

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ŞANLIURFA PUL BİBERLERİNİN (İSOT) ÜRETİM VE DEPOLAMA
AŞAMALARINDA MEYDANA GELEN BAZI FİZİKOKİMYASAL VE
BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİN SAPTANMASI**

Aziz KORKMAZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**2016
ŞANLIURFA**

Prof. Dr. A. Ferit ATASOY danışmanlığında Aziz KORKMAZ'ın hazırladığı “Şanlıurfa Pul Biberlerinin (İsot) Üretim ve Depolama Aşamalarında Meydana Gelen Bazı Fizikokimyasal ve Biyokimyasal Değişimlerin Saptanması” konulu bu çalışma 30/09/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof Dr. A. Ferit ATASOY

Üye : Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU

Üye : Prof. Dr. Osman KOLA

Üye : Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU.....

Üye : Prof. Dr. Ayhan ATLI

Bu Tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK ve GAP İdaresi Başkanlığı (GAP İSOT) Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 14010

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	vii
SİMGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. Materyal	23
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Pul biberlerin üretimi	23
3.2.1.1. Geleneksel isot (Gİ) üretimi	26
3.2.1.2. Pul kırmızıbiber (PKB) üretimi	27
3.2.1.3. Endüstriyel isot (Eİ) üretimi	28
3.2.2. Örneklerin analizlere hazırlanması	28
3.2.3. Fizikokimyasal analizler	29
3.2.3.1. Nem analizi	29
3.2.3.2. Su aktivitesi analizi	29
3.2.3.3. Toplam titrasyon asitliği ve pH analizi	29
3.2.4. Aflatoksin analizi	30
3.2.4.1. Ekstraksiyon ve temizleme	30
3.2.4.2. HPLC koşulları	31
3.2.4.3. Hesaplama	31
3.2.5. Renk analizleri özellikleriyle ilgili analizler	32
3.2.5.1. Ekstrakte edilebilir renk (ASTA) analizi	32
3.2.5.2. Kırmızılık/sarıklık oranı analizi	33
3.2.5.3. Esmerleşme indeksi analizi	33
3.2.5.4. Yüzey renk analizi	33
3.2.5.5. Toplam karotenoid analizi	34
3.2.5.5.1. Ekstraksiyon	34
3.2.5.5.2. Hesaplama	35
3.2.6. Acılık özellikleriyle ilgili analizler	35
3.2.6.1. Kapsaisinoid analizi	35
3.2.6.1.1. Ekstraksiyon	35
3.2.6.1.2. HPLC Koşulları	36
3.2.6.1.3. Hesaplama	36
3.2.6.2. Scoville acılık biriminin hesaplanması	36
3.2.7. Antioksidan kapasitesi analizi	37
3.2.8. C vitamini analizi	37
3.2.8.1. Ekstraksiyon	38
3.2.8.2. HPLC koşulları	38
3.2.8.3. Hesaplama	38
3.2.9. Uçucu bileşik analizi	38
3.2.9.1. Ekstraksiyon	39
3.2.9.2. Kromatografik analiz	39
3.2.9.3. Uçucu bileşiklerin tanımlanması	40
3.2.9.4. Hesaplama	40
3.2.10. İstatistik analizler	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	42
4.1. Pul Kırmızıbiber Üretimi Sırasında Taze Biberde Meydana Gelen Değişimler	42
4.1.1. Fizikokimyasal özelliklerdeki değişimler	42
4.1.1.1. Nem miktarı	43

4.1.1.2. Su aktivitesi (a_w).....	45
4.1.1.3. pH ve titrasyon asitliği.....	47
4.1.2. Aflatoksin içeriğindeki değişimler.....	48
4.1.3. Renk özelliklerindeki değişimler.....	50
4.1.3.1. Ekstrakte edilebilir renkte (ASTA) ve kırmızılık/sarıklık oranı	50
4.1.3.2. Esmerleşme indeksi	52
4.1.3.3. Yüzey renk parametreleri	53
4.1.3.4. Toplam karotenoid içerikleri	56
4.1.4. Kapsaisinoidler ve acılık özelliklerindeki değişimler.....	58
4.1.4.1. Kapsaisinoid içerikleri.....	58
4.1.4.2. Scoville acılık birimi (SHU).....	60
4.1.5. Antioksidan kapasitesindeki değişimler	61
4.1.6. C vitaminindeki değişimler.....	63
4.1.7. Uçucu bileşiklerdeki değişimler	64
4.1.7.1. Terpenoidler	73
4.1.7.2. Aldehitler.....	74
4.1.7.3. Alkoller.....	76
4.1.7.4. Ketonlar.....	77
4.1.7.5. Esterler.....	78
4.1.7.6. Asitler	80
4.1.7.7. Alkanlar	81
4.1.7.8. Aromatik hidrokarbonlar	82
4.1.7.9. Furanlar	83
4.1.7.10. Pirazinler	84
4.1.7.11. Sülfür bileşikleri	86
4.1.7.12. Diğer uçucu bileşikler.....	86
4.2. Geleneksel İso Üretimi Sırasında Taze Biberde Meydana Gelen Değişimler.....	88
4.2.1. Fizikokimyasal özelliklerdeki değişimler	88
4.2.1.1. Nem miktarı.....	88
4.2.1.2. Su aktivitesi	89
4.2.1.3. pH ve titrasyon asitliği.....	90
4.2.2. Aflatoksin içeriğindeki değişimler.....	92
4.2.3. Renk özelliklerindeki değişimler	93
4.2.3.1. Ekstrakte edilebilir renk (ASTA) ve kırmızılık/sarıklık oranı	93
4.2.3.2. Esmerleşme indeksi	95
4.2.3.3. Yüzey renk parametreleri	97
4.2.3.4. Toplam karotenoid içerikleri	99
4.2.4. Kapsaisinoidler ve acılık özelliklerindeki değişimler	101
4.2.4.1. Kapsaisinoid içerikleri.....	102
4.2.4.2. Scoville acılık birimi (SHU).....	103
4.2.5. Antioksidan kapasitesinde meydana gelen değişimler.....	104
4.2.6. C vitamini içeriğindeki değişimler.....	105
4.2.7. Uçucu bileşiklerde meydana gelen değişimler.....	106
4.2.7.1. Terpenoidler	113
4.2.7.2. Aldehitler.....	114
4.2.7.3. Alkoller.....	116
4.2.7.4. Ketonlar.....	117
4.2.7.5. Esterler.....	118
4.2.7.6. Asitler	120
4.2.7.7. Alkanlar	121
4.2.7.8. Aromatik hidrokarbonlar	122
4.2.7.9. Furanlar	123
4.2.7.10. Pirazinler	125
4.2.7.11. Sülfür bileşikleri	126
4.2.7.12. Diğer uçucu bileşikler.....	126
4.3. Üretilen Pul Biberlerin Özellikleri ve Depolama Sırasında Bu Özelliklerde Meydana Gelen Değişimler.....	128
4.3.1. Fizikokimyasal özellikler ve depolama sırasındaki değişimleri	128

4.3.1.1. Nem miktarı.....	129
4.3.1.2. Su aktivitesi	130
4.3.1.3. pH ve titrasyon asitliği.....	132
4.3.1.4. Aflatoksin içerikleri ve depolama sırasındaki değişimleri.....	134
4.3.2. Renk özellikleri ve depolama sırasındaki değişimleri	136
4.3.2.1. Ekstrakte edilebilir renk (ASTA) ve kırmızılık/sarıklık oranı	136
4.3.2.2. Esmerleşme indeksi	138
4.3.2.3. Yüzey renk parametreleri	141
4.3.2.4. Toplam karotenoid içerikleri ve depolama sırasındaki değişimleri	148
4.3.3. Acılık özellikleri ve depolama sırasındaki değişimleri	152
4.3.3.1. Kapsaisinoid içerikleri.....	152
4.3.3.2. Scoville acılık birimleri	159
4.3.4. Antioksidan kapasitesi ve depolama sırasındaki değişimleri.....	160
4.3.5. C vitamini içeriği ve depolama sırasındaki değişimleri	162
4.3.6. Uçucu bileşikler ve depolama sırasındaki değişimleri	164
4.3.6.1. Terpenoidler ve depolama sırasındaki değişimleri	202
4.3.6.2. Aldehitler ve depolama sırasındaki değişimleri.....	206
4.3.6.3. Alkoller ve depolama sırasındaki değişimleri	209
4.3.6.4. Ketonlar ve depolama sırasındaki değişimleri	212
4.3.6.5. Esterler ve depolama sırasındaki değişimleri	215
4.3.6.6. Asitler ve depolama sırasındaki değişimleri	218
4.3.6.7. Alkanlar ve depolama sırasındaki değişimleri	221
4.3.6.8. Aromatik hidrokarbonlar ve depolama sırasındaki değişimleri	224
4.3.6.9. Furanlar ve depolaması sırasındaki değişimleri.....	226
4.3.6.10. Pirazinler ve depolama sırasındaki değişimleri	229
4.3.6.11. Sülfür bileşikleri ve depolama sırasındaki değişimleri	232
4.3.6.12. Diğer uçucu bileşikler ve depolama sırasındaki değişimleri	234
4.3.6.13. Temel bileşenler analizi (TBA)	235
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	239
5.1. Sonuçlar	239
5.2. Öneriler	247
KAYNAKLAR	250
ÖZGEÇMİŞ	266
EKLER.....	268
EK-1. Aflatoksin analizine ait kromatogramlar	268
EK-2. Kapsaisinoid analizinde elde edilen kromatogramlar.....	270
EK-3. C vitamini analizine ait kromatogramlar	273
EK-4. Uçucu bileşik analizine ait kromatogramlar	276

ÖZET

Doktora Tezi

ŞANLIURFA PUL BİBERLERİNİN (İSOT) ÜRETİM VE DEPOLAMA AŞAMALARINDA MEYDANA GELEN BAZI FİZİKOKİMYASAL VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİN SAPTANMASI

Aziz KORKMAZ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Ferit ATASOY
Yıl: 2016, Sayfa: 277

Bu çalışmada, taze kırmızıbiberlerden (*Capsicum annuum* L, İnan3363) (TB), Şanlıurfa'ya ait geleneksel isot (Gİ), endüstriyel isot (Eİ) ve pul kırmızıbiberlerin (PKB) üretim aşamalarında ve 12 aylık depolama sırasında bazı fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. TB ve her üç pul biberlerde nem oranı, su aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, ekstrakte edilebilir renk, toplam karotenoid içeriği, yüzey renk, esmerleşme indeksi, kapsaisinoid içeriği, Scoville acılık birimi (SHU), C vitamini miktarı, aflatoksin içeriği, antioksidan kapasitesi ve uçucu bileşik analizleri yapılmıştır. Pul biberlerin nem oranları arasında önemli farklar bulunmazken ($P>0.05$), su aktiviteleri farklılık göstermiş ve en düşük su aktivitesi Gİ'de bulunmuştur ($P<0.05$). Üretim sırasında renkte olumsuz değişim en az PKB'de belirlenmiş ve her üç pul biberin renk kalitesine depolama süresinin olumsuz etki gösterdiği saptanmıştır ($P<0.05$). Toplam kapsaisinoid içeriğinin üretim sonunda Gİ'de arttığı, PKB'de ise azaldığı belirlenmiştir ($P<0.05$). Depolama sırasında ise pul biberlerde kapsaisinoid miktarı düzenli olmayan değişimler göstermiştir. Gerek TB gerekse pul biberlerin orta düzeyde acı olduğu tespit edilmiştir. Üretim ve depolama sırasında pul biberlerin aflatoksin içeriklerinin yasal limitlere göre ihmal edilebilir düzeylerde olduğu saptanmıştır. C vitamini isot üretimlerinde tamamen kaybolduğu, PKB'de ise yaklaşık yarısının azaldığı ve bu miktarın da depolamanın altıncı ayından sonra tamamen parçalandığı belirlenmiştir. Pul biberlerin üretimi sırasında artan ve azalan değişimler gösteren antioksidan kapasitenin üretimler sonunda yükseldiği ($P<0.05$), en yüksek ve ne düşük antioksidan kapasite sırasıyla Eİ ve Gİ örneklerinde olduğu bulunmuştur ($P<0.05$). Depolama sırasında antioksidan kapasite Gİ'de yükselirken, PKB ve Eİ'de azalmıştır ($P<0.05$). Pul biberlerin üretimleri sırasında uçucu bileşik sayıları artarken, toplam uçucu bileşik miktarı Gİ'de yükseldiği, PKB'de ise azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). Temel bileşenler analizi (TBA) sonuçları, Gİ'nin uçucu bileşik profilinin TB ve diğer pul biberlerden oldukça farklı olduğunu göstermiştir. Uçucu bileşik miktarı depolama sırasında Gİ'de azaldığı, diğer iki pul biberde ise asetik asit artışına bağlı olarak depolama sonunda yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Elde edilen veriler ışığında, üretimde sıcaklığın yüksek olması ve oda sıcaklığında polietilen torbalarda depolanması durumunda pul biberlerin baharatlık kalitesinin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, raf ömrü boyunca pul biberlerin baharatlık kalite parametrelerinin korunabilmesi için etkin paketlenme ve depolama gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: *Capsicum annuum*, Urfa biberi, isot, baharat kalitesi, üretim yöntemi

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINATION OF SOME PHYSICOCHEMICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF THE TRADITIONAL ŞANLIURFA PEPPER SPICES (ISOT) DURING THEIR PRODUCTION AND STORAGE

Aziz KORKMAZ

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

Supervisor: Prof. Dr. A. Ferit ATASOY
Year: 2016, Page: 277

The objective of this study is to identify the changes that occur in some physiochemical and biochemical features of traditional *isot* (TRI), industrial *isot* (INI) and red pepper flakes (RPF), specific to Şanlıurfa from the fresh red peppers (*Capsicum annum* L. Inan3363) (FCP) during their production and 12-months storing. We have analyzed the moisture rate, water activity, pH, titratable acidity, extractable color, total carotenoid content, surface color, browning index, capsaicinoid content, Scoville heat unit (SHU), vitamin C amount, aflatoxin content, antioxidant capacity and volatile compounds in FCP and the three spice peppers. While no significant difference has been found among the moisture rates of the the spices ($P>0.05$), there are differences among their water activities and TRI has been found to have the lowest water activity ($P<0.05$). RPF has the least negative change in color during the production and it has been identified that color quality of the all three peppers has been negatively influenced by the storing period ($P<0.05$). Total capsaicinoid content increases at TRI and decreases for the RPF at the end of the production ($P<0.05$). Capsaicinoid amount of spice peppers has irregular changes during the storing. It has been found that both FRC and its spices have medium level heat. It has been identified that aflatoxin contents of the spice pepers are at the negligible levels as required by the legal limits during the production and storing. It has been analyzed that vitamin C is completely lost during isot types productions and decreased around in half in RPF and such amount is completely fragmented after the sixth month of the storing. It has been found that antioxidant capacity, showing ups and down during the production of the spices peppers, increases at the end of the production and the highest and the lowest antioxidant capacity has been found in INI and TRI samples, respectively ($P<0.05$). While antioxidant capacity in TRI increases, it decreases in RPF and INI during the storing ($P<0.05$). It has been identified that while the number of the volatile compounds increases during the production of red pepper flakes, the total volatile compound amount increases in TRI and decreases in RPF ($P<0.05$). Analysis results of the principal component analysis (PCA) show that volatile compound profile of TRI is considerably different than FCP and spices pepers. It has been observed that volatile compound amount increases in TRI during the storing and for other two spices; it increases at the end of the storing depending on the acetic acid increase ($P<0.05$). In parallel with such data, it has been identified that spice quality of the spices peppers has been negatively affected in the event of high temperature during production and storing in polyethylene bags at room temperature. Therefore, effective packing and storing are required to protect the spice quality parameters of the spices peppers during shelf life.

KEY WORDS: *Capsicum annum*, Urfa pepper, isot, spices quality, production method

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince akademik deneyim ve birikimiyle beni motive eden, çalışmamın fikir aşamasında beni cesaretlendiren ve bu çalışmamın başından sonuna kadar bilgi ve tecrübesiyle bana destek olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Ferit ATASOY'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmaları için her türlü imkânı sağlayan, analizlerde deneyimlerini ve emeğini esirgemeyen İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU'na ve aynı bölümde analizlerde bana yardımcı eden Yrd. Doç. Dr. Didem ŞAHİNGİL, Araştırma Görevlisi Okan LEVENT ve diğer bölüm elemanlarına, fikirleriyle çalışmama katkı sağlayan bölüm hocalarımdan Sayın Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU'na ve ders döneminde desteğini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Şerafettin ÇELİK'e, Gıda Mühendisi Esra KARA'ya, Ceylanpınar Gıda Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürü Menduh DİNLER'e, çalışmama maddi destek sağlayan Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü ve GAP İdaresi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Ayrıca, beni okutan babama (merhum) ve anneme, çalışmalarım süresince manevi desteklerini esirgemeyen eşim Özlem KORKMAZ'a ve çalışmam dolayısıyla yeterince zaman ayıramadığım kızım Zine'ye teşekkür ederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Projede kullanılan taze Urfa biberi.....	23
Şekil 3.2. Biberlerin parçalanması ve güneşte kurutulması.....	24
Şekil 3.3 Yarı kurutulmuş (48 saat kurutulmuş) biberler	25
Şekil 3.4. Pul biberlerin üretim akış şeması	25
Şekil 3.5 Geleneksel isot üretiminde terletme işlemi	26
Şekil 3.6. Üretilen geleneksel isot	27
Şekil 3.7. Üretilen pul kırmızıbiber.....	27
Şekil 3.8. Üretilen endüstriyel isot biberi.....	28
Şekil 3.9. Analizler için hazırlanmış örnekler	28
Şekil 4.1. Güneşte kurutma sırasında nem oranındaki değişim.....	43
Şekil 4.2. Güneşte kurutma sırasında su aktivitesindeki değişim.....	45
Şekil 4.3. Güneşte kurutma sırasında pH ve titrasyon asitliğindeki değişim	47
Şekil 4.4 Güneşte kurutma sırasında ASTA değerinde meydana gelen değişim.....	51
Şekil 4.5. Güneşte kurutma sırasında esmerleşme indeksindeki değişim.....	53
Şekil 4.6 Güneşte kurutma sırasında fiziksel renk ölçerindeki değişim	54
Şekil 4.7. Güneşte kurutma sırasında toplam karotenoid içeriklerindeki değişim	57
Şekil 4.8. Güneşte kurutma sırasında kapsaisinoid içeriklerindeki değişim.....	59
Şekil 4.9. Güneşte kurutma sırasında acılık düzeyinde meydana gelen değişim.....	61
Şekil 4.10 Güneşte kurutma sırasında antioksidan kapasitesindeki değişim.....	62
Şekil 4.11 Güneşte kurutma sırasında C vitamini içeriğindeki değişim.....	64
Şekil 4.12. Güneşte kurutma sırasında uçucu bileşik gruplarında meydana gelen değişimler	72
Şekil 4.13. Güneşte kurutma sırasında toplam terpenoid içeriğinde meydana gelen değişimler.....	73
Şekil 4.14. Güneşte kurutma sırasında toplam aldehit içeriğinde meydana gelen değişimler.....	74
Şekil 4.15. Güneşte kurutma sırasında toplam alkol içeriğinde meydana gelen değişimler.....	76
Şekil 4.16. Güneşte kurutma sırasında toplam keton içeriğinde meydana gelen değişimler.....	77
Şekil 4.17. Güneşte kurutma sırasında toplam ester içeriğinde meydana gelen değişimler	79
Şekil 4.18. Güneşte kurutma sırasında toplam asit içeriğinde meydana gelen değişimler	80
Şekil 4.19. Güneşte kurutma sırasında toplam alkan içeriğinde meydana gelen değişimler	81
Şekil 4.20. Güneşte kurutma sırasında toplam aromatik hidrokarbon içeriğinde meydana gelen değişimler.....	82
Şekil 4.21. Güneşte kurutma sırasında toplam furan içeriğinde meydana gelen değişimler	84
Şekil 4.22. Güneşte kurutma sırasında toplam pirazin içeriğinde meydana gelen değişimler.....	85
Şekil 4.23. Güneşte kurutma sırasında toplam sülfür bileşikler içeriğinde meydana gelen değişimler.....	86
Şekil 4.24. Geleneksel isot üretimi sırasında nem oranında meydana gelen değişimler	89
Şekil 4.25. Geleneksel isot üretimi sırasında su aktivitesinde meydana gelen değişimler	90
Şekil 4.26. Geleneksel isot üretimi sırasında pH ve titrasyon asitliğindeki değişimler.....	91
Şekil 4.27. Geleneksel isot üretimi sırasında ASTA değerindeki değişimler.....	93
Şekil 4.28 Geleneksel isot üretimi sırasında esmerleşme indeksindeki değişimler	96
Şekil 4.29. Geleneksel isot üretimi sırasında fiziksel renk ölçerindeki değişimler	98
Şekil 4.30. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam karotenoid miktarındaki değişimleri	100
Şekil 4.31. Geleneksel isot üretimi sırasında kapsasinioid içeriklerindeki değişimler	102
Şekil 4.32. Geleneksel isot üretimi sırasında acılık düzeyinde meydana gelen değişimler.....	103
Şekil 4.33. Geleneksel isot üretimi sırasında antioksidan kapasitesindeki değişimler	104
Şekil 4.34. Geleneksel isot üretimi sırasında C vitamini içeriğindeki değişimler.....	106
Şekil 4.35. Geleneksel isot üretimi sırasında uçucu bileşik gruplarındaki değişimler	111
Şekil 4.36. Geleneksel isot üretimi sırasında terpenoid içeriğindeki değişimler.....	113
Şekil 4.37 Geleneksel isot üretimi sırasında toplam aldehit içeriğindeki değişimler	115
Şekil 4.38 Geleneksel isot üretimi sırasında toplam alkol içeriğindeki değişimler.....	116
Şekil 4.39. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam keton içeriğindeki değişimler	117
Şekil 4.40. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam ester içeriğindeki değişimler	119
Şekil 4.41. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam asit içeriğindeki değişimler	120
Şekil 4.42. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam alkan içeriğindeki değişimler	122

Şekil 4.43. Geleneksel isot üretiminde aromatik hidrokarbon içeriğindeki değişimler.....	123
Şekil 4.44. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam furan içeriğindeki değişimler	124
Şekil 4.45. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam pirazin içeriğindeki değişimler	125
Şekil 4.46. Geleneksel isot üretiminde sülfür bileşikleri içeriğindeki değişimler	126
Şekil 4.47. Pul biberlerin nem oranları.....	129
Şekil 4.48. Depolama sırasında pul biberlerin nem oranındaki değişimler	129
Şekil 4.49. Pul biberlerin su aktiviteleri	130
Şekil 4.50. Depolama sırasında pul biberlerin su aktivitesindeki değişimler	131
Şekil 4.51. Pul biberlerin pH değerleri ve tirasyon asitlikleri	132
Şekil 4.52. Depolama sırasında pul biberlerin pH değerlerindeki değişimler	133
Şekil 4.53. Depolama sırasında pul biberlerin titrasyon asitliğindeki değişimler	133
Şekil 4.54. Pul biberlerin ASTA değerleri	137
Şekil 4.55. Depolama sırasında biber örneklerinin ASTA değerindeki değişimler.....	137
Şekil 4.56. Biber baharatların esmerleşme indeksleri	139
Şekil 4.57. Depolama sırasında pul biberlerin esmerleşme indeksindeki değişimler	140
Şekil 4.58. Pul biberlerin yüzey renk parametreleri.....	142
Şekil 4.59. Depolama sırasında pul biberlerin L* değerindeki değişimler.....	143
Şekil 4.60. Depolama sırasında pul biberlerin a* değerindeki değişimler	144
Şekil 4.61. Depolama sırasında pul biberlerin b* değerindeki değişimler	145
Şekil 4.62. Depolama sırasında pul biberlerin C* değerindeki değişimler	146
Şekil 4.63. Depolama sırasında pul biberlerin h° değerindeki değişimler	146
Şekil 4.64. Pul biberlerin toplam karotenoid içerikleri	149
Şekil 4.65. Pul biberlerin depolama sırasında toplam karotenoid içeriklerindeki değişimler	150
Şekil 4.66. Pul biberlerin kapsaisinoid içerikleri.....	153
Şekil 4.67. Depolama sırasında pul biberlerin n-DHK içeriğindeki değişimler	155
Şekil 4.68. Depolama sırasında pul biberlerin KAP içeriğindeki değişimler	155
Şekil 4.69. Depolama sırasında pul biberlerin DHK içeriğindeki değişimler	156
Şekil 4.70. Depolama sırasında pul biberlerin h-DHK içeriğindeki değişimler	157
Şekil 4.71. Depolama sırasında pul biberlerin toplam kapsaisinoid içeriğindeki değişimler	158
Şekil 4.72. Pul biberlerin acılık birimleri	159
Şekil 4.73. Depolama sırasında pul biberlerin acılık düzeyindeki değişimler.....	159
Şekil 4.74. Pul biberlerin antioksidan kapasiteleri	161
Şekil 4.75. Depolama sırasında pul biberlerin antioksidan kapasitelerindeki değişimler	161
Şekil 4.76. Pul biberlerin uçucu bileşik gruplarına ait miktarlar	196
Şekil 4.77. Pul biberlerin toplam uçucu bileşik sayıları ve içerikleri	199
Şekil 4.78. Depolama sırasında toplam uçucu bileşik içeriğinde meydana gelen değişimler	200
Şekil 4.79. Depolama sırasında toplam uçucu bileşik sayılarında meydana gelen değişimler	201
Şekil 4.80. Pul biberlerin toplam terpenoid içeriği ve sayısı.....	203
Şekil 4.81. Depolama sırasında pul biberlerin toplam terpenoid içeriklerindeki değişimler.....	205
Şekil 4.82. Depolama sırasında pul biberlerin terpenoid sayılarındaki değişimle.....	205
Şekil 4.83. Pul biberlerin toplam aldehit içerikleri ve sayıları	206
Şekil 4.84. Depolama sırasında pul biberlerin toplam aldehit içeriklerindeki değişimler	208
Şekil 4.85. Depolama sırasında pul biberlerin aldehit sayılarındaki değişimler.....	208
Şekil 4.86. Pul biberlerin toplam alkol içerikleri ve sayılar	209
Şekil 4.87. Depolama sırasında pul biberlerin toplam alkol içeriklerindeki değişimler.....	211
Şekil 4.88. Depolama sırasında pul biberlerin alkol sayılarındaki değişimler	211
Şekil 4.89. Pul biberlerin toplam keton içerikleri ve bileşik sayıları.....	212
Şekil 4.90. Depolama sırasında pul biberlerin toplam keton içeriklerindeki değişimler	214
Şekil 4.91. Depolama sırasında pul biberlerin keton sayılarındaki değişimler.....	214
Şekil 4.92. Pul biberlerin toplam keton içerikleri ve bileşik sayıları.....	215
Şekil 4.93. Depolama sırasında pul biberlerin toplam ester içeriklerindeki değişimler	216
Şekil 4.94. Depolama sırasında pul biberlerin ester sayılarındaki değişimler	217
Şekil 4.95. Pul biberlerin toplam uçucu asit içerikleri ve bileşik sayıları	219
Şekil 4.96. Depolama sırasında pul biberlerin toplam uçucu asit içeriklerindeki değişimler.....	220
Şekil 4.97. Depolama sırasında pul biberlerin uçucu asit sayılarındaki değişimler	220
Şekil 4.98. Pul biberlerin toplam alkan içerikleri ve bileşik sayıları.....	222
Şekil 4.99. Depolama sırasında pul biberlerin toplam alkan içeriklerindeki değişimler	223
Şekil 4.100. Depolama sırasında pul biberlerin alkan sayılarındaki değişimler.....	223

Şekil 4.101. Pul biberlerin toplam aromatik hidrokarbon içerikleri ve bileşik sayıları	224
Şekil 4.102. Depolamada pul biberlerin toplam aromatik hidrokarbon içeriklerindeki değişimler	225
Şekil 4.103. Depolama sırasında pul biberlerin aromatik hidrokarbon sayılarındaki değişimler ..	225
Şekil 4.104. Pul biberlerin toplam furan içerikleri ve bileşik sayıları	227
Şekil 4.105. Depolama sırasında pul biberlerin furan içeriklerindeki değişimler	228
Şekil 4.106. Depolama sırasında pul biberlerin furan sayılarındaki değişimler	228
Şekil 4.107. Pul biberlerin toplam pirazin içerikleri ve bileşik sayıları	230
Şekil 4.108. Depolama sırasında pul biberlerin toplam pirazin içeriklerindeki değişimler	231
Şekil 4.109. Depolama sırasında pul biberlerin pirazin sayılarındaki değişimler	231
Şekil 4.110. Baharatların toplam sülfür bileşikleri içerikleri ve sayıları	232
Şekil 4.111. Depolama sırasında pul biberlerin uçucu sülfür bileşikleri içeriklerindeki değişimler	233
Şekil 4.112. Depolama sırasında pul biberlerin uçucu sülfür bileşikleri sayılarındaki değişimler	233
Şekil 4.113. Taze biber ve pul biberlerin Temel Bileşen skorlarına ait grafik	236
Şekil 4.114. TB ve pul biberlerin Temel Bileşen yüklerine ait grafik	237



