X^2
Lewiss	0,9808	0,0373	0,00182
Page	0,9935	0,0243	0,00080
Aghbashlo et al	0,9895	0,0303	0,00128
Logarithmic	0,9900	0,0292	0,00135
Tow- term exp	0,9940	0,0228	0,00071
Demir et al.	0,9983	0,0152	0,00047
Wang and Singh	0,9914	0,0268	0,00109
Midilli et al.	**0,9982**	**0,0132**	**0,00035**
M .Midilli et al.	0,9982	0,0153	0,00040
Weibull	0,9935	0,0243	0,00080

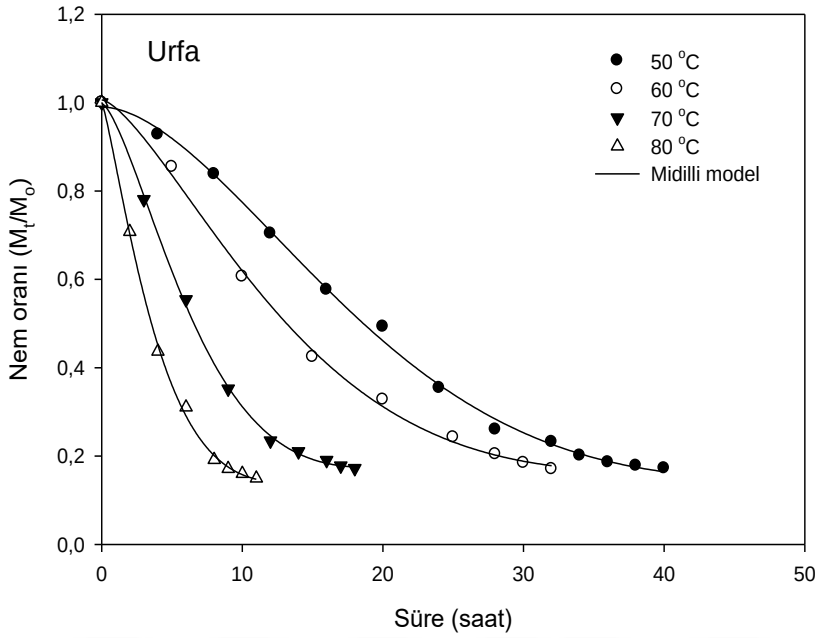
Çizelge 4.2.Farklı çeşit ve sıcaklıkların kurutma sırasındaki Midilli ve ark. modellemesindeki parametreleri

çeşit	ºC	a	b	n	k (dk^{-1})	R^2	RMSE	X^2
Urfa	50	0,99	0,00260	1,66	0,0061	0,9981	0,0322	0,00150
	60	1,01	0,00357	1,39	0,0220	0,9984	0,0117	0,00025
	70	1,00	0,00775	1,42	0,0557	0,9993	0,0075	0,00010
	80	1,00	0,00891	1,22	0,1632	0,9989	0,0096	0,00018
Bursa	50	1,01	0,0027	1,75	0,0041	0,9983	0,0124	0,00021
	60	1,02	0,0031	1,53	0,0116	0,9962	0,0185	0,00054
	70	1,00	0,0062	1,47	0,0359	0,9986	0,0104	0,00017
	80	1,00	0,0072	1,25	0,1066	0,9997	0,0050	0,00004
Maraş	50	0,99	0,0024	1,41	0,0168	0,9989	0,0093	0,00012
	60	1,01	0,0035	1,26	0,0434	0,9961	0,0175	0,00055
	70	1,00	0,0103	1,53	0,0691	0,9980	0,0127	0,00029
	80	1,00	0,0040	0,99	0,2780	0,9981	0,0117	0,00027

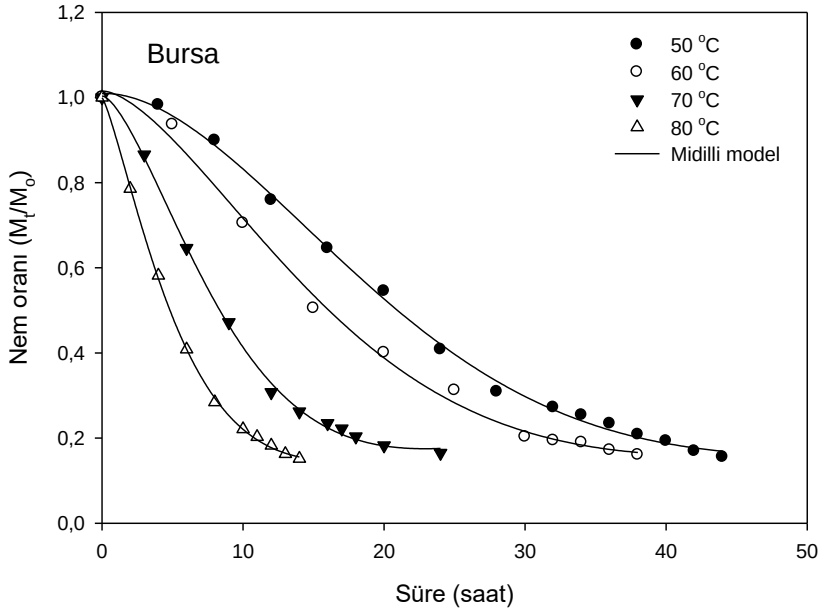
Midilli ve ark. modelinde örneklerin parametreleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Farklı çeşit ve sıcaklıkların etüvde kurutma sırasındaki sıcaklık 50'den 80 ºC'ye arttığında Urfa biberinin k değeri de 0.061 dk^{-1}'den 0.1632 dk^{-1}'e , Bursa biberinin k değeri de 0.0041 dk^{-1}'den 0.1066 dk^{-1}'e ve Maraş biberinde ise 0.0168 dk^{-1}'den 0.2780 dk^{-1}'e yükseldiği ve bu artış istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Karaaslan ve Tunçer (2009) tarafından yapılan bir çalışmada kırmızıbiberlerin sıcak hava ile kurutma denemeleri 100, 180, 230 ºC'de yapılmıştır. Elde edilen verilerden yararlanılarak, ürünlerin kuruma süresinin belirli bir anındaki nem içeriğini belirlemek amacıyla 11 matematiksel model kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tüm ürünlerde Midilli ve ark. modelinin ürünlerin kuruma davranışını diğerlerinden daha iyi açıkladığı belirlenmiştir.

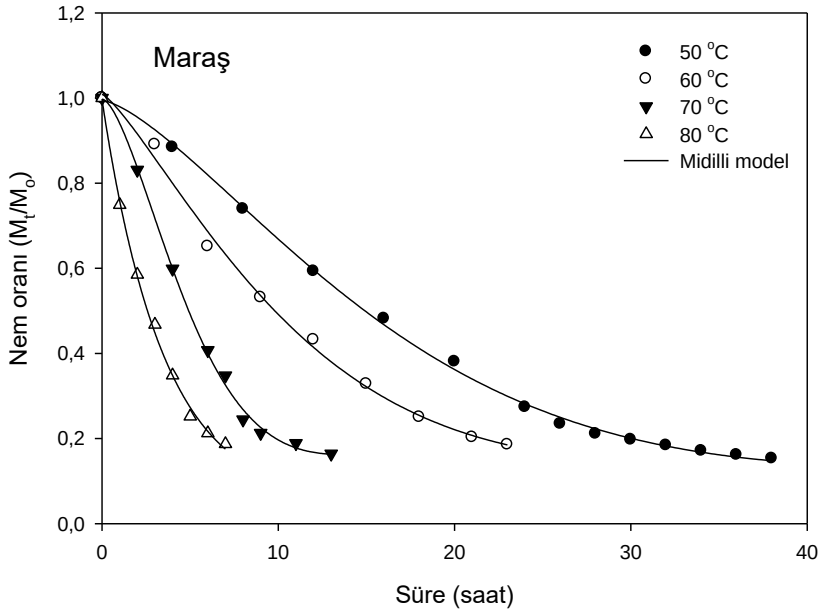
Tüm biber çeşitlerinde en hızlı kurumanın 80 ºC'de olduğu tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık derecesinin örneğin içeriğindeki su miktarını daha erken uçurduğu ve kuruma hızını arttırdığı düşünülmektedir.



Şekil 4. 5.Urfa biberinin 4 farklı sıcaklıkta nem oranı süre ilişkisi



Şekil 4. 6.Bursa biberinin 4 farklı sıcaklıkta nem oranı süre ilişkisi



Şekil 4. 7.Maraş biberinin 4 farklı sıcaklıkta nem oranı süre ilişkisi

En yüksek k değeri Maraş biberinde 80 ºC sıcaklıkta, en düşük k değeri ise Bursa biberinde 50 ºC sıcaklıkta kurutulmuş olanlarda görülmektedir. Bu fark istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

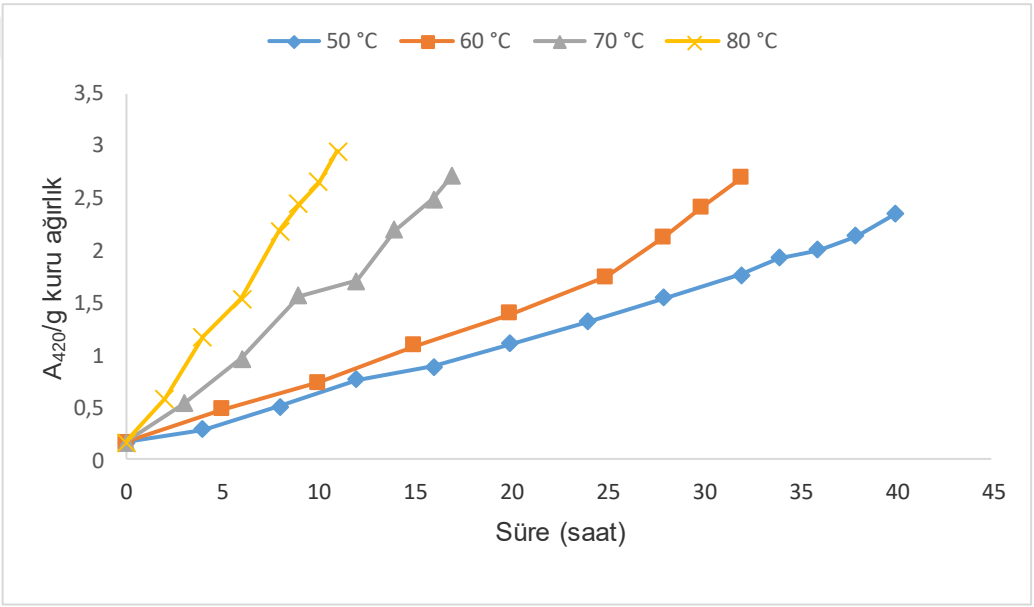
Tüm sıcaklıklarda biberlerin en hızlı kuruma karakteristiği gösteren Maraş biberi olmuştur. Bu noktada biberin daha ince olan et yapısı ve küçük boyutu etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, başlangıçtaki kuru madde miktarının en fazla Maraş biberinde olmasının da hızlı kurutmada etkili olduğu tahmin edilmektedir. Maraş biberinden sonra Urfa daha hızlı kuruma özelliği gösterirken kuruma hızının en düşük olduğu biber Bursa biberi olmuştur.

Matematiksel modelleme tarım ürünlerinin kurutulmasının analizinde etkili ve geniş olarak kullanılmaktadır. Etkili inceleme için kuruma davranışlarının yeterli bir şekilde yapılması çok önemlidir. Aktivasyon enerjisi Urfa, Bursa ve Maraş biberlerinde sırasıyla 102.43 kj/mol, 103.61 kj/mol ve 83.93 kj/mol olarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda en hızlı kurumanın Maraş biberinde olduğu saptanmıştır.

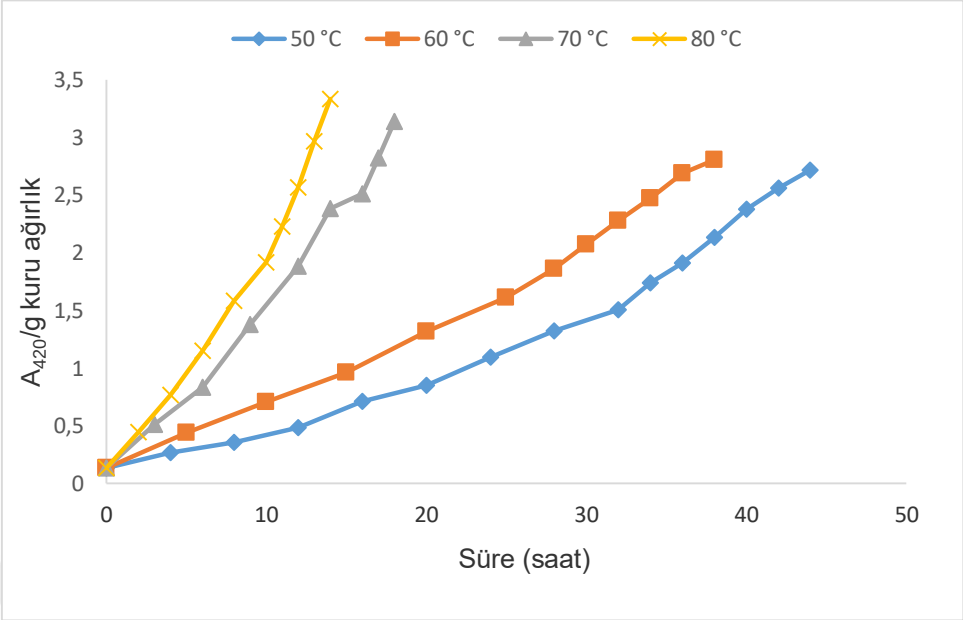
Elde edilen aktivasyon enerjisi değerleri literatürde yer alan 12.7-110 kJ/mol (Zogzas ve ark., 1986) aralığındadır. Aktivasyon enerji değerlerindeki farklılıklar; biber türlerinden, ve uygulanan kurutma sıcaklıklarından ileri gelmektedir.

4.2.Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi

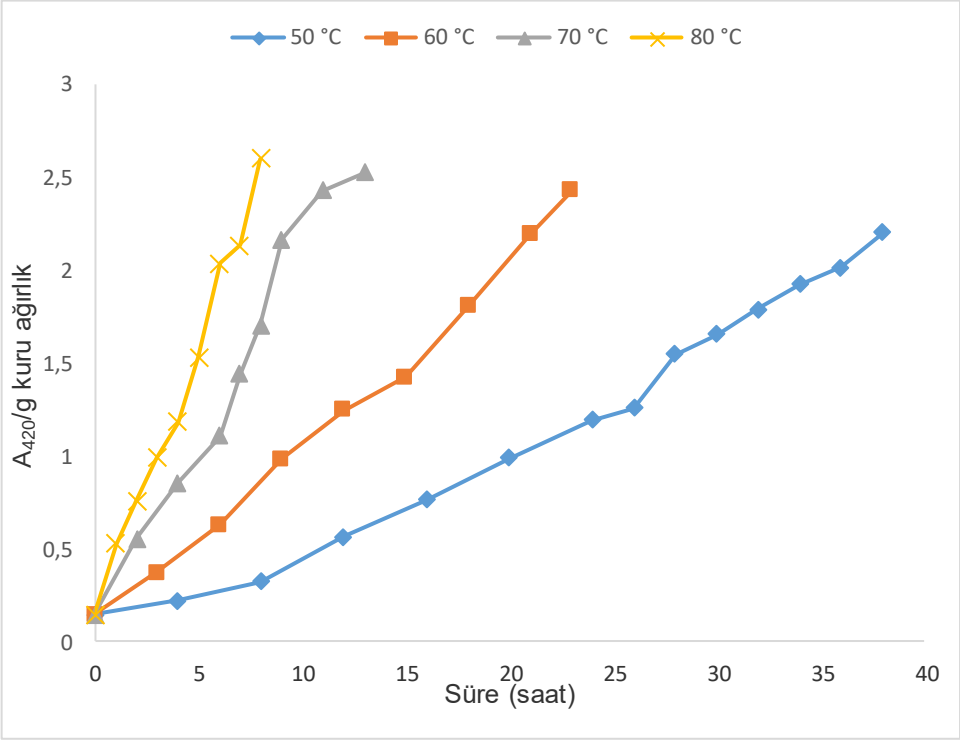
Urfa, Bursa ve Maraş biberlerinin kurutma sırasında zamana göre esmerleşme indeksinde meydana gelen değişimler Şekil 4.8.-4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 8.Urfa biberinin 4 farklı sıcaklıkta enzimatik olmayan esmerleşme değişimi



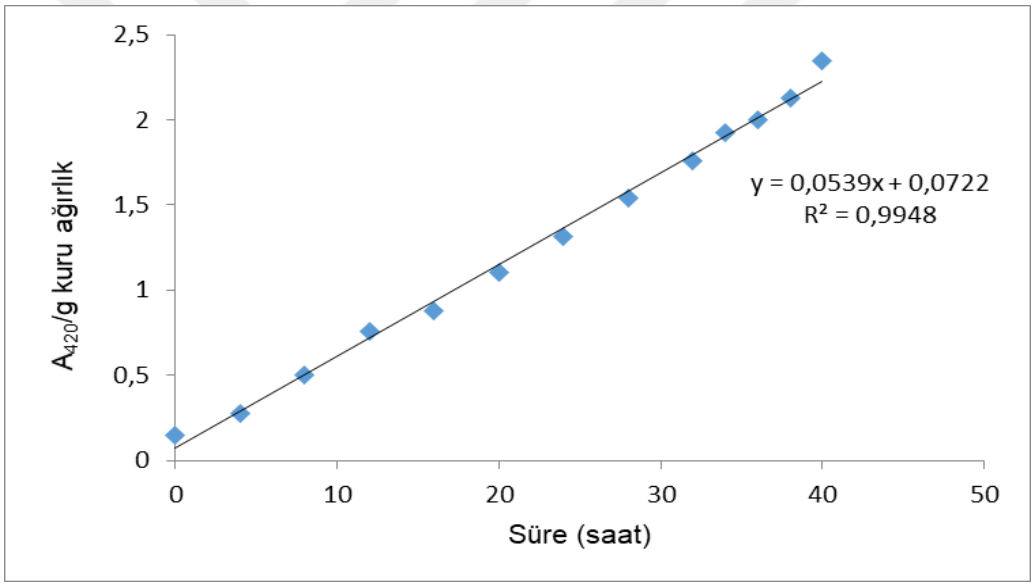
Şekil 4. 9.Bursa biberinin 4 farklı sıcaklıkta enzimatik olmayan esmerleşme değişimi



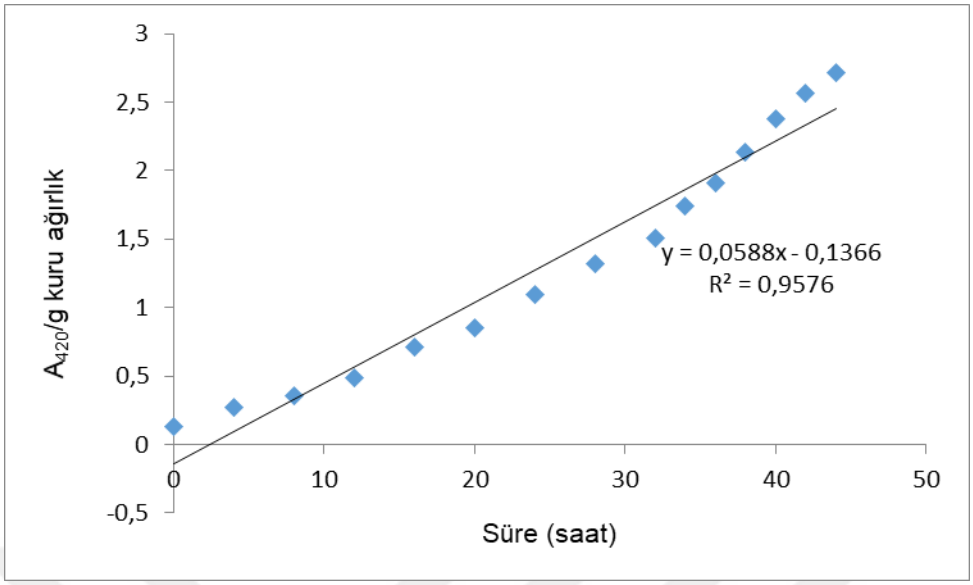
Şekil 4. 10.Maraş biberinin 4 farklı sıcaklıkta enzimatik olmayan esmerleşme değişimi

Şekillerde görüldüğü gibi enzimatik olmayan esmerleşme değeri zamana göre doğrusal olarak değişmiştir. Bu durum bize enzimatik olmayan esmerleşmenin sıfırıncı dereceden (n=0) kinetik modele uyduğunu göstermektedir.