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Kullanılan aflatoksin analiz metoduna ait performans göstergeleri	32
Çizelge 4.1. Güneşte kurutma sırasında biberlerin fizikokimyasal özelliklerindeki değişimlere ait değerler	42
Çizelge 4.2. Güneşte kurutma sırasında biberlerin aflatoksin içerikleri (µg/kg).....	48
Çizelge 4.3. Güneşte kurutma sırasındaki ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları	50
Çizelge 4.4. Güneşte kurutma sırasında esmerleşme indeksine ait değerler	52
Çizelge 4.5. Güneşte kurutma sırasında yüzey renk parametrelerine ait değerler.....	54
Çizelge 4.6. Yüzey renk parametreleri ile su aktivitesi, esmerleşme indeksine ve yüzey renk değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	56
Çizelge 4.7. Güneşte kurutma sırasında biberlerin toplam karotenoid miktarlarında değişimler, (mg/kg KM).....	56
Çizelge 4.8. Güneşte kurutma sırasındaki kapsaisinoid içerikleri (mg/kg KM) ve Scoville acılık birimleri	58
Çizelge 4.9. Güneşte kurutma sırasında DPPH temizleme oranındaki değişimler	62
Çizelge 4.10. Güneşte kurutma sırasında biberlerin C vitamini içerikleri (mg/10 g KM)	63
Çizelge 4.11. Güneşte kurutma sırasında kırmızıbiberin uçucu bileşikler miktarları (µg/kg KM).....	66
Çizelge 4.12. Güneşte kurutma sırasında uçucu bileşik gruplarında meydana gelen değişimler	70
Çizelge 4.13. Geleneksel isot üretimi sırasında fizikokimyasal özelliklerde ait değerler	88
Çizelge 4.14. Geleneksel isot üretimi sırasındaki aflatoksin içerikleri, (µg/kg).....	92
Çizelge 4.15. Geleneksel isot üretimi sırasındaki ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları ...	93
Çizelge 4.16. Geleneksel isot üretimi sırasındaki esmerleşme indeksleri	95
Çizelge 4.17. Geleneksel isot sırasındaki yüzey renkte parametrelerine ait değerler.....	97
Çizelge 4.18. Geleneksel isot üretim sırasındaki yüzey renk parametreleri ile su aktivitesi, nem oranı, esmerleşme indeksine ve ASTA değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.....	99
Çizelge 4.19. Geleneksel isot üretimi sırasındaki toplam karotenoid içerikleri (mg/kg KM)	100
Çizelge 4.20. Geleneksel isot üretimi sırasındaki kapsaisinoid içerikleri (mg/kg KM) ve acılık birimlerine (SHU) ait değerler	101
Çizelge 4.21. Geleneksel isot üretimi sırasında örneklerin DPPH temizleme oranları	104
Çizelge 4.22. Geleneksel isot üretimi sırasındaki C vitamini içerikleri (mg/10 g KM)	105
Çizelge 4.23. Geleneksel isot üretimi sırasında uçucu bileşik miktarları (µg/kg KM).....	107
Çizelge 4.24. Geleneksel isot üretiminde uçucu bileşik gruplarında meydana gelen değişimler ..	112
Çizelge 4.25. Pul biberlerin nem oranı, su aktivitesi, pH değeri ve titrasyon asitliği değerleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri	128
Çizelge 4.26. Pul biberlerin aflatoksin içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri (µg/kg).....	135
Çizelge 4.27. Pul biberlerin ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları ve depolama sırasındaki değişimleri	136
Çizelge 4.28. Pul biberlerin esmerleşme indeksleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri	139
Çizelge 4.29. Pul biberlerin yüzey renk değerleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri.	142
Çizelge 4.30. Pul biberlerin depolama sırasındaki yüzey renk parametreleri ile su aktivitesi, nem oranı, esmerleşme indeksine ve ASTA değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	148
Çizelge 4.31. Pul biberlerin toplam karotenoid içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişim değerleri (mg/kg KM)	149
Çizelge 4.32. Pul biberlerin kapsaisinoid içerikleri (mg/kg KM), acılık birimleri ve bunların depolama sırasındaki değişim değerleri.....	152
Çizelge 4.33. Pul biberlerin antioksidan kapasiteleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri	160
Çizelge 4.34. Pul biberlerin C vitamini içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri (mg/10 g KM).....	163

Çizelge 4.35. Pul biberlerin uçucu bileşik profilleri ve depolama sırasındaki değişimleri (µg/kg KM).....	165
Çizelge 4.36. Pul biberlerin depolama sırasında uçucu bileşik gruplarındaki değişimlere ait veriler.....	197



SİMGELER DİZİNİ

Simgeler

A_s	Çözeltinin gerçek absorbansı
A_t	Teorik absorbans
a_w	Su aktivitesi
C_{10}	10 Karbonlu
C_{26}	26 Karbonlu
C_f	Cihaz faktörü
$^{\circ}C$	Santigrat derece
(E)	Trans izomer
kg	Kilogram
mg	Miligram
mEq	Miliekivalen
mL	Mililitre
mmHg	Milimetre civa
Mpa	Megapaskal
ng	Nanogram
nm	Nanometre
pH	Hidrojen konsantrasyonunun kologaritması
ppb	Milyarda bir oranı
rpm	Devir/dakika
μg	Mikrogram
μL	Mikrolitre
(Z)	Cis izomer

Kısaltmalar

AF	Aflattoksin
AFB ₁	Aflatoksin B1
AFB ₂	Aflatoksin B2
AFG ₁	Aflatoksin G1
AFG ₂	Aflatoksin G2
AI	Alıkonma İndisi
ANOVA	Varyans Analizi
AOAC	Analitik Kimyagerler Derneği
ASTA	Amerikan Baharat Ticaret Birliği
AZ	Alıkonma Zamanı
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
DHK	Dihidro kapsaisin
DPPH	2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil
EU	Avrupa Birliği
Eİ	Endüstriyel İ sot
FLD	Floresan Dedektör
GC	Gaz Kromatografisi
Gİ	Geleneksel İ sot
GK	Güneşte Kurutma
h-DHK	Homo-Dihidro kapsaisin
HPLC	Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi
HS	Tepe Boşluğu
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
İS ₁	İç Standart 1
İS ₂	İç Standart 2
KAP	Kapsaisin
KOH	Potasyum Hidroksit
PKB	Pul kırmızı biber

KM	Kuru Madde
k/s	Kırmızılık/Sarılık Oranı
LOD	Belirlenebilen Minimum Miktar
LOQ	Hesaplanabilen Minimum Miktar
LOX	Lipoksijenaz
MS	Kütle Spektrometresi
NIST	National Institute of Standards and Technology
n-DHK	Nor-Dihidrokapşaisin
PTFE	Politetrafloroetilen
RI	Alıkonma İndisi
SHU	Scoville Acılık Birimi
HS-SPME	Tepe Boşluğu Katı Faz Mikroekstraksiyon
TA	Titrasyon Asitliği
TB	Taze Biber
TBA	Temel Bileşenler Analizi
TB1	Temel Bileşen 1
TB2	Temel Bileşen 2
TK	Torbada Karartma
TGK	Türk Gıda Kodeksi
USA	Amerika Birleşik Devletleri

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojiye yaşanan ilerlemeler ve toplumların sosyo-ekonomik durumlarında meydana gelen iyileşmeler insanların yaşam standartlarının da yükselmesini sağlamıştır. Bu durumla eş zamanlı olarak bireylerin çalışma koşulları ve yaşam biçimleri de eskiye oranla köklü değişimlere uğramıştır. Küresel düzeyde yaşanan bu değişimler, kaçınılmaz olarak tüketicilerin beslenme biçimlerine de yansımış ve tüketiciler daha çok hazır veya işlenmiş gıdalara yönelmiştir. Bu durum, gıda pazarında ürün ve marka bazında çeşitliliğin artmasına ve buna bağlı olarak bir rekabet ortamının doğmasına neden olmuştur. Gıda üreticileri de, bu rekabetten kazançlı çıkabilmek için stratejilerini zorunlu olarak tüketici tercihlerine göre belirlemek durumunda kalmışlardır.

Bir gıdanın tüketicilerce tercih edilmesinde, duyuşal karakterlerin belirleyici bir etkisi bulunmaktadır (Cayot, 2007). Gıdaların duyuşal özellikleri görünüş, dokunma, koku ve tat-lezzet gibi algılar ile değerlendirilmektedir (Amerine ve ark., 1965). Bu bakımdan, gıdaların üretiminde ve pazarlanmasında bu duyulara yönelik olarak tüketici beklentilerini karşılayabilecek üretim veya işleme teknikleri önem arz etmektedir. Gıdaların hazırlanmasındaki temel işlemlerden biri de farklı hammadde veya ürünlerin belirli içeriklerde karıştırılmasıdır. Duyusal beğeniye yönelik gıda hazırlama süreçlerinde en eski uygulamalardan biri de baharatların kullanımıdır. Baharatlar, gıdaların orijinal tatlarını, lezzetlerini ve aromalarını geliştirerek duyuşal beğeniye katkı sağlamaktadır. Bu yönlerinden ötürü, binlerce yıldan beri doğal katkı maddeleri olarak kullanılmaktalar ve buna bağlı olarak da en eski ticari ürünlerdendirler. Tarih kaynaklarında, bazı baharatların ilkel dönemlerde tıbbi amaçlar için kullanıldığını bildirmektedir (Srinivasan, 2005). Eskiden olduğu gibi günümüzde de sıklıkla kullanılan baharatlardan biri de kırmızıbiber baharatıdır.

Kırmızıbiber, bilimsel adı *Capsicum annuum* olan biber bitkisinin tam olgunlaşmış halidir. Biber, Dünya genelinde yaygın olarak tüketilen bir sebzedir (Jung ark., 2015). Arkeolojik kazılar, bu bitkinin bundan yaklaşık 5 bin yıl önce de Güney

Amerika kıtasında kültür tarımının yapıldığını göstermektedir (Perry ve ark., 2007). Biberler, şekil, boyut, renk ve kimyasal kompozisyon gibi karakterlerine göre geniş bir çeşitliliğe sahiptirler. Otuzdan fazla türü olmasına rağmen tarımı yapılan başlıca türleri *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense* ve *C. pubescens*'dir. Günümüzde dünya genelinde ticari olarak en çok yetiştirilen türü *Capsicum annuum*'dur. Bu tür, acılık, şekil ve benzeri morfolojik özellikler bakımından geniş çeşitliliğe sahip olan bir türdür. (Wang ve Bosland, 2006; Bosland, 2010). *Capsicum* cinsinin, ülkelere göre yaygın kullanılan isimleri, chili, red chile, chilli pepper, hot red pepper, paprika, tabasco, cayenne, aji ve capsicumdur. (Basu ve Krishna De, 2003).

Sebze ve meyvelerin kurutularak muhafaza edilmesi eski çağlardan beri yapılagelen bir uygulamadır. Kırmızıbiberlerden elde edilen baharatlar da esasında bu kurutmaya dayalı üretimden gelmektedir. Bu sebzenin kurutulmuş hali Dünya'da en çok tüketilen baharatlardan biridir. Baharatlık tüketim dışında, kırmızıbiber sebze olarak yemeklerin hazırlanmasında; çeşitli mezeler, soslar, salçalar ve benzeri ürünlerin elde edilmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Kırmızıbiber tüketimini bu şekilde yaygın kılan özelliklerin başında rengi, aroması ve acılığı gelmektedir (Vega-Galvez ve ark., 2008). Taze kırmızıbiberden üretilen baharatlar veya işlem görmüş diğer türevlerinde pazarlanma kalitesini çoğunlukla bu özellikler belirlemektedir.

Biberler, olgunlaşma dönemlerine bağlı olarak yeşilden koyu kırmızıya kadar değişebilen aralıklardaki renk tonlarına sahip olabilmektedir. Olgunlaşmayla beraber yeşil renkli pigmentlerin miktarları azalırken kırmızı olanların içerikleri artmaktadır. Kırmızıbiberlerin karakteristik kırmızı rengi de karotenoid denilen bu pigmentlerden ileri gelmektedir (Giuffrida ve ark., 2013). Hasat sonrası süreçte bu karotenoidler çoğunlukla olumsuz etkilenmekte ve miktarlarında azalmalar meydana gelmektedir. Baharat üretimi için zorunlu bir işlem olan kurutma sırasında da karotenoid bileşiklerinde kayıplar gerçekleşebilmektedir. Renk maddelerindeki bozulma düzeyinin büyük oranda kurutma metodu veya uygulanan işlemin türüne bağlı olduğu bildirilmektedir (Topuz ve ark., 2011). Bu bakımdan kırmızıbiberlerin renk kalitesi çoğunlukla karotenoid içeriklerine dayalı metotlarla saptanmaktadır.

Kırmızıbiber baharatlarında acılık özelliği de duyuşal kalite yönünden önemli bir faktör olarak görölmektedir. Biberlerdeki acılıktan, alkaloid yapıdaki bileşikler olan kapsaisinoidler sorumludurlar (Pandey ve ark., 2010). Bu bileşikler biberlerin farmasotik fonksiyonlarından da sorumludur (Daood ve ark., 2002). Kapsaisinoidlerin konsantrasyonları daha çok biberin çeşidine bağıdır. *Capsicum* türlerinde doğa olarak 12 veya daha fazla sayıda farklı kapsaisinoid bileşiğı bulunabilmektedir (Cisneros-Pineda ve ark., 2007). Bu bileşik grubunun biberlerdeki toplam miktarı, büyük oranda KAP ve DHK bileşiklerinden oluşmaktadır (Al Othman ve ark., 2011). Taze biberlerden üretilmiş baharat veya başka ürünlerdeki acılık da bu bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Baharata işlenme sırasındaki kurutma koşullarının bu kapsaisinoidlerin düzeylerini etkilediğı belirtilmektedir (Kirschbaum-Titze ve ark., 2002) Biberlerdeki duyuşal acılık düzeyi de bu kapsaisinoidlerin içeriğine göre hesaplanmaktadır ve Scoville acılık birimi (Scoville Heat Unit, SHU) olarak ifade edilmektedir (Topuz ve Ozdemir, 2004).

Capsicum çeşitlerinde acılık ve renk özellikleri yanında, aroma karakteri de önemli bir kalite parametresi olarak kabul edilmektedir. Aroma, ağız içi ve burundaki tat-koku duyularıyyla hissedilebilen ve “flavor” olarak adlandırılan duyuşal özelliğın gelişmesinde ve gıdanın kabul edilebilirliğinde önemli rol almaktadır (Burdock, 2016). Flavour (lezzet) ve kokunun da doğrudan uçucu bileşik profili ile ilintili olduğı bildirilmektedir (Pino ve ark., 2006; Van Ruth ve ark., 2003; Ko ve ark., 2014). Kırmızıbiberden üretilen baharatlarda flavor üzerinde ve dolayısıyla tüketici memnuniyeti yönünden kokunun önemli rolü bulunmaktadır (Green, 1996). Taze *Capsicum* cinsinde uçucu bileşik profili türe, çeşide ve olgunluk durumuna göre değişebilmektedir. Çeşide bağılı olarak taze kırmızıbiberlerde tespit edilen uçucu bileşik sayısının 200’ye yakın olduğı belirtilmektedir (Junior ve ark., 2015; Luning ve ark., 1994; Buttery ve ark., 1969).

Uçucu bileşiklerin polarite, çözünürlük, uçuculuk, pH ve konsantrasyon gibi fizikokimyasal özellikleri stabil değildir (Da Costa ve Eri, 2005). Bu nedenle taze biberlerde kurutma ve ısıt işlemler gibi uygulamalara bağılı olarak bu bileşiklerde kolaylıkla buharlaşma olabileceğı gibi, oksidasyon ve/veya çeşitli reaksiyonların

gerçekleşmesiyle başka ürünlere dönüşebilmektedir (Ko ve ark., 2014). Özellikle uçucu özelliklerinden dolayı taze biberdeki aroma bileşikleri kurutma sırasında çoğunlukla kaybolmakta veya içerikleri azalmaktadır. Taze biberlerin uçucu bileşiklerindeki bu kayıplara bağlı olarak tazelik veya meyvemsi aromalar da etkisini yitirmektedir. Diğer taraftan, kurutma dâhil olmak üzere bu sebzenin işlenmesi esnasında meydana gelen çeşitli reaksiyonlar bazı uçucu bileşikleri de oluşturmaktadır. Uçucu bileşik kompozisyonlarındaki bu değişimlere bağlı olarak kırmızıbiberdeki uçucu bileşik profilleri değişmektedir (Luning ve ark., 1995a; Luning ve ark., 1995b). Son üründe uçucu bileşiklerin belirlenmesi gıdaların tipik aroma, özgünlük ve orijin yönünden değerlendirilebilmesine olanak sağlayabilmektedir (Bianchi ve ark., 2007; Caja ve Herraiz, 2009). Ancak, kurutma proseslerinin kırmızıbiberlerin uçucu bileşikleri üzerindeki etkisine yönelik yapılmış çalışmalar sınırlı sayıdadır.

Duyusal özellikleri yanında, biberler insan sağlığı açısından bazı fonksiyonel nitelikler de taşımaktadırlar (Serrano ve ark., 2010; Zhuang ve ark., 2012). Arkeolojik çalışmalar, Mayalar ve Azteklerin kırmızıbiberin medikal özelliğini keşfettikleri ve ağrı kesici olarak kullandıklarını göstermektedir (Basu ve Krishna De, 2004). Kırmızıbiberler, antioksidan etkili karotenoidler, flavonoidler, fenolik bileşikler, bazı vitaminler (C ve E vitaminleri, provitamin A ve B) açısından yüksek içeriklere sahiptirler. Biberlerin özellikle yüksek antioksidan kapasiteye bağlı olarak insan sağlığı üzerinde olumlu etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Vega-Galvez ve ark., 2009). Fitokimyasallar olarak bilinen bu bileşiklerin günlük yeterli miktarda tüketilmelerinin kanser ve kalp-damar dâhil olmak üzere yaygın bazı kronik hastalıkların önlenmesinde de olumlu etkilere sahip olabileceği belirtilmektedir (Namiki, 1990; Harris, 1996; Bramley, 2000; Navarro ve ark., 2006). Bu bakımdan, kırmızıbiberin tıbbi özellikleriyle ilgili bilimsel araştırmalar da önem kazanmaya başlamıştır.

Kırmızıbiberlerde kalite özelliklerini üretim sonrası süreçte de muhafaza edebilmesi ticari değeri açısından önem taşımaktadır. Özellikle, karotenoid miktarından kaynaklı renk verme kapasitesindeki azalma bu baharat için temel bir

problem olarak kabul edilmektedir (Daood ve ark., 2006). Karotenoid bileşiklerinin stabilitesi üzerinde depolama koşullarıyla birlikte (Morais ve ark., 2001) üretim yönteminin de (Perez-Galvez ve ark., 2009) belirleyici etmenler olduğu bildirilmektedir. Kırmızıbiber baharatlarında renk kalitesindeki kayıpları tanımlayan diğer bir özellik de enzimatik olmayan esmerleşmedir (Rhim ve Hong, 2011). Raf ömrü süresince bu baharatların renginde meydana gelen değişimlerde nem oranı ve su aktivitesi gibi fizikokimyasal parametrelerin kritik etkilerinin olduğu bildirilmektedir (Göğüs ve Eren, 1998; Topuz, 2008). Depolamanın acılık bileşiklerini de etkilediği ve süreye bağlı olarak depolama sonunda bu bileşiklerin miktarında azalmalar meydana gelebildiği bilinmektedir (Topuz ve Ozdemir, 2004) Depolama süresince kapsaisinoidlerin azalması acılık düzeyinin de düşmesine neden olmaktadır (Schweiggert ve ark., 2006). Kırmızıbiber baharatlarında aromadan sorumlu bileşiklerde depolama sırasında meydana gelebilecek değişimler de duyu kaliteyi önemli düzeyde etkileyecektir.

Capsicum cinsinden yapılan baharatlar gıda güvenliği açısından da üzerinde en çok durulan gıdalardan biridir. Tüketiciler için aflatoksin içermeye dayalı sağlık riski, bu ürünler için önemli bir kalite kusuru olarak kabul edilmektedir. Aflatoksinler, hasat öncesinden kurutma ve depolamaya kadar herhangi bir aşamada kırmızıbiberlerde gelişebilmektedir (Hierro ve ark., 2008). Aflatoksinler, *Aspergillus* türleri (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus nomius*) tarafından üretilen toksik etkili bileşiklerdir. Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı'na (International Agency of Research on Cancer, IARC) göre aflatoksinlerin, birinci grup kanserojenler olarak sınıflandırıldığı bildirilmektedir (Moss, 2002). Baharat çeşitleri ve diğer gıdalarda aflatoksinlerin B₁, B₂, G₁ ve G₂ formlarının bulunabildiği ve bunlar içerisinde de en toksik olanın B₁ olduğu bilinmektedir (Ardic ve ark., 2008). Bu nedenle, Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye dâhil olmak üzere Dünyanın birçok ülkesinde aflatoksin limitleri için yasal düzenlemeler yapılmıştır (Anonymous, 2010; Anonim, 2011).

Türkiye, biber yetiştiriciliğinde Çin ve Meksika'dan sonra Dünyada üçüncü büyük üretici konumundadır (Anonymous, 2013). Ancak, baharatlık kırmızıbiber üretiminde ise aynı sıralarda değildir (Anonymous, 2014b). Ülkemizde kırmızıbiberin

en yaygın tüketim biçimi baharat olarak değerlendirilmesidir. Türkiye’de 2014 yılında yaklaşık 200 bin ton baharatlık taze kırmızıbiber üretilmiş ve bu miktarın da yaklaşık yarısı Şanlıurfa ilinde yetiştirilmiştir (Anonim, 2015). Biberi Şanlıurfa için önemli kılan nedenlerin başında isot gelmektedir. Bu ilde yetiştirilen kırmızıbiberlerin çoğunluğu isot üretiminde kullanılmaktadır. İso, Urfa çeşitlerine ait taze kırmızıbiberlerin güneşte kurutulmayla birlikte bazı geleneksel işlemlerden geçirilerek pul bibere dönüşmüş halidir. Kendine has koyu kırmızı rengi, tadı ve aroması ile pul kırmızıbiber baharatlarından duysal olarak farklı olduğu kabul edilmektedir. İso biberi dışında Şanlıurfa’da pul kırmızıbiber de geleneksel olarak üretilmektedir. Bu ilimizde üretilen isot ve pul kırmızıbiberlerin temel özellikleri üretimde kullanılan taze biberin Urfa çeşitlerinden olmasıdır. Şanlıurfa elde edilen bu biber baharatları karakteristik özelliklerinden dolayı, Türkiye Patent Enstitüsü tarafından ‘Urfa isot biberi’ olarak Coğrafi İşaret ile sertifikalandırılmıştır.

Orijini Şanlıurfa olan isot baharatı, öteden beri geleneksel olarak ev şartlarında yapılmaktadır. Bu şekilde üretilen geleneksel isot çiğköfte, lahmacun ve diğer bazı yöresel gıdaların hazırlanmasında kullanılmaktadır. Geleneksel isot baharatı karakteristik özelliklerinden dolayı ülkemiz genelinde de beğeni ile tüketilen bir bahattır. Son yıllarda, isot biberi yurt içinde olduğu gibi, yurt dışında da tanınır hale gelmiş ve baharat sektöründe pazar edinmeye başlamıştır. Üretimindeki yoğun emek-zaman girdisi nedeniyle maliyetinin yüksek olması ve duysal bakımdan da daha fazla kabul görmesi isot biberinin diğer biber baharatlarına göre pazarda görel olarak daha yüksek fiyatlarda alıcı bulmasını sağlamıştır. Bu avantajlı durumla birlikte, bazı yatırımcıları isot biberini daha büyük ölçeklerde endüstriyel metotlarla üretime sevk etmiştir. Ancak, bu şekilde üretilen isot baharatı görünüş olarak geleneksel isotla benzerlik gösterse de baharat sektöründe daha düşük kaliteli bir ürün olarak değerlendirilmektedir (Atasoy ve ark., 2016).

İso baharatını geniş anlamda tanımlayabilecek fiziksel, kimyasal, mikrobiyal ve duysal özelliklerin belirlenmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yönde yapılacak araştırmalar, bu baharatın diğer pul biberlere göre ayırt edici özelliklerinin ortaya çıkarılması ve üretim metodu ile bu özellikler arasındaki ilişkinin

belirlenebilmesi açısından önemli olacaktır. Ayrıca, ev isotu veya geleneksel isot olarak tanınan biber baharatı ile endüstriyel tekniklerle üretilen endüstriyel isot biberlerinin baharatlık kaliteleri yönünden karşılaştırılabilmesine olanak sağlayacak kapsamlı çalışmaların da yapılması gerekmektedir. Diğer taraftan, Ülkemiz genelinde çokça tüketilen pul kırmızıbiber de Şanlıurfa'da geleneksel olarak güneşte kurutma metoduyla üretilmektedir. Ancak, bu biberin baharatlık kalitesiyle ilgili çalışmalarda istenen düzeyde değildir.

Bu çalışmada, taze kırmızıbiberin Şanlıurfa pul biberleri olarak geleneksel isot, endüstriyel isot ve pul kırmızıbiber baharatlarına dönüşümleri sırasında baharatlık kalitesiyle ilgili bazı fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi ve depolamanın üretilen baharatların özellikleri üzerindeki etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Biberlerdeki (*Capiscum annuum*) uçucu bileşiklerin tanımlanmasına yönelik ilk çalışmalardan biri Buttery ve ark. (1969) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada tespit edilen 2-metoksi-3-izobütilpirazin bileşiği ilk defa taze dolmalık biberin tipik kokusu olarak belirtilmiştir. Bu araştırmacılar, taze biberde trans- β -osimen, limonen, metil salisilat ve linalool bileşiğinin dâhil olduğu 24 uçucu bileşiği daha tanımlayabilmişlerdir.

Wu ve Liou (1986), yaptıkları çalışmada biberin parçalanmasıyla hekzanal, (E)-2-hekzanal, hekzanol, (Z)-3-hekzanol ve (E)-2-hekzanol gibi uçucu bazı bileşiklerinin oluştuğunu belirlemişlerdir. Araştırmada, doku parçalanmasının enzim ve sübstrat arasındaki interaksyonu artırdığı vurgulanmıştır.

Ticari olarak kurutulmuş biberlerdeki uçucu bileşikler ilk kez Van Ruth ve Roozen (1994) tarafından belirlenmiştir. Bu araştırmada Türkiye, Macaistan ve Şili orjinli kurutulmuş dolmalık kırmızıbiberlerin uçucu bileşikleri ve aromalarını karşılaştırmıştır. Üç bibere ait uçucu bileşik kompozisyonlarının benzer olduğunu ve Macaristan tipi biberlerdeki uçucu bileşiklerin genel olarak daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Her üç biberde toplamda 46 uçucu bileşik bulunmuştur. Bunlardan 2-metilpropanal (çikolata), 2/3-metilbütanal (çikolata), 2,3-bütadion (karamel/tereyağı), 1-penten-3-one (plastik/kimyasal), hekzanal (çimen/çayır), heptanal (limon/portakal), β -osimen (balık/çürümüş), trans-3-hepten-2-one (mantar), dimetiltrisülfit (çürük/soğan/pırasa), 2-metoksi-3-izobütilpirazin (dolmalık biber) ve β -siklositral (meyvemsi) olmak üzere 12 tanesinin kokuları tanımlanabilmiştir. Ayrıca, 2-metilpropanal ve 2/3-metilbütanal gibi bileşiklerin kurutulmuş haldeki üç sebze de (taze fasulye, kırmızıbiber ve pırasa) bulunduğu saptanmıştır.

Minguez-Mosquera ve ark. (1994), endüstriyel olarak kullanılan hızlı kurutma (fırında sıcak hava) ve yavaş kurutma (odun ateşinde tütsüleyerek) metotlarıyla

üretilen karotenoid miktarlarını karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçları, yavaş kurutmanın bazı karotenoidlerin miktarlarını artırdığını, hızlı kurutmayla üretilen biber baharatında ise herhangi bir karotenoid miktarında artış olmadığını göstermiştir. Araştırmacılar, kurutma aşamasında uygulanan sıcaklık ve sürenin karotenoid miktarındaki artış veya azalıştan sorumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Blenderden geçirilmiş biberlerin dilimlenmiş biberlere göre daha yüksek konsantrasyonlarda uçucu bileşik içerdiği ortaya konulmuş ve doku parçalanmasının oksidatif aktiviteyi ve hidroksiperoksitlerin enzimatik faaliyetlerini tetikleyerek hekzanal, (Z)-3-hekzanal, (E)-2-hekzanal, hekzanol, (Z)-3-hekzanol, 2-etilfuran ve (E)-2-hekzanol bileşiklerini oluşturduğu belirtilmektedir (Luning ve ark., 1994).

Amrani-Hemaimi ve ark. (1995), glikoz ve früktozun alanin ve glisinle ısı tepkimeleri (180 °C’de 7 dakika) sonucunda pirazinlerin oluştuğunu ve amino asitlerin bazı pirazinlerde hem azot hem de alkil grubu kaynağı olduğunu saptamışlardır.

Luning ve ark. (1995b), 65 °C’de kuruttukları biberde (*Capsicum annuum* L.) taze meyvemsi kokudan sorumlu bileşiklerin azaldığını; Strecker reaksiyonu ve doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonu ile oluşan bileşiklerin arttığını saptamışlardır.

İbrahim ve ark. (1997), fırın kurutma (40, 60 ve 80 °C), güneşte kurutma, karanlıkta kurutma ve kaynatma-güneşte kurutma metotlarını kullanarak ürettikleri biber (*Capsicum annuum*) baharatlarında kalite ile sıcaklık arasında yakın bir ilişki bulunduğunu; kahverengi bileşiklerin oluşma hızının kırmızı rengin maskelenmesinde bir kalite indikatörü olarak değerlendirilebileceğini; toplam karotenoid miktarının güneşte kurutmayla elde edilen biberlerde hem taze biberlere hem de diğer kurutma yöntemiyle üretilen biberlerin karotenoid içeriklerine göre daha yüksek olduğunu; aynı kurutma süreleri sonundaki en yüksek esmerleşme düzeyine güneşte kurutulan biberin sahip olduğunu ve en düşük ASTA değerlerinin de kaynatma-güneşte kurutma ile elde edilen biberlerde bulunduğunu saptamışlardır.

Ticari olarak temin edilen ve acılık seviyeleri farklı 4 çeşit İspanyol kırmızıbiberinin (paprika) uçucu bileşiklerinin GC-MS ile belirlenmesi amacıyla Mateo ve ark. (1997) tarafından yapılan çalışmada, 61 bileşik tespit edilmiş ve tanımlanabilen 55 tanesinden 24'ünün her dört örnekte de bulunduğu; tanımlanan bileşiklerin fenol, aldehit, asit, keton, alkol, eter, azot bileşikleri, aromatik hidrokarbonlar, alkan, ester ve lakton grubu bileşiklerden oluştuğu belirtilmiştir.

Göğüş ve Eren (1998), kıyılarak kurutulmuş kırmızıbiberde sıcaklık ve pH'nın enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu üzerinde etkisini incelemişlerdir. Kahverengi pigmentlerin oluşumunun sıcaklık ve pH'dan etkilendiği ve pH değerinin 3-4 aralığındaki artışının sıcaklığın bir fonksiyonu olarak enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının hızını etkilediği, sıcaklık 5 °C'den 35 °C'ye yükseldiği aralıkta etkisinin Arrhenius modeliyle açıklandığı belirlenmiştir. Ayrıca, 10 haftalık depolama sonrasında çalışılan tüm sıcaklıklarda ve pH değerlerinde kahverengi pigmentlerin artışındaki hızın azaldığı belirtilmiştir.

Bazı teknolojik işlemlerin kırmızıbiberdeki (*Capsicum annuum* L.) karotenoidler ve biyoantioksidanlar üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Markus ve ark., 1999), kurutmadan önceki santrifüj işleminin C vitamini miktarını belirgin oranda düşürdüğü; karotenoid stabilitesinin depolama sırasında azaldığı; şeker karamelizasyonu gerçekleşen örneklerin santrifüjlü ve kontrol örneklerine göre daha fazla oranda karotenoid içerdiği tespit edilmiştir.

Minguez-Mosquera ve ark. (2000), iki kırmızıbiber (*Capsicum annuum* L.) genotipini ılık bir sıcaklıkta (40-50 °C) 10 gün süreyle kurutarak paprika (pul biberler) elde etmişler ve bu son ürünlerdeki toplam karotenoid miktarlarının bazı örneklerde ilk miktarlarına denk olduğu bazılarında da ilk miktarlarından daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bu durumun, kurutma sırasındaki yüksek nem içeriğinin metabolik aktiviteye uygunluğundan ileri geldiği ve buna bağlı olarak kırmızı, sarı veya her iki renk fraksiyonlarındaki pigmentlerin biyosentetik yolla artış gösterdiği belirtilmiştir. Paprika üretim aşamasında uygulanan öğütme işleminin biberlerde sıcaklığın

yükselttiği, bunun sonucunda da sarı renkli karotenoid miktarlarının azaldığı, kırmızı renkli karotenoidlerin ise aynı miktarda kaldığı bildirilmiştir.

Cremer ve Eichner (2000), ticari kırmızıbiberin (a_w : 0.52) ısıtılmasıyla meydana gelen ve kaliteyi olumsuz etkileyen Maillard reaksiyonu, hidrolitik reaksiyon, yağ asitleri ve karotenoid gibi lipidlerin oksidatif bozunma ürünü bazı uçucu bileşiklerin oluşum kinetiklerini incelemişler ve bunların aktivasyon enerjilerini belirlemişlerdir. Aseton, metanol ve Streker aldehitlerinin (asetaldehit, 2-metilpropanal, 2/3-metilbütanal) 90 °C'deki ısıtılma işlemiyle zamanla doğrusal olarak artış gösterdiği; dimetil sülfid bileşiğinin ise, 90 dakikalık ısıtılma işlemi sırasında en büyük miktar artışının en yüksek sıcaklıkta (110 °C) elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, bu uçucu bileşiklerin oluşan konsantrasyonlarının onların üretildiği bileşenlerin içerikleriyle ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Kocsis ve ark. (2001), aynı orjinli kırmızıbiberlerin acı ve acı olmayan çeşitlerinden üretilmiş pul biberlerin uçucu bileşiklerini distilasyon metoduyla ekstrakte ederek GC-MS ile belirlemiş ve acı biberlerin acı olmayan biber çeşitlerine göre daha fazla sayıda terpen, seskiterpen ve terpen türevleri içerdiğini belirlemişlerdir.

Kirschbaum-Titze ve ark. (2002), biberde (*Capsicum annuum*) homojenizasyonla hücre parçalanması sonucunda kapsaisinoid içeriğinin azaldığı ve birkaç gün içerisinde bu içeriğin yaklaşık % 10'a kadar düştüğünü saptamışlardır. Biberler sadece iki parçaya kesildiğinde azalmanın bu düzeyde gerçekleşmediği ve dilimlenmiş biber parçalarının nitrojenli ortamda depolandığında kapsaisinoidlerin çok daha düşük miktarda azaldığı belirtilmiştir. Buna karşın, oksijenli ortamda depolamanın daha fazla kapsaisinoid azalmasına yol açtığı tespit edilmiş ve bu durumun da oksidatif bozunmadan ileri geldiği vurgulanmıştır.

Topuz ve Özdemir (2003), kurutma metodu, γ -ışını ve depolamanın karotenoidler üzerindeki etkileriyle ilgili yaptıkları çalışmada, güneşte kurutulan pul biberlerdeki kapsantin ve kapsorubin (kırmızı) miktarının fırın kurutma (70-90 °C) ile

elde edilen pul biberlere göre daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, artan ısınlama dozu ve uzun depolama süresi pul biber örneklerindeki karotenoidlerin miktarlarını düşürdüğü; ancak, ısınlama dozunun kapsorubin miktarını etkilemediği; oda sıcaklığında 10 aylık depolama sonunda kapsantin içeriğinin % 42.1 oranında azaldığı; sarı renkli pigmentlerin (zeaksantin, kapsolutein, violaksantin, β -karoten ve β -kriptoksantin) uygulanan bütün işlemlere bağlı olarak azaldığı ve bu pigmentlerin de güneşte kurutulan biberlerde daha fazla miktarlarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Topuz ve Ozdemir (2004), kurutma metodu, gama ışını ve depolama süresinin acılık bileşenleri (KAP, DHK, h-DHK ve n-DHK) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Majör kapsaisinoidler olarak KAP ve DHK bileşiklerinin ısınlama dozuyla artış gösterdiği, buna karşın, depolama ile kapsaisinoid miktarlarının azaldığı belirlenmiştir. Sıcak hava (70-90 °C) ile kurutulan biberlerdeki kapsaisinoid içeriklerinin güneşte kurutulan biberlerdeki miktarlardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Erdogan (2004), Türkiye'nin farklı illerinde pazarlanan 44 adet PKB, 26 adet kırmızı toz biber ve 20 adet isot biberi olmak üzere toplam 90 farklı kırmızıbiber örneğinin aflatoksin içeriklerini araştırdığı çalışmada, pul kırmızıbiber, kırmızı toz biberler ve isot biberi baharatlarında sırasıyla 8, 3 ve 1 adet örnekte aflatoksin tespit etmiş ve bu örneklerin aflatoksin içeriklerini de 1.1-97.5 $\mu\text{g/kg}$ aralığında olduğunu belirlemiştir.

Hayoglu ve ark. (2005), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen dört farklı biber baharatı (A-endüstriyel pul kırmızıbiber, B-endüstriyel koyu-kırmızı/siyahımsı pul biber, C-markette satılan geleneksel koyu-kırmızı/siyahımsı pul biber ve D-ev şartlarında üretilen geleneksel koyu-kırmızı/siyahımsı pul biber) üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar, A'nın dışındaki biberlerde aflatoksin bulunmadığı, en yüksek (% 20.8) invert şeker içeriğinin A örneğinde bulunduğu ve diğer örneklerin invert şeker içeriklerinin birbirine yakın oldukları, endüstriyel örneklerin (A ve B) geleneksel örneklere (C ve D) göre daha yüksek ASTA ve acılık (Scoville acılık birimi) değerlerine sahip olduğu saptanmıştır.

Acı ve acı olmayan biber çeşitlerinde sıcaklığın renk maddeleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Daood ve ark., 2006), 25-50 °C sıcaklık aralığındaki kurutmalarda renk maddeleri içeriğinde her iki çeşit biberde de önemli bir değişimin olmadığı, 70-100 °C aralığındaki kurutma sıcaklıklarında ise toplam karotenoid içeriğinin azaldığı ve bazı karotenoidlerin farklı termal stabilite gösterdiği belirlenmiştir. Örneğin, tatlı biberdeki β -karotenin acı biberdekine göre daha ısıya karşı daha stabil olduğu, buna karşın mono-ester ve kapsorubin di-esterlerindeki bozulma düzeyinin acı biberlerde daha düşük olduğu, bu durumun acı biberdeki kapsaisinoidlerin biber dokusundaki karotenoidlerde ısıya karşı koruyucu etki gösteren bir takım kimyasal etkileşimler meydana getirdiği vurgulanmıştır. Çalışmada, kapsaisinoidlerin biberlerde kurutma esnasında karotenoidlerin termal stabilitesini artırdığı ve acı biberdeki β -karotenin bozulma düzeyinin 70-100 °C aralığındaki kurutma sıcaklığından etkilenmediği belirtilmiştir.

Schweiggert ve ark. (2006), termal işlem ve depolamanın acı kırmızıbiber (*Capsicum frutescens* L.) kapsaisinoid stabilitesi üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, ısı işlem olarak üç farklı sıcaklık (80, 90 ve 100 °C) ve iki farklı süre (5 ve 10 dakika) kullanılmıştır. Kıyılarak salça haline getirilmiş biberlere ısı işlem uygulandıktan sonra kurutulmuş toz biber elde etmişlerdir. Alternatif olarak da tüm halindeki biberler aynı sıcaklık-süre rejimine tabi tutularak sonra toz biber üretmişlerdir. Sonuçlar, kaynatılarak kurutulmuş biberlerdeki kapsaisinoid miktarını başlangıç miktarına göre % 21.7-28.3 arasında oksidasyona uğradığını ve her üç kapsaisinoid bileşiğinin ısıya karşı benzer stabiliteler sergilediğini göstermiştir. Ayrıca, oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 6 ay boyunca depolanan toz biberlerdeki kapsaisinoidlerin % 6.8-11.9 oranında bozunduğu belirlenmiştir.

Topuz (2008), sıcaklık ve su aktivitesinin pul biberdeki renk kaybı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla farklı sıcaklık (60, 80 ve 99 °C) ve su aktivitelerinin (0.459, 0.582 ve 0.703) kullanarak bir çalışma yürütmüştür. Araştırmacı, Hunter renk parametreleri (L^* , a^* ve b^*), hue açısı ve toplam renk değişiminin süre, sıcaklık ve su aktivitesinden etkilendiğini; renkteki bozunma ile sıcaklık arasındaki ilişkinin Arrhenius denklemi ile ifade edilebileceğini; su aktivitesinin aktivasyon enerjisini

etkilemediğini; su aktivitesi ile renk parametrelerine ait hız sabiti arasından doğrusal bir korelasyon bulunduğunu belirtmiştir.

Ardic ve ark. (2008) tarafından Şanlıurfa’da satışa sunulan isot biberindeki aflatoxin B1 (AFB₁) miktarının tespit edildiği çalışmada; toplam 75 isot örneğinden 72 tanesinde AFB₁ bulunduğu, örneklerden 15 tanesinde AFB₁ miktarının yasal limiti aştığı, saptanabilen maksimum AFB₁ değerinin 24.7 µg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Kırmızıbiberde kurutma boyunca kalite faktörlerindeki değişim ve kurutma kinetiğinin incelendiği bir çalışmada (Di Scala ve Crapiste, 2008); askorbik asit ve toplam karotenoid miktarının da biberdeki nem içeriği ve sıcaklık gibi kurutma süresinin bir fonksiyonu olduğu ve bu iki maddenin 50-70 C° aralığındaki sıcaklık değerleri için bozulma kinetiği modellenmiştir. Bu çalışmada askorbik asit ve karotenoidlerin bozulma reaksiyonları için hesaplanan aktivasyon enerjisinin sırasıyla 50.1 ve 26.9 kJ/mol olduğu, kurutmanın 4.5 saatlik süresi sonunda 50 C°’de sıcaklığa gelmiş biber örneklerindeki C vitamini kaybının oransal olarak karotenoidlerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Rios ve ark. (2008), 50-150 °C sıcaklık aralığında ısıtılma tabi tutulan paprika (*Capsicum annuum* L.), domates ve kadife çiçeği oleoresinlerinde termal bozunmaya bağlı olarak oluşan uçucu bileşikler tanımlanması amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Paprikadan üretilmiş oleoresinde toluen, m-ksilen, metilbenzaldehit, 6-metil-3,5-heptadien-2-one, 6-metil-5-hepten-2-one, 1-(metilfenil)-etanon ve β-iyonon bileşiklerinin bulunduğu ve bu bileşiklerden ilk ikisinin her üç oleoresinde de bulunduğu tespit edilmiştir. Bu uçucu bileşiklerin karotenoidlerden termal bozunma reaksiyonlarıyla oluştuğu ifade edilmiştir.

Farklı sıcaklıktaki (50, 60, 70, 80, 90 °C) kurutma havasının kırmızıbiberde renk, fenolik madde ve C vitamini içeriği üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Vega-Galvez ve ark., 2009); C vitamini ve fenolik madde içeriğinin yüksek sıcaklığa bağlı olarak düştüğü, 90 °C ‘lık hava ile kurutulan biberlerdeki C vitamininin % 98’inin kaybolduğu, enzimatik olmayan esmerleşmenin sıcaklıkla arttığı, ekstrakte edilebilir

renk düzeyinin düşük sıcaklıkta kurutulan örneklerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma metodu ve depolama süresinin pul biberi rengi üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Topuz ve ark., 2009); depolamanın üçüncü ayında bütün örneklerde ASTA değerlerinin % 15-20 oranında azaldığı, karanlık ortamda oda sıcaklığında kurutulan biber örneklerinde karotenoid düzeyini ifade eden ASTA değerlerinin fırında kurutulan (60 °C) örneklere göre daha yüksek olduğunu, bunun da; oda sıcaklığındaki biber dokusunda canlılık faaliyetlerine bağlı olarak karotenoid sentezinden ileri geldiği belirtilmiştir.). Aynı çalışma, ASTA değeri ile renk arasında doğrusal bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Örneğin, oda sıcaklığında kurutulan örneklerde ASTA değerleri en yüksek olmasına rağmen kırmızı rengi temsil eden kırmızı/sarı indeksinin diğer örneklere yakın olduğu belirtilmiştir. Pigment kaybının en çok güneşte kurutulan biberde olduğu, yüksek sıcaklıktan ötürü esmerleşmenin en çok sıcak hava ile kurutulan örneklerde meydana geldiği, askorbik asit miktarının bütün örneklerde kurutma boyunca düştüğü, tespit edilmiştir. Aynı çalışmada kurutma yönteminin KAP içeriğini etkilemediği, dondurarak kurutulan örneklerde uçucu aroma bileşiklerinin maksimum düzeyde olduğu belirtilmiştir.

Kontrollü şartlarda (karanlıkta, 4 °C ve % 70 bağıl nem) depolanan farklı paprika (İspanyol) örneklerinin renk stabilitelerinin incelendiği bir çalışmada (Perez-Galvez ve ark., 2009), depolama süresince karotenoid içeriğindeki ölçümler otooksidatif reaksiyonların minimal düzeyde gerçekleştiğini ve rengin muhafaza edildiğini göstermiştir. Ayrıca, mikrobiyal floranın kontrol altında tutulması, ürün kalitesini koruyabilecek depolama şartlarının belirlenmesini sağlamıştır. Çalışma, herhangi bir antioksidan katkı kullanılmadan paprikadaki kaliteyi depolama boyunca koruyabilecek koşulları ortaya koymuştur.

Gallardo-Guerrero ve ark. (2010), geleneksel yolla (26.88-46.48 °C, 9-8 gün) paprika baharatı üretimi sırasında fizikokimyasal ve mikrobiyal karakterlerin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, uygulanan sıcaklık-süre rejiminin mikrobiyal floranın gelişiminde optimum şartları oluşturduğunu; bu

floranın enzimatik (poligalakturonaz) aktivesiyle biberdeki pektik fraksiyonu değiştirdiğini; böylece tekstürel yapının nemi daha kolay transfer ederek biberlerin kurutulma işlemine yardımcı olduğunu savunmuşlardır. Ayrıca, glikoz ve früktoz miktarlarının üretim sırasında sırasıyla % 26.85-39.76 ve %16.20-41.22 oranlarında azaldığı; kapsantin ve kapsorubin gibi karotenoidlerin miktarlarının üretim başlangıcındaki miktarlarına göre fazla değişmediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, şeker içeriklerinde meydana gelen azalmanın da mikrobiyal faaliyetten ötürü olabileceği ifade edilmiştir.

Yaldiz ve ark. (2010), iki farklı yetiştirme yılında hasat edilen farklı biber çeşitlerini kullanarak güneş kurutma, solar tünel kurutucu ve kabin kurutucu (40, 60 ve 80 °C) teknikleriyle ürettikleri biber baharatlarında kapsaisinoid içeriklerini ölçmüşlerdir. Çalışmada hasat yılı, hasat zamanı ve biber çeşidinin KAP miktarlarını etkilediği ve solar tünelde kurutulan biberlerin en yüksek kapsaisinoid içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Oda sıcaklığı (20±2 C°) ve buzdolabı şartlarında (4±2 C°) altı ay süre ile depolanan pul biber örneklerinde, buz dolabında depolanan örneklerdeki fizikokimyasal değişimlerin daha az olmasına bağlı olarak duyuşal yönden daha çok tercih edildiği bildirilmiştir (Rico ve ark., 2010)

Çeşitli coğrafyalara ait *C. annuum*, *C. chinense* ve *C. frutescens* türlerini içeren 16 çeşit olgun biberin uçucu bileşik fraksiyonlarındaki çeşitlilik ve aroma-aktif bileşiklerinin karşılaştırılması amacıyla bir çalışma yapılmıştır. İncelenen biber genotiplerinde toplamda 300'den fazla uçucu tespit edildiği; başlıca uçucu bileşik gruplarının esterler ve terpenoidlerler olduğu; diğer bileşik sınıfları olarak azot ve sülfür içeren uçucu bileşikler, fenol türevleri, norkarotenoidler, lipoksijenaz türevli bileşikler, karboniller, alkoller ve çeşitli hidrokarbonların da bulunduğu belirtilmiştir. Olfaktometrik (koku) testler, biber çeşitlerinin sahip olduğu aroma tipinin uçucu bileşiklerin kalitatif ve kantitatif içerikleriyle ilintili olduğunu göstermiştir. *C. chinense* ve *C. frutescens* türlerinden olan biber çeşitleri, esterler ve iyononlara dayalı kokuların daha baskın olması ve yeşil/sebze kokularının çok az veya bulunmamasına

bağlı meyvemsi/egzotik bir aromayla karakterize edildiği saptanmıştır. *C. annum* ise, çeşide bağlı olmakla birlikte geniş bir aralık olarak farklı kombinasyonlardaki meyvemsi/egzotik ve yeşil/sebze aromalarına sahip olduğu aktarılmıştır (Rodriguez-Burruezo ve ark., 2010).

Arslan ve Özcan (2011), taze kırmızıbiber (*Capsicum annum* L.) dilimlerini güneşte, fırında (50 ve 70 °C) ve mikrodalga fırında (210 ve 700 W) olmak üzere üç farklı metotla kurutarak biberlerin kuruma davranışları, yüzey renk özellikleri ve antioksidan içeriklerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen veriler, kurutma metodu ve sıcaklığın biber örneklerindeki nem kaybındaki hızı etkilediği ve mikrodalga fırında daha hızlı bir kurutma gerçekleştiğini göstermiştir. Bununla birlikte, kurutulmuş biberlerin taze biberlere göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve mikrodalga (210 W) ve 50 °C'deki fırında kurutulan biberlerin güneşte ve 70 °C'deki fırında kurutulan biberlere göre daha düşük antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmanın yüzey renk değerleriyle ilgili sonuçları da en yüksek ve en düşük yüzey renk değerlerinin (L*, a* ve b*) sırasıyla güneşte kurutma ve 70 °C'deki fırında kurutmayla elde edilen biberlerde bulunduğunu göstermiştir.

Su aktivitesi ve sıcaklığın kırmızıbiberlerin rengi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Rhim ve Hong (2011), su aktivitesi ve sıcaklık artışının bir sonucu olarak kırmızı rengin azaldığı ve bunun yerine esmer ve mat bir siyahın oluşmaya başladığı tespit edilmiştir. Renkteki bu değişim, karotenoid bileşiklerinin bozunması ve esmer renkli bileşiklerin oluşmasıyla açıklanmıştır. L*, a* ve b* gibi Hunter renk parametreleri, esmerleşme indeksi ve ASTA değerlerinin sıcaklık ve su aktivitesinden etkilenen renk değişimlerini temsil ettiği belirtilmiştir.

Topuz ve ark. (2011), refraktif pencere (94 °C 3 dakika), dondurarak (-70 °C), fırın (60 °C ve 7 saat) ve doğal taşınımı (oda sıcaklığı 8-10 gün) olmak üzere 4 farklı metotla kurutulmuş biber elde etmişlerdir. Bu biberlerde sekiz karotenoid bileşiği (kapsantin, kapsorubin, kapsolutein, β -karoten, β -kriptoksantin, mutatoksaantin, violaksantin ve zeaksantin) beş kapsaisinoid bileşiği (KAP, DHK, h-DHK, n-DHK ve

izodihidro kapsaisin) tanımlanmıştır. Doğal taşınımlı kurutma hariç diğer kurutma yöntemlerinin tanımlanan bütün bileşiklerin miktarlarını önemli düzeyde azalttığı belirtilmiştir. Doğal taşınımlı kurutmada ise violaksantin ve mutatoksanin dışındaki karotenoidlerin miktarlarının en yüksek olduğu ve bu durumun biber dokusundaki sentezin devamından ileri geldiği vurgulanmıştır. Ayrıca, doğal taşınımlı kurutmayla elde edilen biberlerin kapsaisinoid içeriklerinin kurutmadan önceki miktarlardan da yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bae ve ark (2012), 4 farklı biber genotipi (*Capsicum* spp) ve 5 farklı çözücü kullanarak antioksidan aktivite üzerinde ekstraksiyon etkinliğini test etmişlerdir. Bu amaçla, dondurularak kurutulmuş biberler hekzan, etil esetat, aseton, metanol ve metanol:su (80:20) çözücülerıyla ekstrakte edilmiştir. Test edilen bütün biber çeşitlerinde en yüksek kapsaisinoid ve karotenoid miktarları ve 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) temizleme kapasitesinin hekzan ile yapılan ekstraktlarda bulunduğu ve toplam biyo-aktif bileşikler (kapsaisinoid, karotenoid, toplam fenolik ve flavonoid) miktarıyla antioksidan kapasitesi arasında yüksek bir korelasyon olduğunu saptanmıştır.

Süpermarket ve açık pazardan toplanan 80 farklı kırmızıbiberin aflatoksin miktarı üzerinde yapılan bir çalışmada, aflatoksin içerikleri yönünden açıkta satılan biberlerin süpermarkette satılan biberlere göre daha yüksek miktarlara sahip olduğu tespit edilmiştir (Jalili ve Jinap, 2012).

Toontom ve ark. (2012), güneşte (37 °C), sıcak hava (60 °C) ve dondurarak kurutulmuş kırmızıbiberin (*Capsicum annuum* L.) bazı kalite parametrelerini karşılaştırmışlardır. Örnekler pH değerleri, titrasyon asitliği ve su aktivitesi yönünden birbirinden farklı olduğu; taze biberinkine en yakın miktarda C vitaminin dondurarak kurutulan biberlerde bulunduğu; her üç metotla kurutulan örneklerin KAP içerikleri arasındaki farkın önemli olmadığı belirlemişlerdir.

Ku ve ark. (2012)'nin 15 farklı kırmızı toz biber baharatıyla ilgili yaptıkları çalışmada, toplam kapsaisinoid içeriklerinin 0.54-290.15 mg/100 ml; ASTA

değerlerinin 79.22-139.09; serbest şeker içeriklerinin de % 16.76-29.92 arasında değiştiğini tespit edilmiştir.

Golge ve ark. (2013), Türkiye'nin çeşitli illerinde topladıkları 182 adet pul biberi örneği üzerinde yaptıkları araştırmada, AFB₁, AFB₂ ve AFG₁ için sırasıyla 150, 84 ve 32 örneğin pozitif olduğunu belirlemiştir. Çalışma, bu biber örneklerinden 50 tanesinin AFB₁ miktarının yasal limitten (5 µg/kg) yüksek olduğunu ve pozitif sonuç gösteren örneklerin AFB₁ içeriklerinin 0.24-165 µg/kg arasında değiştiğini saptamıştır.

Kebede ve ark. (2013), farklı metotlar olarak endüstriyel uygulamalarda da kullanılan geleneksel ısıtma işlemi (40 °C'den 120 °C'ye 40 dakikada) ve basınç destekli ısıtma işlemi (oda sıcaklığından 120 °C'ye 5-6 dakikada ve ≈600 MPa) olarak iki ayrı uygulamayı yeşilbiberde (*Capsicum annuum*) kullanmışlardır. Normal ısıtma işlemi metodunun basınç destekli ısıtma işlemine göre daha fazla oranda Maillard ve Strecker reaksiyonlarını gerçekleştirdiği ve daha fazla miktarda furanik bileşikler (2-pentilfuran ve 3-metilfuran) oluşturduğu saptanmıştır.

Kevresan ve ark. (2013), hasat sonrası olgunlaştırma işleminin kırmızıbiberlerin (*Capsicum annuum* L.) uçucu bileşiklerindeki etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla, hasat edilmiş taze biberleri tüm olarak güneşte ve karanlıkta olmak üzere iki farklı şekilde yarı-kontrollü şartlarda (25-45 °C, % 40-60 nem, 14 gün) olgunlaştırılan biberleri baharata dönüştürmüşlerdir. Çalışma sonuçları, kullanılan biber çeşidinin (AlevaNK) olgunlaştırmadan bağımsız olarak da zengin bir uçucu bileşik kompozisyonuna sahip olduğunu, hasat sonrası olgunlaştırılmayla üretilen biber baharatındaki miktarı fazla olan uçucu bileşik gruplarının yağ asitleri ve esterleri, terpenler ve terpenoidler, aldehitler ve ketonlar olduğunu göstermiştir. Buna ilaveten, hasat sonrası olgunlaştırmayla yağ asitleri ve esterlerinin toplam miktarlarının azalırken, terpen, terpenoid, aldehit ve keton miktarlarının artış gösterdiği; karanlık ortamda olgunlaştırmanın bunlardan ilk iki grubun miktarını artırırken, son iki grubun da güneşte olgunlaştırmayla daha fazla miktarda oluşukları belirlenmiştir.

Tatlı kırmızıbiberin (*Capsicum annuum* L.) kurutulması sırasında sıcaklık koşullarına (60-90 °C) bağlı olarak Maillard reaksiyonu ürünü olan furozin bileşiğinin oluştuğu ve bu bileşik miktarının sıcaklıkla birlikte artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, furozin bileşiğinin biberlerin kurutma koşullarının kontrol edilebilmesinde indikatör olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir (Rufian-Henares ve ark.2013).

Valazquez ve ark. (2014), güneşte, fırında ve tütüleme olmak üzere 3 farklı kurutma yöntemini kullanarak elde ettiği kırmızıbiber baharatlarının ASTA değerleri, pigment konsantrasyonları, esmerleşme indeksleri, yüzey renkleri ve kırmızılık/sarıklık oranlarını birbirleriyle karşılaştırmıştır. Bu araştırmada, en yüksek ASTA değeri ve pigment konsantrasyonunun tütülenmiş biberlerde; en iyi (en düşük) esmerleşme indeksi ve kırmızılık/sarıklık oranının fırın kurutma metodunda; yüzey renk olarak en yüksek kırmızılık (a*) değerinin de güneşte kurutulmuş biberlerde bulunduğu saptanmıştır.

Cervantes-Paz ve ark. (2014), üç farklı olgunlaşma (kahverengi, % 50 kırmızı ve % 75 kırmızı) düzeyindeki taze, kaynatılmış (94 °C’de 12.48 dakika) ve kızartılmış (210 °C’de 13.23 dakika) biberlerin pigment kompozisyonlarını ve biyoaktif bileşiklerini incelemişlerdir. Çalışma, biber örneklerinde 64 farklı pigment bulunduğunu; olgunlaşma seviyesi kahverengi olan taze biberlerde en çok bulunan pigmentin klorofil olduğunu; daha ileri seviyede olgunlaşmış biberlerde kapsantin bileşiğinin en fazla bulunan pigment olduğunu; pigmentlerin çoğunluğunun ısıtılma işlemi sonucunda miktarlarının azaldığı ve karotenoidlere ait bazı *cis* izomerlerin ısıtılma işlemi sonucunda oluştuğu belirlenmiştir. Bunun dışında, kaynatmanın antioksidan kapasitesini düşürdüğü, kızartma işleminin ise bu kapasiteyi yükselttiği belirlenmiştir.