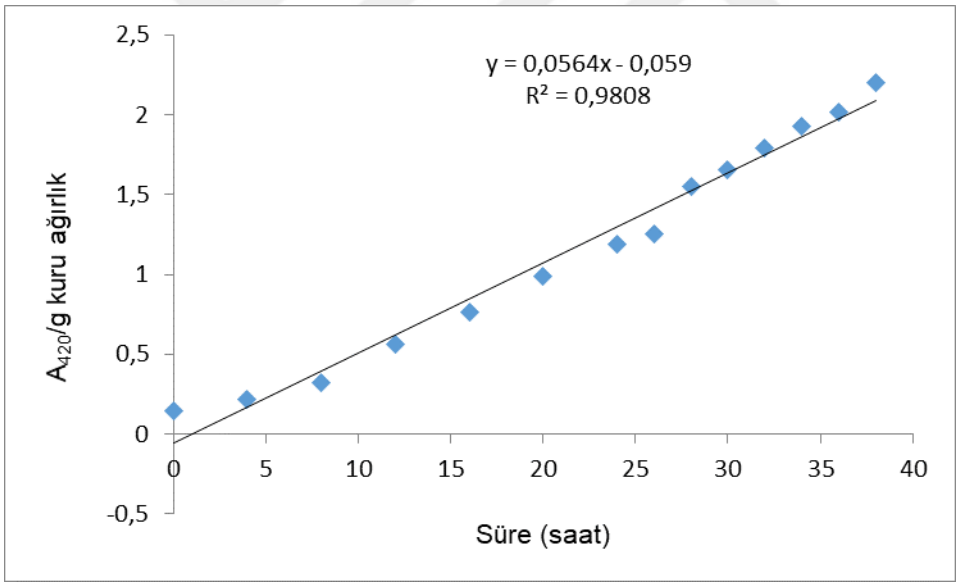
Urfa , Bursa ve Maraş biberlerinin 50, 60, 70 ve 80 ºC'de kurutma sırasında k değerinin hesaplanmasına ilişkin grafikler Şekil 4.11 - 4.22'de gösterilmiştir. Grafik yardımıyla hesaplanan k değerleri ise Çizelge 4.4'de verilmiştir. Rekasiyon kinetiğinde k değeri reaksiyonun hızı konusunda bilgi elde etmeyi sağlamaktadır. Bütün biber çeşitlerinde sıcaklık arttıkça k değerinin arttığı saptanmıştır. k değerinin sıcaklığa doğrudan bağlı olduğu ve sıcaklık yükseldikçe arttığı bildirilmektedir (Mengeş ve Ertekin, 2007).



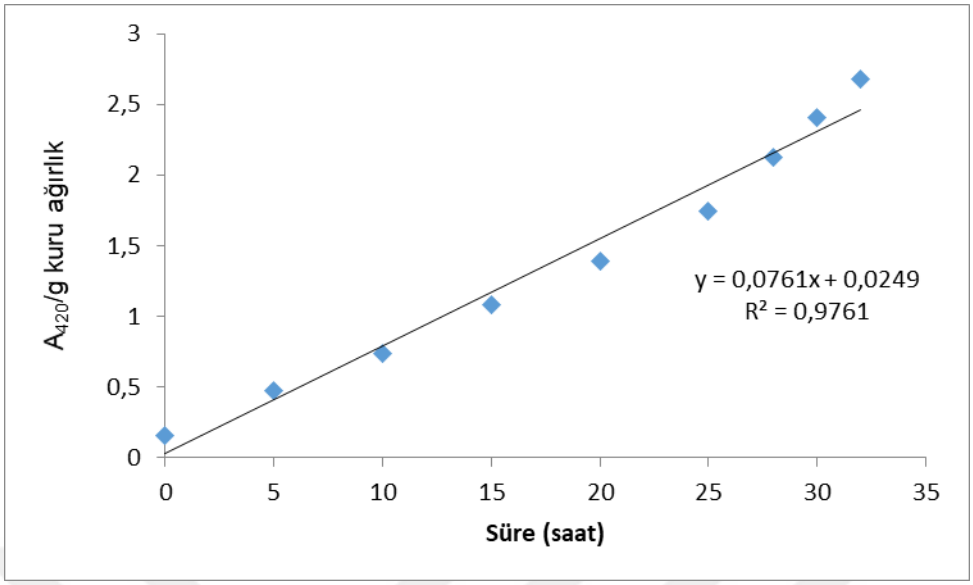
Şekil 4. 11.Urfa biberinin 50 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



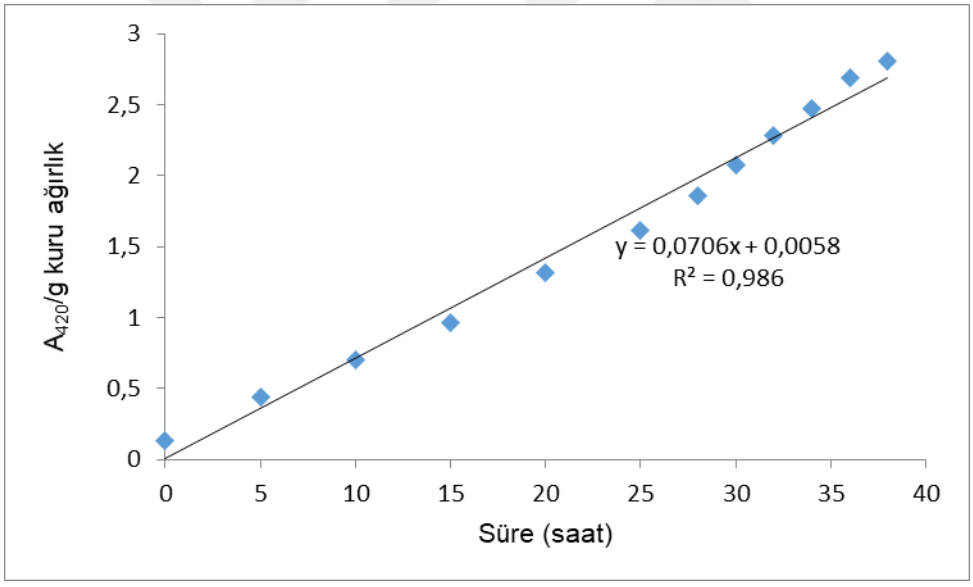
Şekil 4. 12.Bursa biberinin 50 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



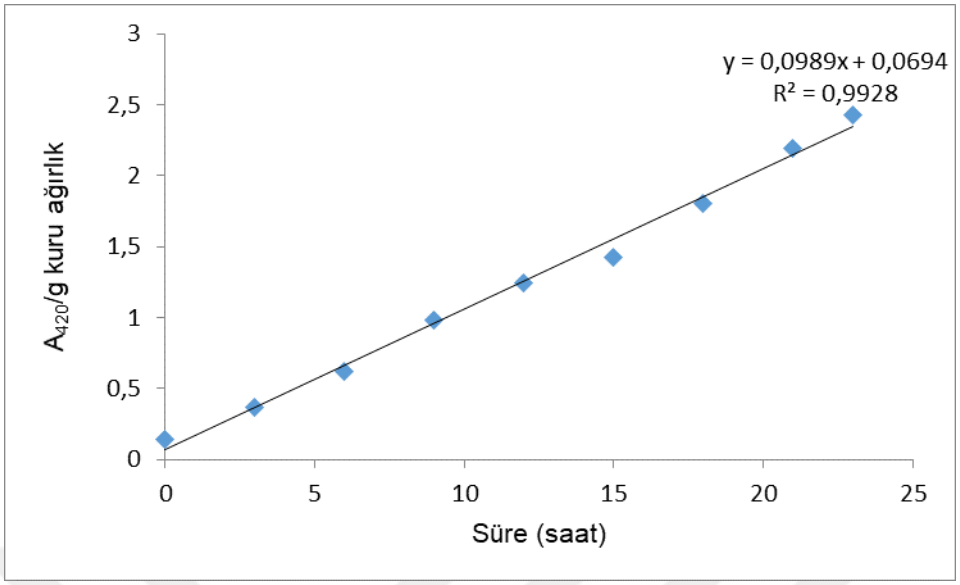
Şekil 4. 13.Maraş biberinin 50 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrsi



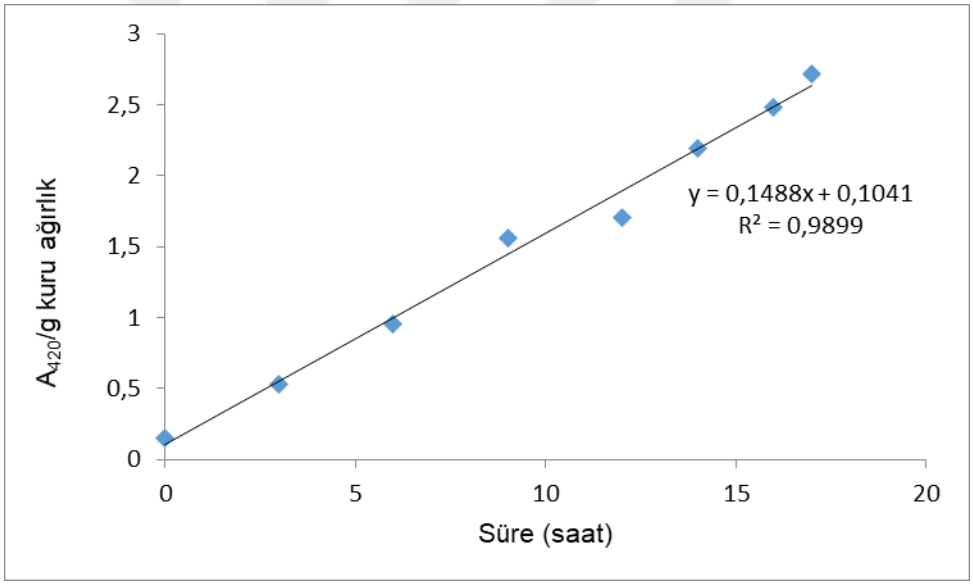
Şekil 4. 14.Urfa biberinin 60 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



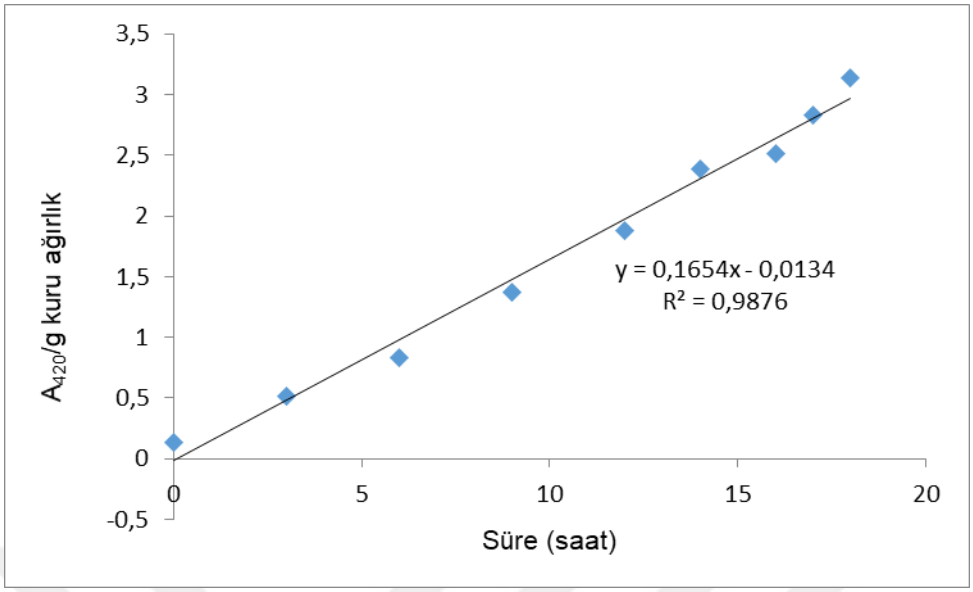
Şekil 4. 15.Bursa biberinin 60 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



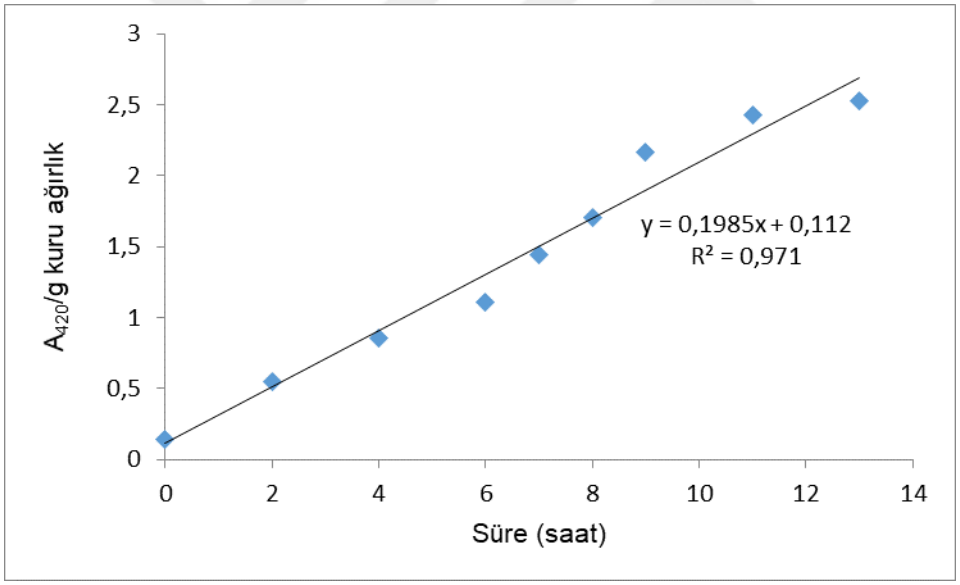
Şekil 4. 16.Maraş biberinin 60 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



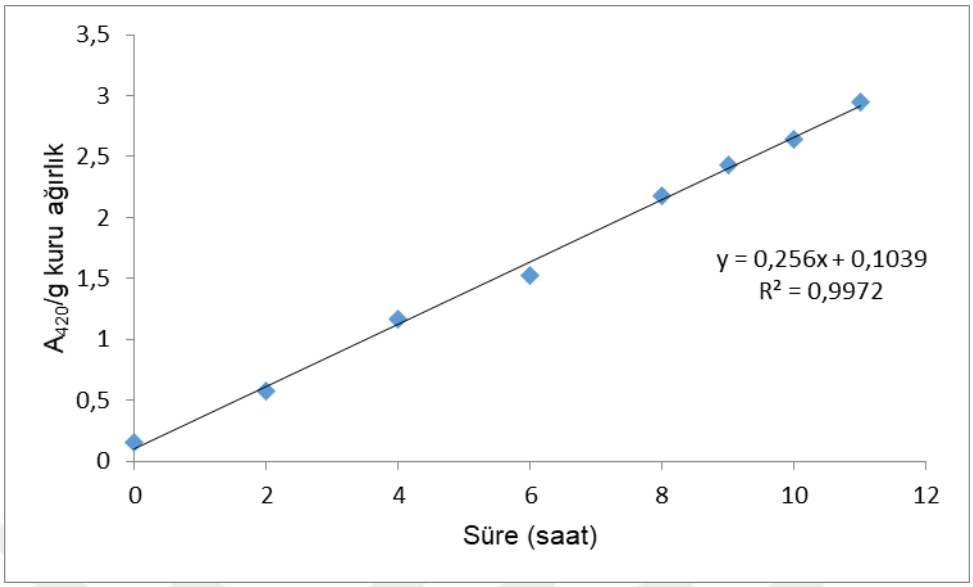
Şekil 4. 17.Urfa biberinin 70 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



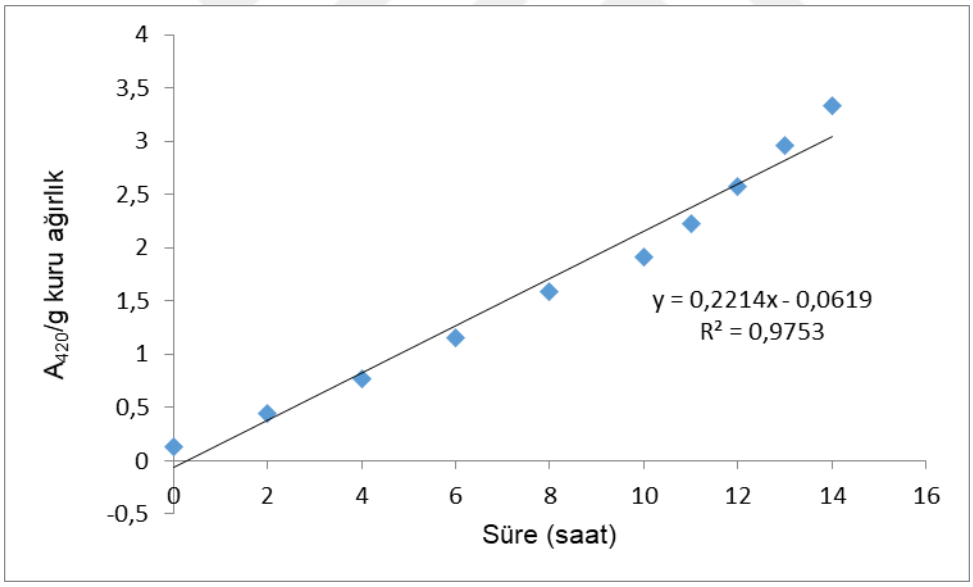
Şekil 4. 18.Bursa biberinin 70 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



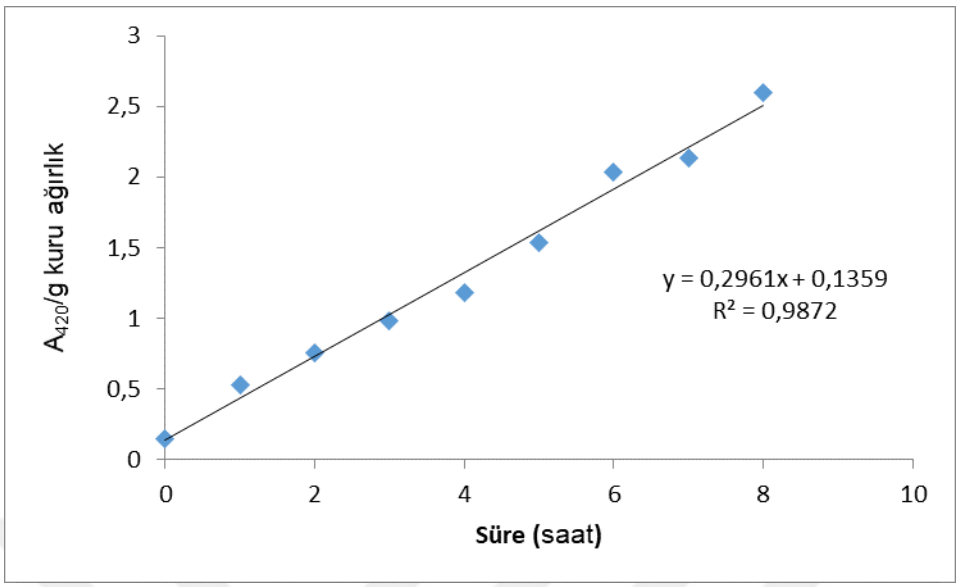
Şekil 4.19.Maraş biberinin 70 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



Şekil 4. 20.Urfa biberinin 80 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



Şekil 4. 21.Bursa biberinin 80 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi



Şekil 4. 22.Maraş biberinin 80 ºC'de enzimatik olmayan esmerleşme eğrisi

Çizelge 4. 3. Biberlerin enzimatik olmayan esmerleşme k değerleri

Sıcaklık	Urfa	Bursa	Maraş
50	0.0539±0.01^{aA}	0.0588±0.03^{aA}	0.0564±0.01^{aA}
60	0.0761±0.01^{bA}	0.0706±0.01^{bA}	0.0989±0.01^{bB}
70	0.1488cA±0.01^{cA}	0.1654±0.02^{cB}	0.1985±0.03^{cC}
80	0.256dA±0.02^{dA}	0.2214±0.01^{dB}	0.2961±0.04^{dC}

Aynı sutünda farklı küçük harfler, aynı satırdaki farklı büyük harfler istatistiksel olarak birbirinden ayrıdır ($p \leq 0.05$).

Urfa, Bursa ve Maraş biberlerinin enzimatik olmayan esmerleşme değerine ait k değerlerinin (Çizelge 4.3.) 50 ºC'de aynı olduğu belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). 60 ºC de Urfa ve Bursa biberlerinin k değerlerinin aynı, Maraş biberinin ise diğer iki örnekten yüksek olduğu bulunmuştur ($p \leq .0.05$). 70 ve 80 ºC'lerde k değerinin biber çeşitlerinde farklı olduğu, en yüksek değerin Maraş, en düşük ise Urfa biberlerinde olduğu saptanmıştır ($p \leq 0.05$).

Biberlerin enzimatik olmayan esmerleşmede hesaplanan aktivasyon enerjisi yani reaksiyonun etkinleşme enerjisi Urfa biberi için, 134.30 kj/mol, Bursa için 140.9 kj/mol ve Maraşta ise 127.6 kj/mol olarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda en hızlı esmerleşmenin Maraş biberinde olduğu saptanmıştır.

Biberlerin enzimatik olmayan esmerleşme için hesaplanan Q_{10} değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Reaksiyon hızı üzerine sıcaklığın faktörlerinden biri olan Q_{10} değeri için 50 - 60 ^{o}C'de en yüksek Maraş biberinde daha sonra sırasıyla Urfa ve Bursa biberlerinde belirlenmiştir. 60 - 70 ^{o}C de en yüksek Bursa biberinde olurken Maraş ve Urfanın aynı olduğu tespit edilmiştir. Biberlerin 70 - 80 ^{o}C de en yüksek Urfa en düşük ise Bursa olduğu saptanmıştır ($p \leq 0.05$).

Urfa biberinin Q_{10} değeri en yüksek 60 - 70 ^{o}C de en düşükte 50 - 60 ^{o}C de belirlenmiştir. Bursa ve Maraş biberinin en yüksek değeri 60 - 70 ^{o}C de tespit edilmiştir. Maraş biberi en düşük 70 - 80 ^{o}C de olurken Bursa biberinde 50 - 60 ^{o}C de saptanmıştır ($p \leq .0.05$).

Rhim ve Hong (2011), kırmızıbiberde meydana gelen esmerleşmeyi renk değişimi olarak adlandırmış, kurutma sürecinden, sıcaklık ve su aktivitesi içeriğinden etkilenebileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4. 4.Biberlerin enzimatik olmayan esmerleşme Q_{10} değerleri

Sıcaklık	Urfa	Bursa	Maraş
50-60	1.41 ± 0.72^{bA}	1.20 ± 0.42^{aA}	1.75 ± 0.32^{cB}
60-70	1.95 ± 0.19^{aC}	2.34 ± 0.71^{cC}	2.01 ± 0.61^{bC}
70-80	1.72 ± 0.26^{cB}	1.34 ± 0.25^{aB}	1.49 ± 0.48^{bA}

Aynı sutünda farklı küçük harfler, aynı satırdaki farklı büyük harfler istatistiksel olarak birbirinden ayrıdır ($p \leq 0.05$).

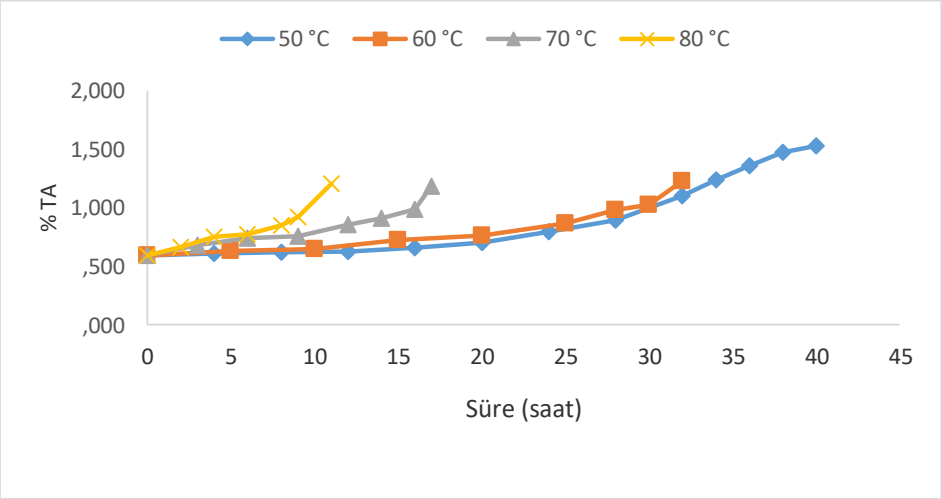
Esmerleşme indeksindeki değişimlerin gıdalarda gerçekleşen Maillard reaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Lee ve ark., 1991'de yaptıkları

çalışmada biber baharatlarında meydana gelen Maillard reaksiyonlarının esmerleşmeyi etkilediğini tespit etmişlerdir.

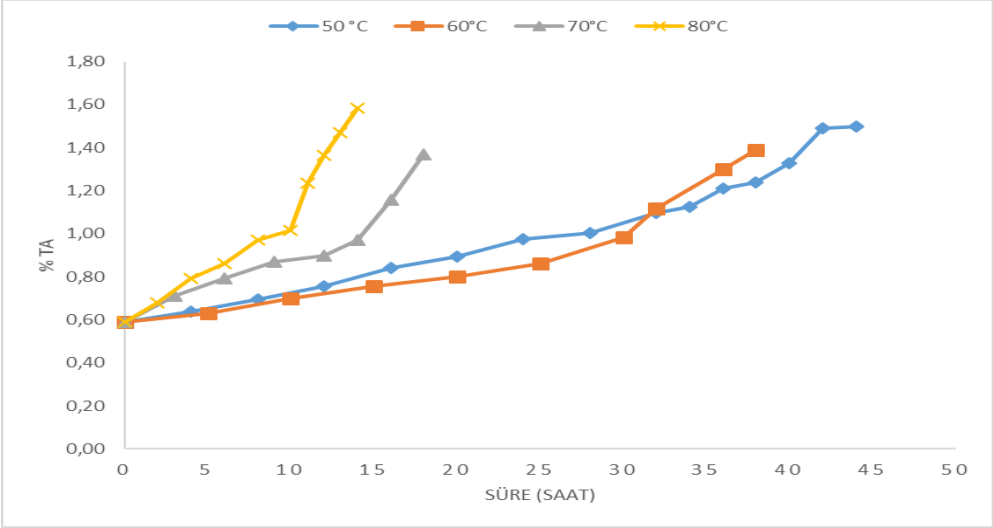
Gupta ve ark. (2002) yapmış oldukları çalışmada, biberde kurutmanın azalan periyodunda gerçekleştiğini ve kurutma kinetiklerinin Page modeline uygun olduğunu göstermiştir. Kurutma sonunda aktivasyon enerjileri hesaplanmış ve haşlanan ürün için 41.95 kJ/mol, akasya sakızı çözeltisine daldırılan ürün için 41.06 kJ/mol bulunmuştur. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla enzimatik olmayan esmerleşmenin artmış olduğunu belirlemişlerdir.

4.3.Toplam titrasyon asitliği

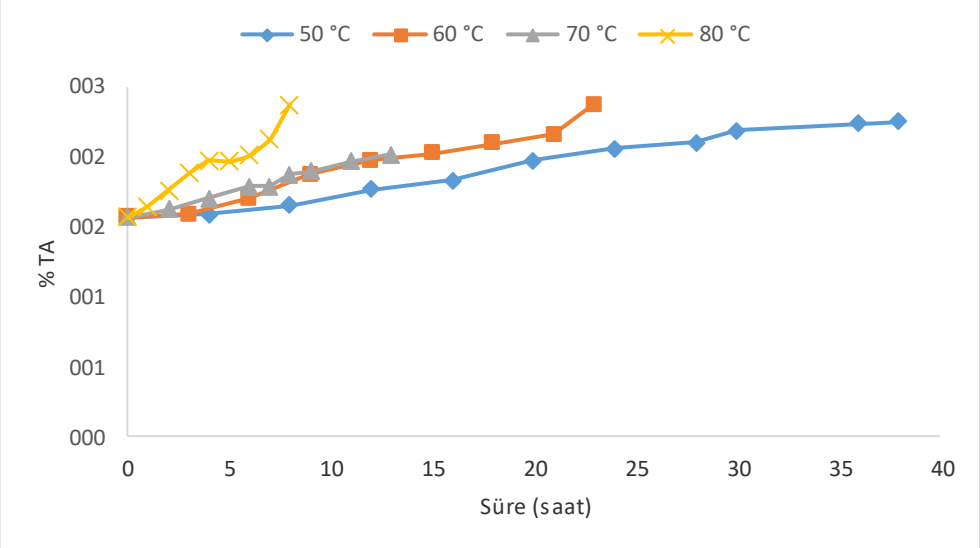
Biber örneklerinin kurutma sırasında zamana bağlı olarak toplam titrasyon asitliğinde meydana gelen değişimler Şekil.4.23.-4.25.' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 23.Urfa biberinin kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi



Şekil 4. 24.Bursa biberinin kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi

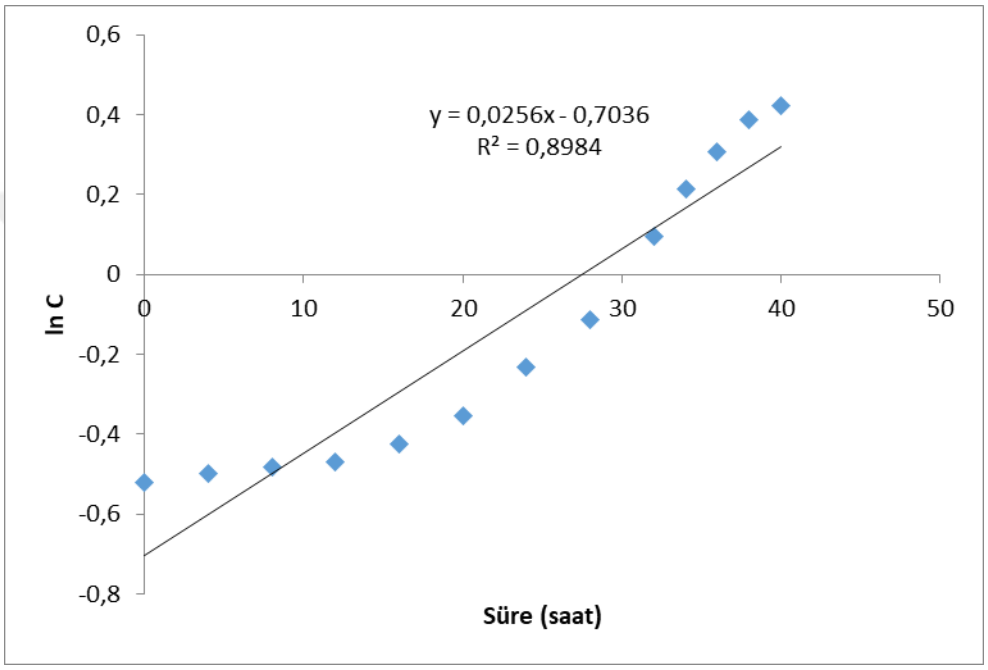


Şekil 4. 25.Maraş biberinin kurutulması sırasında toplam titrasyon asitliği eğrisi

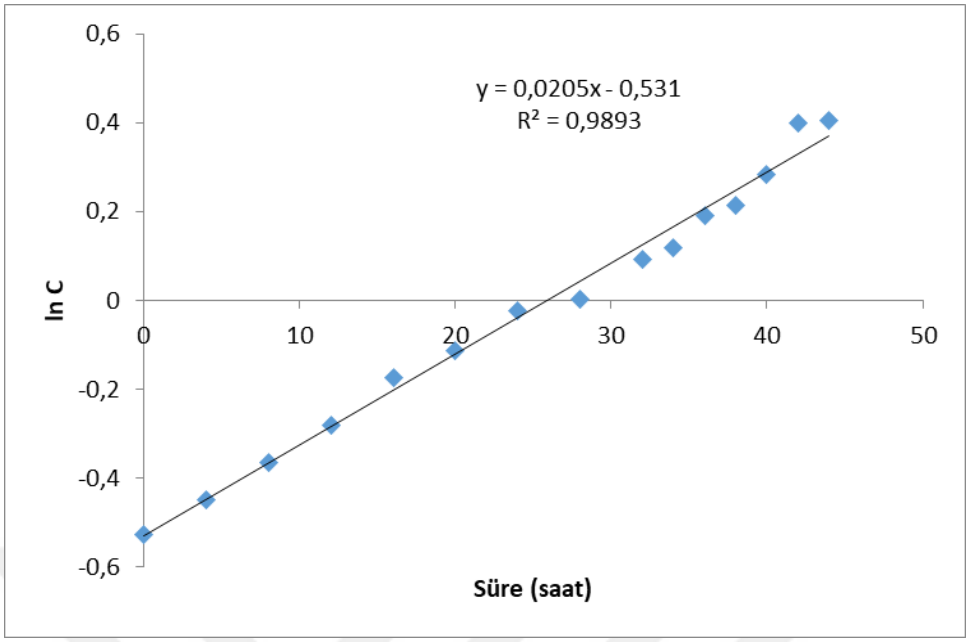
Şekillerde görüldüğü gibi toplam titrasyon asitliği (TTA) değeri zamana göre doğrusal olarak değişmemiştir. Ayrıca, sıfırıncı ve birinci derece olarak uygulandığında R^2 değerlerinin birinci derecede 1'e daha yakın olması nedeniyle titrasyon asitliğinin birinci dereceden (n=1) kinetik modele uyduğu belirlenmiştir.

Biber örneklerin k değerinin hesaplanmasında kullanılan eğriler Şekil 4.26 - 4.37'de gösterilmiştir. Bu eğriler yardımıyla hesaplanan k değerleri Çizelge 4.5. de

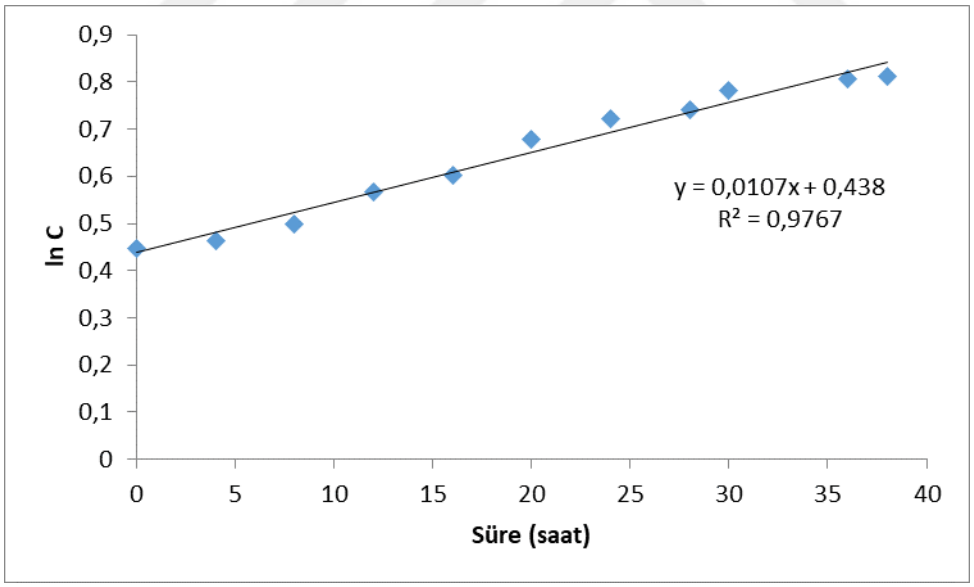
verilmiştir. Urfa ve Bursa biberlerinin k değerlerinde meydana gelen değişimin aynı olduğu belirlenmiştir. Bu biberlerde 50 ve 60 ºC'lerde k değeri aynı iken ($p \geq 0.05$) daha sonra sıcaklık arttıkça k değerinin arttığı saptanmıştır ($p \leq 0.05$). Maraş biberinde k değerinin önce arttığı ($p \leq 0.05$) sonra sabit kaldığı ($p \geq 0.05$), 70-80 ºC aralığında tekrar arttığı tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).



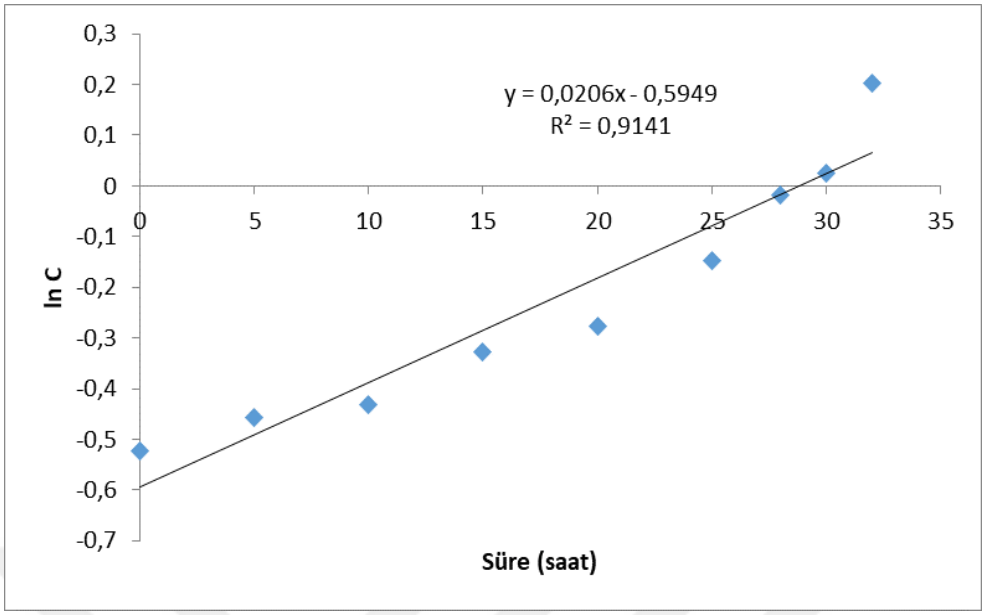
Şekil 4. 26.Urfa biberinin 50 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



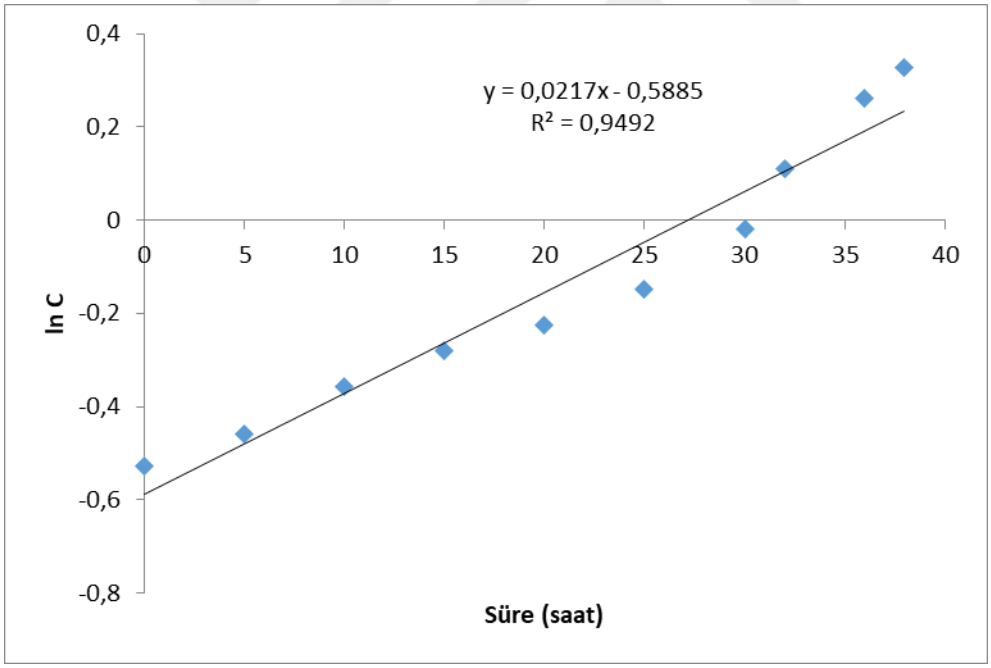
Şekil 4. 27.Bursa biberinin 50 °C de toplam titrasyon asitliği eğrisi