Ordenez-Santos ve ark. (2014), biber (*Capsicum annuum* L.) baharatını 5 farklı metot kullanarak depolamış ve depolama boyunca biberlerin su aktivitesi, ASTA değerleri, yüzey renk parametreleri (L*, a*, b*, C ve h°), karotenoid miktarlarında (kapsantin, kapsorubin, zeaksantin, β-karoten, β-kriptoksantin ve toplam karotenoid) meydana gelen değişimleri izlemişlerdir. 8 aylık depolama sonunda modifiye atmosfer (% 100 N₂, % 50 N₂+ % 50 CO₂ ve % 100 CO₂) ve vakumlu tekniklerle depolanan

biberlerde ASTA, L*, a*, b*, C ve h° ve sarı renkli karotenoid fraksiyonlarının depolama sırasında azaldığı ve bu azalmanın modifiye ve vakumlu olmayan paketlemelerde daha fazla oranda gerçekleştiği belirtilmiştir. Diğer taraftan biberlerin su aktivitesi değerleri ve kapsorubin miktarlarının depolama sonunda artış sergilediği saptanmıştır.

Iqbal ve ark. (2015), güneşte kurutulan (nem oranı % 12-13) üç farklı biber çeşidinin kapsaisinoid toplam karotenoid ve C vitamini stabilitesi üzerinde farklı paketlenme materyali (Jüt ve Polietilen paketler), depolama sıcaklığı (20, 25 ve 30 °C) ve depolama süresinin (5 ay) etkilerini araştırmıştır. Araştırmacılar, kapsaisinoid, toplam karotenoid ve C vitamini konsantrasyonlarının biber çeşidine göre farklılık gösterdiğini, artan depolama sıcaklığı ve süresinin bu konsantrasyonların düşürdüğünü, 5 aylık depolama sonunda C vitamini, toplam karotenoid ve kapsaisinoid içeriklerinin sırasıyla % 22.6, 17 ve 12.7 oranlarında azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, jüt malzemeli paketlerde depolanan biberlerde bu içeriklerdeki azalma düzeyinin polietilen paketlerdeki azalmaya göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Bignardi ve ark. (2016), acılık derecesi farklı olan iki kırmızıbiber (*Capsicum annuum* L.) çeşidinden elde edilen biber baharatlarını 12 aylık süre oda sıcaklığı (20-24 °C) ve -18 °C’de olmak üzere iki ayrı sıcaklık şartlarında depolayarak kapsaisinoid içeriği, yüzey renk parametreleri ve fürozin miktarlarını takip etmişlerdir. Depolama süresince oda sıcaklığındaki biberlerde kırmızılık değeri ve kapsaisinoid düzeyinin azalırken, fürozin miktarının yükseldiği; düşük sıcaklıkta depolanmış biberlerde ise bu bileşenlerin daha stabil olduğu saptanmıştır. Çalışmada, acılığı fazla olan biber çeşidinde kapsaisinoide bağlı olarak oksidasyona dayalı bozunmanın engellenebileceği belirtilmiştir.

Perla ve ark. (2016), *Capsicum baccatum* L. türü biberden 22 farklı ülkeden orjinli 123 biber çeşidinin iki farklı olgunlaşma düzeyindeki C vitamini ve indirgen şeker içerikleriyle ilgili yaptıkları çalışmada, C vitamini ve indirgen şeker konsantrasyonlarının sırasıyla 2.54-50.44 mg/g ve 41-700 mg/g aralıklarında

değiştiğini; ve olgunlaşma düzeyi fazla olan biberlerin daha az miktarda C vitamini ve daha fazla miktarda indirgen şeker içerdiğini tespit etmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak Urfa tipi *Capsicum annuum L.*, İnan3363 çeşidi taze kırmızıbiber kullanılmıştır. Bu biber çeşidi, Şanlıurfa'da bulunan GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne bağlı Talat Demirören İstasyonundan (36°54'08.5"N 38°55'03.7"E; rakım 135 m) temin edilmiştir. Bu çeşide ait biberler 11-12 cm uzunluğunda ve 4-5 cm genişliğinde olup dar-üçgen biçimindedir (Şekil 3.1). Tam olgunlaşmış ve Ekim ayı içerisinde hasat edilmiş taze kırmızıbiberler kullanılarak pul biber örnekleri üretilmiştir. Üretilen pul biberler polietilen torbalara alınarak oda koşullarında 12 aylık süre ile depolanmıştır.



Şekil 3.1. Projede kullanılan taze Urfa biberi

3.2. Yöntem

3.2.1. Pul biberlerin üretimi

Çalışmada geleneksel isot (Gİ), endüstriyel isot (Eİ) ve pul kırmızıbiber (PKB) olmak üzere 3 farklı pul biber üretilmiştir. Gİ ve PKB üretimleri için Şanlıurfa

merkezde yerleşik bulunan ve her yıl düzenli olarak isot üreten bir aile işletmesiyle çalışılmıştır. Eİ üretimi için de Şanlıurfa Sanayi ve Ticaret Odasına kayıtlı bulunan ve pul biber alanında faaliyet gösteren orta ölçekli bir tesis (Ceylanpınar Biber Yetiştiricileri Birliği İşletmesi) ile anlaşılmıştır.

Pul biber üretimleri 2014 yılı Ekim ayında iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Üretimlerde kullanılmak üzere yaklaşık 300 kg olarak hasat edilen taze kırmızıbiberler bekletilmeden üretim yerine taşınmıştır. Taze biber (TB) analizleri için rastgele seçilmiş 5 kg biber örnek olarak alınıp analiz anına kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

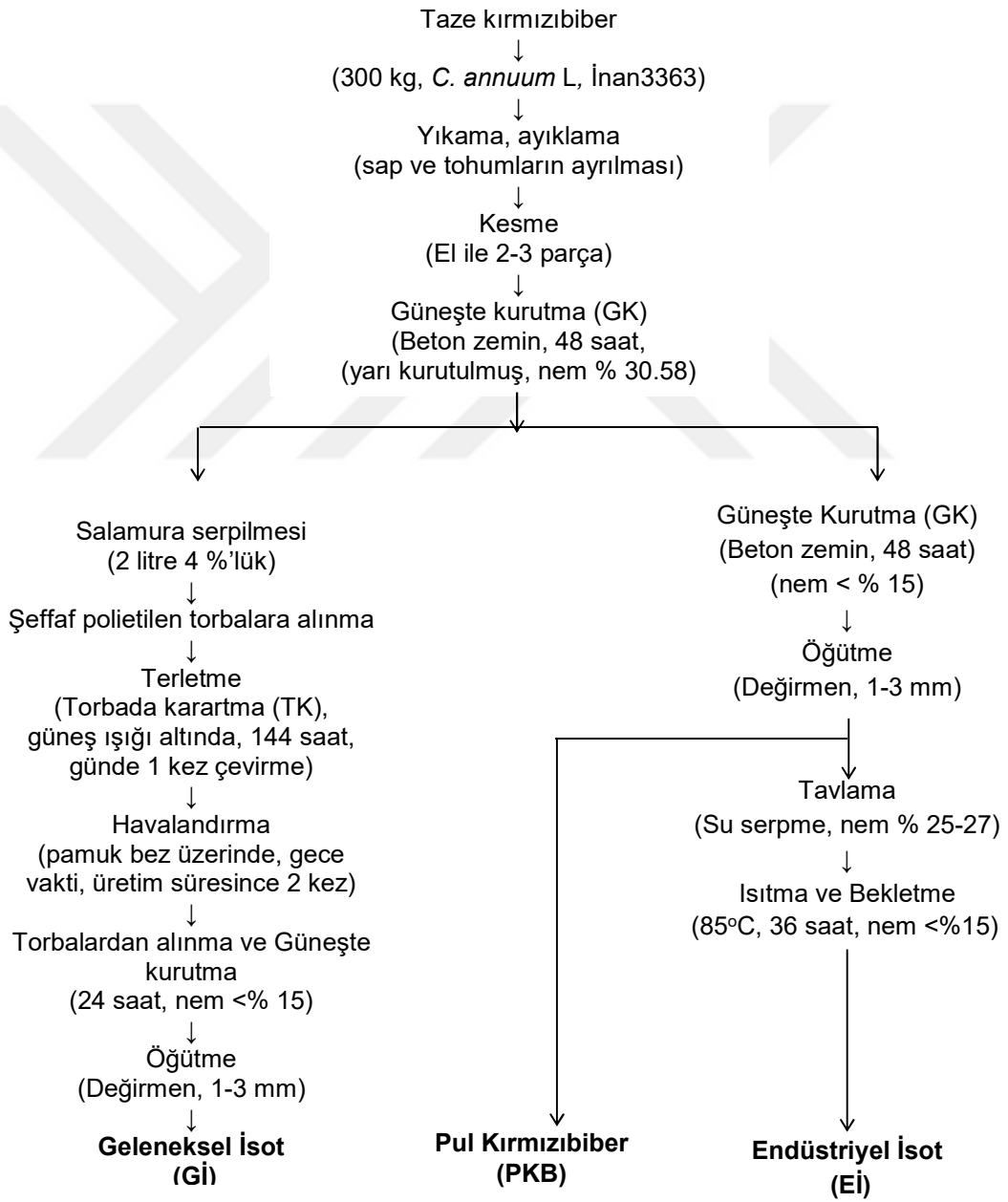


Şekil 3.2. Biberlerin parçalanması ve güneşte kurutulması

Taze kırmızıbiberler ayıklanıp yıkandıktan sonra sap ve tohum yuvalarından ayrılmıştır. Daha sonra, el yardımıyla 2-3 parçaya kesilen biberler önceden temizlenmiş haldeki beton zemin üzerine parçalar üst üste gelemeyecek şekilde serilerek güneşte kurutulmaya bırakılmıştır (Şekil 3.2). Bu halde 2 gün (48 saat) kurutulan biberlerin (Şekil 3.3) bir bölümü Gİ üretimi, kalan kısmı da KPB ve Eİ üretimleri için kullanılmak üzere iki gruba bölünmüştür. Pul biber örneklerine ait üretim akış şeması Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



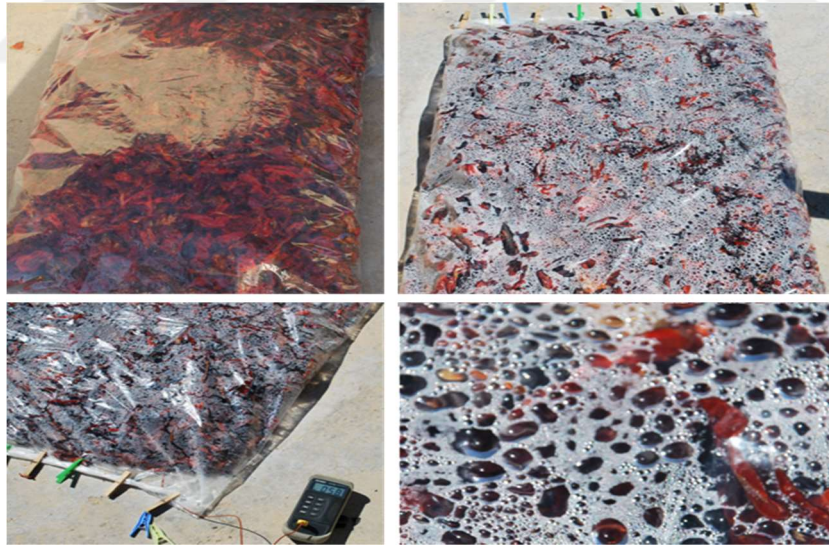
Şekil 3.3 Yarı kurutulmuş (48 saat kurutulmuş) biberler



Şekil 3.4. Pul biberlerin üretim akış şeması

3.2.1.1. Geleneksel isot (Gİ) üretimi

Gİ üretimi amacıyla birinci grup yarı kurutulmuş (nem oranı % 30.58) biberlere 2 litre tuzlu su (% 4 tuz) serpilerek polietilen torbalara alınmıştır. “Terletme” olarak adlandırılan bu işlemde, ağzı kapalı torbalardaki biberler 10-15 cm kalınlığa sahip olacak şekilde beton zemin üzerinde yayılarak güneş ışığı altında tutulmuştur (Şekil 3.5). Kullanılan malzeme ve nemin etkisiyle torbaların iç sıcaklığının dış havaya göre yüksel olduğu belirlenmiştir. Bu artışın tespit edilmesi amacıyla torbaların iç sıcaklığı yine gece (saat 00:00), sabah (saat 06:00) ve öğlen (saat 12:30) olmak üzere her gün düzenli olarak üç defa ölçülmüştür. Torba içindeki ortalama sıcaklıklar gündüz ve gece vakitlerinde sırasıyla 50 ± 1 ve 23 ± 1 °C olarak ölçülmüştür. Her gün bir defa çevrilen torbaların sıcak tutulması amacıyla gece vakitlerinde üstleri bir bezle örtülmüştür. Bazı gecelerde biberler torbalardan çıkarılarak pamuktan yapılmış temiz bir bez üzerine serilerek gece boyunca havalandırılmıştır. Bu havalandırma işleminden sonra biberler yeni torbalara alınarak terletme işlemine devam edilmiştir.



Şekil 3.5. Geleneksel isot üretiminde terletme işlemi

Terletme işlemi boyunca 2 kez biberler havalandırma işlemine tabi tutulmuştur. Biberler istenen koyu rengi alınca (144 saat sonra) terletme süreci sonlandırılmış ve biberler bir gün (24 saat) daha açıkta temiz bir bez üzerinde kurutulmaya bırakılmıştır. Bu sırada nem oranı % 15’nin altına kadar inen biberler değirmende öğütülerek Gİ

elde edilmiştir (Şekil 3.6). Üretim metodunun etkisini tespit etmek amacıyla terletme işleminden itibaren her gün aynı saatte olacak şekilde toplamda 7 defa örnek alınarak -18 °C'deki şartlarda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.6. Üretilen geleneksel isot

3.2.1.2. Pul kırmızıbiber (PKB) üretimi

PKB üretimi için ikinci grup yarı kurutulmuş biberler düzenli aralıklarla karıştırılarak güneşte 2 gün (48 saat) daha bekletilmiş ve böylece toplamda 4. günün (96 saat) sonunda kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Ayrıca, kurutma esnasında hava sıcaklığı gece (saat 00:00), sabah (saat 06:00) ve öğlen (saat 12:30) olmak üzere günde üç defa ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık değerleri gündüz ve gece vakitlerinde sırasıyla 33 ± 1 ve 21 ± 1 °C olarak ölçülmüştür. Güneşte kurutma sırasında TB'nin özelliklerinde meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla, kurutma süresince her 24 saatte bir olmak üzere toplam 4 defa örnek alınarak analiz anına kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Güneşte kurutmanın sonunda nem oranı % 15'in altına düşen biberler 1-3 mm büyüklükte olacak şekilde değirmende öğütülerek PKB elde edilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Üretilen pul kırmızıbiber

3.2.1.3. Endüstriyel isot (Eİ) üretimi

Eİ biberi üretiminde KPB kullanılmıştır. KPB'nin nem oranı % 25-27 olacak şekilde su serpilerek tavlama işlemi yapılmış ve biberler ahşaptan yapılmış bir düzenek içerisinde 85 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Bu düzenek içerisinde 36 saatlik bir bekletmenin sonunda biberlerin nem oranı % 15'in altına düşmüş ve karatma işlemi sonlandırılarak endüstriyel isot (Eİ) elde edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Üretilen endüstriyel isot biberi

3.2.2. Örneklerin analizlere hazırlanması

Daha önceden -18°C'de muhafazaya alınan taze kırmızıbiberler sap ve tohum yuvaları alındıktan sonra ev tipi bir karıştırıcı (Arçelik K1260, Türkiye) ile parçalanmıştır. Gİ, PKB ve Eİ üretimleri sırasında alınan örnekler bir baharat öğütücüsü (Premier PRG 259; İstanbul, Türkiye) ile olabildiğince küçük parçalara öğütülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Analizler için hazırlanmış örnekler

3.2.3. Fizikokimyasal analizler

Fizikokimyasal özellikler olarak nem oranı, su aktivitesi, pH değeri ve titrasyon asitliği analizleri yapılmıştır. Bu analizler üç paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1. Nem analizi

1 g örnek tartılarak sabit ağırlığa gelinceye kadar 105 °C'deki fırın sıcaklığında bekletilmiştir (AOAC, 2005a).

$$RO = \frac{R_t - R_s}{R_i - R_s}$$

Burada RO, nem oranı; R_t herhangi bir zamandaki örnek ağırlığı; R_s , sabit bir değere gelmiş örnek ağırlığı; R_i ise örneğin ilk ağırlığıdır.

3.2.3.2. Su aktivitesi analizi

Örneklerin su aktivitesi değerleri su aktivitesi tayin cihazı ile ölçülmüştür (Novasina, LabTouc-aw, Lachen, İsviçre). Ölçümler 25 °C'lik ortamda yapılmıştır.

3.2.3.3. Toplam titrasyon asitliği ve pH analizi

Toplam asitlik düzeyi titrasyon yöntemi ile potansiyometrik olarak tespit edilmiştir (Serrano ve ark., 2010). Toplam asitlik, 50 mL saf su içerisine 1 g örnek konularak pH değeri ölçüldükten (HI 2211, Hanna Instrument Inc, Limena, İtalya) sonra çözeltinin pH değeri 8.1 oluncaya kadar 0.5 N NaOH çözeltisi ile titrasyon yapılarak saptanmıştır. Sonuçlar, % sitrik asit cinsinden aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Titrasyon Asitliği (\% sitrik asit)} = \frac{V \times N \times F \times m \times E \times 100}{G}$$

Burada V, titrasyon sarfiyatı; N, titrasyonda kullanılan NaOH'un normalitesi; F, NaOH faktörü; mEq, sitrik asidin miliekivalen ağırlığı (g); G, tartılan örneğin ağırlığıdır (g).

3.2.4. Aflatoksin analizi

Aflatoksin analizi, AOAC (2000) yöntemine göre HPLC sistemi ile yapılmıştır. Bu analizdeki işlemler genel olarak ekstraksiyon, temizleme ve HPLC'ye enjeksiyon aşamalarından oluşmuştur.

3.2.4.1. Ekstraksiyon ve temizleme

500 mL'lik karıştırıcı kabına (Waring 8011; Torrington, CT, U.S.A) 50 g numune tartıldıktan sonra üzerine 5 g NaCl ilave edilmiş ve % 80'lik 300 mL metanol eklenmiştir. Daha sonra, 5 dakika yüksek devirde karıştırılıp cam huni kullanılarak kaba filtre kâğıdından ve Whatman No:4 filtre kâğıdından geçirilerek süzölmüştür. Süzüntüden 10 mL pipetle alınmış ve üzerine 60 mL fosfat tamponlu tuz çözeltisi (phosphate buffered saline solution, PBS) ilave edilerek immunoaffinite safhasına geçilmiştir. Bu işlem, aflatoksinler için özel antikor içeren bir immuno-affinite kolonu (Romerlabs, Aflastar™ FIT, Tulln, Austria) yardımıyla ekstraktın temizlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Kolon sıcaklığı oda şartlarına getirildikten sonra, 10 mL ekstrakt alınarak 2-3 mL/dakika hızda olacak şekilde yerçekimi yardımıyla kolondan geçirilmiştir. Akış hızının 5 mL/dakika'yı geçmemesine dikkat edilmiştir. Sonrasında, kolondan 15 mL saf su geçirilerek yıkama işlemi yapılmış ve 10 s süre ile kolondan hava geçirilerek kurutulmuştur. Aflatoksinlerin ayrışması için 0.5 mL metanol kolondan yerçekimi yardımıyla yavaşça geçirilerek 3 mL'lik balon jojeye alınmıştır. Bir dakika bekledikten sonra, ikinci kez olarak 0.75 mL metanol kolondan geçirilip hava yardımıyla pozitif basınç oluşturularak ayrıştırmada kullanılan metanolün tamamen balon jojeye alınması sağlanmıştır. Saf su ile hacim 3 mL'ye tamamlanmış ve bir vorteks ile iyice karıştırıldıktan sonra 1 mL'lik vialle alınarak HPLC'ye enjeksiyon yapılmıştır. HPLC kalitesinde çözücü ve kimyasallar kullanılmıştır.

3.2.4.2. HPLC koşulları

Aflatoksinlerin HPLC (Shimadzu LC-20AD Prominence, Shimadzu Corp, Kyoto, Japonya) sistemi ile kantitatif analizinde FLD (RF-10AXL) dedektörü ile çalışılmıştır. Bazı aflatoksinleri (AFB₁ ve AFG₁) dedektörde tespit edebilmek amacıyla da HPLC ve dedektör arasına türevlendirme hücresi (Kobra Cell) eklenmiş ve brominasyon ile elektrokimyasal olarak türevlendirme yapılmıştır. Aflatoksinlerin FLD dedektörde tespiti 360 nm (excitation) ve 430 nm (emission) dalga boyu aralığında yapılmıştır. Ayırıştırma için mobil faz olarak, saf su:asetonitril:metanol (6:2:3/v:v:v) karışımı kullanılmış ve akış hızı 1 mL/dak. olarak ayarlanmıştır. Mobil faz karışımının 1 litresinde 120 potasyum bromid (KBr, Sigma-Aldrich) ve 350 µL nitrik asit (4 M) çözeltisi ilave edilmiştir. Mobil faz kullanılmadan önce 0.45 µm gözenekli PTFE filtreden geçirilmiştir. Akış hızı 1 mL/dakika, fırın sıcaklığı 40 °C ve kolon basıncı <180 bar olarak ayarlanmıştır. Her bir örnek için iki defa olacak şekilde 100 µL kadar ekstrakt HPLC'ye enjekte edilmiştir. Aflatoksinlerin HPLC ile tayininde bazı örneklere ait kromatogramlar da EK-1'de verilmiştir.

3.2.4.3. Hesaplama

Aflatoksin standartları olarak aflatoksin B1 (AFB₁), aflatoksin B2 (AFB₂), aflatoksin G1 (AFG₁) ve aflatoksin G2'den (AFG₂) her birini 250 ng/mL oranında içeren ticari aflatoksin standardı (1000 ng/mL, R-Biopharm, Darmstadt, Almanya) kullanılmıştır. Metanol ile her bir aflatoksini 25 ng/mL oranında içeren stok standart çözeltisi hazırlanmıştır. Bu stok çözeltiden de her bir 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 ve 5 ng/mL konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. HPLC'ye 100 µL enjekte edilip her bir konsantrasyona karşılık elde edilen pikin elektronik alanı belirlenerek 5 noktalı kalibrasyon eğrileri elde edilmiştir. Doğrusal regresyon ile örneklerin aflatoksin içerikleri hesaplanmıştır ve sonuçlar µg/kg (ppb) olarak ifade edilmiştir. Kullanılan analiz yöntemin performans göstergeleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan aflatoksin analiz metoduna ait performans göstergeleri

Aflatoksin Çeşidi	LOD ^a (µg/kg)	LOQ ^b (µg/kg)	Geri Kazanım (%)
AFG ₂	0.110	0.116	82.06
AFG ₁	0.108	0.112	92.72
AFB ₁	0.104	0.110	93.59
AFB ₂	0.106	0.111	82.63

^a Kullanılan metodun belirlenebilen sınırı (Limit of Detection, LOD)^b Kullanılan metodun tayin edilebilen sınırı (Limit of Quantification, LOQ)

3.2.5. Renk analizleri özellikleriyle ilgili analizler

Renk özellikleri olarak ekstrakte edilebilen renk parametreleri (ASTA ve k/s), esmerleşme indeksi, yüzey renk ve toplam karotenoid analizleri yapılmıştır. Bu grup analizler 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.1. Ekstrakte edilebilir renk (ASTA) analizi

Örneklerin ekstrakte edilebilir rengi, ASTA (American Spice Trade Association) değerinin saptanmasıyla belirlenmiştir. ASTA değerlerinin belirlenmesinde AOAC (2005b) metodu kullanılmıştır. 0.1 g örnek tartılarak 100 mL aseton içinde karıştırıldıktan sonra 16 saat süre ile karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Daha sonra aseton referans alınarak spektrofotometrede (Libra S70, Biochrom, İngiltere) 460 nm’de örneklerin absorbans değerleri okunmuştur. ASTA değeri aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$ASTA = \frac{A \times 16.4 \times C_f}{w}$$

Bu eşitlikteki A, absorbansı; C_f, cihaz faktörü; w ise 0.1 g örnekteki kurumadde miktarıdır.

C_f’nin hesaplanması: 460 nm’de 1.8 M’lik H₂SO₄ içerisindeki 0.001 M K₂Cr₂O₇ ile 0.09 M (NH₄)₂Co(SO₄)₂.6H₂O standart renk çözeltisinin gerçek absorbansı (A_s) ile teorik absorbansı (A_t= 600) bölünmesiyle hesaplanmıştır.

3.2.5.2. Kırmızılık/sarılık oranı analizi

Ekstrakte edilen rengin diğer bir parametresi olan kırmızılık/sarılık oranının belirlenmesinde ASTA analizi için hazırlanan biber-aseton ekstraktı kullanılmıştır. Bu değer, ekstraktın spektrofotometrede 470 ve 455 nm’de sırasıyla kırmızı ve sarı pigmentler için okunan absorbansların birbirine oranının hesaplanmasıyla belirlenmiştir (Topuz ve ark., 2009).

3.2.5.3. Esmerleşme indeksi analizi

Enzimatik olmayan esmerleşme Topuz ve ark. (2009)’a göre saptanmıştır. 50 mL saf su içerisine 0.1 (± 0.001) g örnek ilave edildikten sonra 25 °C’de 140 rpm hızda 2 saat boyunca yatay olarak çalkalanmıştır ve 8000 rpm hızda 8 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Daha sonra oluşan süzöntü 0.45 μm ’lik PTFE filtreden geçirilerek spektrofotometre ile 420 nm’de absorbans okunmuştur. Örnekler farklı nem oranlarına sahip olduğundan absorbans değerleri 0.1 g kurumadde üzerinden hesaplanmıştır.

3.2.5.4. Yüzey renk analizi

Örneklerin yüzey renkleri chroma metre cihazında (Konica Minolta CR-5, Tokyo, Japonya) ölçüm yapılarak saptanmıştır. Ölçümler Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (International Commission Illumination, CIE) parametrelerine göre yapılmıştır. Örneklerin renk değerleri L^* (beyazlık-parlaklık), a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık- mavilik) değerleri ifade edilerek ölçümler yapılmıştır. Ayrıca, aşağıdaki denklemlere göre hesaplanan C (yoğunluk) ve h° (renk açısı) değerleri de cihaz tarafından ölçülmüştür (Vega-Galvez ve ark., 2009). Yüzey renk değerleri analizi iki paralelli olarak ve her analizde de cihazda üç okumanın ortalaması alınarak belirlenmiştir.

$$C (\text{Chroma}) = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$$

$$h^\circ (\text{Hue angle}) = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

3.2.5.5. Toplam karotenoid analizi

Biber örneklerinin toplam karotenoid miktarı spektrofotometrik olarak belirlenmiştir.

3.2.5.5.1. Ekstraksiyon

Toplam karotenoid analizinde ekstraksiyon işlemi Minguez-Mosquera ve Hornero-Mendez (1993) metoduna göre yapılmıştır. 1 g örnek tartılarak iç standart olarak üzerine 20 µL (1 mg/1 mL aseton) β-apo-8'-karotenal ilave edildikten sonra 50 mL aseton içerisinde yüksek hızda 30 s süre ile homojenize (Ultra-Turrax T25 Basic, IKA, Staufen, Almanya) edilmiştir. Renksizlik elde edilinceye kadar bu işlem yapılarak her seferinde elde edilen ekstrakt bir balon joje içerisine toplanmıştır (5 defa tekrarlanmıştır). Bu ekstrakt 33 °C ve 500 mmHg vakum altında 50 mL hacme düşüncüye kadar evapore edilmiştir (Heidolph, Schwabach, Almanya). Daha sonra çözelti bir ayırıcı huniye alınıp üzerine 100 mL dietil eter ve % 10'luk NaCl çözeltisinden 100 mL ilave edilerek faz ayrışması sağlanmıştır. Alttaki faz uzaklaştırılarak üstteki faza % 2'lik Na₂SO₄ çözeltisinden 100 mL eklenerek oluşan alt faz yine uzaklaştırılarak yıkama işlemi yapılmıştır. Sabunlaşma işlemi için, metanoldeki % 10'luk KOH çözeltisinden 50 mL kalan üst faza ilave edilerek iyice karıştırıldıktan sonra 1 saat boyunca karanlık bir ortamda bekletilmeye alınarak periyodik olarak karıştırılmıştır. Sabunlaşma işleminden sonra, ayırıcı hunide çözeltinin üzerine % 10'luk NaCl çözeltisinden 100 mL ilave edilerek faz ayrışması sağlanmış ve sulu faz huninin altından uzaklaştırılmıştır. Üstte kalan faz, yıkamada kullanılan saf su nötrale oluncaya kadar saf su ile yıkanmıştır. Bu işlemde ayırıcı huninin hacmine göre her seferinde eklenen saf su alttan uzaklaştırılarak yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama işleminden sonra çözeltide kalan suyu uzaklaştırmak için % 2'lik Na₂SO₄ çözeltisinden 100 mL ilave edilerek oluşan alt faz tamamen uzaklaştırılmıştır. Kalan çözelti rotary evaporatörde 32 °C ve 500 mmHg vakum altında evapore edilerek dietil eter uzaklaştırılmıştır. Balon jojenin içerisinde kalan su damlacıkları da azot gazı kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Elde edilen pigmentler 5 mL aseton içerisinde

çözdürüldükten sonra 1/90 oranında seyreltilerek spektrofotometrik okuma için hazır hale getirilmiştir.

3.2.5.5.2. Hesaplama

Miktar tayininde β -karoten standardından farklı konsantrasyonlardaki çözeltiler hazırlanarak elde edilen standart eğriden yararlanılmıştır. Toplam karotenoid miktarı, hazırlanan pigment ekstraksiyonunun spektrofotometrede (Libra S70, Biochrom, İngiltere) 460 nm'deki absorbansı ölçülerek hesaplanmıştır. Sonuçlar, β -karoten cinsinden mg/kg KM olarak ifade edilmiştir (Gao ve ark. 2000).

3.2.6. Acılık özellikleriyle ilgili analizler

Örneklerin acılık düzeylerinin tespit edilmesinde öncelikle acılık oluşturan kapsaisinoid grubu bileşiklerin miktarları belirlenmiştir. Daha sonra da bu bileşik miktarlarından yararlanılarak örneklerin Scoville acılık birimleri hesaplanmıştır. Analizler 3 paralelli olarak yapılmıştır.

3.2.6.1. Kapsaisinoid analizi

Kapsaisinoid bileşiklerinin ekstraksiyonunda Collins ve ark. (1995) tarafından kullanılan metot biraz değiştirilerek uygulanmıştır.

3.2.6.1.1. Ekstraksiyon

0.5 g örnek 30 mL asetonitril içerisinde 15 s süre ile yüksek hızda homojenize (Ultra-Turrax T25 Basic, IKA, Staufen, Almanya) edildikten sonra 80 °C'de 4 saat bekletilmiştir. Bu esnada karışım 30 dakika aralıklarla karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Oda sıcaklığında soğutma ve durultmadan sonra üst faz alınarak HPLC'ye enjeksiyon amacıyla 0.45 μ m gözenekli PTFE filtreden geçirilerek 1 mL'lik cam vialle konulmuştur. Ekstraksiyon iki paralelli yapılmıştır. Ekstraksiyon işlemlerinde HPLC saflığına sahip çözücüler kullanılmıştır.

3.2.6.1.2. HPLC Koşulları

HPLC işlem koşulları Topuz ve ark. (2011)'e göre belirlenmiştir. Kapsaisinoid bileşiklerinin ayrıştırılması ve tespiti HPLC (Shimadzu LC-20AD), FLD ile buna entegreli FLD dedektörü (RF-10AXL) ve Luna C18 kolonundan (C18 100A, Phenomenex; 250 x 4.60 mm, 5µm) oluşan sistemle gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak asetonitil:saf su:asetik asit karışımı 100:100:1 oranında ve 1.2 mL/dak. akış hızında kullanılmıştır. Ayrıştırma oda sıcaklığı şartlarında gerçekleştirilmiştir. Kapsaisinoidler FLD dedektöründe 280 nm eksitasyon ve 320 nm emisyon aralığında tespit yapılmıştır. Enjeksiyon hacmi 10 µL ve hareketli fazın ayrıştırma işlemi 30 dakikada tamamlanmıştır. Örneklerle ait tipik kromatogramlar EK-2'de gösterilmiştir.

3.2.6.1.3. Hesaplama

Miktarlarının tespitinde, kapsaisin (KAP) (% 99.0, Sigma-Aldrich) ve dihidrokapsaisin (DHK) (% 97.0) standartları kullanılmıştır. Bu standartlardan metanol içerisinde 2 mg/mL stok çözeltisi hazırlanmış ve bundan da 1, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 µg/mL konsantrasyonlarında ara çözeltiler elde edilerek standart eğri oluşturulmuştur. Sonuçlar bu eğriye göre hesaplanarak mg/kg kuru madde olarak ifade edilmiştir. Ayrıca, nordihidro-kapsaisin (n-DHK) ve homodihidro-kapsaisin (h-DHK) standartları temin edilemediğinden, bu kapsaisinoidlerin miktarları da KAP eğrisine göre hesaplanmış ve sonuçları da KAP eşdeğeri olarak ifade edilmiştir (Giuffrida ve ark., 2013).

3.2.6.2. Scoville acılık biriminin hesaplanması

Biberlerin acılık birimleri Gonzalez-Zamora ve ark. (2013) tarafından bildirilen metoda (Todd ve ark., 1977) göre hesaplanmıştır. Örneklerde belirlenmiş her bir kapsaisinoid içeriği (mg/kg) o kapsaisinoid için belirlenmiş bir katsayıyla çarpılarak SHU dönüştürülmüştür. Buna göre, örneklerin toplam SHU değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. h-DHK bileşiği de n-DHK eşdeğeri olarak kabul edilerek acılık değeri hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Acılık (SHU)} = [\text{KAP(ppm)} + \text{DHK(ppm)}] \times 16.1 + [\text{NDHK(ppm)} + \text{HDHK(ppm)}] \times 9.3$$

Burada, 16.1 değeri KAP ve DHK için acılık katsayısı iken, 9.3 değeri de n-DHK ve h-DHK için acılık katsayısını ifade etmektedir.

3.2.7. Antioksidan kapasitesi analizi

Örneklerin antioksidan kapasiteleri, stabil bir nitrojen radikali olan DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) bileşiğinin süpürülmesi (temizlenmesi) ile test edilmiştir (Valazquez ve ark., 2014). 1 g örnek tartılarak 25 mL metanol içerisinde 10 s süre ve yüksek hızda homojenize (Ultra-Turrax T25 Basic, IKA, Staufen, Almanya) edilmiştir. Ekstraksiyon verimi için bu işlem iki kez tekrarlanmıştır. Bir erlende toplanan bu çözeltiden 15 µL alınarak önceden metanol kullanılarak 0.025 mM konsantrasyonunda hazırlanmış 285 µL'lik DPPH (Sigma Aldrich) çözeltisine ilave edilmiştir. Daha sonra bu karışım 0.45 µm'lik PTFE filitreden (Membrane Solution, Dallas, USA) geçirilip 6 saat karanlıkta bekletilerek spektrofotometrede 517 nm'de absorbans okunmuştur. Kontrol için DPPH içermeyen örnek kullanılmıştır. Analiz 2 paralelli yapılmış ve antioksidan kapasitesi aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Antioksidan kapasitesi (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Abs örnek}}{\text{Abs kontrol}}\right) \times 100$$

Burada, Abs örnek, örneğin absorbansı; Abs kontrol, kontrol çözeltisinin absorbansını ifade etmektedir.

3.2.8. C vitamini analizi

C vitamini tayini Daood ve ark. (2014)'nın kullandığı metoda göre yapılmıştır. Analiz 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.8.1. Ekstraksiyon

0.5 g örnek alınarak 30 mL hacmindeki % 3'lük metafosforik asit çözeltisi içerisinde 15 s süre ile orta hızda homojenize (Ultra-Turrax T25 Basic, IKA, Staufen, Almanya) edildikten sonra ultrasonik su banyosunda 30 dakika boyunca ve oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Daha sonra karışım 0.45 µm'lik PTFE filtreden geçirilip 1 mL'lik vialer alınarak HPLC'ye enjeksiyon için hazır hale getirilmiştir.

3.2.8.2. HPLC koşulları

C vitamini, Luna C 18 kolonu (250 x 4.60 mm, 5 µm; Phenomenex Co, Torrance, Calif., USA) ile ayrıştırılmıştır. HPLC sistemine hareketli faz olarak gradient (aşamalı değişim) ayrıştırma uygulanarak asetonitril-0.01 M KH₂PO₄ karışımı başlangıç için 1:99, değişim için 40:60 ve dönüş için 1:99 oranında verilmiştir. Akış hızı 0.75 mL/dakika, enjeksiyon hacmi 20 µL ve kolon sıcaklığı 31 C° olarak ayarlanmıştır. C vitaminin kolonda tespiti 244 nm'de yapılmıştır. C vitamini standardı ve pul biberlerin C vitamini içeriklerine ait tipik kromatogramlar EK-3'te sunulmuştur.

3.2.8.3. Hesaplama

L-askorbik asit (% 99, Sigma-Aldrich) standardından 6 mg/1 mL konsantrasyona sahip stok çözeltisi hazırlandıktan sonra 0.12, 0.24, 0.60, 1.2, 2.4 ve 6 mg/mL konsantrasyonlarda standart çözeltiler kullanılarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Bu kalibrasyon eğrisine göre örneklerin C vitamini içeriği hesaplanmış ve sonuçlar mg/10 g kuru madde olarak ifade edilmiştir.

3.2.9. Uçucu bileşik analizi

Katı faz mikro-ekstraksiyon tekniği (Solid Phase Micro-extraction, HS- SPME) ile uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu yapılmıştır. Bu ekstraksiyon metodunda, kimyasal çözücü, saflaştırma işlem basamakları ve purge-trap (süpürge-tuzak) gibi aparatları

gerektirmeyen basit, hızlı ve güvenilir bir adsorpsiyon (tutunma) metodudur (Yang ve Peppard, 1994; Jia ve ark., 1998). Analiz 2 paralelli olarak yürütülmüştür.

3.2.9.1. Ekstraksiyon

Uçucu bileşikler HS-SPME (tepe boşluğu katı faz mikro-ekstraksiyonu) tekniği ile Rodriguez-Burruezo ve ark. (2010) metoduna göre ekstrakte edilmiştir. 1 g örnek tartılıp bekletilmeden vidalı ve PTFE/butyl bölmeli kapaklara sahip 15 mL hacimli SPME vialine (Supelco, Bellefonte, PA, USA) konulmuştur. Üzerine iç standart (İS) olarak, metanol içerisindeki 5 mg/kg konsantrasyonunda 2-metil-3-heptanon (İS₁) ve 2-metilpentanoik asit (İS₂), (Sigma-Aldrich Co. USA) bileşiklerini içeren çözeltiden 5 µL eklenerek vialin kapağı kapatılmıştır. Daha sonra, vial SPME örnekleme standına (Supelco) yerleştirilerek burada bir ısıtıcı tabla (Corning, PC-420D, New York, USA) üzerinde 30 dakika süre ile 40 °C’de bekletilmiştir. Bu 30 dakikalık sürede örnekteki uçucu bileşikler vialin tepe boşluğunda birikerek gerekli dengeye ulaşmaktadır. Ekstraksiyon için Divinilbenzen/Karboksen/Polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS, 50/30 µm) fiberi (Supelco, Bellefonte, PA, USA) vial e enjekte edilerek 30 dakika süre ve 40°C sıcaklıkta bekletilmiştir. Bu ekstraksiyon işlemi, uçucu bileşiklerin fiber tarafından emilmesi (absorbsiyon) ilkesine dayanmaktadır.

3.2.9.2. Kromatografik analiz

Ekstrakte edilen uçucu bileşiklerin termal desorbsiyonu, GC-MS sistemi (Shimadzu GC-2010 gas kromatografisi ve QP-2010 kütle spektrometresi; Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) ile Demir ve ark. (2014) metoduna göre yapılmıştır. Dedektör olarak FID (Flame Ionization Detector) kullanılmıştır. Desorbsiyon için fiber iğnesi GC-MS sisteminin enjeksiyon girişine (250 °C) yerleştirilmiş ve 30 s süre ile bekletilmiştir. Bileşikler DB-Wax kolonu (60 m × 0.25 mm × 0.25 mm; J&W Scientific, Folsom, CA, USA) ile ayrıştırılmış ve splitless mod kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak 1 mL/dakika hızındaki helyum gazı kullanılmıştır. Sıcaklık programı referans alınan metoda göre biraz modifiye edilerek uygulanmıştır. Fırın sıcaklığı önce 40 °C’de 2 dakika tutulmuş ve daha sonra her dakikada 3 °C artırılarak 80 °C’ye kadar

artırılmış ve bu sıcaklıkta da 1 dakika bekletilmiştir. Daha sonra dakikada 5 °C artırılarak sıcaklık 240 °C'ye kadar artırılmış ve 6 dakika bu derecede tutulmuştur. Bir sonraki analize hazırlık amacıyla, fiber her seferinde cihazın enjeksiyon girişinde 15 dakika süre ile 250 °C sıcaklıkta bekletilerek uçucu bileşiklerin tamamen desorbe edilmesi sağlanmıştır. Biber örneklerinin uçucu bileşiklerine ait bazı kromatogramları EK-4'te verilmiştir.

3.2.9.3. Uçucu bileşiklerin tanımlanması

Uçucu bileşikler, kütle spektrumlarının Wiley 8 ve NIST05 kütle spektral kütüphaneleriyle karşılaştırma yapılarak tanımlanmıştır. Ayrıca, tespit edilen uçucu bileşiklerin alıkonma indisleri (Retention Indice, RI) literatür verileriyle (Anonymous, 2014a) karşılaştırılarak doğrulama yapılmıştır. Bileşiklerin RI değerleri, aynı kromatografik şartlarda GC-MS sistemine n-alkan serisinin (C₁₀-C₂₆) verilmesiyle Van Den Dool ve Kratz (1963) metoduna göre hesaplanmıştır.

3.2.9.4. Hesaplama

Miktar tayini, her bir örnek için GC-MS'den elde edilen elektronik pik alanının iç standart metoduna göre hesaplanmasıyla bağıl olarak elde edilmiş ve µg/kg kuru madde olarak ifade edilmiştir. Bu hesaplamada, asidik özelliğe sahip bileşiklerin için İS₂ ve diğer bileşikler için de İS₁ kullanılmıştır (Demir ve ark., 2014).

3.2.10. İstatistik analizler

Elde edilen sonuçlara tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) uygulanmıştır ve ortalamalar arasındaki farklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile analiz edilmiştir (P<0.05). Ayrıca, bazı özelliklerin birbirleriyle olan ilişkisinin belirlenmesi amacıyla Pearson korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Bunun dışında, uçucu bileşik profili yönünden örnekler arasındaki benzerlikler ve farklılıkların belirlenmesi amacıyla da Temel Bileşenler Analizi (TBA) yapılmıştır. Bu analizlere

ilişkin hesaplamalar SPSS (SPSS 16.0 for Windows, IBM, New York, USA) istatistik paket programıyla yapılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın bulguları, güneşte kurutma metoduyla pul kırmızıbiber (PKB) üretimi sırasında taze kırmızıbiberde meydana gelen değişimler; geleneksel yolla isot (Gİ) elde edilmesi sırasında meydana gelen değişimler; üretilen Gİ, PKB ve endüstriyel isot (Eİ) biberinin karşılaştırılması ve bunların depolanması olmak üzere 3 başlık altında ele alınmıştır.

4.1. Pul Kırmızıbiber Üretimi Sırasında Taze Biberde Meydana Gelen Değişimler

Bu çalışmadaki PKB üretiminde, istenilen nem oranına kurutmanın 4. günü (GK4) sonunda ulaşılmıştır. Bu nedenle, PKB üretimindeki örnek sayısı, taze biber (TB) dâhil olmak üzere toplam beş adettir.

4.1.1. Fizikokimyasal özelliklerdeki değişimler

TB'nin güneşte kurtulması sırasında nem miktarı, su aktivitesi, pH değeri ve titrasyon asitliğinde meydana gelen değişimlere ait veriler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Güneşte kurutma sırasında biberlerin fizikokimyasal özelliklerindeki değişimlere ait değerler *

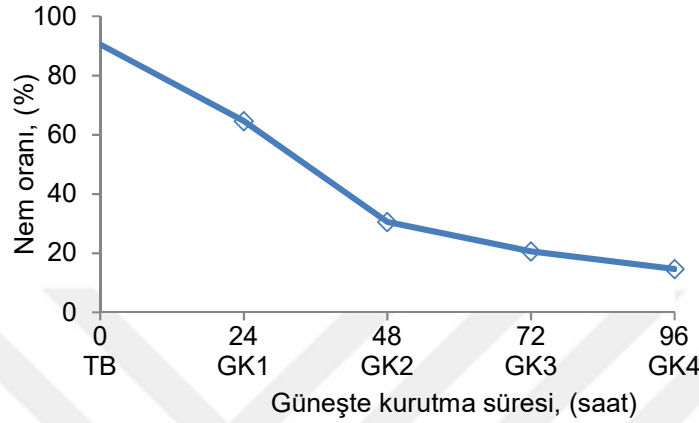
Örnek	Nem oranı (%, g/100 g)	Su aktivitesi	pH	Titrasyon asitliği (% SA ¹)
TB	90.49±0.09 ^a	0.983±0.001 ^a	5.10±0.06 ^a	0.34±0.04 ^c
GK1	64.63±2.68 ^b	0.934±0.012 ^a	4.94±0.03 ^a	1.51±0.02 ^b
GK2	30.58±1.82 ^c	0.668±0.018 ^b	4.91±0.06 ^a	2.53±0.01 ^a
GK3	20.64±1.03 ^d	0.439±0.033 ^c	5.01±0.02 ^a	2.97±0.32 ^a
GK4	14.65±0.18 ^c	0.328±0.015 ^d	4.96±0.06 ^a	3.06±0.39 ^a

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

¹ SA: sitrik asit

4.1.1.1. Nem miktarı

Güneşte kurutma (GK) sırasında biberlerin nem miktarındaki değişim şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Güneşte kurutma sırasında nem oranındaki değişim

Taze biberde (TB) % 90.49 olan nem içeriğinin GK süresince dehidrasyona bağlı olarak hızlıca azaldığı ve güneşte kurutmanın 4. gününde (GK4) % 14.65’e kadar düştüğü belirlenmiştir ($P<0.05$). Taze kırmızıbiberlerin güneşte kurutulmasıyla pul bibere dönüşümlerinde son ürünün nem oranı, üretilen kırmızıbiberin yapısı (toz veya pul) kurutulan biberin çeşidi, kurutma koşulları (sıcaklık, bağıl nem ve süre) ve yasal standartlar gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Kim ve ark., 2002; Doymaz, 1998; Kooli ve ark., 2007). Ülkemizde, taze kırmızıbiberden üretilen baharatlarının maksimum nem miktarları için üretim metodu ve parçacık büyüklüğüne göre iki farklı yasal oran belirlenmiştir. Bu nem oranı, pul kırmızıbiber (1-3 mm) ve daha küçük parçalara öğütülmüş (% 90’ı 1 mm’lik elekten geçebilmeli) kırmızıbiber ürünlerinde sırasıyla % 15 ve % 11’dir (Anonim, 2013). Bu çalışma kapsamında üretilen PKB’de güneşte kurutmanın 4. gününde bu nem düzeyine ulaşıldığı saptanmıştır.

Adegoke ve ark. (1996), Nijerya şartlarında nem oranları % 75.7-78.2 arasında değişen *C. annuum* türü taze kırmızıbiber çeşitlerinin güneşte kurutulduktan sonra nem oranlarının % 12.7-26.8 aralığına kadar düştüğünü belirtmiştir. Diğer taraftan, Öztekin ve ark (1999), Türkiye’de farklı zamanlarda hasat edilerek güneşte kurutulmaya

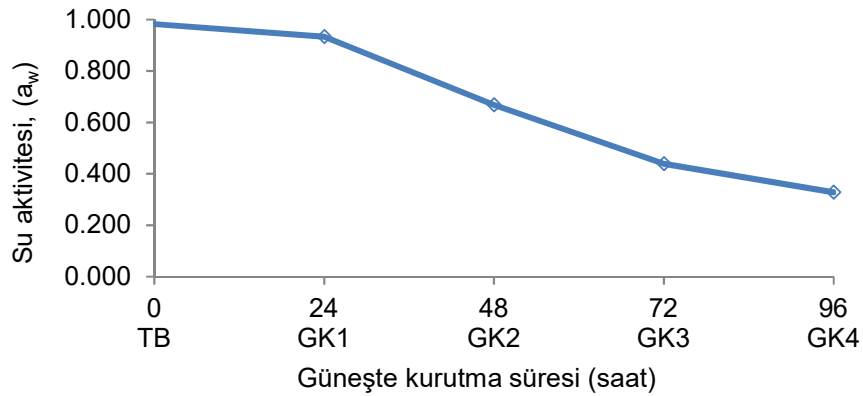
bırakılan kırmızıbiberlerin (*C. annuum*) kurutma sürelerinin de farklılık gösterdiği ve biberlerin % 10-14'lük nem oranlarına kadar kurutulması durumunda bu sürenin 6-10 gün sürdüğünü bildirmiştir. Benzer şekilde, Topuz ve Ozdemir (2003), Kahramanmaraş ili şartlarında açıkta kurutulan kırmızıbiberin 5-7 günde nem oranının % 12-14'e düştüğünü tespit etmişlerdir. Bu çalışmada üretilen PKB'nin nem oranıyla ilgili sonucu önceki çalışma sonuçlarıyla örtüşmektedir. Bununla birlikte, kurutma süresiyle ilgili bir değerlendirme yapıldığında, bu çalışmadaki güneşte kurutma süresinin, Ülkemizin diğer bölgelerinde benzer metotla yapılan üretimlerdeki kurutma süresinden genel olarak daha kısa olduğu saptanmıştır. Bu durumun, çalışmanın yapıldığı il olan Şanlıurfa'daki sıcaklığın daha yüksek, nemin ise düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ülkemizde üretilen pul kırmızıbiberlerin nem oranıyla ilgili belirtilmesi gereken diğer bir nokta, kurutma işleminden sonra yaygın olarak uygulanan nemlendirme işlemidir (Anonim, 2013). Bu işlemde, kurutulmuş ve sonrasında öğütülerek pul haline getirilmiş biberlere eklenen su miktarına bağlı olarak nem oranı artmaktadır. Ancak, bu çalışmadaki PKB üretimi Şanlıurfa'da yapılan geleneksel üretime göre yapıldığından nemlendirme işlemi uygulanmamıştır. Bu üretim farkı dikkate alınarak bir değerlendirme yapılacak olursa, çalışmamızdaki nem oranıyla ilgili sonucun bazı çalışmaların sonuçlarına göre farklılık sergilediği görülmektedir. Topuz (2002), güneşte % 12-14 nem oranına kadar kurutarak elde ettiği pul biberlere daha sonra nemlendirme işlemi yaparak son ürünün nem oranını % 15.75-16.12'ye yükseltmiştir. Elden Taydaş ve Aşkın (1995) tarafından yapılan bir araştırmada, Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinde toplanan 30 farklı ticari kırmızı pul örneğinin nem içeriklerinin % 6.5-21.5 arasında değiştiği belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada, Van ilinde açıkta satılan 40 adet pul biber örneğinin nem içeriğinin % 6.50-22 arasında değiştiği, bu biber örneklerinden 5 tanesinin nem oranının % 18'den büyük olduğu tespit edilmiştir (Ağaoğlu, 1999).

4.1.1.2. Su aktivitesi (a_w)

Su aktivitesi, suyun kullanılabilirliği ile bir terim olup gıda maddesinin içerdği suyun buhar basıncının aynı sıcaklıkta saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanmaktadır. Gıdalarda fiziksel, kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik değişimlerin kontrol edilmesi ve buna bağlı olarak gıda güvenliğinin sağlanmasında su aktivitesi önemli bir etken olarak kabul edilmektedir (Govindarajan ve Salzer, 1985; Lechtanska ve ark., 2015; Rhim ve Hong, 2011; Lee ve ark., 1991).

Güneşte kurutma sırasında biberlerin su aktivitesindeki değişim şekil 4.2’de gösterilmiştir. TB’nin 0.983 olan su aktivitesinin, kurutmaya birlikte azalmaya başladığı ve güneşte kurutmanın sonunda 0.328’e kadar düştüğü tespit edilmiştir. Kurutmanın ilk 24 saatlik kısmında su aktivitesindeki değişimin istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$), sonraki kurutma sürelerinde meydana gelen azalmaların ise önemli olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Güneşte kurutma sırasında su aktivitesindeki değişim

Elden Taydaş ve Aşkın (1995) Türkiye’de üretilen 30 farklı pul kırmızıbiber çeşitlerinin su aktivitesi değerlerinin 0.684-0.720; Özay ve ark. (1993), temin ettikleri pul kırmızıbiberlerin su aktivitelerinin 0.521-0.669; Ağaoğlu (1999), 40 farklı pul kırmızıbiber örneğinin su aktivitelerinin 0.680-0.786 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Bunların dışında, Valazaquez ve ark. (2014), güneşte kurutularak elde edilmiş ve İspanya’da pazarlanan kırmızıbiberin (paprika) su aktivitesi değerinin 0.330 olduğunu; Ordonez-Santos ve ark. (2014) İspanyanın iki farklı bölgesinde

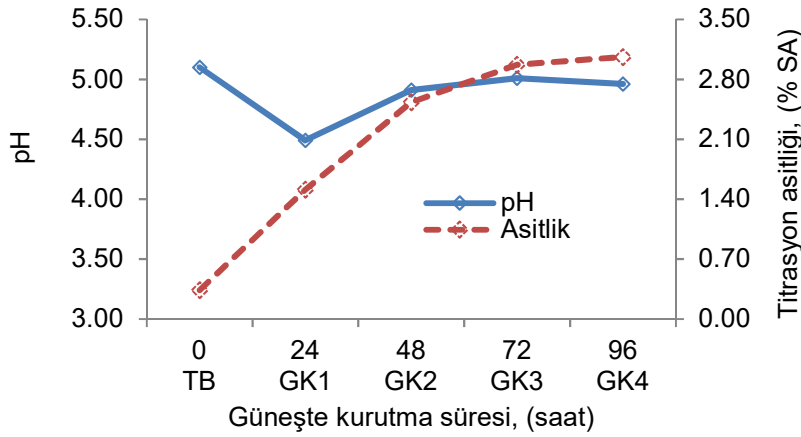
Capsicum annuum türü kırmızıbiberden üretilen (Murcia ve La Vera) paprika baharatlarının bazı özellikleriyle ilgili yaptığı karşılaştırmada bunların su aktivitelerinin 0.339 (La Vera) ve 0.446 (Murcia) olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlar, çalışmamızda üretilen PKB'ye ait su aktivitesi değerinin birçok çalışmanın su aktivitesiyle ilgili verilerden daha düşük değere sahip olduğunu göstermektedir. Bu farklılığın oluşmasında kullanılan biber çeşidinin etkili olduğu tahmin edilmektedir.

Su aktivitesi, kırmızıbiber baharatlarında renk kalitesini belirleyen pigmentlerin oksidasyonu ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları için önemli bir faktördür (Rhim ve Hong, 2011). Kanner ve Mendel (1976)'dan bildirildiğine göre, 0.40-0.60 arasındaki su aktivitesi değerlerinde oksidasyon reaksiyonları daha yavaş gerçekleşmektedir (Ordenez-Santoz ve ark., 2014). Lee ve ark. (1992), kırmızıbiberlerde 0.30'dan büyük su aktivitesi değerlerinin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına yol açtığını belirtmiştir. Su aktivitesini kırmızıbiber baharatları için önemli kılan noktalardan biri de aflatoksin üreten küflerin gelişimindeki belirleyici etkiye sahip olmasıdır (Marin ve ark., 2009). Gıdalarda aflatoksin üretimi ve küf gelişimine bağlı bozulmaların önlenbilmesinde 0.6-0.7 değerlerindeki su aktivitesinin üst limit olarak kritik eşikler olduğu bildirilmiştir (Lechtanska ve ark., 2015; Aycicek ve ark., 2005). Kritik su aktivitesi değerleriyle ilgili bu çalışmalar, çalışmamızda üretilen pul biberlerin su aktivitesinin, üretim sonrası kalite kayıplarına meydana gelebilecek bazı biyokimyasal ve mikrobiyal değişimin yavaşlatılabilmesi veya önlenbilmesinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Su aktivitesi ile nem içeriği arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla Pearson korelasyonu ile ilgili yapılan analizde korelasyon katsayısının (r) 0.940 olduğu belirlenmiştir ($P < 0.01$). Bu değer su aktivitesi ile nem oranında pozitif yönde kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda hesaplanan bu korelasyon katsayısı, Addala ve ark, (2015) tarafından kırmızı biber baharatında su aktivitesi ve nem içeriği için bulunduğu 0.917 değerindeki korelasyon katsayısından daha yüksektir.

4.1.1.3. pH ve titrasyon asitliği

Güneşte kurutma sırasında biberlerin pH ve titrasyon asitliğindeki değişimler Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Güneşte kurutma sırasında pH ve titrasyon asitliğindeki değişim

pH değerinin güneşte kurutma sırasında düzenli olmayan bir değişim gösterdiği ve TB’de 5.10 olan pH değerinin bu değişimlere bağlı olarak üretimin sonunda 4.96 değerine düştüğü belirlenmiştir. Ancak, pH değerindeki bu değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). Araştırmamızda kullanılan TB’nin titrasyon asitliğinin % 0.34 olduğu ve bu değer kurutmanın ilk 2 gününde önemli oranda arttığı ($P<0.05$), daha sonraki kurutma günlerindeki artışın ise istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Güneşte kurutmanın sonunda titrasyon asitliğinin TB’deki göre toplamda yaklaşık 9 kat artış gösterdiği saptanmıştır ($P<0.05$).