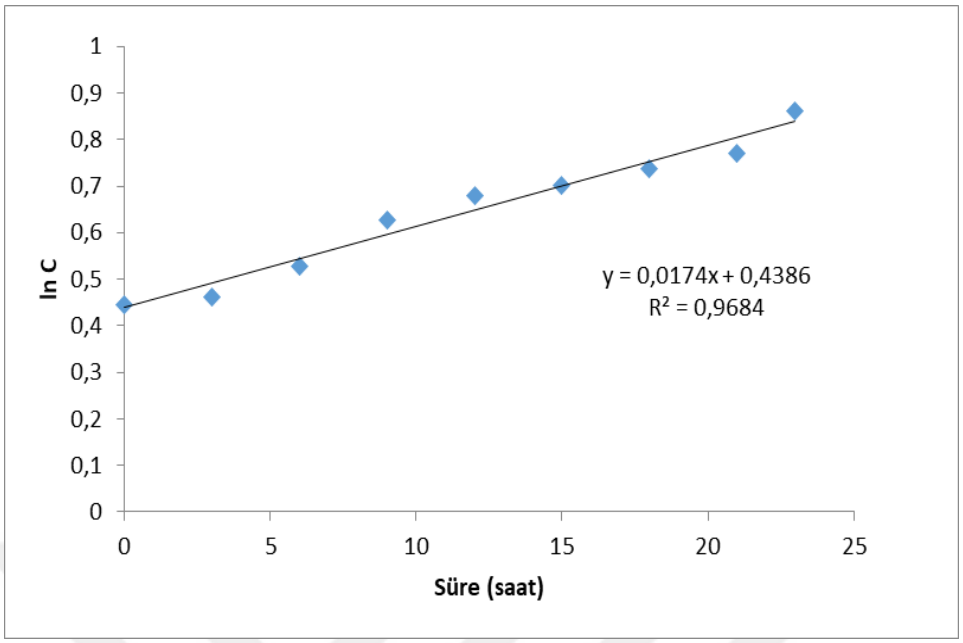
Şekil 4. 28.Maraş biberinin 50 °C de toplam titrasyon asitliği eğrisi



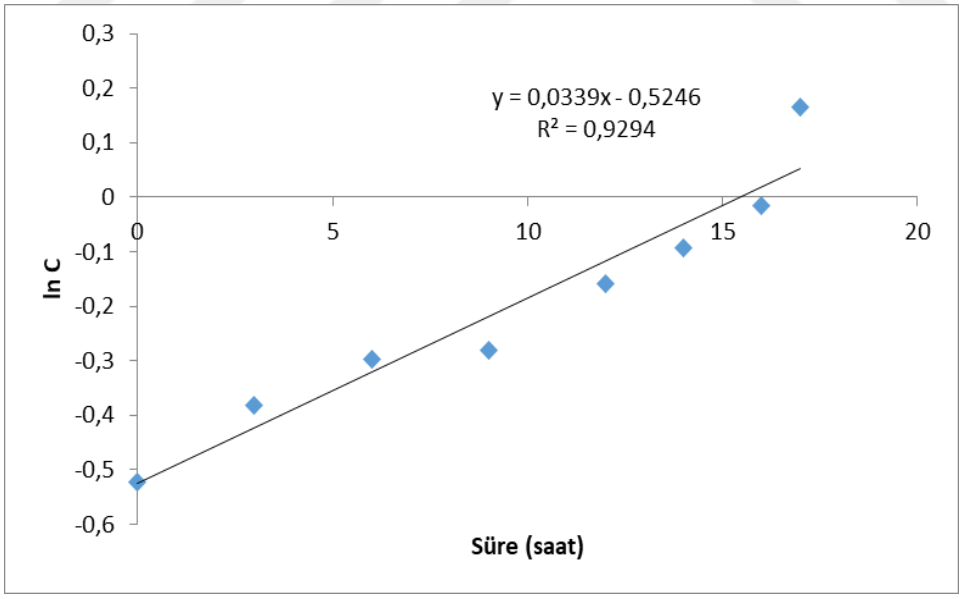
Şekil 4. 29.Urfa biberinin 60 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



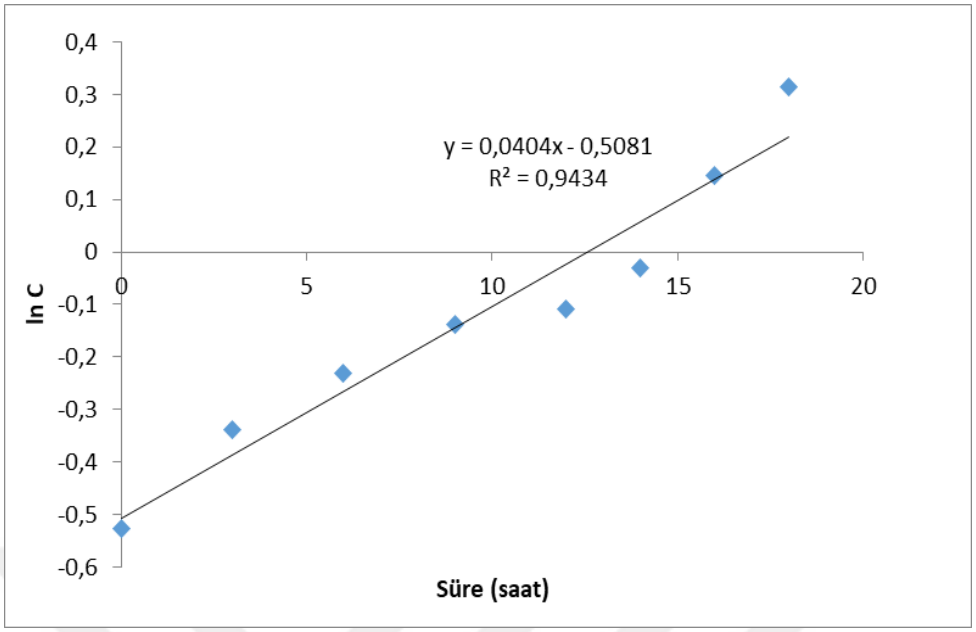
Şekil 4. 30.Bursa biberinin 60 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



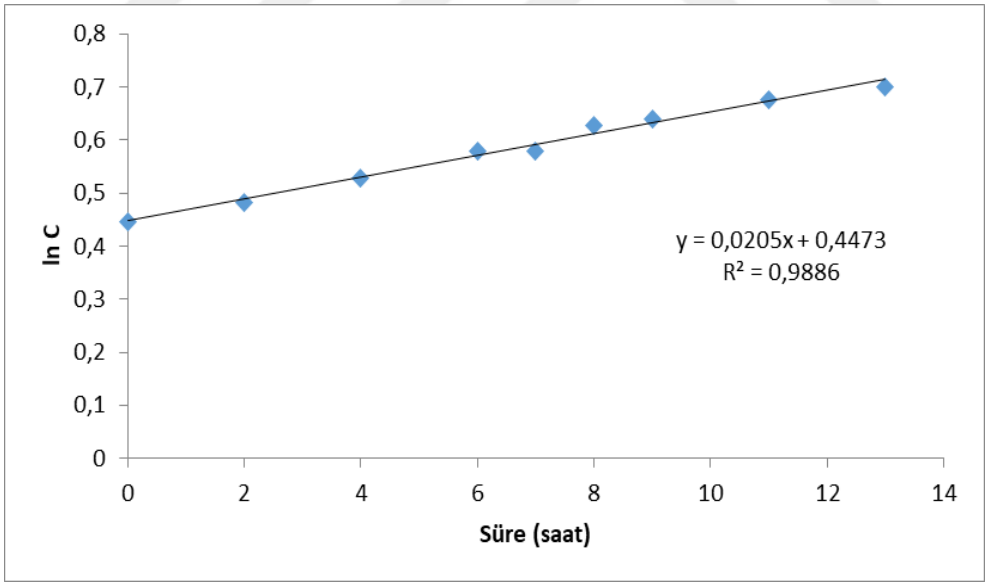
Şekil 4. 31.Maraş biberinin 60 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



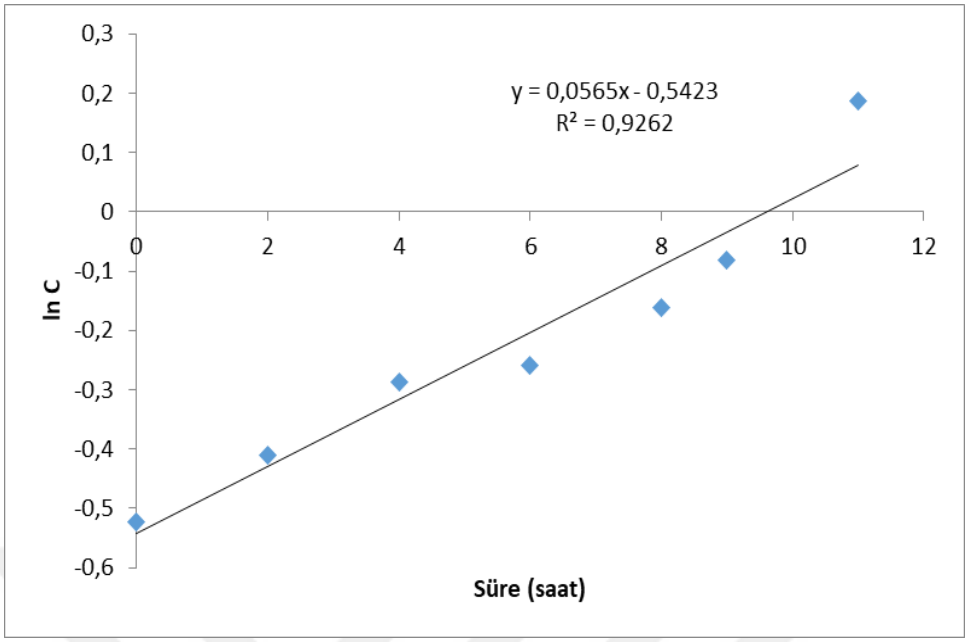
Şekil 4. 32.Urfa biberinin 70 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



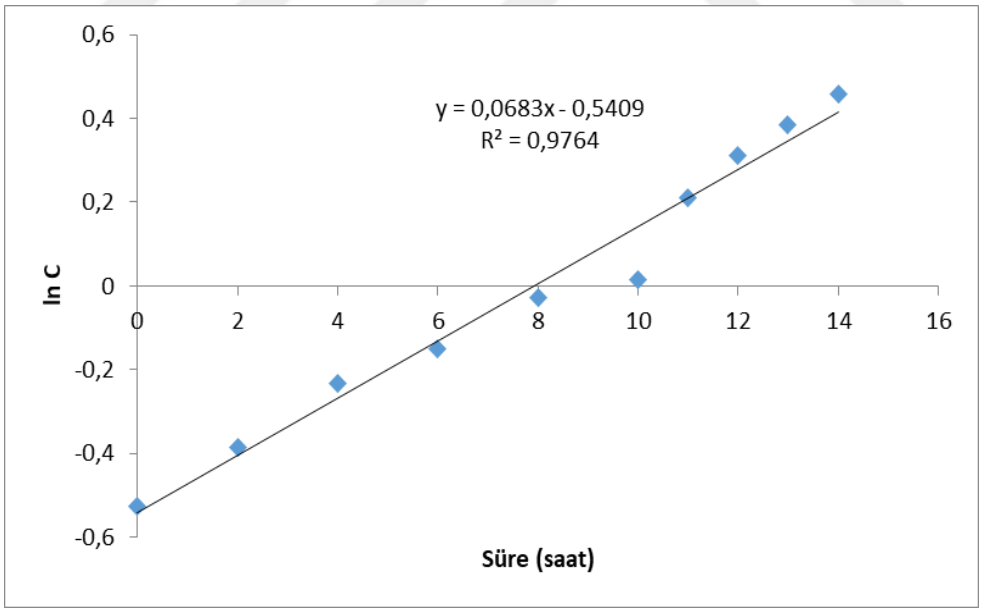
Şekil 4. 33.Bursa biberinin 70 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



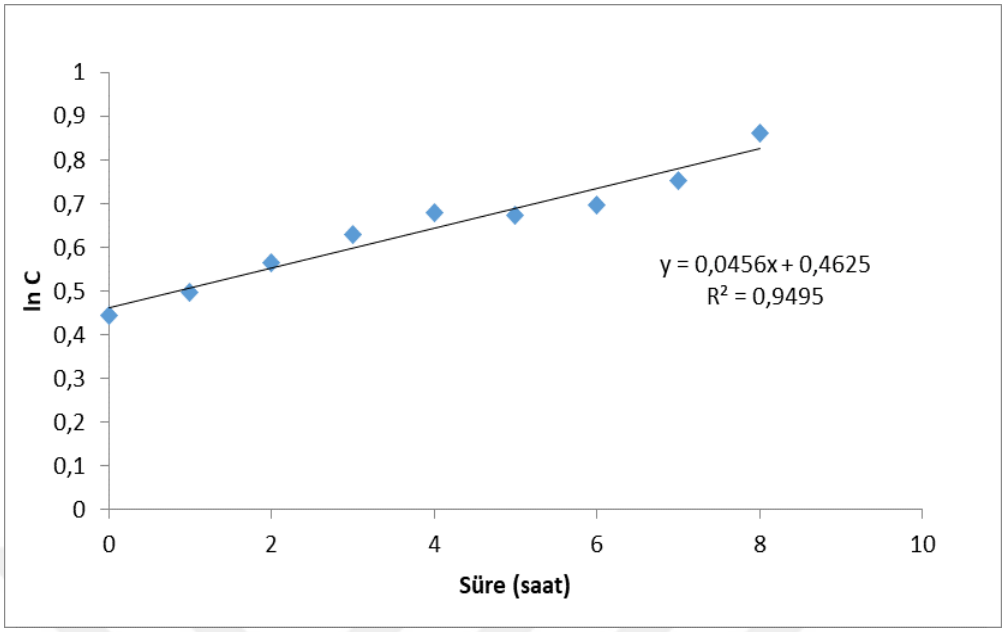
Şekil 4. 34.Maraş biberinin 70 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



Şekil 4. 35.Urfa biberinin 80 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



Şekil 4. 36.Bursa biberinin 80 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi



Şekil 4. 37.Maraş biberinin 80 ºC de toplam titrasyon asitliği eğrisi

Çizelge 4. 5. Biberlerin toplam titrasyon asitliği k değerleri

Sıcaklık	Urfa	Bursa	Maraş
50	0.0256±0.004^{aC}	0.0205±0.003^{aB}	0.0107±0.006^{aA}
60	0.0206±0.007^{aA}	0.0217±0.009^{aA}	0.0174±0.001^{bA}
70	0.0339±0.011^{bB}	0.0404±0.021^{bB}	0.0205±0.001^{bA}
80	0.06565±0.018^{cB}	0.0683±0.027^{cC}	0.0456±0.005^{cA}

Aynı sutünda farklı küçük harfler, aynı satırdaki farklı büyük harfler istatistiksel olarak birbirinden ayrıdır ($p \leq 0.05$).

50 ºC'de en yüksek k değerinin Urfa biberinde daha sonra Bursa ve Maraş biberlerinde olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). 60 ºC'de k değerlerinin aynı olduğu saptanmıştır ($p \geq 0.05$). 70 ºC'de k değerinin en yüksek Urfa ve Bursa biberlerinde aynı olduğu, Maraş biberinde ise bu iki örnekten düşük olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). 80 ºC'de en yüksek k değerinin Bursa biberinde ($p \leq 0.05$), en düşük ise Maraş biberinde olduğu saptanmıştır ($p \leq 0.05$).

Toplam titrasyon asitliği için gerekli olan aktivasyon enerjisi yani reaksiyonun etkinleşme enerjisi Urfa biberi için 180.4 kj/mol, Bursa için 157.6 kj/mol ve Maraşta ise 150.1 kj/mol olarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda reaksiyonun en hızlı Maraş biberinde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Biberlerin titrasyon asitliğindeki Q_{10} değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Reaksiyon hızı üzerine sıcaklığın faktörlerinden biri olan Q_{10} için 50 - 60 ^{o}C aralığında en yüsek değer Maraş biberinde, en düşük değer ise Urfa biberinde tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). 60 - 70 ^{o}C aralığında en yüksek Bursa, en düşük Maraş biberinde olduğu saptanmıştır ($p \leq 0.05$). 70 - 80 ^{o}C aralığında en yüksek Maraşi biberinde olduğu ($p \leq 0.05$) , Urfa ve Bursa biberlerinde aynı olduğu belirlenmiştir ($p \geq 0.05$).

Urfa biberinin en düşük Q_{10} değerinin 50 - 60 ^{o}C'de olduğu, daha sonraki sıcaklık aralıklarında aynı kaldığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). Bursa biberinin en yüksek Q_{10} değerinin 60 - 70 ^{o}C aralığında, en düşük değeri ise 50 - 60 ^{o}C'de saptanmıştır ($p \leq 0.05$). Maraş biberinde en düşük 60 - 70 ^{o}C'de, en yüksek ise 70 - 80 ^{o}C'de olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4. 6. Biberlerin toplam titrasyon asitlği Q_{10} değerleri

Sıcaklık	Urfa	Bursa	Maraş
50-60	0.8061 ± 0.05^{aA}	1.0579 ± 0.65^{aB}	1.6246 ± 0.33^{bC}
60-70	1.6439 ± 0.9^{bB}	1.8644 ± 0.71^{cC}	1.1803 ± 0.68^{aA}
70-80	1.6710 ± 0.23^{bA}	1.6907 ± 0.89^{bA}	2.2275 ± 0.95^{cB}

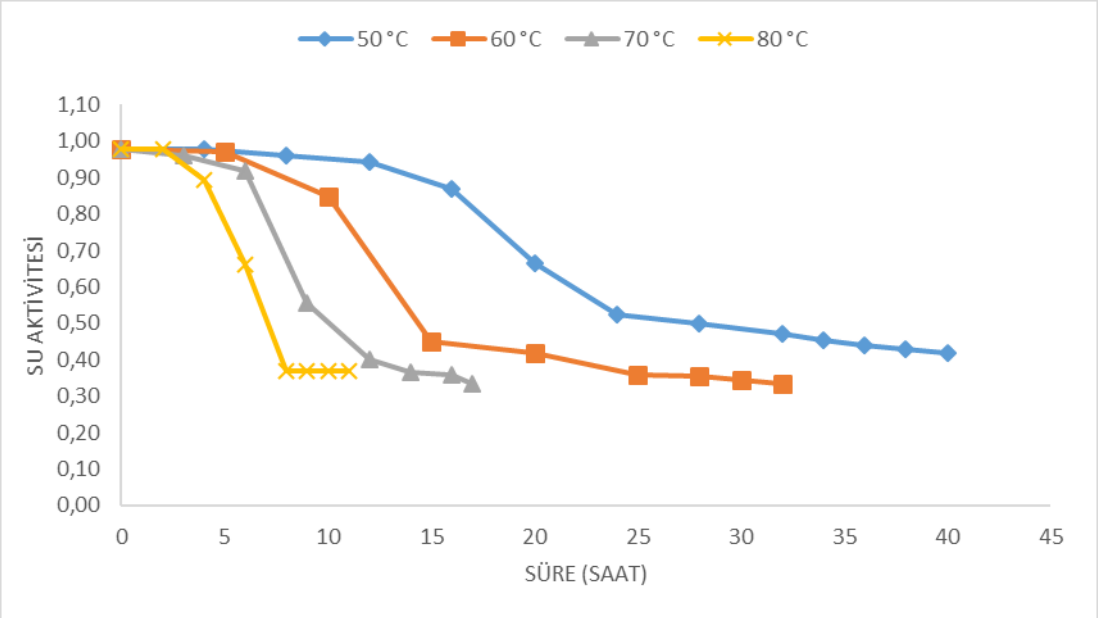
Aynı sutünda farklı küçük harfler, aynı satırdaki farklı büyük harfler istatistiksel olarak birbiirnden ayrıdır ($p \leq 0.05$).

Sharma ve Kaushal (2015), farklı metotla elde ettikleri biber baharatının titre edilebilir asitliğini % 1.52-2.05 olarak tespit etmişlerdir.

4.4. Su aktivitesi değişimi

Biber örneklerinin su aktivitesi değerlerinde kurutma süresince meydana gelen değişimler Şekil 4.38 - 4.40.'da verilmiştir.