Vega-Galvez ve ark. (2009) taze kırmızıbiberi pH değeri ve titrasyon asitliğini sırasıyla 4.72 ve % 0.358 (malik asit) olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar, taze biberlerin farklı sıcaklıklarda (50-90 °C) kurutularak tekrar sulandırılmış (rehidrasyon) hallerinin de pH değerleri ve titrasyon asitliklerinin sırasıyla 4.96-5.29 ve % 0.108-0.138 arasında değiştiğini saptamışlardır. Bir diğer çalışmada, kırmızıbiberin pH değerinin 5.22 olduğu bildirilmiştir (Rico ve ark., 2010). Öte yandan Toontom ve ark. (2012), taze kırmızıbiberi güneşte kurutarak elde ettiği kırmızıbiberlerin pH değerinin 3.21 olduğu ve titrasyon asitliğinin de % 0.59 (sitrik asit) olduğunu bulmuştur. Ozgur

ve ark. (2011), taze kırmızıbiberlerin (Yalova yağlık çeşidi) pH değeri ve titrasyon asitliğinin sırasıyla 5.21 ve % 0.18 (SA) olduğunu; bu biber çeşidinin kurutulmuş halinin de pH ve titrasyon asitliğinin sırasıyla 5.01 ve % 1.16 olduğunu aktarmıştır. Zaki ve ark. (2013), farklı zamanlarda hasat edilerek (Eylül-Aralık arası) güneşte kurutmaya baharat dönüştürülen kırmızıbiberlerin pH değerlerinin 5.10 ile 6.25 arasında değiştiğini bulmuşlardır.

PKB örneğimize pH değerinin genel olarak önceki çalışmaların sonuçlarıyla uygunluk içerisinde olduğu, ancak titrasyon asitliğiyle ilgili sonuçlarımızın görece olarak daha yüksek olduğu saptanmıştır. Özellikle, güneşte kurutma süresince titrasyon asitliğinde görülen artış bu farkın oluşmasına yol açmıştır. Çalışmamızda PKB üretimi süresince titrasyon asitliğinde meydana gelen artışın, mikrobiyal faaliyete dayalı bir artıştan ileri geldiği tahmin edilmektedir. Toontom ve ark. (2012), güneşte kurutulan kırmızıbiberlerin titrasyon asitliklerinin mikrobiyal bulaşmaya bağlı olarak yükselebildiğini bildirmiştir.

4.1.2. Aflatoksin içeriğindeki değişimler

TB'nin güneşte kurutma sırasında aflatoksin içeriklerine ait değerler Çizelge 4.2 verilmiştir.

Çizelge 4.2. Güneşte kurutma sırasında biberlerin aflatoksin içerikleri ($\mu\text{g/kg}$)*

Örnek	AFG ₂	AFG ₁	AFB ₂	AFB ₁	Toplam AF
TB	<LOD ¹	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
GK1	<LOD	<LOD	<LOD	0.113±0.001 ^c	0.113±0.001 ^c
GK2	<LOD	<LOD	<LOD	0.119±0.002 ^c	0.119±0.002 ^c
GK3	<LOD	<LOD	<LOD	0.150±0.005 ^b	0.150±0.005 ^b
GK4	<LOD	<LOD	<LOD	0.198±0.002 ^a	0.198±0.002 ^a

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

¹ Belirlenebilen minimum miktar

Çalışmamız kapsamında kullanılan taze Urfa kırmızıbiberinde aflatoksin tespit edilmemiştir (<LOD). Aynı şekilde, TB'nin güneşte kurutma sırasındaki AFG₂, AFG₁ ve AFB₂ içerikleriyle ilgili sonuçların da negatif olduğu saptanmıştır (<LOD). AFB₁'in ise güneşte kurutma sırasında bir miktar oluştuğu (P<0.05), ancak, analiz

hassasiyeti dikkate alındığında tespit edilen bu miktarların da düşük düzeylerde olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca, saptanan AFB₁ ve toplam AF miktarlarının, Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Anonim, 2011) ve Avrupa Birliği gıda mevzuatında (Anonymous, 2010) aflatoksin AFB₁ ve toplam AF için sırasıyla izin verilen 5 ppb (µg/kg) ve 10 ppb limitlerinden oldukça düşük olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada üretilen PKB'nin aflatoksin içermemesi veya iz miktarda AFB₁ içermesinde kurutmanın toprak yerine beton zeminde gerçekleşmesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Karaaslan ve Arslanğray (2015), *A. flavus* ve *A. parasiticus* küflerinin biberlere bulaşmasında ve buna bağlı olarak aflatoksin oluşunda başlıca etkenin toprakta yapılan kurutma olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışmamızda kullanılan TB'nin aflatoksin içermemesi de (<LOD) aflatoksinle ilgili sonuçlarımızın düşük olmasında etkili olan diğer bir faktör olduğu tahmin edilmektedir. Aflatoksinlerin kırmızıbiberlerde hasat öncesi, hasat sırasında ve hasat sonrası gibi herhangi bir aşamada bulunabileceği bildirilmiştir (Hierro ve ark., 2008).

Aflatoksin ile ilgili yapılan bazı çalışmalar, kırmızıbiber baharatlarındaki aflatoksin içeriklerinin belirlenen bu yasal limitleri aşabileceğini göstermiştir. Özkan ve ark. (2015), Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinden temin ettikleri 180 farklı taze kırmızıbiber örneklerinden güneşte kurutma metoduyla pul kırmızıbiber çeşitlerini üreterek aflatoksin içeriklerini araştırmışlardır. Bu araştırma sonuçları, 180 biber örneğinden 49'unun AFB₁ içeriği ve 37'sinin de AF_T yönünden yasal limitleri aştıklarını göstermiştir. Türkiye, Meksika ve diğer bazı ülkelere ait kırmızıbiber baharatı çeşitlerinin aflatoksin miktarları belirlemek amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada, Türkiye'de üretilen 5 farklı kırmızıbiber örneğinin toplam aflatoksin içeriklerinin 1.34-6.82 µg/kg arasında; Hindistan menşeli 3 adet kırmızıbiberin toplam aflatoksin içeriğinin 0.23-1.25 µg/kg aralığında; Güney Afrika'ya ait bir adet kırmızıbiber örneğinin toplam aflatoksin miktarının 1.5 µg/kg; Meksika'ya ait 48 farklı kırmızıbiber baharatlarında belirlenen toplam aflatoksin içeriklerinin de 0.10-10.43 µg/kg arasında değiştiğini ve bu 48 örneğin ortalama toplam aflatoksin miktarlarının ise 3.14 µg/kg olduğunu tespit edilmiştir (Rosas-Contreras ve ark., 2016). Kurutma sırasında biber baharatlarında oluşan aflatoksin

miktarı, kurutulan biberin su aktivitesi (Marin ve ark., 2009), kurutma sıcaklığı ve iklim koşulları (Cho ve ark., 2008) gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir.

4.1.3. Renk özelliklerindeki değişimler

Kırmızıbiberlerden elde edilen baharatların renk kalitesiyle ilgili yapılan değerlendirilmelerde çoğunlukla ekstrakte edilebilir renkte (ASTA) ve kırmızılık/sarılık oranı, esmerleşme indeksi, görünür renk parametreleri ve karotenoid içerikleri gibi özelliklerden yararlanılmaktadır. Bu bakımdan, renk kalitesini belirleyen özelliklerle ilgili bulgular bu başlık altında toplanarak tartışılmıştır.

4.1.3.1. Ekstrakte edilebilir renkte (ASTA) ve kırmızılık/sarılık oranı

ASTA metoduyla kırmızıbiber baharatında renklendirme kapasitesi belirlenmektedir (Hervert-Hernandez ve ark., 2010). Ekstrakte edilebilen rengin bir diğer parametresi de ekstrakte edilebilen kırmızı ve sarı pigmentlerin oranıdır.

Güneşte kurutma sırasındaki ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

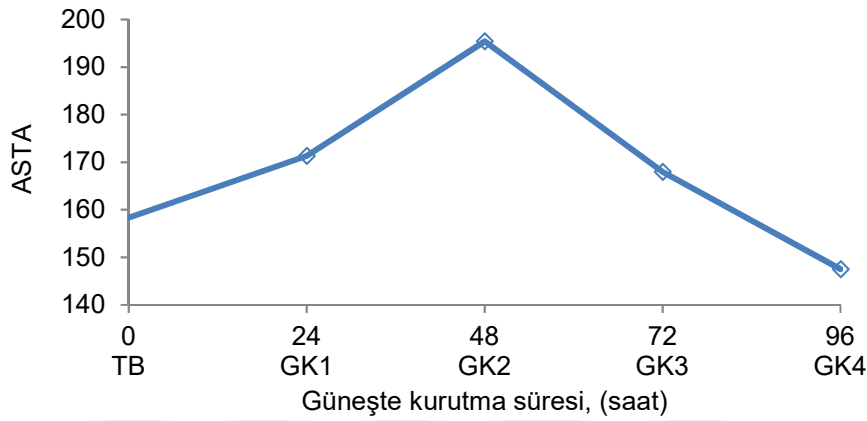
Çizelge 4.3. Güneşte kurutma sırasındaki ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları*

Örnek	ASTA	Kırmızılık/sarılık
TB	158.30±0.87 ^d	1.03±0.00002 ^a
GK1	171.30±0.41 ^b	0.97±0.00003 ^d
GK2	195.40±1.10 ^a	0.96±0.00001 ^e
GK3	167.96±0.16 ^c	0.99±0.00184 ^b
GK4	147.50±0.48 ^e	0.98±0.00002 ^c

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

TB'nin güneşte kurtulması sırasında ASTA verilerinin kurutma süresine göre değişimleri de Şekil 4.4'te verilmiştir. TB'nin ASTA değeri 158 iken, bu değerin kurutmanın ilk 2 gününde % 23.42 oranında artarak 195 değerine yükseldiği ve sonrasında da tekrar azalarak 147'ye düştüğü belirlenmiştir. ASTA değerindeki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Kurutma boyunca ASTA

değerinde meydana gelen artışların biber dokusundaki pigmentlerin biyosentezinin bir sonucu olduğu, kurutma sürecinde ASTA'daki azalışların ise pigmentlerdeki bozulmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Biberlerin doğal kurutmaları esnasında pigmentlerin sentezlenebildiğini veya bozulabildiğini daha önce yapılan bazı çalışmalarda da rapor edilmiştir (Minguez-Mosquera ve Hornero-Mendez, 1994; Topuz ve ark, 2009; Vega-Galvez ve ark, 2009).



Şekil 4.4. Güneşte kurutma sırasında ASTA değerinde meydana gelen değişim

TB'de kırmızılık/sarıklık oranının 1.03 olduğu ve güneşte kurutma süresince bu oranda artma ve azalmaların görüldüğü belirlenmiştir. Kurutma sonunda PKB'de kırmızılık/sarıklık oranının 0.98'e düştüğü saptanmıştır. Güneşte kurutma sırasında kırmızılık/sarıklık oranındaki meydana gelen bu değişimler istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Bu veriler, taze kırmızıbiberlerde kırmızı rengi oluşturan pigmentlerin daha fazla olduğunun ve PKB'de ise sarı renkli pigmentlerin daha etkin olduğunun bir işareti olarak kabul edilmektedir. Bu oran, biberlerde bulunan karotenoidlerden farklı renklere sahip fraksiyonların konsantrasyonuna bağlıdır (Topuz ve ark, 2009).

Ibrahim ve ark. (1997), güneşte kurutulmaya bırakılan taze kırmızıbiberlerin (*C. annuum* var. California Wonder) kurutma sonuna kadar ASTA değerinin 245'ten 230'a azaldığını; Gomez-Ladron ve Pardo-Gonzalez (1996), tam olgunluğa gelmiş 13 farklı kırmızıbiber çeşitlerinin kurutulup öğütülmesiyle elde biber baharatlarının ASTA değerlerinin 162-370 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Topuz ve ark. (2009) farklı kurutma metoduyla ürettiği kırmızıbiberlerin ASTA değerlerinin 155.3 ile

274.8 arasında; kırmızılık/sarılık oranlarının da 0.978 ile 1.108 arasında değiştiğini saptamışlardır. Bir diğer çalışmada, İspanyanın iki farklı bölgesine has kırmızı toz biberin (paprika) tatlı, orta acı ve acı hallerinden sırasıyla 34, 32 ve 44 farklı ticari örneğin ASTA değerlerinin tatlı olanlarda 63-140, orta acı olanlarda 54-137 ve acı biberlerde de 62-155 arasında değiştiği belirlenmiştir (Palacios-Morillo ve ark., 2016).

Kırmızılık/sarılık oranıyla ilgili sonuçlarımızın genel olarak literatür verileriyle uygunluk içerisinde olduğu saptanmıştır. ASTA ile ilgili sonuçlarımızın ise bazı çalışmaların sonuçlarıyla örtüştüğü, ancak, bazı çalışmaların ASTA değerlerinden de daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın büyük oranda kullanılan biber çeşidinden ileri geldiği tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmalar kullanılan biber çeşitlerinin hem ASTA değerini hem de kırmızılık/sarılık oranı etkilediğini göstermiştir (Topuz ve ark., 2009).

4.1.3.2. Esmerleşme indeksi

Kırmızıbiberin güneşte kurutularak pul bibere dönüştürmesi esnasında esmerleşme indekslerine ait veriler ve bu verilerin kurutma süresine göre değişimi sırasıyla Çizelge 4.4'te Şekil 4.5'de sunulmuştur.

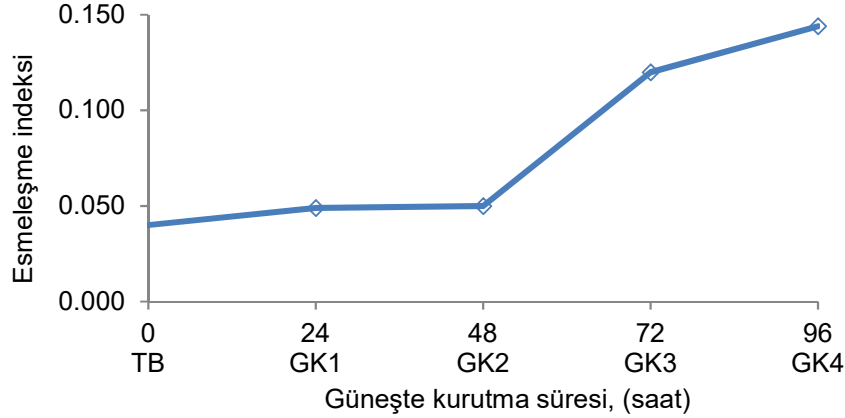
Çizelge 4.4. Güneşte kurutma sırasında esmerleşme indeksine ait değerler*

Örnek	Esmerleşme İndeksi
TB	0.040±0.002 ^c
GK1	0.049±0.003 ^c
GK2	0.050±0.001 ^c
GK3	0.120±0.005 ^b
GK4	0.144±0.004 ^a

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Esmerleşme indeksinin güneşte kurutmanın ilk iki gününde bir miktar artış gösterdiği, ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı (P>0.05) saptanmıştır. Güneşte kurutmanın sonraki süresinde ise esmerleşme indeksinin arttığı belirlenmiştir (P<0.05). Kurutulmuş biberlerde rengin esmerleşmesi, biber dokusunda bulunan

indirgen şekerler ve amino asitler arasında meydana gelen bazı reaksiyonlarından (Maillard) kaynaklanmaktadır (Lee ve ark., 1991).



Şekil 4.5. Güneşte kurutma sırasında esmerleşme indeksindeki değişim

PKB'nin esmerleşme indeksinin Topuz ve ark. (2009) tarafından bulunan sonuçlarla paralellik arz ettiği, ancak Valazquez ve ark. (2014)'ün güneşte kurutulmuş biber baharatı için bulduğu değerden daha düşük olduğu saptanmıştır. Güneşte kurutma sırasında esmerleşme indeksinde meydana gelen artışta, çoğunlukla beton zemindeki kurutmaya bağlı olarak biberlerin de görel olarak artan sıcaklığının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca esmerleşme düzeyindeki bu artışta, sıcaklıkla birlikte su aktivitesindeki düşüşün de katkısı olduğu tahmin edilmektedir. Kurutulmuş biberdeki esmerleşme düzeyi, kullanılan biberin genotipi, kurutma sıcaklığı ve süresi ve su aktivitesi gibi faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir (Topuz ve ark., 2009;).

Ayrıca çalışmamızda esmerleşme indeksi ile su aktivitesi arasındaki Pearson korelasyon testinde negatif yönde yakın bir ilişki olduğu saptanmıştır ($r = -0.924$, $P < 0.01$). Rhim ve Hong (2011) 0.4 ile 0.7 arasındaki su aktivitelerinde esmerleşmedeki artışın en fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

4.1.3.3. Yüzey renk parametreleri

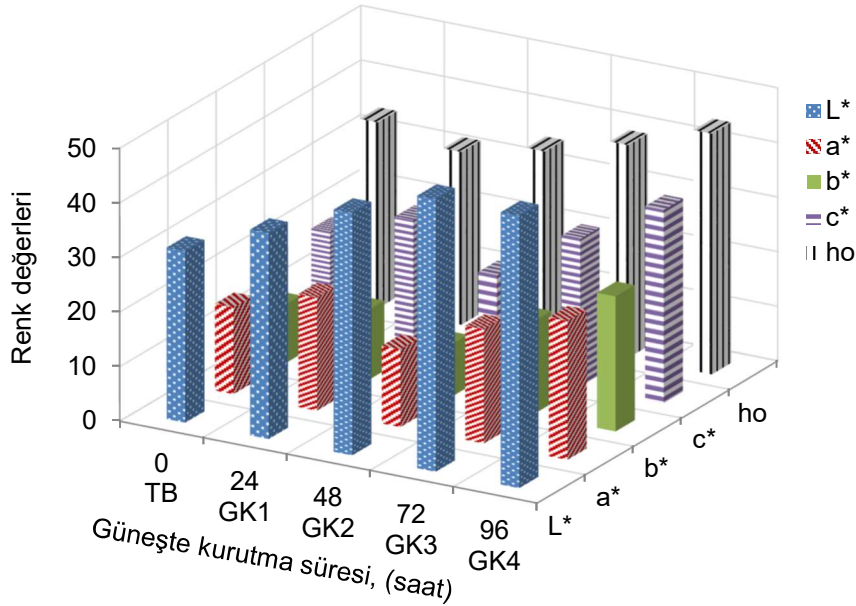
Biber baharatlarında renk kalitesinin belirlenmesinde dış renk veya yüzey renk parametrelerinin ölçülmesi sıklıkla uygulanan bir metottur. Bu parametreler ürünün göze nasıl görüldüğünü belirtmede bir ölçü olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle,

ürünün ilk değerlendirilmesinde kabul veya reddedilmesinde hızlı karar verilebilmesi açısından pratik bir uygulamadır (Rocha ve ark., 1993). Kırmızıbiberlere uygulanan kurutma veya işleme tekniğinin renk kalitesinde oluşturduğu değişikliğin açıklanmasında özellikle C* ve h° değerleri önemli parametreler öne çıkmaktadır. Güneşte kurutma sırasındaki yüzey renk parametrelerine ait veriler ve bu verilerin kurutma süresine göre değişimleri sırasıyla Çizelge 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Güneşte kurutma sırasında yüzey renk parametrelerine ait değerler*

Örnek	L*	a*	b*	C*	h°
TB	31.43±0.49 ^c	15.89±1.12 ^{bc}	10.74±0.69 ^{cd}	19.18±1.31 ^{cd}	34.06±1.78 ^c
GK1	37.75±0.58 ^d	20.72±1.96 ^{ab}	12.81±0.53 ^c	24.38±1.93 ^{bc}	31.66±1.21 ^c
GK2	44.43±0.40 ^c	14.26±2.39 ^c	9.61±1.06 ^d	17.26±2.54 ^d	34.77±2.42 ^{bc}
GK3	50.39±0.41 ^b	20.99±0.31 ^{ab}	17.0±0.40 ^b	27.01±0.50 ^b	38.97±0.23 ^b
GK4	55.49±1.57 ^a	25.55±0.11 ^a	24.77±0.92 ^a	35.59±0.71 ^a	44.09±0.94 ^a

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)



Şekil 4.6. Güneşte kurutma sırasında fiziksel renk öğelerindeki değişim

L* değerinin taze biberlerde 31.43 olduğu ve güneşte kurutma sırasında düzenli olarak artarak (P<0.05) PKB üretimine kadar 55.49'a ulaştığı belirlenmiştir. Güneşte kurutmanın ilk gününde biberlerin a* ve b* değerlerinde istatistiki olarak önemli olmayan bir artış gösterdiği (P>0.05) ve sonrasındaki kurutma gününde bu iki değer

tekrar azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). Kurutmanın son iki günü sonunda ise a^* ve b^* artarak sırasıyla 25.55 ve 24.77 seviyelerine yükselmiştir ($P<0.05$). a^* ve b^* parametrelerindeki bu değişime bağlı olarak C^* ve h° değerlerinin kurutma sonunda arttığı belirlenmiştir. TB'den PKB üretimi esnasında C^* değerinin 19.18'den 35.59'a ve h° değerinin de bu süreçte 34.06'dan 44.09'a kadar yükseldiği tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Güneşte kurutmada yüzey renk değerlerindeki benzer değişimler Arslan ve Özcan (2011) tarafından da bulunmuştur. Bu araştırmacıların yaptığı çalışmada, taze kırmızıbiberlerin (*C. annuum*) güneşte kurutulması sırasında L^* , a^* ve b^* parametrelerindeki artışların çalışmamızda artışlarla benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Bunun yanı sıra, Rico ve ark. (2010), kırmızı toz biberin L^* , a^* ve b^* değerlerinin sırasıyla 50.85, 21.53 ve 25.03 olarak; Zaki ve ark. (2013), üç farklı biber çeşidinden (Fas çeşitleri) üretilmiş kırmızı toz biberlerinin L^* , a^* , b^* , C^* ve h° parametrelerinin sırasıyla 24.56-25.79, 24.89-29.14, 29.77-33.34, 39.84-43.24 ve 43.62-48.32 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Jung ve ark. (2015), Güney Korede'den temin ettikleri ticari kırmızı biber tozunun L^* , a^* ve b^* değerlerinin sırasıyla 53.3, 17.3 ve 10.1 olduğu tespit etmiştir. Bu çalışmalar, yüzey renkle ilgili değerlerimizin bazı çalışmaların sonuçlarından yüksek olabileceği gibi, bazı çalışmalarda bulunan değerlerden de daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu farklılığın biber çeşidi, kurutma koşulları, su aktivitesi ve nem oranı gibi faktörlerden ileri geldiği düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda, kırmızıbiber örneklerinin yüzey renk özelliklerinin biberin çeşidi ve kurutma koşullarına göre de değişebildiği tespit edilmiştir (Gomez-Ladron ve Pardo-Gonzalez, 1996; Topuz ve ark., 2009).

Güneşte kurutma sırasında yüzey renk değerlerinin su aktivitesi, esmerleşme indeksi ve ASTA değeriyle olan ilişkisi için hesaplanan Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu korelasyon analizinde, su aktivitesi ile a^* değeri arasında orta dereceli bir korelasyon ($r=-0.598$, $P<0.01$), su aktivitesi ile diğer yüzey renk değerleri arasında ise yüksek korelasyonlar bulunmuştur. Ayrıca, bütün renk yüzey renk değerleri ile esmerleşme indeksi arasında pozitif yönde yüksek korelasyonlar saptanmıştır.

Diğer taraftan, yüzey renk parametrelerinden a^* , b^* ve C^* değerleri ile diğer bir renk özelliği olan ASTA değeri arasında da korelasyonlar bulunduğu saptanmıştır. Addala ve ark. (2015) taze kırmızıbiber ve toz halindeki baharatının ASTA değeri ve hue açısı arasında hesaplanan Pearson korelasyon katsayılarının yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Çizelge 4.6. Yüzey renk parametreleri ile su aktivitesi, esmerleşme indeksine ve yüzey renk değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

Korelasyon	L^*	a^*	b^*	C^*	h^o
aw	-0.978**	-584	-791**	-0703*	-0.866**
Nem oranı	-0.962**	-0.468	-0.624	-0.559	-0.695*
Esmerleşme indeksi	0.906**	0.782**	0.935**	0.877**	0.907**
ASTA	-0.179	-0.663*	-0.706*	-0.700*	-0.544
Toplam karotenoid	-0.976**	-0.627	-0.826**	-0.744*	-0.867**

** Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir ($P<0.05$)

* Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir ($P<0.01$)

4.1.3.4. Toplam karotenoid içerikleri

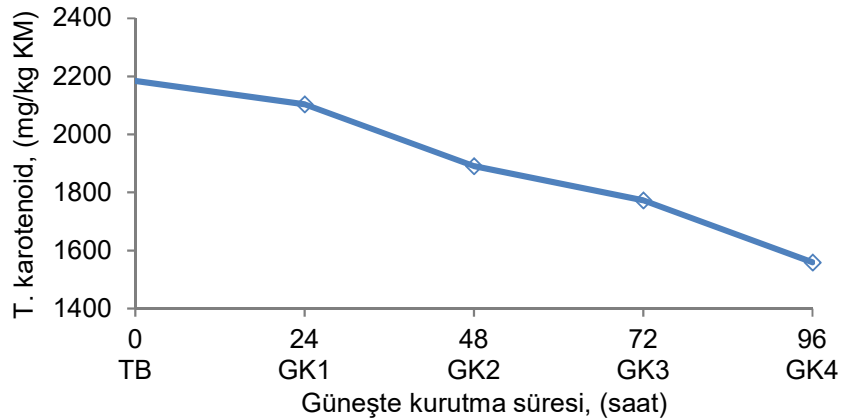
TB'nin güneşte kurutulması sırasındaki toplam karotenoid miktarları ve değişimleri sırasıyla Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Güneşte kurutma sırasında toplam karotenoid miktarlarındaki değişimler, (mg/kg KM)*

Örnek	Toplam karotenoid
TB	2184.49±34.10 ^a
GK1	2103.40±31.85 ^a
GK2	1890.50±20.35 ^b
GK3	1773.22±13.39 ^c
GK4	1559.35±14.58 ^d

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

Kullanılan TB çeşidinin toplam karotenoid miktarının 2.184.49 mg/kg KM olduğu saptanmıştır. TB'deki toplam karotenoid miktarlarıyla ilgili sonuçlarımız, önceki çalışmalarda olgunlaşmış taze biber çeşitlerindeki karotenoid miktarları için bulunan verilerle uyumludur (Topuz ve Özdemir, 2007; Hervet-Henandez ve ark., 2010). Ayrıca, TB'deki her bir karotenoid içeriğinin genotip, yetiştirilme koşulları ve olgunlaşma düzeyi gibi faktörlere göre değişebildiği de belirtilmektedir (Topuz ve Özdemir, 2007; Giuffrida ve ark., 2013).



Şekil 4.7. Güneşte kurutma sırasında toplam karotenoid içeriklerindeki değişim

Güneşte kurutmanın 1. gününde toplam karotenoid içeriğinin bir miktar azaldığı ancak bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Güneşte kurutmanın sonraki günlerinde ise toplam karotenoid içeriğinin düzenli olarak azalmaya devam ettiği ($P<0.05$) ve kurutmanın sonunda toplamda % 28.62 azalmayla 1559.35 mg/kg KM'ye düştüğü belirlenmiştir.

Topuz ve Ozdemir (2003)'ün güneşte kurutulan taze kırmızıbiberler için toplam karotenoidlerde tespit ettiği azalma düzeyinin (% 81.11) , araştırmamızda elde edilen azalmadan daha düşük olduğu saptanmıştır. Topuz ve ark. (2011) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise doğal olarak kurutulan (oda sıcaklığı) kırmızıbiberlerin başlıca karotenoid miktarlarının kurutma sonunda artış gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlarımızın önceki çalışmalarda elde edilen toplam karotenoid miktarlarından farklı olmasının kullanılan kurutma yönteminden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Kurutulan kırmızıbiberlerde toplam karotenoid oranının kurutma metoduna göre değiştiği belirtilmektedir (Ramesh ve ark., 2001; Topuz ve ark., 2011).

Toplam karotenoid miktarında meydana gelen azalmaların, güneş ışığı ve sıcaklığa bağlı oksidasyon reaksiyonlarından (Perez-Galvez ve Minguez-Mosquera, 2001) ve karotenoid bileşiklerinin düşük stabilitelerinden ileri geldiği tahmin edilmektedir (Minguez-Mosquera ve Hornero-Mendez, 1993). Ayrıca, PKB üretimi sırasında uygulanan öğütme işleminin de karotenoidlerin maruz kalabileceği oksidasyon düzeyini artırmış olabileceği ve bunun da karotenoid miktarını azaltan

diğer bir etken olabileceğı düşünölmektedir (Minguez-Mosquera ve ark., 1993; Topuz ve Ozdemir, 2003).

Pearson korelasyon testinde, toplam karotenoidler ile ASTA değeri arasında istatistiksel olarak herhangi bir korelasyonun bulunmadığı belirlenmiştir ($r=0.254$, $P>0.05$). Bu durum, Perez-Galvez ve ark. (2009) tarafından da rapor edilmiştir. Ancak, toplam karotenoid ve su aktivitesi arasında da yüksek bir korelasyon olduğu saptanmıştır ($r=0.980$, $P<0.01$).