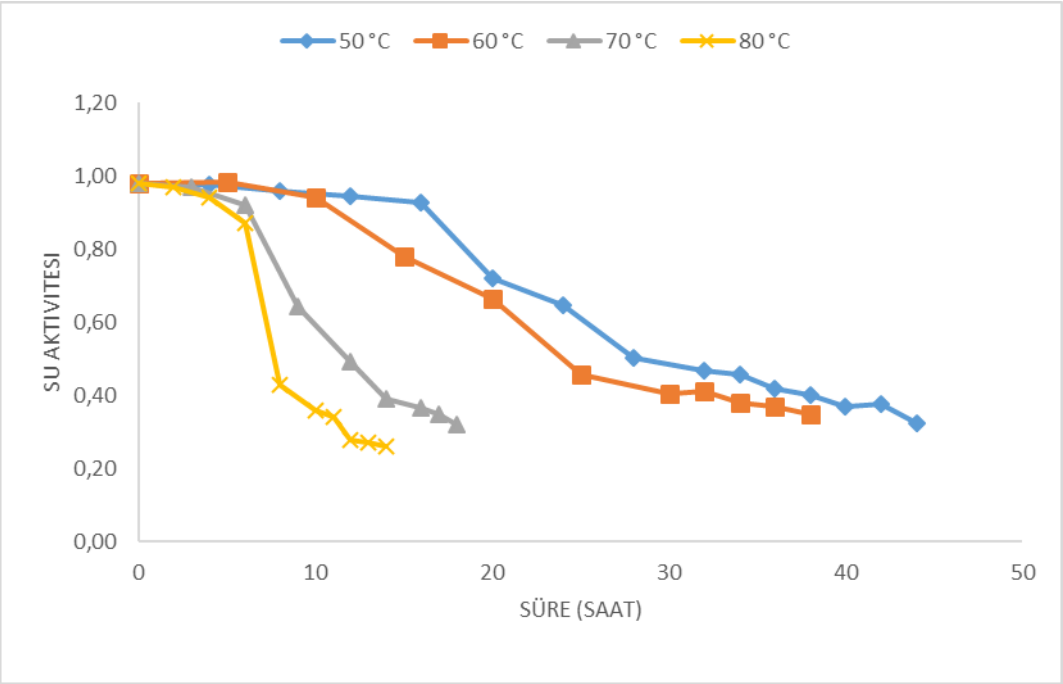
Su aktivitesi içeriğinin besinlerin mikrobiyal gelişim, enzimatik aktivite, pigment bozulmalarından dolayı meydana gelen renk kayıpları açısından önemli bir faktör olduğu belirtilmektedir. Besinlerin mikrobiyal gelişim, enzimatik aktivite, pigment bozulmalarından dolayı meydana gelen renk kayıpları açısından su aktivitesinin önemli bir faktör olduğu ifade edilmektedir (Giuffrida ve ark. 2013).



Şekil 4. 38.Urfa biberinin su aktivitesi değişimi

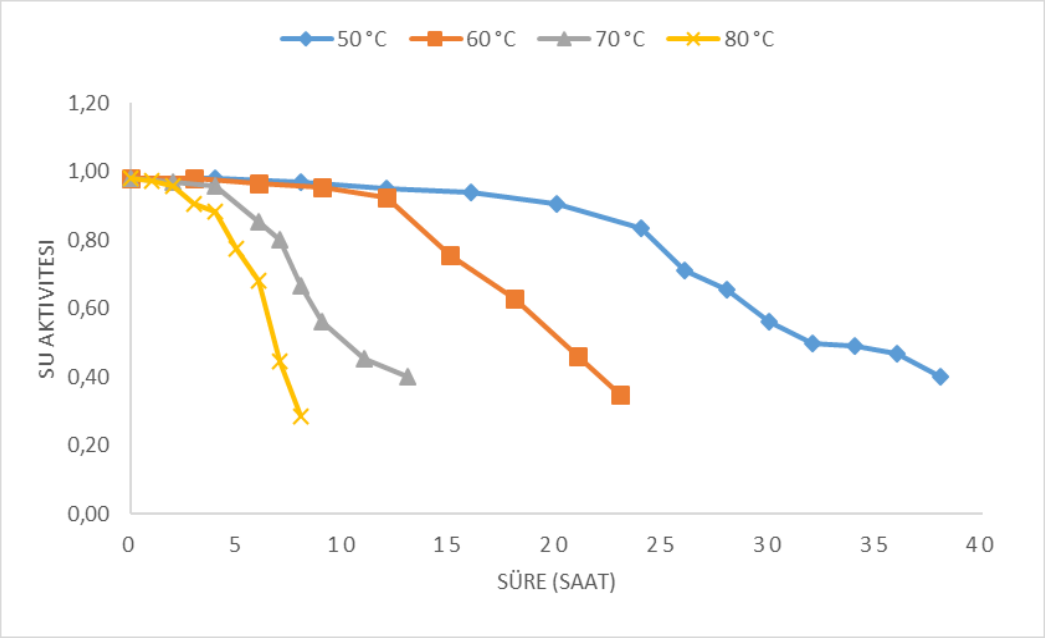
Kurutmanın başlangıcında taze Urfa, Bursa ve Maraş çeşitlerinin su aktivitesi değerleri 0.98 olarak belirlenmiştir. Su aktivite değeri Urfa biberinin 50 ^{o}C'de kurutulması sırasında istatistiksel olarak ilk 16 saat aynı kalırken ($p \geq 0.05$), sonraki 4 saatte azalmış ($p \leq 0.05$), kurutmanın geri kalan süresinde değişmediği belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). 60 ^{o}C'de kurutma sırasında düzenli bir düşüş gösterdiği tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). 70 ^{o}C'de ilk 6 saat aynı olduğu ($p \geq 0.05$), daha sonra ki zaman diliminde azaldığı ($p \leq 0.05$), 12 saatten sonra aynı kaldığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). 80 ^{o}C'de ilk

4. saate kadar aynı olduğu, daha sonra azaldığı ($p \leq 0.05$) ve arkasından 8 saatten sonra değişmediği saptanmıştır ($p \geq 0.05$) .



Şekil 4. 39.Bursa biberinin su aktivitesi değişimi

Bursa biberinin 50 ºC'de kurutulma sırasında su aktivitesinin sürekli olarak düştüğü tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). 60 ºC'de 20. saate kadar aynı olduğu ($p \geq 0.05$) sonra ki zaman diliminde azaldığı ($p \leq 0.05$) ve 25 saatten sonra aynı kaldığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). 70 ºC'de sürekli bir düşüş gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0.05$). 80 ºC'de ilk 6 saat aynı kaldığı ($p \geq 0.05$) sonra ki zaman aralığında azalırken ($p \leq 0.05$) 10.saatten sonra aynı kaldığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$).



Şekil 4. 40.Maraş biberinin su aktivitesi değişimi

Maraş biberinin kurutulmasında 50 ve 60 ºC'de ilk 16 saat aynı kaldığı ($p \geq 0.05$) daha sonra hızlı bir azalma olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). 70 ºC'de 4.saate kadar aynı ($p \geq 0.05$), sonra düştüğü belirlemiştir ($p \leq 0.05$). 80 ºC'de ilk 4 saat aynı kaldığı ($p \geq 0.05$) sonrasında azalma olduğu saptanmıştır ($p \leq 0.05$).

Güneşte 96 saat kurutma esnasında biberlerin su aktivitesi değerleri ilk 24 saatlik kısmında aynı kaldığı daha sonra istatistiki olarak önemli bir azalma olduğu bildirilmektedir (Atasoy ve ark., 2016; Korkmaz, 2016).

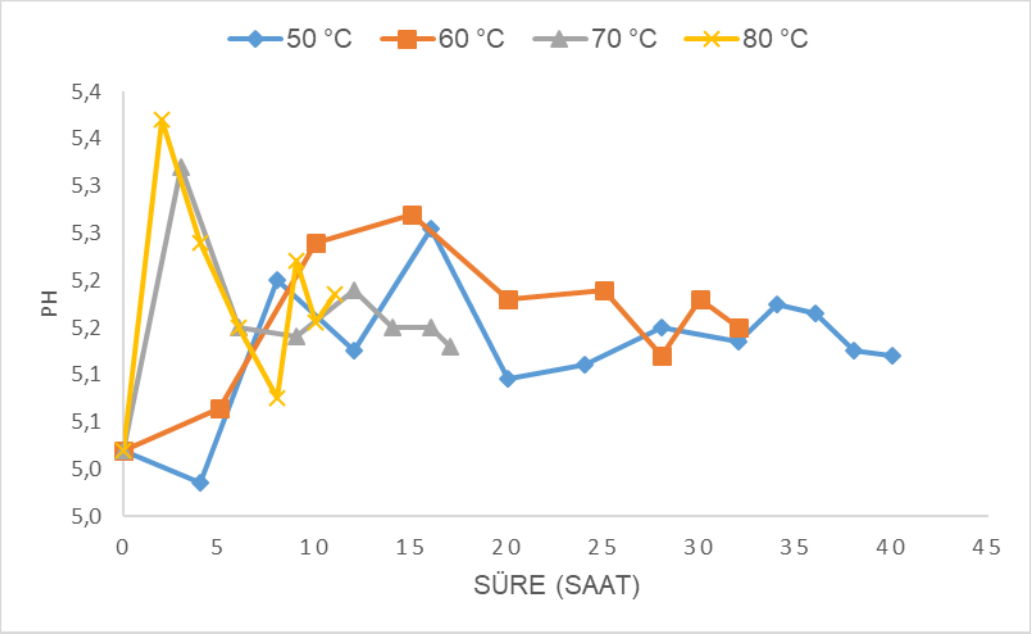
Kurutmanın başlangıcında 0.98 olan su aktivitesi Urfa biberinde 0.34-0.42, Bursa biberinde 0.26-0.35'e ve Maraş biberinde ise 0.29-0.40'a düştüğü belirlenmiştir.

4.5. pH değişimi

Biberlerin pH değerlerinde kurutma süresince meydana gelen değişimler Şekil 4.41-4.43.'de verilmiştir.

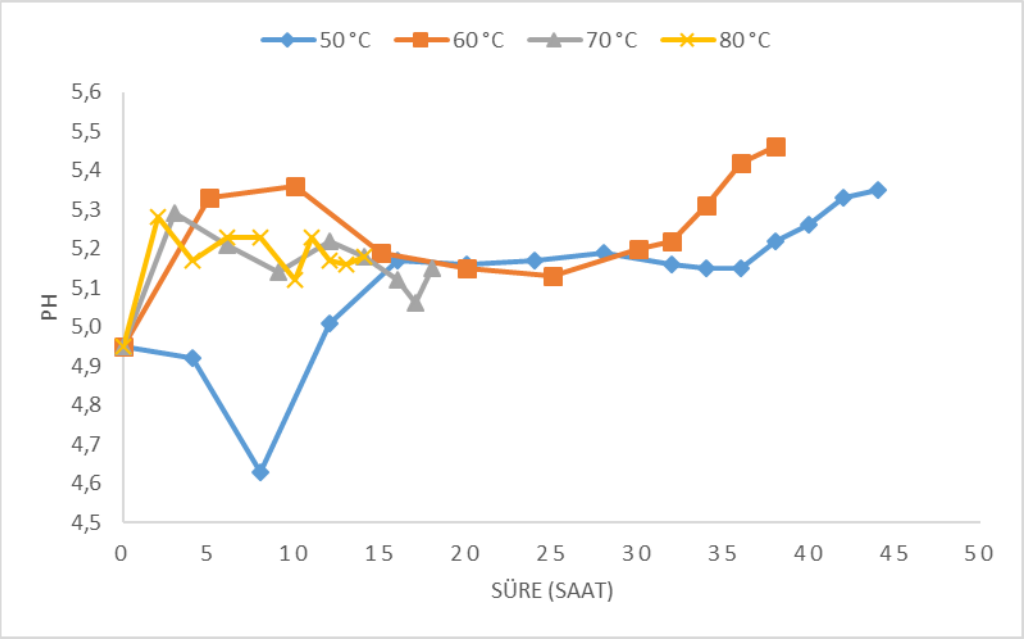
Taze Urfa, Bursa ve Maraş biberlerinin pH değerleri sırasıyla 5.0, 5.0 ve 5.1 olduğu belirlenmiştir.

Sebzeler, meyvelerden daha yüksek pH derecesine sahiptir. Domates dışında tüm taze sebzeler düşük asitli gıdalar olarak anılmaktadır.. Düşük asitli gıdalar 4.6 ile 6.9 arasındaki pH değerlerine sahiptir. Toontom ve ark. (2012), kurutulmuş kırmızıbiberlerin pH değerlerinin 3.21 - 4.84 aralığında olduğunu saptamışlardır.



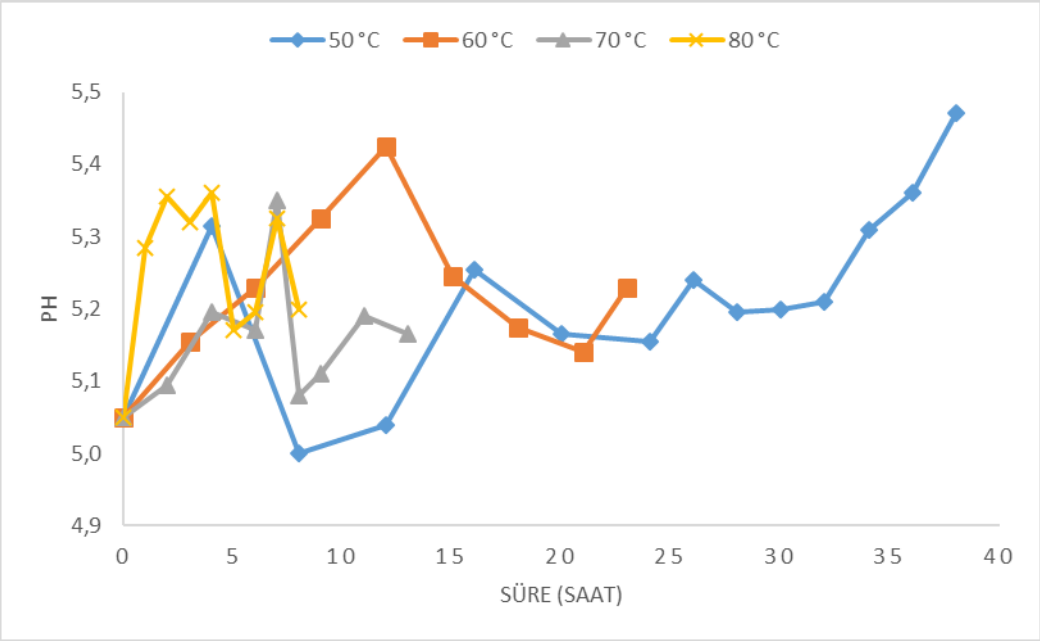
Şekil 4. 41.Urfa biberinin pH değişimi

Urfa biberinin 50 ºC'de pH değişimi sadece 4. ve 8. saatte alınan örneklerde azalna gösterirken ($p \leq 0.05$) diğer zaman dilimlerinde aynı kaldığı tespit edilmiştir ($p \geq 0.05$). 60 ve 80 ºC'de fark olmadığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). 70 ºC'de ise 3.ve 12. saatte aynı ($p \geq 0.05$) sonraki zaman dilimlerinde azaldığı ($p \leq 0.05$) fakat 17.saatte de aynı kaldığı saptanmıştır ($p \geq 0.05$).



Şekil 4. 42.Bursa biberinin pH değişimi

Bursa biberinin 50, 60 ve 80 ºC'de pH değişiminin aynı kaldığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). 70 ºC'de ise 3, 6, 12 ve 14. saatte ki örneklerde aynı ($p \geq 0.05$) sonraki zaman dilimlerinde düştüğü saptanmıştır ($p \leq 0.05$).

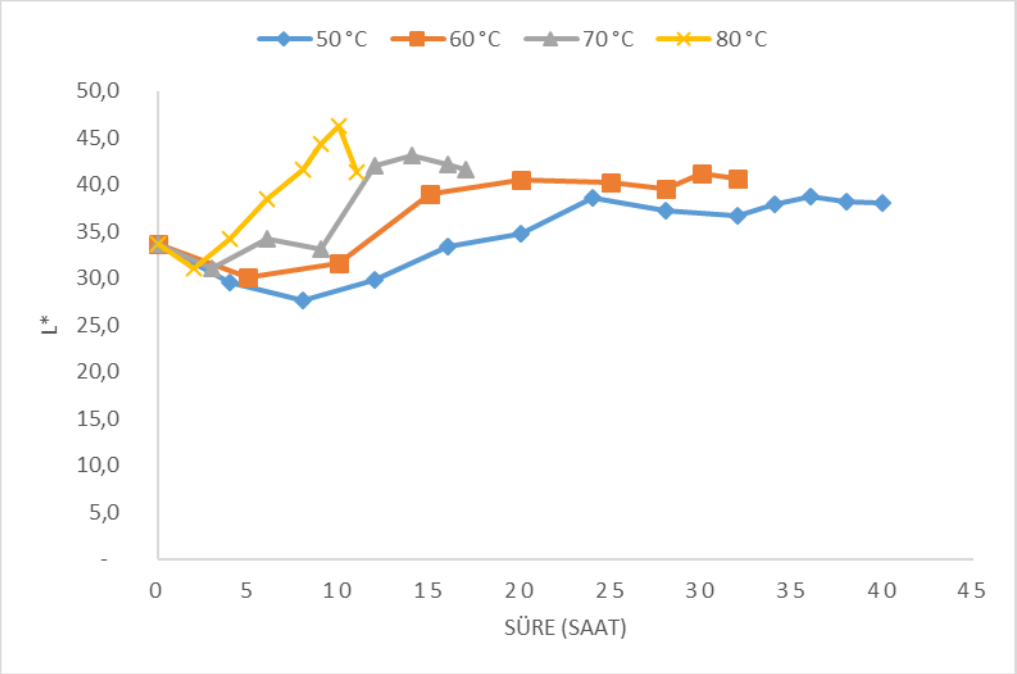


Şekil 4. 43.Maraş biberinin pH değişimi

Maraş biberinin 60 ve 80 ºC'de pH değişimi aynı kaldığı saptanmıştır (p≥0.05). 70 ºC'de sadece 7. Sattte azalma (p≤0.05) olduğu sonraki zaman dilimlerinde aynı kaldığı belirlenmiştir (p≥0.05). 50 ºC'de ise bazı zaman dilimlerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (p≤0.05).

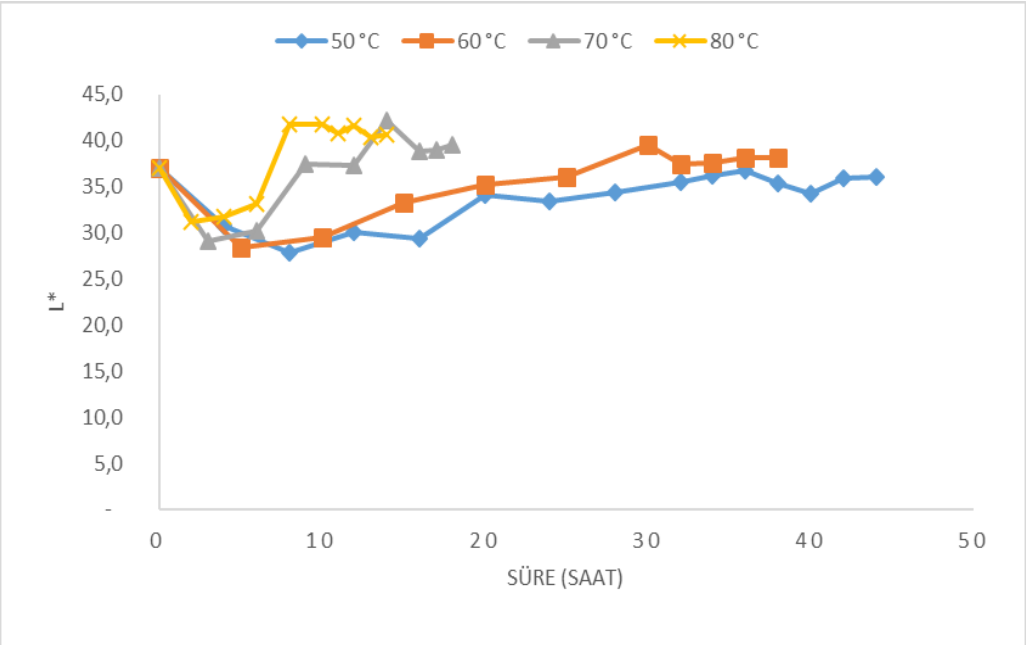
4.6. Renk özellikleri

Besinlerin kalitesini belirleyen renk en önemli kriterlerden biridir. Biber çeşitlerinin L* değerlerinde kurutma boyunca meydana gelen değişimler Şekil 4.44-4.46.'de verilmiştir.



Şekil 4. 44.Urfa biberinin L* değeri değişimi

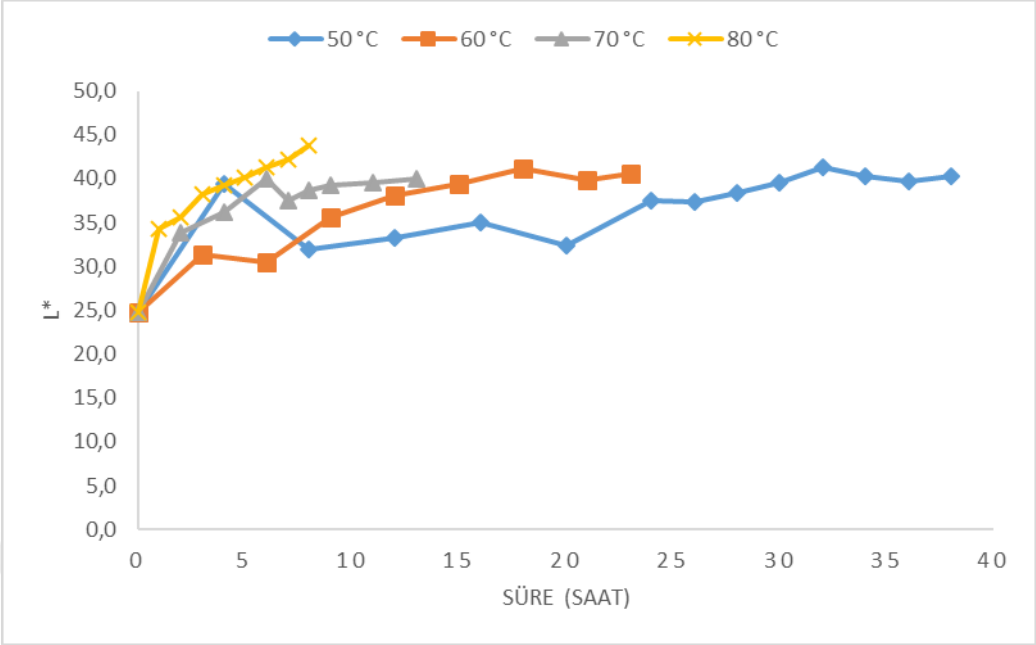
Urfa biberinin L* değerlerinde kurutma süresince 70 ve 80 ºC'de fark görülmemiştir (p≥0.05). 50 ºC'de 4,8,12. Saatlerde azalma olduğu (p≤0.05) ve diğer zaman dilimlerinde aynı kaldığı belirlenmiştir (p≥0.05). 60 ºC'de 5 ve 10. Saatteki örneklerin değerinde azalma (p≤0.05) olduğu diğer zaman dilimlerinde değişmediği tespit edilmiştir (p≥0.05).



Şekil 4. 45.Bursa biberinin L* değeri değişimi

Bursa biberinin L* değerinin kurutma boyunca 60, 70 ve 80 ^{o}C'de aynı kaldığı tespit edilmiştir ($p \geq 0.05$). 50 ^{o}C'de ise 4,8,12 ve 16. saatlerdeki örneklerde azalma ($p \leq 0.05$) olduğu diğer zaman dilimlerinde değişim olmadığı saptanmıştır ($p \geq 0.05$).

Cervantes-Paz ve ark. (2014), taze, kaynatılmış ve kurutulmuş biberlerin L* değeri taze biberde 37.78±1.04 olduğu ve kurutulduktan sonra 34.78±0.96'a düştüğünü belirtmişlerdir. Güneşte kurutulan kırmızıbiberlerde karotenoidlerin değişime uğramasından ve esmerleşmeden dolayı L* değerinin düştüğünü söylemişlerdir.

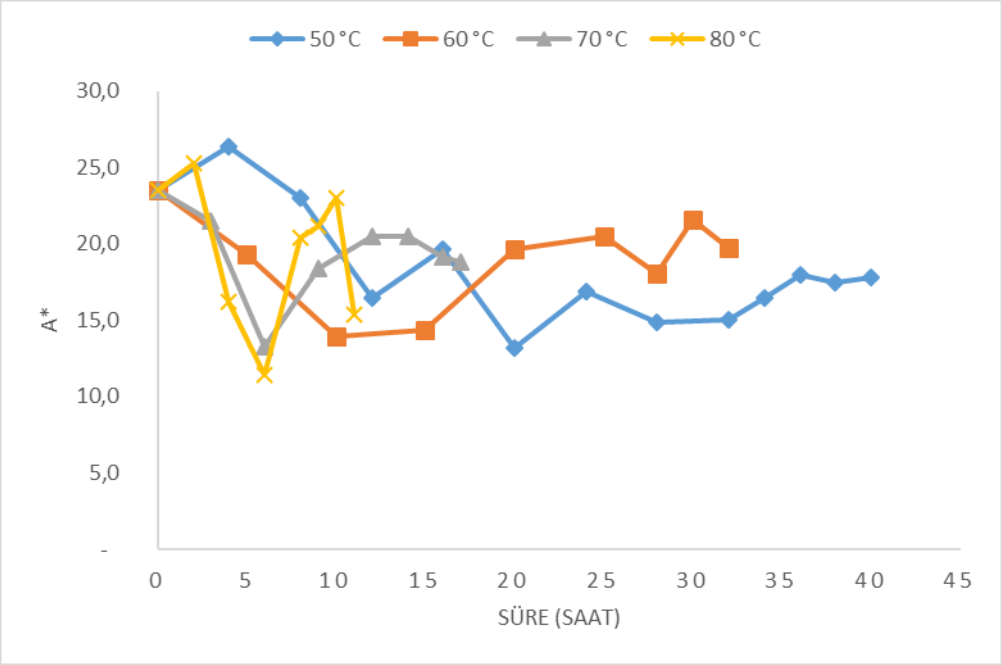


Şekil 4. 46.Maraş biberinin L* değeri değişimi

Maraş biberinin L* değerinin 70 ve 80 ^{o}C'de aynı kaldığı saptanmıştır ($p \geq 0.05$). 60 ^{o}C'de 12, 15, 18, 21 ve 23. saatlerde aynı ($p \geq 0.05$) daha sonra ki zamanlarda azaldığı belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). 50 ^{o}C'de ise 32, 34 ve 38. Saatte aynı ($p \geq 0.05$) olduğu diğer zaman dilimlerinde azaldığı tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

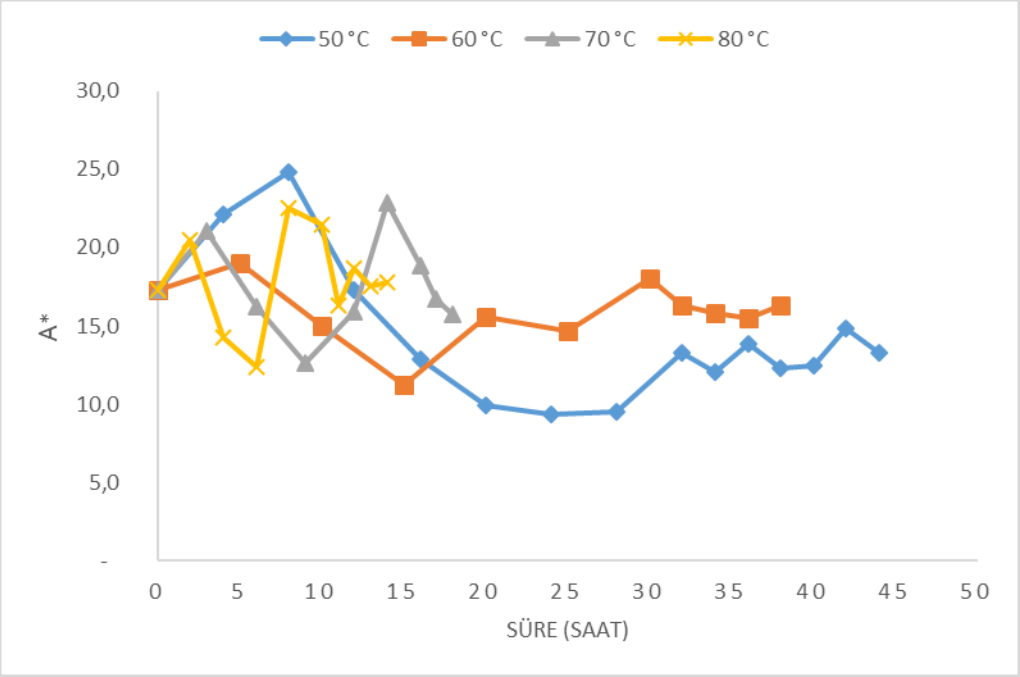
L* değerlerinin ışık ve oksijenden etkilendiği tahmin edilmektedir. Vega-Galvez ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi renk değerlerinin (L*,a*, b*) kurutma sıcaklığından etkilendiğini sıcaklık artışının rengi koyulaştırdığı ve siyahlaştırdığı söylenebilir. Yani sıcaklık arttıkça L* değeri artmaktadır. Fakat bu durum 80 ^{o}C sıcaklıkta Bursa biberinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Örneklerin a* ve b* değerine ait veriler Şekil 4.47-4.52'de verilmiştir.



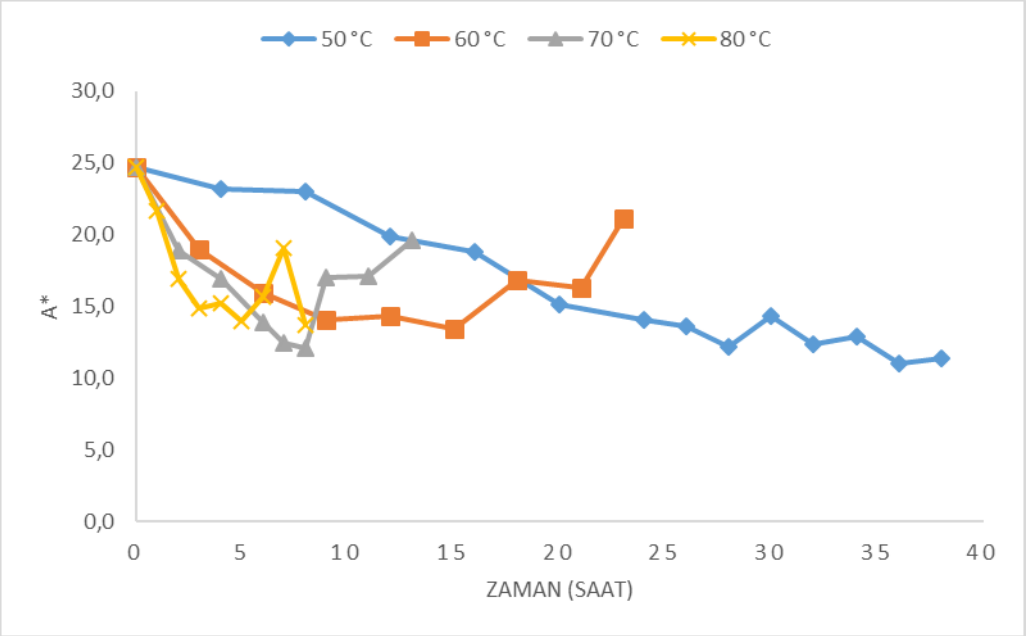
Şekil 4. 47.Urfa biberinin a* değeri değişimi

Urfa biberinin kırmızılık değerinin 70 ve 80 ^{o}C'de değişmediği belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). 50 ^{o}C'de ilk 8. Saate kadar aynı ($p \geq 0.05$) olduğu daha sonra ki zaman dilimlerinde azalma gerçekleştiği saptanmıştır ($p \leq 0.05$).



Şekil 4. 48.Bursa biberinin a* değeri değişimi

Bursa biberinin kurutma boyunca kırmızılık değerinde 50 ºC'de azalma tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). 60 ve 80 ºC'de a* değerinin değişmediği belirlenmiştir ($p \geq 0.05$).



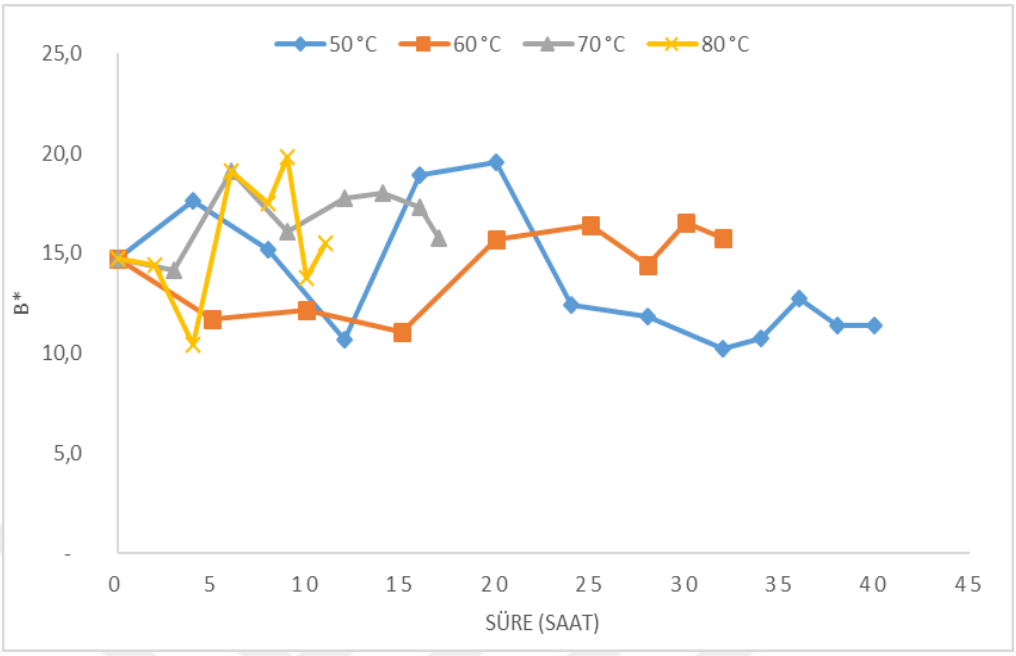
Şekil 4. 49.Maraş biberinin a* değeri değişimi

En düşük a* değerine sahip olan Maraş biberi kurutma boyunca kırmızılık değerinde dalgalanmalar olduğu ve bu dalgalanmaların 70-80 ºC'de istatistik olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p \geq 0.05$). 50 ve 60 ºC'de azalmaların istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.05$).

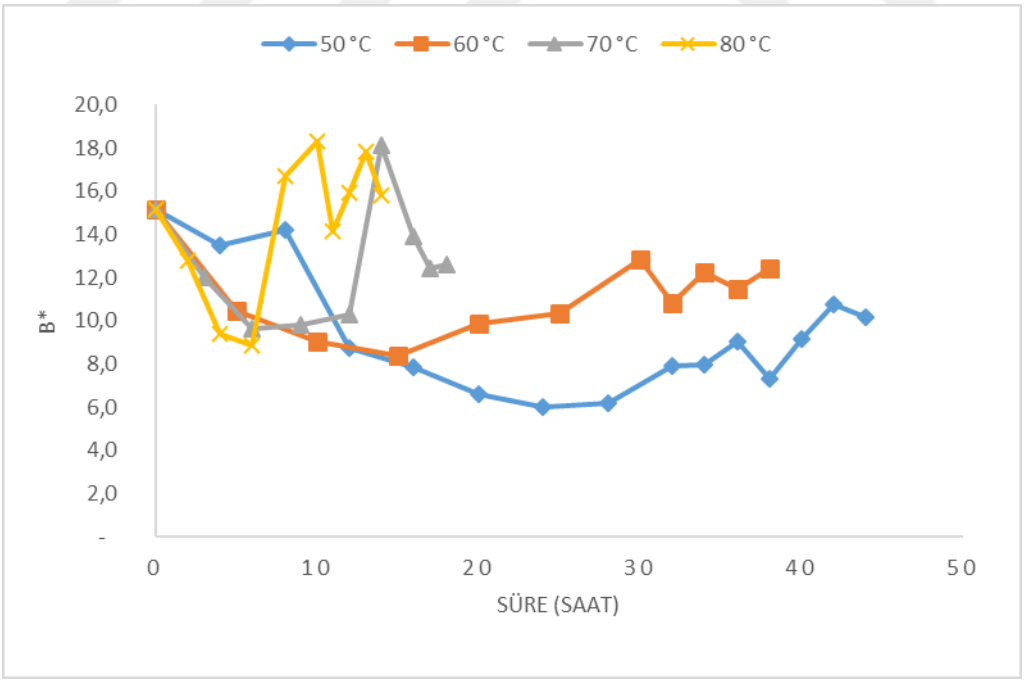
Bbiberlerin b* değerlerinde kurutma süresince değişimler olduğu ve bu değişimlerin istatistik olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$).

Cao ve ark. (2015), kurutulan biberlerin b* (sarılık) değerinde artmaların meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Karotenoidlerin oksijen ile oksidayona uğraması sonucu bozulması, enzimatik olmayan esmerleşmenin artması, vitaminler, karbonhidratlar ve aminoasitlerden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

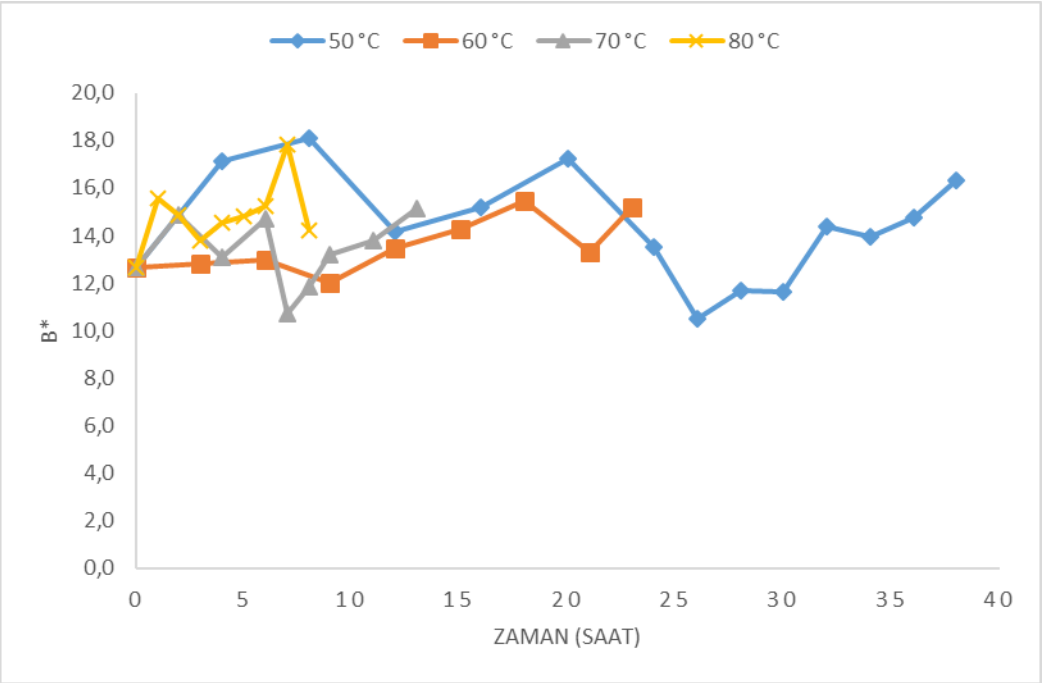
Vega-Galvez ve ark. (2008), sarılık değerinde ki artışı kurutmayla artan enzimatik olmayan esmerleşmeden kaynaklı olabildiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4. 50.Urfa biberinin b* değeri değişimi



Şekil 4. 51.Bursa biberinin b* değeri değişimi



Şekil 4. 52.Maraş biberinin b* değeri değişimi

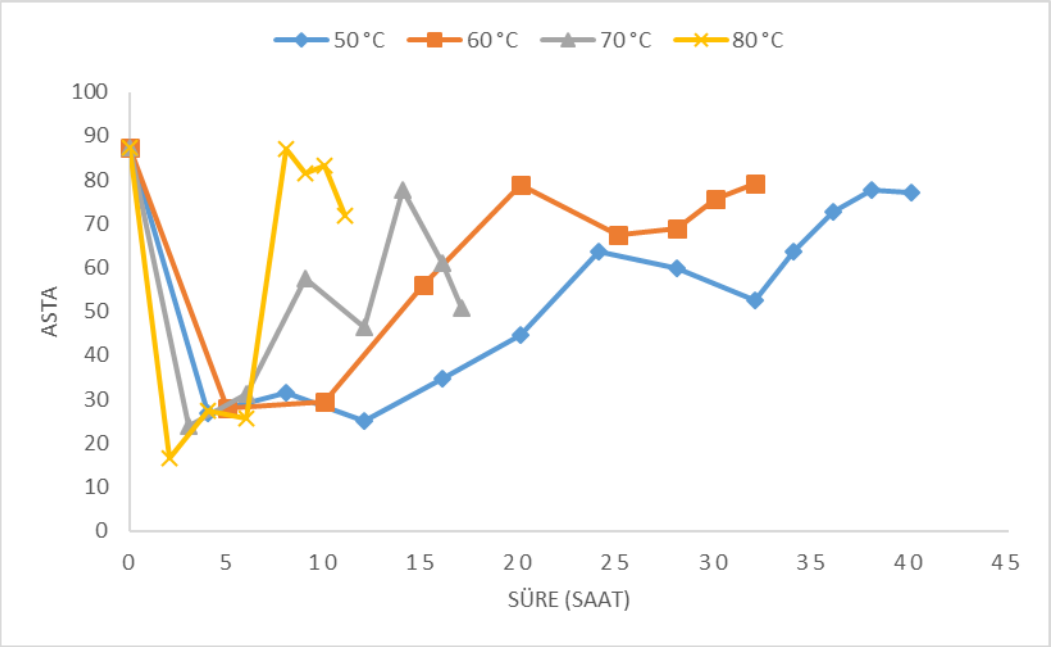
4.7. Ekstrakte edilebilir renk (ASTA)