4.1.4. Kapsaisinoidler ve acılık özelliklerindeki değışimler

Bu çalışmada başlıca kapsaisinoidler olarak biber örneklerindeki kapsaisin (KAP), dihidrokapsaisin (DHK), nordihidrokapsaisin (n-DHK) ve homodihidrokapsaisin (h-DHK) bileşiklerinin miktarları belirlenmiştir. Güneşte kurutma sırasında bu bileşiklerin miktarında meydana gelen değışimler Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Güneşte kurutma sırasındaki kapsaisinoid içerikleri (mg/kg KM) ve Scoville acılık birimleri*

Örnek	n-DHK	KAP	DHK	h-DHK	Toplam kapsaisinoid	Acılık birimi (SHU)
TB	6.80±0.17 ^d	72.48±0.08 ^b	70.44±1.44 ^c	2.03±0.85 ^d	151.77±0.68 ^c	2383±15 ^b
GK1	10.22±0.58 ^b	65.40±0.26 ^c	74.07±0.33 ^b	7.09±0.55 ^b	156.79±1.73 ^b	2407±21 ^b
GK2	14.18±0.07 ^a	88.30±0.02 ^a	102.41±0.34 ^a	10.39±0.29 ^a	215.12±0.15 ^a	3296±40 ^a
GK3	8.35±0.06 ^c	58.58±0.18 ^d	69.27±0.18 ^c	5.46±0.03 ^{bc}	141.66±0.45 ^d	2186±74 ^c
GK4	9.97±0.10 ^b	53.14±0.14 ^c	61.71±0.22 ^d	4.55±0.06 ^c	129.38±0.52 ^e	1984±30 ^d

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

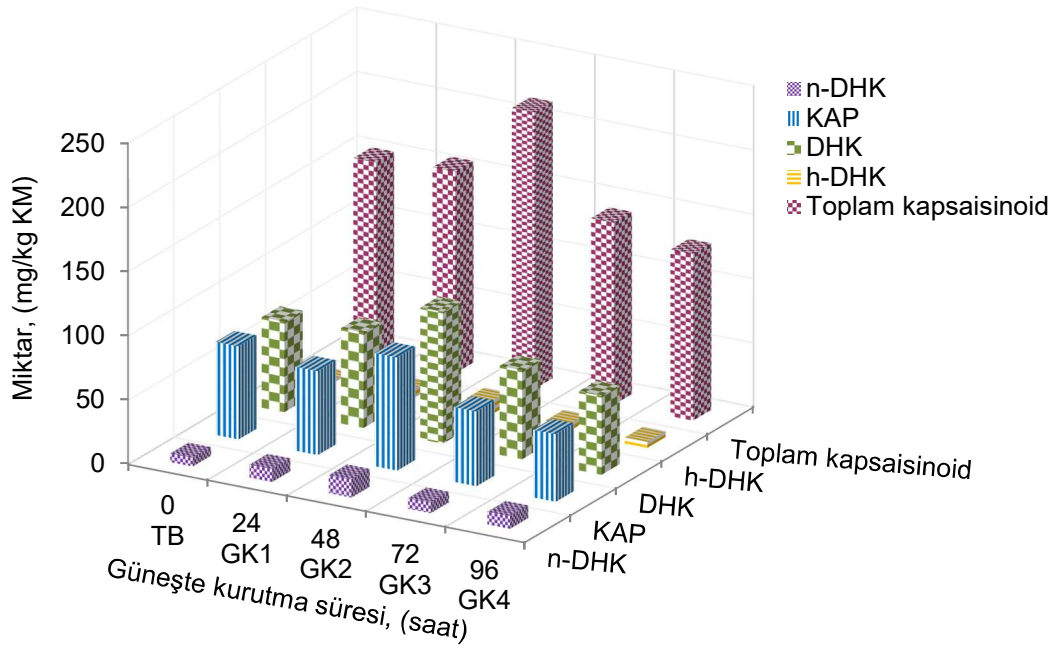
4.1.4.1. Kapsaisinoid içerikleri

TB’deki kapsaisin (KAP), dihidrokapsaisin (DHK), nordihidrokapsaisin (n-DHK) ve homodihidrokapsaisin (h-DHK) miktarlarının sırasıyla 72.48, 70.44, 6.80 ve 2.03 mg/kg KM olduğu ve toplam kapsaisinoid miktarının da 151.77 mg/kg KM olduğu belirlenmiştir. Kullanılan kırmızıbiber çeşidinde en yüksek içeriğe sahip kapsaisinoid bileşiğinin KAP olduğu ve bu bileşik ile DHK’nin toplamının

kapsaisinoidlerin toplam içeriğinin % 94.17'sine denk geldiği belirlenmiştir. Ayrıca, h-DHK'nin de % 1.33 oranı ile toplam kapsaisinoid içeriğindeki en düşük paya sahip olduğu tespit edilmiştir. KAP ve DHK miktarlarının toplam kapsaisinoid içeriğindeki yüksek oranıyla ilgili benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da bulunmuştur (Contreras-Padilla ve Yahia, 1998; Topuz ve Ozdemir, 2007; Topuz ve ark., 2011).

Taze biberlerin kapsaisinoid içerikleri biberin çeşidi (Topuz ve Ozdemir, 2007; Giuffrida ve ark., 2013); yetiştirme sezonu ve bölgesi, yetiştirme koşulları, olgunlaşma düzeyi (Menichini ve ark., 2009; Phimchan ve ark., 2014); miktar tayininde kullanılan analitik metoda (Dong ve ark., 2014; Topuz ve Ozdemir, 2007) göre farklılık göstermektedir.

Güneşte kurutma esnasında kapsaisinoid içeriklerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Güneşte kurutma sırasında kapsaisinoid içeriklerindeki değişim

Kapsaisin dışındaki kapsaisinoid içeriklerinin güneşte kurutmanın 2. gününe kadar arttığı ($P < 0.05$), kapsaisin bileşiğinin ise ilk günkü kurutma ile miktarının 65.40 mg/kg KM'ye kadar azaldığı ve daha sonra tekrar artarak 2. günde 88.30 mg/kg

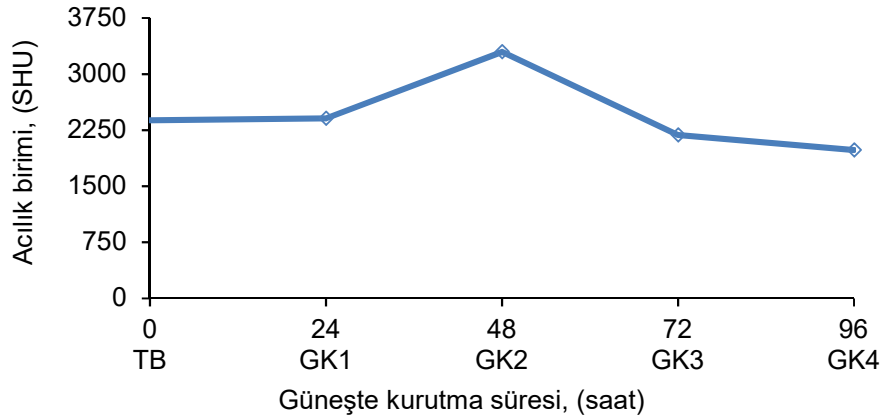
KM'ye yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Benzer durumu Topuz ve ark. (2009) çalışmalarında tespit etmişlerdir. Bu artış, olgunlaşma sürenin bir devamı olarak değerlendirilmektedir. Kurutmanın 2. gününden sonra her dört kapsaisinoid bileşiği de tekrar azalmaya başladığı ($P<0.05$), ancak istisna olarak kurutmanın son gününde n-DHK'nin tekrar bir artış sergileyerek 8.35'ten 9.97 mg/kg KM yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Güneşte kurutma ile kapsaisinoid miktarlarında gerçekleşen azalmaların, biber dokusundaki peroksidaz enzimine (Contreras-Padilla ve Yahia, 1998; Kirschbaum-titze ve ark., 2002) ve sıcaklığa (Henderson ve Henderson, 1992; Schweiggert ve ark., 2006) bağlı oksidasyonlardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Güneşte kurutma işleminin sonunda KAP ve DHK miktarlarının ilk içeriklerine göre düştüğü ($P<0.05$), ancak n-DHK ve h-DHK miktarlarının ise artış gösterdiği saptanmıştır ($P<0.05$). Üretilen PKB'nin DHK, KAP, n-DHK, h-DHK ve toplam kapsaisinoid miktarları sırasıyla 61.71, 53.14, 9.97, 4.55 ve 129.38 mg/kg KM olduğu tespit edilmiştir. PKB'deki kapsaisinoid oranlarına bakıldığında, TB'den farklı olarak en yüksek içerikli kapsaisinoid bileşiğinin DHK olduğu belirlenmiştir. Govindarajan, (1986) hasat sonrasında kurutma gibi işlemlerin biberlerdeki kapsaisinoid düzeylerinde rol oynayabileceğini bildirmektedir

Güneşte kurutma sırasındaki kapsaisinoid miktarında görülen değişimlerle ilgili sonuçlarımızı genel olarak önceki çalışma sonuçlarıyla paralellik arz etmektedir. Topuz ve Ozdemir (2004), taze kırmızıbiberlerin güneşte kurutulması sonunda kapsaisinoid miktarlarının azaldığı tespit etmişlerdir. Buna karşın, kurutma metoduna bağlı olarak kırmızıbiberde kapsaisinoid miktarlarının artabileceğini belirtilmektedir (Topuz ve ark., 2011).

4.1.4.2. Scoville acılık birimi (SHU)

TB'nin güneşte kurutulması sırasında Scoville acılık birimlerindeki değişimler Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Güneşte kurutma sırasında acılık düzeyinde meydana gelen değişim

TB'nin SHU değerinin 2383 seviyesinde olduğu ve güneşte kurutma sırasında kapsaisinoid içeriklerine paralel olarak değiştiği belirlenmiştir. Kurutmanın ilk günün SHU düzeyinde bir miktar artış görüldüğü, ancak bu artışın da istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). Kurutmanın 2. gününde ise, toplam kapsaisinoid içeriğindeki artışa bağlı olarak SHU değerinin de artış gösterdiği ($P<0.05$), sonraki kurutma sürecinde ise, başlıca kapsaisinoidlerle orantılı olarak azaldığı belirlenmiştir ($P<0.05$). SHU için elde edilen sonuçlara göre, çalışmada kullanılan taze Urfa biberi (İnan3363) ve bundan elde edilen Urfa pul biberlerin Scoville acılık skalasına göre “orta acı” sınıfına dâhil olduğu saptanmıştır.

4.1.5. Antioksidan kapasitesindeki değişimler

Güneşte kurutma sırasındaki antioksidan kapasiteleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. TB'nin DPPH temizlemeye dayalı antioksidan kapasitesinin % 5.95 olduğu tespit edilmiştir. Bu oranın Bae ve ark. (2012)'nin farklı biber çeşitleri için bulduğu antioksidan kapasitelerinden; Arslan ve Özcan (2011)'in kurutmada kullandığı taze biber çeşidi için saptadığı antioksidan kapasitesinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu farklılıkların biber çeşidinden ileri geldiği tahmin edilmektedir. DPPH temizleme kapasitesinin biber çeşidine göre değiştiği belirtilmektedir (Alvarez-Parrilla ve ark., 2011).

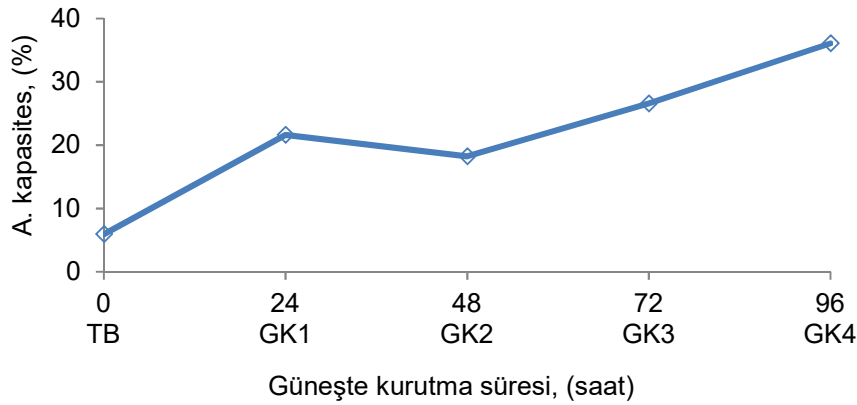
Çizelge 4.9. Güneşte kurutma sırasında DPPH temizleme oranındaki değişimler¹

Örnek	DPPH (%) ²
TB	5.95±0.11 ^e
GK1	21.63±0.08 ^c
GK2	18.33±0.05 ^d
GK3	26.57±0.11 ^b
GK4	36.08±0.05 ^a

¹ Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

² Yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır

Antioksidan kapasitenin güneşte kurutma sırasındaki değişimleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Güneşte kurutma sırasında antioksidan kapasitesindeki değişim

Antioksidan kapasitesinin kurutmanın ilk gününde artarak % 21.63'e yükseldiği (P<0.05), kurutmanın ikinci gününde tekrar azalarak % 18.33'ye düştüğü saptanmıştır (P<0.05). Güneşte kurutmanın 3. ve 4. günlerinde ise antioksidan kapasitenin yeniden artarak % 36.08'e kadar yükseldiği belirlenmiştir. Güneşte kurutulan biberlerin TB'ye göre daha yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuç Arslan ve Özcan (2011) tarafından da bulunmuştur. Kurutulmuş biberlerin TB'ye oranla daha yüksek antioksidan kapasitesine sahip olmasında yüksek kuru madde içeriğinin etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, kurutma sırasında antioksidan kapasitesinde meydana gelen artışın Maillard tipi reaksiyonlarla oluşan bazı bileşiklerden ileri geldiği düşünülmektedir (Arslan ve

Özcan, 2011; Shotorbani ve ark., 2012). Güneşte kurutmanın 2. gününde DDPH temizleme oranındaki meydana gelen azalmanın da, C vitamini gibi antioksidan etkiye sahip içeriklerdeki kayıplardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Vega-Galvez ve ark. (2009), farklı sıcaklıklarda kurutulmuş biberlerin taze bibere göre daha yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğunu; Arslan ve Özcan (2011), kurutma işlemini biberlerin antioksidan kapasitesinin yükselttiğini belirtmişlerdir. Antioksidan kapasitesinin kurutma koşullarına, ekstraksiyon işleminde kullanılan çözücünün tipi ve uygulanan analiz-test metoduna göre değişebildiği bildirilmektedir (Bae ve ark., 2012).

4.1.6. C vitaminindeki değişimler

C vitamini (askorbik asit), antioksidan etkisi fazla olan bir bileşiktir ve bu fonksiyonel özelliği ile zararlı serbest radikallerin giderilmesinde kritik bir öneme sahiptir. TB'nin güneşte kurutma sırasındaki C vitamini içerikleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

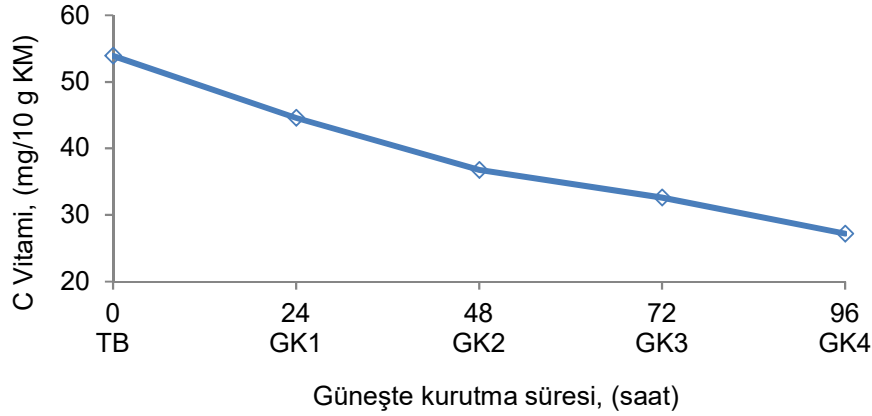
Çizelge 4.10. Güneşte kurutma sırasında biberlerin C vitamini içerikleri (mg/10 g KM)*

Örnek	C Vitamini
TB	53.91±0.61 ^a
GK1	44.61±0.85 ^b
GK2	36.74±0.23 ^c
GK3	32.60±0.06 ^d
GK4	27.20±0.31 ^e

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

TB'nin C vitamini içeriği 53.91 mg/10 g KM olarak saptanmıştır. Perla ve ark. (2016)'nın 22 ülkeye ait 123 farklı taze biber çeşitlerindeki C vitamini içeriklerinin 2.54 ile 50.44 mg/g KM aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada kullanılan TB çeşidinin C vitamini içeriği de bu aralıktadır. Taze biberlerde C vitamini miktarı, genetik farklılıklar, yetiştirilme koşulları ve olgunlaşma düzeyi gibi etmenlere göre değişebilmektedir (Navarro ve ark., 2006; Deepa ve ark., 2007; Perla ve ark., 2016).

Güneşte kurutma süresince C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Güneşte kurutma sırasında C vitamini içeriğindeki değişim

Güneşte kurutma ile birlikte C vitamini miktarının azalmaya başladığı ($P < 0.05$) ve kurutmanın sonunda bu vitaminin % 49.55 oranında azalarak 27.20 mg/10 g KM içeriğine kadar düştüğü belirlenmiştir. Güneşte kurutma sırasında C vitamini miktarında meydana gelen azalma oranı Daood ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışma bulgularıyla uyumludur. Kırmızıbiberlerin kurutulması esnasında C vitaminindeki azalma oranı sıcaklık, süre ve ışık gibi kurutma koşullarına bağlı olduğu bildirilmektedir (Montoya-Ballesteros ve ark., 2014). Çalışmamızda, güneşte kurutma esnasında C vitamini miktarında gerçekleşen kaybın kurutma sırasındaki meydana gelen oksidatif reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Vega-Galvez ve ark., 2008; Daood ve ark., 2014).

4.1.7. Uçucu bileşiklerdeki değişimler

Bu çalışmada kullanılan İnan3363 çeşidi (*C. annuum*) taze kırmızı Urfa biberinde tespit edilen uçucu bileşikler ve bağlı miktarları ile bunların güneşte kurutma sırasındaki değişimleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Taze biberde toplam 47 farklı uçucu bileşik saptanmış ve bunların toplam miktarının da 23.24 µg/kg KM olduğu belirlenmiştir. TB örneğindeki bu uçucu bileşiklerin kimyasal sınıf olarak aldehitler, esterler, terpenler, alkoller, ketonlar, asitler, alkanlar, pirazinler, sülfür bileşikleri ve diğerler bazı bileşiklerden oluştuğu ve bu grupların bileşik sayılarının sırasıyla 9, 8, 6, 6, 4, 4, 4, 3, 1 ve 2 olduğu saptanmıştır. Bu gruplardan ilk dördü taze biberdeki toplam uçucu bileşik sayısının % 60’tan fazlasını oluşturmaktadır. TB’deki bu uçucu bileşik gruplarına ait içerikler de çoktan aza doğru esterler (% 42.08), asitler, (% 20.61),

ketonlar, (% 14.41), aldehitler (9.42), terpenler (% 5.51), alkoller (% 3.10), pirazinler (% 1.72), alkanlar (% 1.68), diğlerleri (% 1.20) ve sülfür bileşikleri (% 0.34) olarak belirlenmiştir.



Çizelge 4.11. Güneşte kurutma sırasında kırmızıbiberin uçucu bileşikler miktarları (µg/kg KM)*

No	Bileşik	Aroma Tanımı ¹	AZ ²	Ai ³	Örnekler				
					TB	GK1	GK2	GK3	GK4
	Terpenoidler				1.28±0.11^a	0.53±0.01^b	0.15±0.04^c	0.12±0.04^c	0.56±0.03^b
1	α-Limonen	portakal	16.217	1196	0.47±0.02 ^a	- ⁴	-	-	0.29±0.04 ^b
2	Dihydrolinalool	narenciye	22.946	1422	-	0.02±0.00 ^a	-	-	-
3	α-Kopahen	baharat	25.281	1500	0.13±0.02 ^b	0.21±0.00 ^a	0.07±0.01 ^{ab}	0.07±0.03 ^c	0.08±0.01 ^{ab}
4	Linalool	lavanta	26.185	1534	0.11±0.01 ^b	0.19±0.01 ^a	0.06±0.04 ^b	0.03±0.00 ^b	0.04±0.01 ^b
5	β-Elemen	taze-otsu	27.859	1594	0.40±0.07 ^a	0.07±0.00 ^{ab}	0.02±0.01 ^c	0.02±00 ^c	0.15±0.00 ^b
6	α-Muurolen	Ağaç-odun	31.018	1715	0.09±0.03 ^a	0.04±0.01 ^{ab}	-	-	-
7	Eremofilen		31.343	1729	0.08±0.04 ^a	-	-	-	-
	Aldehitler				2.19±0.16^a	1.69±0.01^a	1.41±0.03^a	1.19±0.02^a	1.07±0.03^a
8	Asetaldehit	keskin	5.384	706	0.07±0.03 ^b	0.22±0.04 ^a	0.04±0.00 ^b	0.02±0.01 ^b	0.08±0.03 ^b
9	Propanal	eteral	6.150	756	-	-	-	-	0.01±0.00 ^a
10	2-Metilpropanal	keskin-çimensi	6.424	777	0.32±0.04 ^a	0.21±0.02 ^a	0.30±0.08 ^a	0.25±0.07 ^a	0.13±0.10 ^a
11	3-Metilbütanal	malt	8.136	895	0.22±0.04 ^a	0.19±0.00 ^a	0.13±0.03 ^{ab}	0.07±0.03 ^{bc}	-
12	2-Metilbütanal	kakao-badem	8.042	890	0.13±0.02 ^a	0.09±0.00 ^{ab}	0.08±0.02 ^{ab}	0.05±0.01 ^{ab}	0.04±0.03 ^b
13	Pentanal	bademsi	9.573	962	-	-	0.02±0.00 ^a	-	⁵ im ^b
14	Hekzanal	yağsı-çimen	12.402	1071	0.99±0.12 ^a	0.44±0.12 ^b	0.43±0.12 ^b	0.55±0.19 ^{ab}	0.39±0.00 ^b
15	(E)-2-Pentenal	çilek	13.928	1123	-	0.05±0.03 ^a	0.07±0.03 ^a	im ^a	0.03±0.00 ^a
16	Heptanal	narenciye	15.659	1180	0.07±0.03 ^{ab}	0.23±0.09 ^a	0.09±0.02 ^{ab}	0.05±0.02 ^b	0.07±0.00 ^{ab}
17	(E)-2-Hekzanal	taze-çimen	16.761	1215	-	-	0.07±0.06 ^a	0.02±0.01 ^a	0.03±0.02 ^a
18	Oktanal	yağ	18.928	1285	0.06±0.02 ^{ab}	0.05±0.02 ^{ab}	0.06±0.01 ^a	0.02±0.01 ^{ab}	-
19	(Z)-2-Heptenal	yeşil çay	20.097	1324	-	0.04±0.00 ^a	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.03±0.00 ^{ab}
20	Nonanal	narenciye	22.157	1390	-	0.08±0.00 ^a	0.05±0.00 ^{ab}	0.05±0.01 ^{ab}	0.04±0.00 ^b
21	(E,E)-2,4-Heptadienal	findık-yağ	25.122	1495	0.11±0.03 ^a	-	-	-	0.06±0.01 ^{ab}
22	Decanal	portakal kabuğu	25.209	1494	-	0.01±0.00a	0.02±0.01 ^a	im ^a	0.01±0.00 ^a
23	Fenilmetanal	Badem	26.108	1530	-	-	-	-	0.03±0.00 ^a
24	(E)-2-Nonenal	salatalık	26.258	1536	-	0.05±0.00 ^a	0.03±0.02 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.01 ^a
25	β-Siklositral	nane	28.786	1629	-	0.03±0.00 ^a	-	0.03±0.00 ^a	0.10±0.09 ^a
26	Fenilasetaldehit	alıç-bal	29.292	1649	0.22±0.07 ^a	-	-	-	-
	Alkoller				0.72±0.01^b	2.23±0.02^a	1.02±0.23^b	0.79±0.20^b	0.21±0.01^c
27	Etanol	tatlımsı	8.360	907	0.24±0.10 ^{bc}	1.27±0.15 ^a	0.72±0.18 ^b	0.53±0.15 ^b	-
28	1-Penten-3-ol	keskin-tereyağı	14.586	1146	0.05±0.00 ^a	0.05±0.00 ^a	-	0.02±0.01 ^b	-

Çizelge 4.11. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	AZ ²	AI ³	Örnekler				
					TB	GK1	GK2	GK3	GK4
29	3-Metil-1-bütanol	<i>fermente</i>	16.070	1193	-	0.38±0.16 ^a	0.13±0.00 ^{ab}	0.06±0.01 ^c	-
30	Pentanol	<i>balsamik</i>	17.437	1238	0.18±0.00 ^a	0.08±0.00 ^b	0.04±0.02 ^{bc}	0.05±0.03 ^{bc}	-
31	2-Metilpentanol	<i>Keskin-acı</i>	18.249	1264	0.06±0.01 ^a	-	-	0.01±0.00 ^b	-
32	(Z)-2-Penten-1-ol	<i>çimen</i>	19.624	1308	0.10±0.05 ^a	0.06±0.00 ^a	0.04±0.01 ^a	-	-
33	Hekzanol	<i>reçine-çiçek</i>	20.613	1341	-	0.31±0.03 ^a	0.05±0.01 ^b	0.04±0.00 ^b	0.02±0.01 ^b
34	2-etil-1-hekzanol	<i>gül</i>	24.615	1478	-	-	-	0.03±0.00 ^a	-
35	(E)-2-Okten-1-ol	<i>sabun</i>	28.042	1603	-	0.02±0.00 ^b	im	-	0.15±0.00 ^a
36	Fenilmetanol	<i>tatlı-çiçek</i>	34.721	1869	-	-	-	-	0.01±0.00 ^a
37	2-Feniletanol	<i>çiçeksi</i>	35.642	1909	0.09±0.03 ^a	0.05±0.01 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a
Ketonlar					3.35±0.39^a	2.58±0.28^a	3.29±2.35^a	2.03±0.44^a	1.99±0.22^a
38	2,3-Bütanedion	<i>tereyağı</i>	9.471	957	0.49±0.05 ^a	0.23±0.12 ^{ab}	0.20±0.07 ^a	0.16±0.06 ^b	0.10±0.09 ^b
39	2-Pentanon	<i>meyvemsi</i>	9.515	960	0.18±0.04 ^a	-	-	-	-
40	2,3-Pentanedion	<i>krema-tereyağı</i>	11.685	1046	-	-	-	0.01±0.00 ^{ab}	0.03±0.00 ^a
41	(E)-3-Penten-2-one		13.792	1119	-	-	-	0.05±0.04 ^a	0.03±0.00 ^a
42	2-Heptanon	<i>peynirimsi</i>	15.558	1177	-	0.03±0.02 ^a	-	0.01±0.00 ^a	-
43	3-Hidroksi-2-bütanon	<i>tereyağı</i>	18.915	1285	2.40±0.39 ^a	2.22±0.20 ^a	3.04±2.44 ^a	1.72±0.31 ^a	1.70±0.41 ^a
44	6-metil-5-hepten-2-one	<i>narenciye</i>	20.399	1334	0.27±0.01 ^a	0.08±0.00 ^b	0.05±0.01 ^b	0.05±0.01 ^b	0.07±0.06 ^b
45	(E)-3-Okten-2-one	<i>findık</i>	22.563	1406	-	-	-	-	0.01±0.01 ^a
46	6-Metil-3,5-heptadien-2-one	<i>baharatlı</i>	27.838	1594	-	-	-	im ^a	0.03±0.02 ^a
47	ketoizoforon	<i>küflü</i>	30.553	1697	-	0.03±0.00 ^a	-	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a
Esterler					9.78±0.97^b	17.25±1.73^a	4.97±0.01^c	2.89±0.01^{cd}	1.22±0.17^d
48	Metil asetat	<i>eterik</i>	6.574	786	0.84±0.06 ^d	1.26±0.05 ^c	2.36±0.04 ^a	1.94±0.10 ^b	1.06±0.08 ^{cd}
49	Etil asetat	<i>ananas</i>	7.511	851	0.50±0.02 ^b	13.32±1.83 ^a	1.89±0.09 ^b	0.31±0.16 ^b	-
50	Metil bütirat	<i>meyvemsi</i>	9.712	968	0.40±0.19 ^a	0.07±0.01 ^b	-	0.01±0.00 ^b	-
51	İsobütil isobütirat	<i>meyvemsi</i>	12.676	1081	-	0.07±0.00 ^a	0.03±0.01 ^{ab}	0.04±0.02 ^{ab}	0.02±0.01 ^{ab}
52	İsoamil asetat	<i>muz</i>	13.623	1114	-	0.23±0.00 ^a	0.05±0.01 ^b	0.03±0.01 ^{cb}	im ^{bc}
53	İsobütil bütanoat	<i>meyvemsi</i>	14.800	1152	1.86±0.23 ^a	0.14±0.06 ^b	-	-	-
54	İzopropil valerat	<i>meyvemsi</i>	14.058	1128	0.83±0.10 ^a	-	0.02±0.00 ^b	0.03±0.01 ^b	0.03±0.00 ^b
55	n-Bütil isobütirat	<i>meyvemsi</i>	14.404	1139	0.60±0.05 ^a	0.10±0.00 ^b	0.02±0.00 ^{bc}	0.02±0.01 ^{bc}	-
56	n-Bütil n-bütirat	<i>ananas</i>	16.655	1212	-	0.06±0.00 ^a	-	-	-
57	1-Hekzil asetat	<i>meyve-ot</i>	18.280	1265	-	0.13±0.00 ^a	-	-	-