Taze Urfa. Bursa ve Maraş için sırasıyla eksrakte edilebilir renk değerleri 87.4, 34.9 ve 124.3 olarak belirlenmiştir. Bütün sıcaklık değerleri için biber çeşitlerinin kurutma boyunca ekstakte edilebilir renk değerlerine ait veriler Şekil 4.53-4.55'de verilmiştir. Kurutma süresince ilk 5.saate kadar alınan örneklerde taze örnekten düşük asta değerleri okunurken bu verilerin son sıcaklığa kadar belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Bu artışın istatistik olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

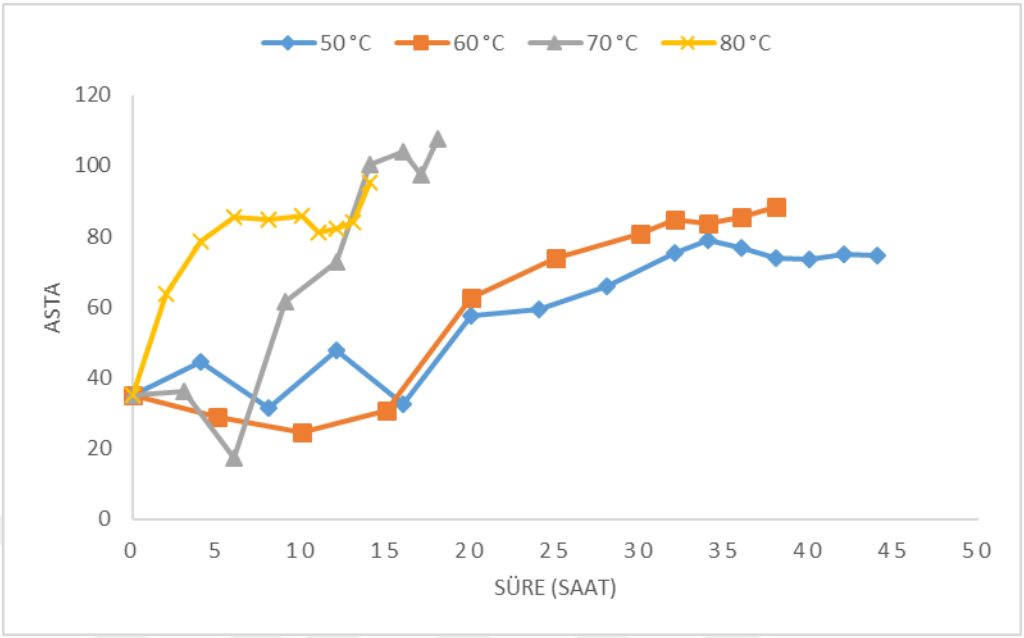
Vega-Galvez ve ark., (2009) biber içeriğinde bulanan pigmentlerin eksrakte edilebilir renk değerlerini etkilediğini bildirmişlerdir. Biberlerin ASTA değerlerinde meydana gelen artış ve azalışların pigmentlerin biyosentezi ve bozulmaları sonucu gerçekleştiği belirtilmektedir (Topuz ve ark., Vega-Galvez ve ark., 2009).

ASTA değerlerinde meydana gelen değişimin kurutma sıcaklığının etkisine bağlı olduğu tahmin edilmektedir.

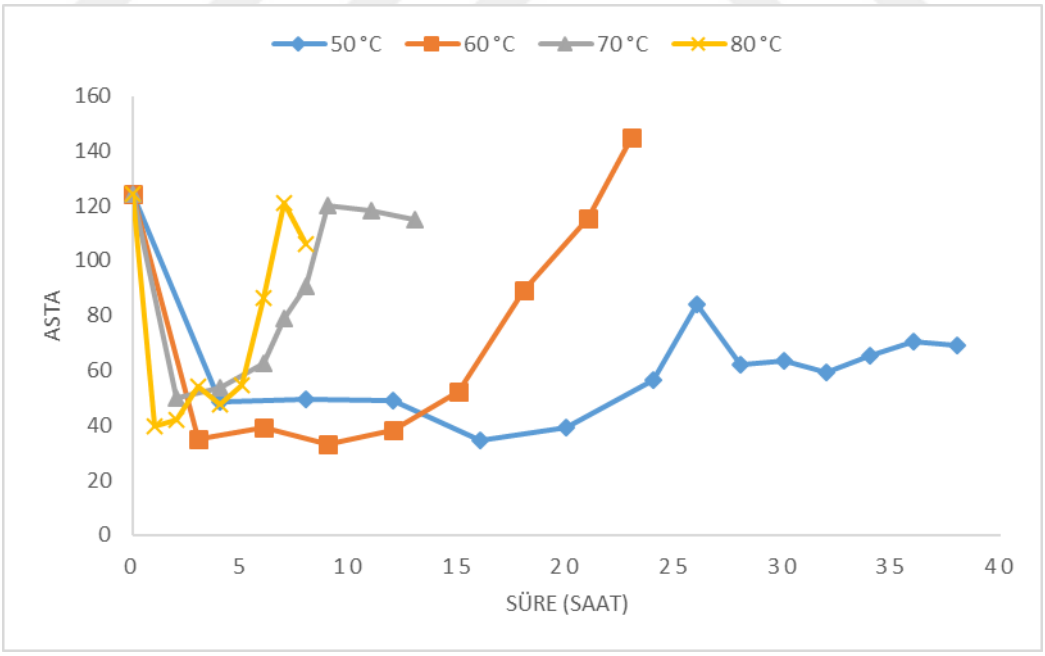
Tepic ve ark. (2010), biberlerin kurutma boyunca ASTA değerlerinde meydana gelen değişimin nedeni olarak sıcaklık, ışık ve oksijenden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Bu faktörlerin etkisi ile karotenoidlerde meydana gelen değişimin ASTA değerini etkilediğini belirtmişlerdir.



Şekil 4. 53.Urfa biberinin ASTA değişimi



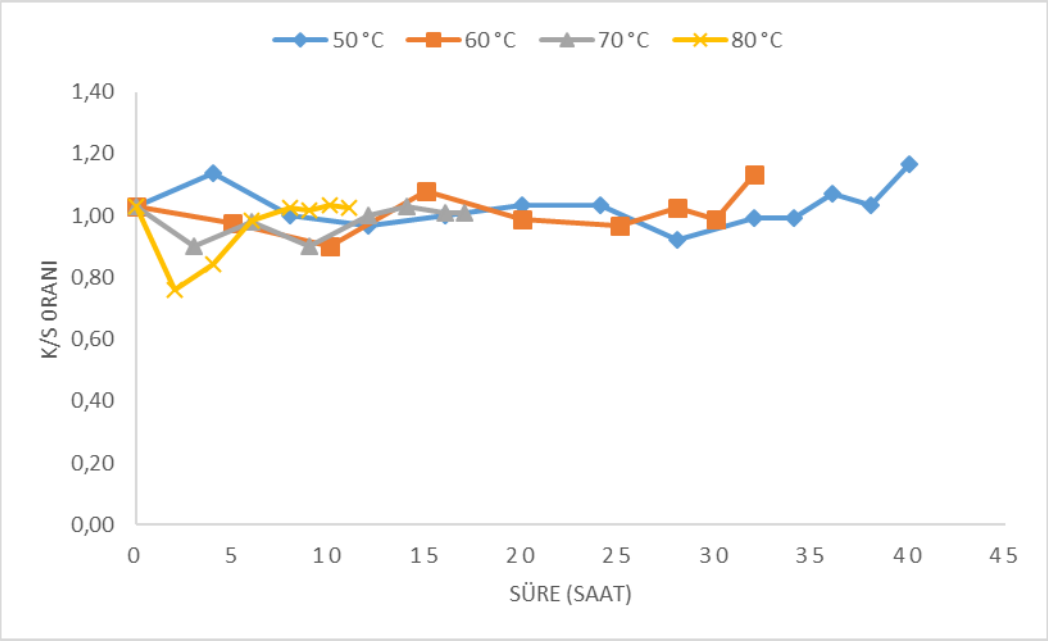
Şekil 4. 54.Bursa biberinin ASTA değişimi



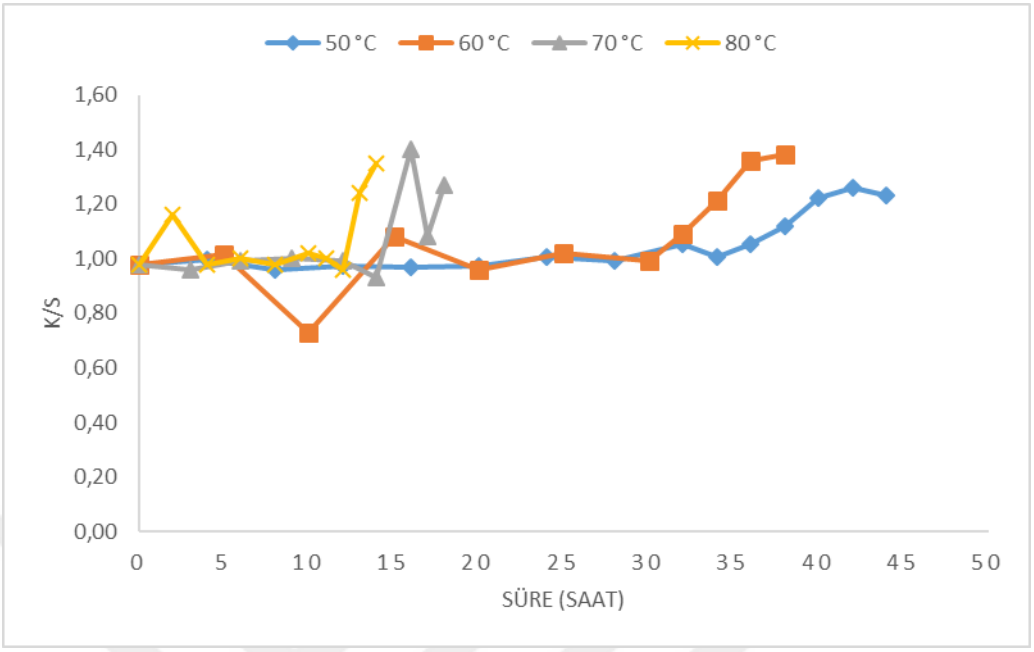
Şekil 4. 55.Maraş biberinin ASTA değişimi

Şekil 4.56-4.58'de biber örneklerinin kırmızılık/sarılık oranlarındaki değişimler gösterilmiştir. Tüm örneklerin kurutma süresince kırmızılık/sarılık oranlarında artış ve azalmalar olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). Örrnekler arasında istatiksel olarak bir fark bulunmamıştır ($p \leq 0.05$). Çeşitli yöntemlerle üretilen biberlerin isot örneklerinin kırmızılık/sarılık oranlarının azaldığını bildirmişlerdir (Atasoy ve ark., 2016). Örneğin yapılan bir çalışmada (Olorunda ve ark. 1990) kurutma sıcaklığının ve kuruma süresinin artmasıyla kırmızılıkta (k/s değeri) azalma meydana geldiği bunun yanında esmerleşmenin ise arttığı belirtilmiştir.

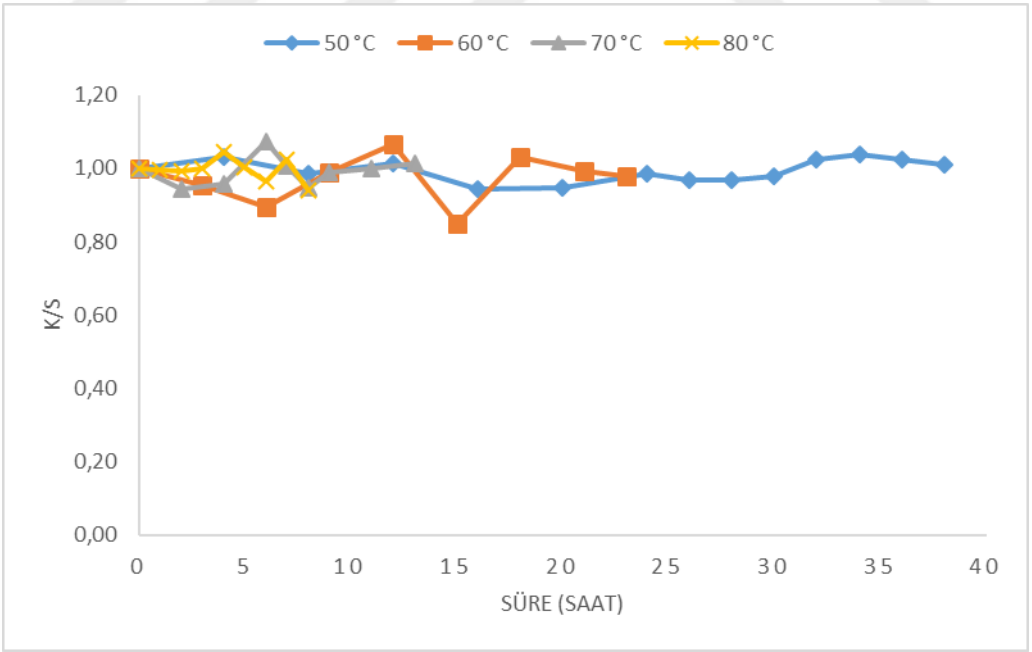
Guevara ve Pardo-Gonzalez (1996), 13 farklı biberde k/s oranını başlangıçta 1.00-0.966 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Kırmızı/sarı oranında ki farklılığın çeşit türünden kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4. 56.Urfa biberinin k/s değişimi



Şekil 4. 57.Bursa biberinin k/s değişimi



Şekil 4. 58.Maraş biberinin k/s değişimi

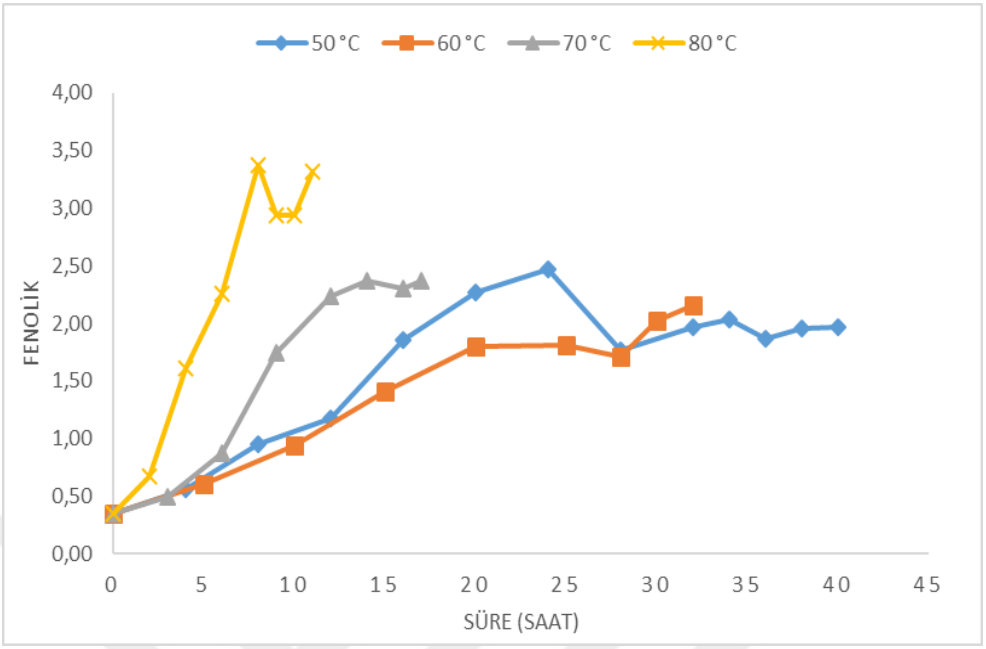
4.8.Toplam fenolik madde içerikleri

Örneklerin kurutma boyunca toplam fenolik madde içerikleri değerlerine ait veriler Şekil.4.59-4.61'de verilmiştir. Urfa, Bursa ve Maraş çeşitlerinin taze örneklerinin toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 0.35, 0.45 ve 0.32 mg GAE/g olarak tespit edilmiştir. Kurutma süresince toplam fenolik madde miktarlarının artış ve azalışlar gösterdiği ve bu dalgalanmaların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($p \leq 0.05$).

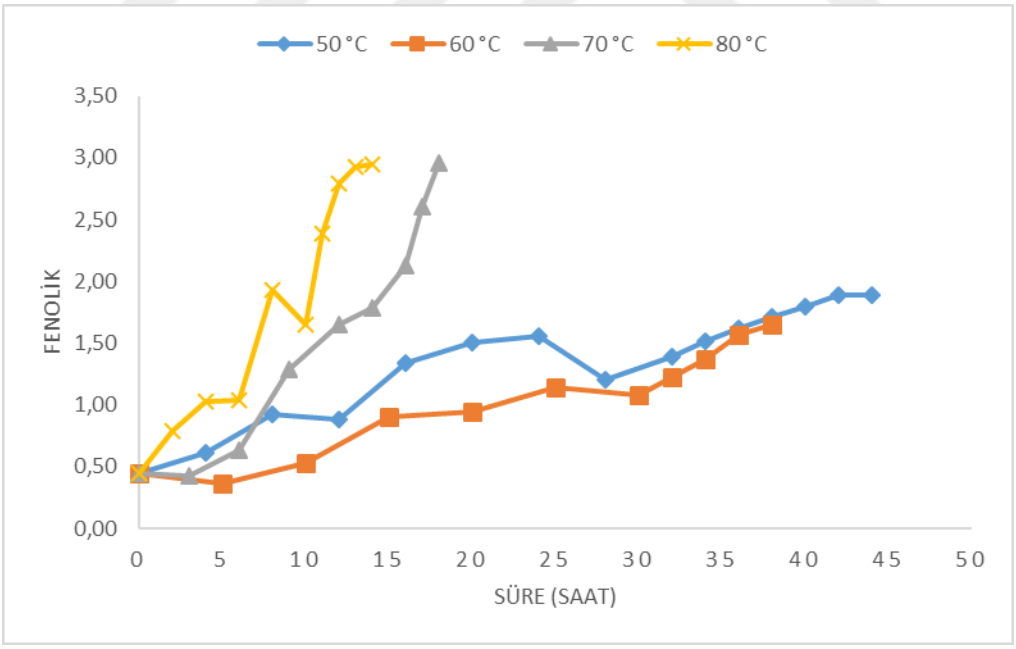
En yüksek fenolik madde içeriğinin Urfa biberinde 80 °C 11 saat kurutulmasıyla elde edilen örnekte 3.31 mg GAE/g olarak ölçülmüştür.

Yapılan bir çalışmada 50 ile 90 °C arasındaki proses sıcaklıklarının kırmızı biberin kurutulması sırasındaki toplam fenolik madde içeriğinin, hava ile kurutma sıcaklığı düştükçe azaldığını saptamışlardır (Vega ve ark. 2009).

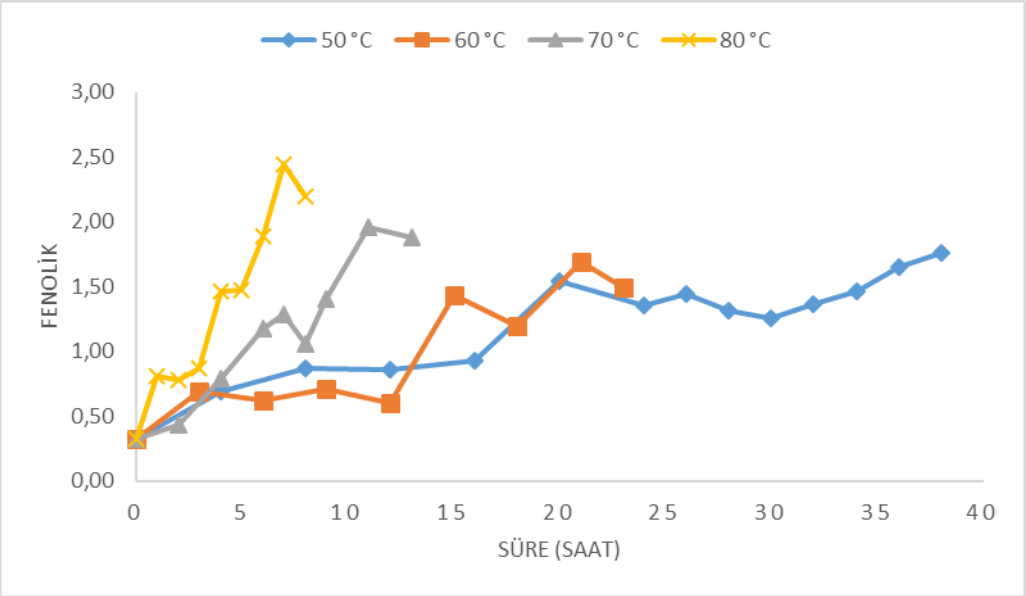
Zhuang ve ark. (2012), 9 çeşit taze biberde toplam fenolik madde miktarının 1.07-4.99 mg GAE/g aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. TFMM değerlerinin farklı değerlerde olmasının biber çeşidinin, biberin olgunluk derecesinin ve biber renginden kaynaklı olabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 4. 59.Urfa biberinin toplam fenolik madde değişimi



Şekil 4. 60.Bursa biberinin toplam fenolik madde değişimi



Şekil 4. 61.Maraş biberinin toplam fenolik madde değişimi

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Şanlıurfa ve Kahramanmaraş'tan temin edilen kırmızıbiberlerin etüv tipi kurutucu da 4 ayrı sıcaklık (50, 60, 70 ve 80 ºC) değerlerinde kurutulması süresi boyunca zamana bağlı nem oranının değişimiyle 10 farklı model kullanılarak en uygun model tespit edilmiştir. Enzimatik olmayan esmerleşme analizi ile toplam titrasyon asitliğinin reaksiyon kinetiği, ayrıca fizikokimyasal (su aktivitesi ve pH), renk özellikleri (yüzey renk analizleri, esmerleşme indeksi, ekstrakte edilebilir renk ve kırmızı/sarı oran analizleri), toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

Kurutmanın zamana karşı nem eğrisinde ki değişimlerin, Midilli ve ark. belirttiği modele daha uygun olduğu bulunmuştur. Biber çeşitlerinin etüv kurutucuda kurutma sırasında sıcaklık 50'den 80 ºC'ye arttığında k değerinin yükseldiği ve bu artışın istatiksel olarak anlamlı bulunduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). Tüm biber çeşitlerinde en hızlı kurumanın 80 ºC de olduğu tespit edilmiştir.

Biber örneklerinin kurutulması sırasında aktivasyon enerjisi Urfa, Bursa ve Maraş biberlerinde sırasıyla 102.43 Kj/mol, 103.61 kj/mol ve 83.93 kj/mol olarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda en hızlı kurumanın Maraş biberinde olduğu saptanmıştır.

Enzimatik olmayan esmerleşme değeri zamana göre doğrusal olarak değişiklik gösterdiğinden esmerleşmenin sıfırıncı dereceden (n=0) kinetik modele uyduğu saptanmıştır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu için k değerinin bütün biber çeşitlerinde sıcaklık arttıkça arttığı tespit edilmiştir.

Urfa, Bursa ve Maraş biberlerinin enzimatik olmayan esmerleşmede hesaplanan aktivasyon enerjisi, 134.30 kj/mol, 140.9 kj/mol ve 127.6 kj/mol olarak tespit edilmiştir. Bütün sonuçlara göre en hızlı esmerleşmenin Maraş biberinde olduğunu belirlemiştir.

Q_{10} değerinin esmerleşme reaksiyonunda en düşük (1.20) 50-60 ^{o}C'de Bursa biberinde olurken en yüksek (2.34) 60-70 ^{o}C'de yine Bursa biberinde olduğu belirlenmiştir.

Toplam titrasyon asitiliğinde kurutma sırasında meydana gelen değişimin birinci dereceden (n=1) kinetik modele uyduğu tespit edilmiştir. Reaksiyon için k değerinin en düşük Maraş biberinde, en yüksek ise Urfa ve Bursa biberlerinde görüldüğü belirlenmiştir.

Toplam titrasyon asitliği için gerekli olan aktivasyon enerjisi Urfa biberi için 180.4 kj/mol, Bursa için 157.6 kj/mol ve Maraşta ise 150.1 kj/mol olarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda reaksiyonun en hızlı Maraş biberinde gerçeklerştiği tespit edilmiştir.

Q_{10} değerinin TTA için en düşük (0.806) 50-60 ^{o}C Urfa biberinde, en yüksek ise (1.86) 60-70 ^{o}C aralıklarında Bursa biberinde olduğu saptanmıştır.

Kurutma süresince TFMM miktarlarının artış ve azalışlar gösterdiğinden dolayı dalgalanmaların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). En yüksek fenolik madde içeriğinin Urfa biberinde 80 °C 11 saat kurutulmasıyla elde edilen örnekte 3.31 mg GAE/g olarak ölçülmüştür.

Biberlerin ilk 5.saate kadar alınan örneklerde taze örnekten düşük asta değerleri okunurken bu verilerin son sıcaklığa kadar belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Bu artışın istatistik olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

Biber örneklerinin pH, L*, a* ve b* değerlerinde dalgalanmalar olduğundan dolayı statistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p \geq 0.05$).

Kurutma süresi ve kalite parametreleri dikkate alındığında biberlerin 70 - 80 °C aralığında kurutulması önerilmektedir. Ayrıca bundan sonraki çalışmalarda,

biberlerin kurutulması sırasında şeker, organik asit, karatoneid, kapsaisin ve aroma maddeler içeriğindeki değişimlerin incelenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AKBAY, C., CANDEMİR, S., 2006. Kahramanmaraş'ta Kırmızıbiber Üretimi ve Sorunları. http://ciftci.ksu.edu.tr/dokumanlar/kirmizibibersorunlari.htm

ANONIM E, 1962. pH Values Of Food Products. Food Eng. 34(3): 98-99.

AOAC, 2005. Official Methods of Analysis, 18th edition, Association of Official Analytical Chemists. Arlington VA, USA.

AOAC, 2005. Official Methods of Analysis, 19th edition, Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA.

ATAGÜNDÜZ G., KARAGÜLLE N., 1977."Güneş Enerjisi ile Kırmızı Biberin Kurutulması", Isı Bilimi ve Tekniği, 2(21), 21-26.

ATASOY, A. F., AYDOĞDU, M. H., KORMAZ, A., KARA, E., 2016. Urfa İsot Biberinin Özelliklerinin Belirlenerek Pazar Potansiyelinin Artırılması. Tarımsal Araştırma Destekleri Proje Sonuç Raporu, 243-246.

BAŞYİĞİT, B., 2017. İnstant/Mikroenkapsüle Meyan Kökü (*Glycyrrhiza Glabra* L.) Çayı (Şerbeti) Üretimi ve Mikroenkapsülasyonun Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa 43-44s.

CAO, Z. Z., ZHOU, L. Y., BI, J. F., YI, J. Y., CHEN, Q. Q., WU, X. Y., ZHENG, J. K., and LI, S. R., 2015. Effect of Different Drying Technologies on Drying Characteristics and Quality of Red Pepper (Capsicum frutescens L.): A Comparative Study. Journal Scientistic Food Agricultural, 10: 7549-7552.

CARVAJAL, M., REMEDIOS, M. M., MARTINEZ-SANCHEZ, F., and ALCARAZ, C. F., 1997. Effect of Ascorbic Acid Addition to Peppers on Paprika Qality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 75(4): 442-446.

CEMEROĞLU, B., KARADENİZ F. ve ÖZKAN M., 2003. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Bölüm: Kurutma Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 28: 541- 675.

CERVANTES-PAZ, B., YAHIA, E. M., ORNELAS-PAZ, J. J., VICTORIA-CAMPOS, C. I., IBARRA-JUNGUERA, V., PEREZ-MARTINEZ, J. D., ESCALANTE-MINATAKA, P. E., 2014. Antioxidant Acrivity and Content of Chlorophllys and Carotenoids in Raw and Heat-Processed Jalapeno Peppers at Intermediate Stages of Ripenning. Food Chemistry, 146: 188-196

ÇAM, M., HIŞIL, Y., and DURMAZ, G., 2009. Classification of Eight Pomegranate Juices Based on Antioxidant Capacity Measured by Four Methods. Food Chemistry, 112(3): 721-726.

DOYMAZ İ., PALA M., 2000. "Kahramanmaraş Biberinin Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi", IV. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 1073-1078.

ERTEKİN, 2002 F.K. ErtekinDrying and rehydrating kinetics of green and red peppers

FAO, 2018, http://faostat.fao.org, Aralık 2018.(15 Nisan 2019)

GOVINDARAJAN, V.S., 1986. Capsicum-Production, Technology, Chemistry, and Quality . Part III. Chemistry of the Color, Aroma, and Pungency Stimuli. CRC Crt. Rev. Food Sci. Nutr. 24:245

GUEVARA, R. G. L., and PARDO-GONZALEZ, J. E., 1996. Evolution of Color

during the Ripenning of Selected Varieties of Paprika Pepper (*Capsicum annum* L.). Journal Agriculture Food Chemistry, 44: 2049-2052.

GUIFFRIDA, D., DUGO, P., TORRE, G., BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., CORRADİNİ, C., DUGO, G., 2013. Characterization of 12 *Capsicum* Varieties by Evaluation of Their Carotenoid Profile and Pungency Determinetion. Food Chemistry, 140: 794-802.

GUNHAN TUNCAY Mathematical modelling of drying of bay leaves, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Ege University, 35100 Bornova, Izmir, Turkey July 2005, Pages 1667-1679

GUPTA, P., AHMED, J., SHIVHARE, U.S. VE RAGHAVAN, G.S.V., (2002), "Drying Characteristics of Red Chilli", Drying Technology, 20:1975-1987.

JAREN-GALAN, M., MİNGUEZ-MOSQUERA, M. I. 1999. Effect of pepper lipoxygenase activity and its linked reactions on pigments of the pepper fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47 (11): 4532-4536.

KARAASLAN, S. VE TUNÇER, İ.K., (2009), "Kırmızı Biberin Fan Destekli Mikrodalga ile Kurutulmasında Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi ile Uygun Kuruma Modelinin Belirlenmesi", Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 12(2):9-16.

KAYMAK-ERTEKİN, F. VE GEDİK, A. (2005) Kinetic Modelling of Quality Deterioration in Onions During Drying and Storage. Journal of Food Engineering, 68: 443-453.

KIM D.Y., RHEE C.O., SHIN S.C., 1982."Changes in Colour of Red Pepper During Drying and Milling", Journal of the Korean Agricultural Chemical Society, 25 (1), 1-7.

KIRANOUDIS C.T., MAROULIS Z.B., KOURIS D.M., 1992."Drying Kinetics of Onion and Green Pepper", Drying Technology, 10 (4), 995-1011.

KOÇ, A., B., ,TOY, M., HAYOĞLU, İ., VARDİN H., 2004. Kırmızıbiber Kurutmada Kullanılan Güneş Enerjili Bir Kurutucu Performansı, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8, 57-65.

KORKMAZ, A., 2016. Şanlıurfa Pul Biberlerinin (İsot) Üretim ve Depolama Aşamlarında Meydana Gelen Fizikokimyasal ve Biyokimyasal Değişimlerin Saptanması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Şanlıurfa,1-87s.

KORKMAZ, A., AYDOĞDU, M., MUTLU, N., ATASOY, A. F., 2016. Geleneksel ve Fabrikasyon Yöntemiyle Üretilen İsot Baharatlarının Bazı Fizikokimyasal ve Renk Özelliklerinin Belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Dergisi, 20(3): 204-213.

KOYUNCU, T., PINAR, Y., 2001. Kırmızıbiber için bir güneşli kurutucu tasarımı. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi, Şanlıurfa, 423-430.

KROKIDA M. K., KARATHANOS V. T., MAROULİS Z. B. and MORINOS-KOURIS D., 2003. Drying Kinetics of Some Vegatables. Journal of Food Engineering, 59 (4): 391-403.

LEE, D. S., CHUNG, S. K., KIM, H. K., YAM, K., L., 1991. Nonenzymatic browning in dried red pepper products. Journal of Food Quality, 14:153–163.

LEE, D. S., CHUNG, S. K., YAM, K. L., 1992. Carotenoid Loss in Dried Red Pepper Products. International Journal of Food Science Technology, 2: 179-185.

MCLEOD, M.J., Guttman, S.I., Eshbaugh, W.H., Rayle, R.E. 1983. An

electrophoretic study of the evolution in capsicum (Solanaceae). Evolution 37:562-574.
MENGEŞ, H.O. VE ERTEKIN, C., (2007), "Vişne Kurutmada Kurumanın Çeşitli Modellerle Açıklanması", Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(42):4-10.
MIDILLI A., KUCUK H. and YAPAR Z., 2002. A New Model for Single Layer Drying. Dry Technol l20 (7):1503-1513.
MIERZWA D. and KOWALSKI S. J., 2016. Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration and Convective Drying of Apples: Process Kinetics and Quality Issues. Chemical and Process Engineering, 37 (3): 383-391.
PICKERSGILL, B. 1984, Migrations of Chili Peppers, Capsicum Spp., in TheAmericas, P. 105-123. In: D. Stone (Ed.). Pre-Columbian Plant Migration.Papers of ThePeabody Museum of Archeology and Ethnology. Vol. 76. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.
RAYAGURU K. and ROUTRAY W., 2012. Mathemical Modeling of Thin-Layer Drying Kinetics of Stone Apple Slices. Intl. Food Res. J., 19 (4): 1503-1510.
RHIM, J. W., HONG, S. I., 2011. Effect of Water Activity and Temperature on the Color Change of Red Pepper (Capsicum annum L.) Powder, Food Scıence Biotechnol, 20(1): 215-222.
SARSAVADIA, P.N., SAWHNEY, R.L., PANGAVHANE, D.R. VE SINGH, S.P., (1999), "Drying Behaviour of Brined Onion Slices", Journal of Food Engineering, 40:219-226.
SHARMA, R., JOSHI, V. K., KAUSHAL, M., 2015. Effect of Pre-Treatments and Drying Methods on Quality Attributes of Sweet Bell-Pepper (Capsicum Annum) Powder. Journal Food Science Technology, 52(6): 3433-3439.
SHARMA, S. R., ARORA, S., and CHAND, T., 2011. Air Drying Kinetics of Pomegranate Seeds. International Journal of Food Engineering, 7(2):7.
TEPIC, A. N., SUMIC, Z. M., VUKAN, M. B., 2010. Influence of Particle Diameter on the Colour of Ground Pepper (Capsicum annum. L.). Original Science Paper, 41: 87-93.
TOONTOM, N., MEENUNE, M., POSRI, W., and LERTSIRI, S., 2012. Effect of Drying Method on Physical and Chemical Quality, Hotness and Volatile Flavour Charactarestic of Dried Chilli. International Food Research Journal, 19(3): 1023-1031.
TOPUZ, A., FENG, H., KUSHAND, M., 2009. The Effect of Drying Method and Storage on Color Characteristic of Paprika. Food Science and Technology, 42: 1667-1673.
TOUJANİ M., HASSİNİ L., AZZOUZ S. and BELGHİTH A., 2013. Experimental Study and Mathematical Modeling of Silverside Fish Convective Drying, J. Food Process. Preserv., 37: 930–938.
TRAFFANO-SCHİFFO M. V., CASTRO-GİRÁLDEZ M., FİTO P. J. and BALAGUER N., 2014. Thermodynamic Model of Meat Drying by İnfrared Thermography. J. Food Eng., 128: 103–110.
TRIM D.S., KO H.Y., 1982."Development of A Forced Convection Solar Dryer for Red Peppers", Tropical Agriculture, 59 (4), 319-323.
TUNÇER I.K., 1995."Kahramanmaraş Kırmızı Biberi İç Pazara ve İhracata Yönelik Nasıl İşlenmeli?", K.S.Ü. Rektörlüğü, 11, 26-30.
TUNDE-AKINTUNDE TY. Effects of pre-treatment on drying time and quality of

chilli pepper. J Food Process Preserv. 2010;34(4):595–608.
TÜİK, 2018, http://www.tuik.gov.tr, Aralık 2018 (15 Nisan 2019)
VALAZGUEZ, R., HERNANDEZ, A., MARTIN, A., ARANDA, E., GALLARDO, G., BARTOLOME, T., and CORDOBA, M. G., 2014. Quality Assessment of Commercial Paprikas. International Journal of Food Science and Technology, 49: 830-839.
VEGA-GALVEZ, A., DI SCALA, K., RODRIGUEZ, K., LEMUS-MONDACA, R., MIRANDA, M., LOPEZ, J., and PEREZ-WON, M., 2009. Effect Of Air-Drying Temperature on Physico-Chemical Properties, Antioxidant Capacity, Color and Total Phenolic Content of Red Pepper (*Capsicum annum* L. var. Hungarian). Food Chemistry Science Dırect, 117: 647-653.
VEGA-GALVEZ, A., LEMUS-MONDACA, R., BILBAO-SAINZ, C., FITO, P., and ANDRES, A., 2008. Effect Of Air Drying Temperature on the Quality Of Rehydrated Dried Red Bel Pepper (var. Lamuyo). Journal of Food Engineering 85: 42-50.
VELAZGUEZ, R., HERNANDEZ, A., MARTIN,A., ARANDA, E., GALLARDO,G., BARTOLOME, T., ve CORDOBA, M. G., 2014. Quality Assesment of Commercial Paprikas. International Journal of Food Science and Technology, 49: 830-839.
WWW.TARIMSALISTATISTIK.COM
YAĞCIOĞLU, A., 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, 348s.
ZHUANG, Y., CHEN, L., SUN, L., CAO, J., 2012. Bioactive Characteristic and Antioxidant Activities of Nine Peppers. Journal of Functional Foods SciVerse Science Direct, 4: 331-338.
ZOGZAS, N.P., MAROULIS, Z.B. VE MARINOS-KOURIS, D., (1996), "Moisture Diffusivity Data Compilation in Foodstuffs.", Drying Technology, 14:2225-2253.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ayşe Fulya HABİBOĞLU ÖĞRETMEN

Uyruğu : T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa - 01.01.1992

Telefon : 0507 990 14 80

e-mail : fulyahabiboglu@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:Y.KemalBeyatlıAnd.Lisesi/ŞANLIURFA	2010
Üniversite	:Yüzüncü Yıl Üniversitesi/VAN	2014
Yüksek Lisans	:Harran Üniversitesi/ŞANLIURFA	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
AĞU 2014 - NİSAN 2015	URFA DAMAK YEMEK FABRİKASI	GIDA MÜHENDİSİ
2015- 2016	EVLİYA ÇELEBİ MESLEKİ TEKNİK AND.LİSESİ	GIDATEKNOLOJİLERİ ÖĞRETMENİ
MART 2017- OCAK 2018	SUSAMHANE GIDA İMALAT A.Ş	GIDA MÜHENDİSİ
ŞUBAT 2018- TEM 2018	VİZYON YEMEK FABRİKASI	GIDA MÜHENDİSİ
2018-DEVAM	BİLEŞKE ÖZEL ÖĞRETİM KURSU	YÖNETİCİ

YAYINLAR

1- **HABİBOĞLU A.,F.,** YILDIRIM A., KARABOĞA Z.,, ATASOY A., F., (2016)**.** Antifiriz Proteinler ve Gıdalarda Kullanımı. Türkiye 12. Gıda Kongresi, pp:232. 05-07 Ekim 2016; Trakya Üniversitesi, Edirne (Özet-Poster).

2- YILDIRIM A., KARABOĞA Z., **HABİBOĞLU A., F.,** ATASOY A., F., (2016). Mardin Peksimeti (Bakısma). Türkiye 12. Gıda Kongresi, pp:250, 05-07 Ekim 2016; Trakya Üniversitesi, Edirne (Özet-Poster).

3- OCAK E., **HABİBOĞLU A., F.,** AKKOL S., (2014). Geleneksel Gıdalara Toplumun Bakış Açısı. Türkiye 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, pp:563, 05-17-19 Nisan 2014; Çukurova Üniversitesi, Adana (Özet-Poster).