Çizelge 4.11. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	AZ ²	Aİ ³	Örnekler				
					TB	GK1	GK2	GK3	GK4
58	Metil kaproat	<i>taze-meyve</i>	15.627	1179	4.29±1.17 ^a	1.55±0.12 ^b	0.55±0.00 ^b	0.48±0.01 ^b	0.08±0.07 ^b
59	Metil salisilat	<i>nane</i>	32.791	1787	0.46±0.02 ^a	0.17±0.01 ^b	0.02±0.00 ^c	0.02±0.01 ^c	0.01±0.00 ^c
60	β-Fenetil asetat	<i>çiçeksi</i>	33.491	1817	-	0.14±0.02 ^a	0.03±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b
	Asitler				4.79±0.50^c	17.49±1.44^a	9.52±0.37^b	8.27±0.50^b	9.10±0.15^b
61	Asetik asit	<i>keskin-ekşimsi</i>	23.274	1434	0.61±0.19 ^b	16.50±1.45 ^a	9.07±0.24 ^b	7.67±0.57 ^b	8.46±0.21 ^b
62	Propanoik asit	<i>keskin-soya</i>	25.932	1524	-	-	-	0.05±0.01 ^a	0.03±0.02 ^{ab}
63	İzobütirik asit	<i>acımsı tereyağı</i>	26.756	1554	0.42±0.00 ^a	0.07±0.00 ^b	0.06±0.01 ^b	0.09±0.02 ^b	0.07±0.00 ^b
64	İzovalerik asit	<i>keskin peynir</i>	29.406	1658	3.07±0.21 ^a	0.60±0.04 ^b	0.31±0.11 ^b	0.35±0.02 ^b	0.45±0.04 ^b
65	Hekzanoik asit	<i>yağlı- peynir</i>	33.712	1826	0.68±0.10 ^a	0.33±0.04 ^b	0.08±0.00 ^c	0.09±0.00 ^c	0.08±0.00 ^c
66	(E)-2-hekzenoik asit	<i>küf</i>	36.639	1953	-	-	-	0.02±0.00 ^a	0.01±0.00 ^b
	Alkanlar				0.39±0.01^a	0.16±0.00^{ab}	0.07±0.01^{ab}	0.11±0.04^b	0.12±0.08^b
67	Nonan	<i>kafur</i>	7.712	865	0.08±0.00 ^a	0.07±0.00 ^{ab}	0.01±0.00 ^{cd}	0.04±0.01 ^{bc}	-
68	İzododekan		9.098	941	0.14±0.07 ^a	0.03±0.00 ^a	0.09±0.0 ^a	0.04±0.01 ^a	0.04±0.03 ^a
69	Dekan		10.075	984	0.09±0.00 ^a	0.05±0.00 ^b	0.02±0.00 ^c	0.02±0.00 ^c	0.03±0.00 ^{bc}
70	2,6-Dimetiloktan		9.250	947	-	0.01±0.00 ^a	-	-	0.04±0.04 ^a
71	2-Metiltridekan		20.891	1.350	0.07±0.02 ^a	0.03±0.00 ^{ab}	0.04±0.01 ^{ab}	0.05±0.02 ^{ab}	-
	Aromatik hidrokarbonlar				-	0.37±0.02^a	0.06±0.02^a	0.06±0.03^a	0.24±0.17^a
72	Tolüen	<i>boya</i>	11.238	1031	-	0.20±0.02 ^a	0.04±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a	0.21±0.17 ^a
73	m-Ksilen	<i>plastik</i>	14.317	1138	-	0.03±0.00 ^a	0.01±0.00 ^b	-	-
74	o-Ksilen	<i>sardunya</i>	15.750	1183	-	0.03±0.00 ^a	0.01±0.00 ^{ab}	-	-
75	Stiren	<i>balsamik</i>	17.986	1255	-	0.04±0.00 ^a	-	0.03±0.01 ^{ab}	0.03±0.00 ^{ab}
	Furanlar				-	0.12±0.03^a	0.23±0.15^a	0.10±0.01^a	0.22±0.02^a
76	2-Metilfuran	<i>çikolata</i>	7.232	832	-	-	0.01±0.00 ^a	-	-
77	2,5-Dimetilfuran	<i>etsi</i>	8.925	933	-	0.01±0.00 ^a	0.04±0.03 ^a	-	-
78	2,3,5-Trimetilfuran	<i>kahve</i>	11.617	1043	-	0.01±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	-	-
79	2-Pentilfuran	<i>yeşil fasulye</i>	17.103	1227	-	0.02±0.01 ^{ab}	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.04±0.00 ^a
80	Furfural	<i>ekmek</i>	24.078	1458	-	-	0.02±0.00 ^a	-	0.01±0.00 ^b
81	2-Asetilfuran	<i>balsamik</i>	25.411	1490	-	-	-	-	im ^a
82	2-Furanmetanol	<i>yanık</i>	29.200	1647	-	0.07±0.02 ^a	0.13±0.10 ^a	0.09±0.01 ^a	0.17±0.02 ^a
83	5-Metilfurfuril alkol	<i>tatlı-karamel</i>	30.803	1707	-	-	-	-	im ^a

Çizelge 4.11. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	AZ ²	Aİ ³	Örnekler				
					TB	GK1	GK2	GK3	GK4
	Pirazinler				0.40±0.08^a	0.12±0.04^b	0.10±0.05^b	0.07±0.01^b	0.18±0.02^b
84	2,6-Dimetilpirazin	<i>fındık</i>	20.162	1326	0.08±0.04 ^a	-	im ^{ab}	0.01±0.00 ^{ab}	-
85	2,3,5-Trimetilpirazin	<i>patates</i>	22.457	1403	-	0.08±0.00 ^a	0.02±0.00 ^c	0.02±0.00 ^c	0.05±0.00 ^b
86	Tetrametilpirazin	<i>ceviz</i>	24.476	1472	0.17±0.07 ^a	-	0.04±0.01 ^b	0.04±0.00 ^b	0.10±0.00 ^{ab}
87	2-İzobütil-3-metoksipirazin	<i>yeşil biber</i>	25.947	1522	0.15±0.03 ^a	0.05±0.03 ^b	0.04±0.02 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b
	Sülfür bileşikleri				0.08±0.00^a	0.02±0.00^b	0.04±0.00^b	0.02±0.01^b	0.05±0.00^{ab}
88	Methanethiol	<i>sülfür</i>	5.288	697	-	-	-	-	im ^a
89	Dimetilsülfit	<i>lahana</i>	5.733	728	0.08±0.00 ^a	0.02±0.00 ^{bc}	0.03±0.00 ^{bc}	0.02±0.00 ^c	0.05±0.00 ^b
90	Methional	<i>Piştirilmiş patates</i>	24.005	1456	-	-	0.01 ^a	im ^a	-
	Diğerleri				0.28±0.09^a	0.20±0.03^a	0.13±0.03^a	0.11±0.04^a	0.36±0.04^a
91	1-Metilpirol	<i>odunsu</i>	14.239	1134	0.10±0.05 ^{ab}	0.20±0.00 ^a	0.10±0.03 ^{ab}	0.06±0.00 ^b	0.07±0.00 ^b
92	γ-Bütirolakton	<i>karamel-tatlı</i>	29.029	1639	0.18±0.08 ^{ab}	-	0.03±0.01 ^{bc}	0.07±0.01 ^{bc}	0.22±0.04 ^a
93	Tanımlanmayan		28.199	1607	-	-	-	-	0.06±0.00 ^a
	Genel toplam				23.24±0.65^b	42.74±0.05^a	21.05±1.63^b	15.82±0.70^c	15.35±0.33^c

* Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

¹ Aroma tanımları literatür çalışmalarından alınmıştır² Alıkonma Zamanı (AZ)³ Alıkonma İndeksi (Aİ), DB-WAX kolonu (60 m x 0.25 mm x 0.25 mm) ile standart alkanlara (C10-C26) göre hesaplanmıştır⁴ Tespit edilmedi⁵ İz miktar

Çizelge 4.12. Güneşte kurutma sırasında uçucu bileşik gruplarında meydana gelen değişimler

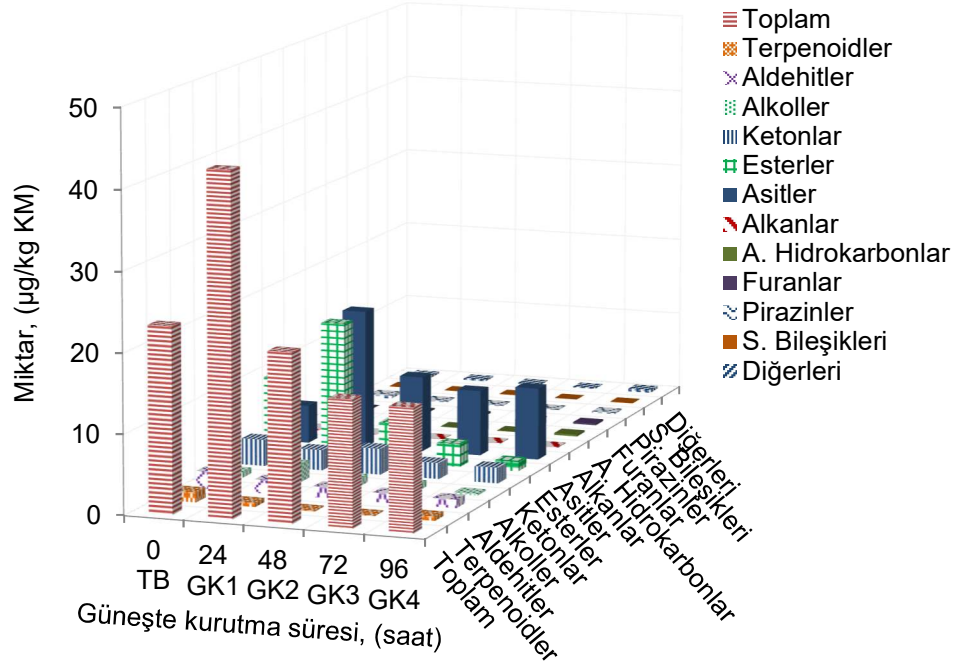
Örnek		Uçucu Bileşik Grubu												
		Terpenoidler	Aldehitler	Alkoller	Ketonlar	Esterler	Asitler	Alkanlar	Aromatik Hidrokarbonlar	Furanlar	Pirazinler	Sülfür Bileşikleri	Diğerleri	Toplam
TB	Bileşik Sayısı	6	9	6	4	8	4	4	1 ^a	-	3	1	2	47
	Miktarı ¹	1.28	2.19	0.72	3.35	9.78	4.79	0.39	-	-	0.40	0.08	0.28	23.24
GK1	Bileşik Sayısı	5	13	8	5	12	4	5	4	4	2	1	1	64
	Miktarı	0.53	1.69	2.22	2.58	17.29	17.49	0.19	0.27	0.12	0.12	0.02	0.20	42.74
GK2	Bileşik Sayısı	3	14	7	3	9	4	4	3	6	4	2	2	61
	Miktarı	0.15	1.41	1.02	3.29	4.97	9.52	0.16	0.06	0.23	0.10	0.03	0.13	21.05
GK3	Bileşik Sayısı	3	14	8	8	10	6	4	2	2	4	2	2	64
	Miktarı	0.12	1.19	0.79	2.03	2.89	8.27	0.11	0.06	0.11	0.07	0.02	0.11	15.82
GK4	Bileşik Sayısı	4	16	4	8	7	6	3	2	5	4	2	3	64
	Miktarı	0.56	1.07	0.21	1.99	1.22	9.10	0.12	0.24	0.22	0.18	0.05	0.36	15.35

¹ µg/kg KM^a tespit edilmedi

Bu çalışma, Urfa tipi biberlerin uçucu bileşiklerine yönelik ilk araştırma olduğundan TB örneğine ilişkin sonuçlarımız literatüre verilerine göre değerlendirilme imkânı elde edilememiştir. Ancak, çeşidimizde tespit edilen uçucu bileşiklerinden çoğunun *C. annuum* veya diğer türlerine ait çeşitlerle ilgili çalışmalarda da tespit edildiği belirlenmiştir (Rodriguez-Burruezo ve ark., 2010; Pino ve ark., 2011; Junior ve ark., 2011; Junior ve ark., 2012). Diğer taraftan, TB çeşidimizdeki uçucu bileşik sayısı ve toplam içerikleri ile ilgili sonuçlarımız Forero ve ark. (2009)'nın *C. annuum* (glabriusculum çeşidi) için buldukları sonuçlardan farklıdır. Buna karşın, bileşik sayısı açısından sonuçlarımız bazı araştırma sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir (Luning ve ark., 1994; Aragon ve ark., 2005). Ayrıca, TB'deki uçucu bileşik gruplarına ait içeriklerin toplam uçucu bileşik miktarındaki payları yönünden sonuçlarımız genel olarak literatür çalışmalarıyla benzerlik içerisindedir (Oruna-Concha ve ark., 1998; Forero ve ark., 2009). Ancak, çalışmamızda kullanılan TB'nin, bileşik içerikleri açısından önceki araştırma sonuçlarından farklı olduğu belirlenmiştir. Esasında, literatür incelendiğinde kırmızıbiberdeki uçucu bileşiklerin kantitatif değerleri açısından da birçok çalışmanın da sonuçların birbirinden farklı olduğu görülecektir. Yapılan araştırmalar, taze biberlerde tespit edilen uçucu bileşik kompozisyonu ve konsantrasyonlarının biberin çeşidi (Sousa ve ark., 2006; Rodriguez-Burruezo ve ark., 2010; Pino ve ark., 2011) başta olmak üzere coğrafi koşullar (Rijke ve ark., 2015) olgunlaşma aşaması (Junior ve ark., 2012; Luning ve ark., 1995a) ve analizde kullanılan ekstraksiyon metodu veya koşulları (Junior ve ark., 2011) gibi faktörlere bağlı olarak değişebildiğini göstermiştir.

Güneşte kurutma sırasında uçucu bileşik gruplarında meydana gelen kalitatif ve kantitatif değişimler Çizelge 4.12 ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Güneşte kurutma sürecinde farklı kurutma günlerine ait biber örneklerinde toplamda 93 farklı uçucu bileşik tespit edilmiştir. Bu bileşiklerden 70 tanesine ait miktarların güneşte kurutma günlerine göre istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu bulunmuştur ($P<0.05$). Güneşte kurutma ile birlikte uçucu bileşik sayısının artmaya başladığı ve kurutmanın 1. gününde bu sayının 64'e yükseldiği belirlenmiştir. Sonraki güneşte kurutma sürelerinde bazı uçucu bileşikler kaybolurken bazılarının da oluştuğu tespit edilmiştir.

Ancak, güneşte kurutmanın 3. günü hariç bu süre zarfın toplam uçucu bileşik sayılarında önemli bir değişimin olmadığı saptanmıştır.



Şekil 4.12. Güneşte kurutma sırasında uçucu bileşik gruplarında meydana gelen değişimler

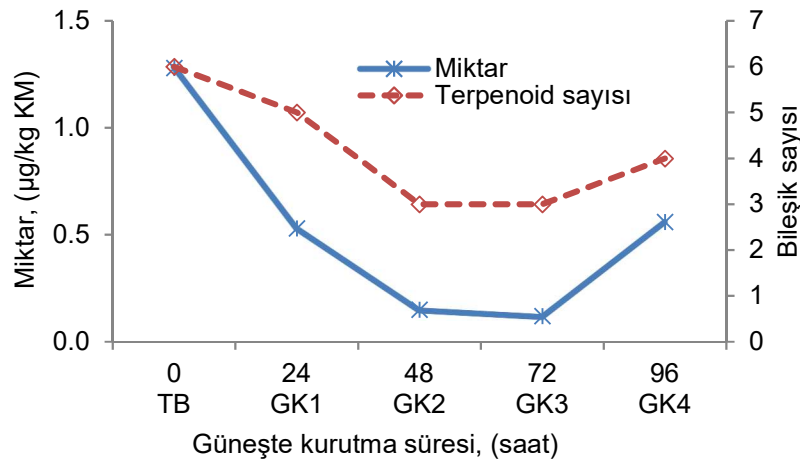
Güneşte kurutma süresi boyunca toplam uçucu bileşik miktarındaki değişime bakıldığında, kurutmanın 1. gününde toplam uçucu bileşik miktarının % 83.73 oranında artarak 42.70 µg/kg KM'ye yükseldiği ($P < 0.05$), kurutmanın 2. gününde ise bu miktarın yaklaşık olarak yarısına kadar azaldığı belirlenmiştir. Güneşte kurutmanın 3. gününde bu azalmanın devam ettiği ($P < 0.05$) ve kurutmanın son günündeki azalmanın da istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır ($P > 0.05$). Kurutmanın sonundaki (PKB) toplam uçucu bileşik içeriğinin TB örneğine göre yaklaşık % 40 oranında azalarak 15.35 µg/kg KM'ye düştüğü tespit edilmiştir. Güneşte kurutma sırasında buharlaşmaya bağlı olarak bazı bileşiklerin azaldığı veya kaybolduğu düşünülmektedir. Kurutma sırasında meydana gelen bir takım biyokimyasal reaksiyonlara bağlı olarak da yeni bazı uçucu bileşiklerin oluştuğu tahmin edilmektedir. Taze kırmızıbiberlerin baharata dönüşümlerinde uçucu bileşik profilleri

meydana gelen değişimler, kurutma metodu veya üretim esnasında uygulanan işlemin niteliğine göre değişebildiği belirtilmektedir (Mateo ve ark., 1997).

Güneşte kurutma sırasındaki uçucu bileşiklerdeki ilgili bulgularımızı önceki çalışmalar sonuçlarıyla benzerlik içerisinde. Luning ve ark. (1995b), sıcak hava ile kurutulan taze biber çeşitlerindeki uçucu bileşik içeriklerinin çoğunluğunun buharlaştığını ve buna bağlı olarak bazı bileşiklerin azaldığını, bir kısmının da tamamen kaybolduğu tespit etmişlerdir. Bu araştırmacılar, kurutma işlemiyle bazı uçucu bileşiklerin de oluştuğunu saptamışlardır. Güneşte kurutma sürecinde son ürün olan PKB'deki uçucu bileşik sayısı Van Ruth ve Roozen. (1994)'nın çalışmalarında bulunduğu sayıdan daha fazladır. Bu araştırmacılar, kurutulduktan sonra tekrardan sulandırılmış üç farklı kırmızıbiberde 46 farklı uçucu bileşik tespit etmişlerdir.

4.1.7.1. Terpenoidler

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam terpenoid içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Güneşte kurutma sırasında toplam terpenoid içeriğinde meydana gelen değişimler

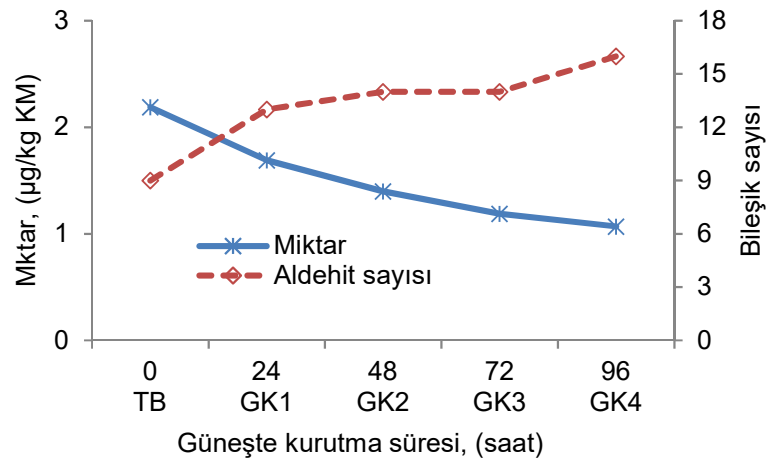
TB örneğinde en fazla içeriğe sahip terpenoidlerin α -limonen (portakal) ve β -elemen (taze-otsu) olduğu belirlenmiştir. Çeşidimizde bulunan tepenler önceki çalışmalarda araştırılan diğer bazı biber çeşitlerinde de bulunmuştur (Pino ve ark.,

2007; Junior ve ark., 2012). TB örneğinin kendi doğal yapısında bulunan bütün terpenoidlerin güneşte kurutma ile birlikte nicel ve nitel olarak azalmaya başladığı ve terpenoid miktarının kurutmanın sonunda 0.56 µg/kg KM'ye kadar azaldığı (P<0.05) görülmüştür. Güneşte kurutma sırasında α-muurolen (ağaç-odun) ve eremofilen terpenoidlerinin ise PKB örneğinde tamamen kaybolduğu saptanmıştır. Diğer taraftan, TB örneğinde bulunmayan ve güneşte kurutmanın 2. gününde oluştuğu tespit edilen dihydrolinalool (narenciye) bileşiğinin de daha sonraki kurutma günlerinde tekrar kaybolduğu tespit edilmiştir. Luning ve ark. (1995b) da kurutma sırasında kırmızıbiberdeki terpenlerin büyük oranda uçmaya bağlı olarak kaybolduğunu belirtmişlerdir.

Terpenoid yapıdaki uçucu bileşiklerin çoğunun meyvemsi ve çiçeksi aroma tiplerine sahip olduğu bildirilmektedir (Azcarate, 2010). Bu nedenle güneşte kurutma sırasında terpenlerdeki azalmaya bağlı olarak kırmızıbiberin taze karakteristik aromasının da büyük oranda kaybolduğu tahmin edilmektedir (Maikhunthod ve Marriott, 2013).

4.1.7.2. Aldehitler

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam aldehit içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Güneşte kurutma sırasında toplam aldehit içeriğinde meydana gelen değişimler

Aldehitlerin hem çalışma materyali olan taze Urfa biberinde hem de kurutma sırasındaki örneklerde en geniş bileşik aralığına sahip grup olduğu belirlenmiştir. TB örneğinde önemli aldehitler olarak hekzanal (yağsı-çimen), (E,E)-2,4-heptadienal (findık yağı), fenilasetaldehit (alıç-bal), 2-metilpropanal (acı-çimensi), 3-metilbütanal (malt) ve 2-metilbütanal (kakao-badem) gibi bileşiklerin bulunduğu saptanmıştır. Bunlar içerisinde hekzanal bileşiğinin 0.99 µg/kg KM miktarı ile en yüksek içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir. TB’de belirlenen aldehitlerin tamamı önceki çalışmalarda da tespit edilmiştir (Luning ve ark., 1995a; Junior ve ark., 2012; Forero ve ark., 2009).

Güneşte kurutma ile TB örneğindeki aldehitlerin çoğunlukla miktarlarının azalmaya başladığı ve kurutmanın 1. gününde fenilasetaldehit’in, kurutmanın 4. gününde ise 3-metilbütanal ve oktanal’ın kaybolan aldehitler olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, güneşte kurutmada otürü, biber dokusunda fenilmetanal (badem), (E)-2-hekzanal (taze-çimen), β-siklositral (nane) ve (E)-2-pentenal (çilek) gibi bileşikler olmak üzere PKB’de toplam 10 yeni aldehitin olduğu saptanmıştır. Güneşte kurutmanı sonunda toplam aldehit miktarını PKB’de 1.07 µg/kg KM düzeyine kadar azaldığı ancak, bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (P<0.05).

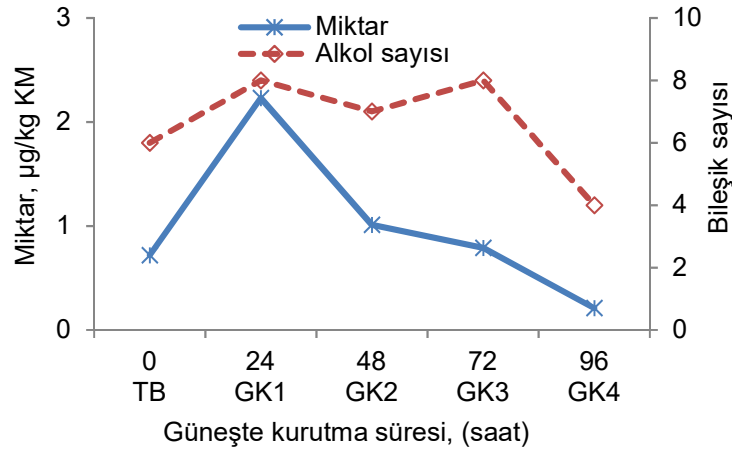
Kurutmanın sonunda PKB’de tespit edilen hekzanal, heptanal, 2-metilpropanal ve 2-metilbutanal aldehitlerini Van Ruth ve ark. (2003) da kurutulmuş kırmızıbiberde tespit etmişlerdir. Ancak, TB’de bulunan ve PKB’de kaybolduğu belirlenen 3-metilbutanal bileşiği de bu araştırmacılar tarafından bulunmuştur. Ayrıca 2-metilbutanal ve 3-metilbutanal bileşiklerinin kurutulmuş kırmızıbiberle ilgili yapılan bir çok çalışmada tespit edildiği ve bu iki bileşiğin bu baharat çeşitleri için önemli aroma aktif maddeleri olduğu bildirilmektedir (Van Ruth ve ark., 2003).

Taze veya kurutulmuş örneklerde bulunan (E)-2-hekzanal, (E)-2-pentenal, propanal, hekzanal ve (Z)-2-heptenal gibi aldehitlerin biberdeki lipoksijenaz (lipoxygenase, LOX) enziminin çoklu doymamış yağasitlerinde başlattığı oksidasyon reaksiyonları sonucunda oluşabildiği (Wu ve Liou, 1986; Aragon ve ark., 2005);

Strecker aldehitler olarak bilinen 2-metilpropanal, 2-metilbütanal ve 3-metilbütanal aldehitlerinin de sırasıyla valin, izolösin ve lösin amino asitlerinden Strecker reaksiyonu ile oluştuğu belirtilmektedir (Mateo ve ark., 1997; Rotsatchakul ve ark., 2008).

4.1.7.3. Alkoller

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam alkol içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Güneşte kurutma sırasında toplam alkol içeriğinde meydana gelen değişimler

TB'de bulunan alkol grubu bileşiklerden içerik olarak başlıcalarının etanol (tatlımsı), pentanol (balsamik) ve (Z)-2-penten-1-ol (çimen) olduğu belirlenmiştir. Taze çeşidimizde saptanan bu alkollerden ilki Aragon ve ark. (2005); son ikisi de Forero ve ark. (2009) tarafından *C. annuum*'un çeşitlerinde saptanmıştır.

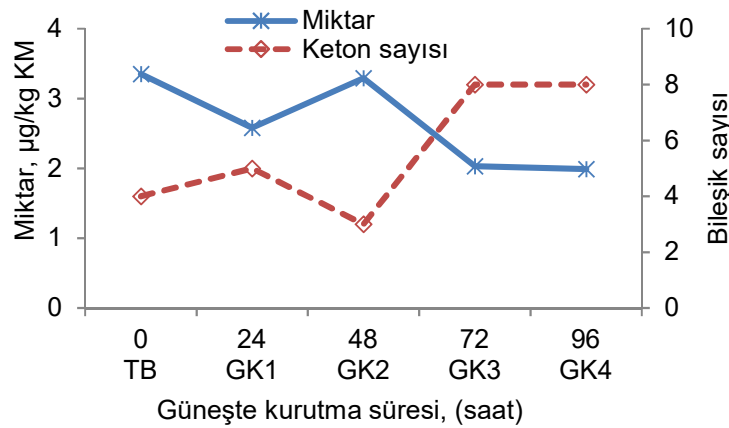
Kurutmanın ilk gününde TB'de saptanan alkollerden etanolün arttığı, pentanol azaldığı saptanmıştır ($P < 0.05$). Hekzanolün (reçine-çiçek) kurutmanın 1. gününde, 2-etil-1-hekzanolün (gül) kurutmanın 3. gününde ve fenilmetanolün (tatlı-çiçek) kurutmanın 4. gününde oluştuğu belirlenmiştir. Örneklerin alkol içeriklerindeki bu değişimlerine bağlı olarak toplam alkol miktarının kurutmanın sonunda $0.21 \mu\text{g/kg}$

KM seviyesine kadar azaldığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Güneşte kurutma sırasında alkollerde meydana gelen değişimle ilgili bazı bulgularımızı Toontom ve ark. (2012) tarafında yürütülen çalışma bulgularıyla farklılık arz etmektedir. Örneğin, bu araştırmacılar taze biberde bulunan hekzanol bileşiğinin güneşte kurutmaya elde edilen kırmızıbiber baharatında bizim sonucumuzdan farklı olarak tamamen kaybolduğunu ve taze biberde bulunan diğer alkol bileşiklerinin de bu kurutma sırasında kaybolduklarını tespit etmişlerdir. Buna karşın, sonucumuza benzer bir bulgu olarak Aragon ve ark. (2005) geleneksel kurutma sırasında taze kırmızıbiberdeki etanol, 1-penten-3-ol ve (Z)-2-Penten-1-ol bileşiklerinin azaldığını belirtmişlerdir.

Biber örneklerinde tespit edilen alkollerden 1-penten-3-ol, hekzanol ve pentanol bileşiklerinin LOX enziminin başlattığı oksidasyon zincirindeki ara ürünlerin alkol-dehidrojenaz (ADH) enziminin aktivitesine dayalı olarak oluştuğu tahmin edilmektedir (Rodriguez-Burruezo ve ark., 2010).

4.1.7.4. Ketonlar

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam keton içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Güneşte kurutma sırasında toplam keton içeriğinde meydana gelen değişimler

TB'de keton grubundan 3-hidroksi 2-bütanon (tereyağı), 2,3-bütanedion (tereyağı) 6-metil-5-hepten-2-one (narenciye) ve 2-pentanon (meyvemsi) olmak üzere

4 farklı bileşik tespit edilebilmiştir. Bu ketonlardan 2,3-bütanedion Luning ve ark. (1994) araştırılan taze kırmızıbiber çeşidinde de saptanmıştır.

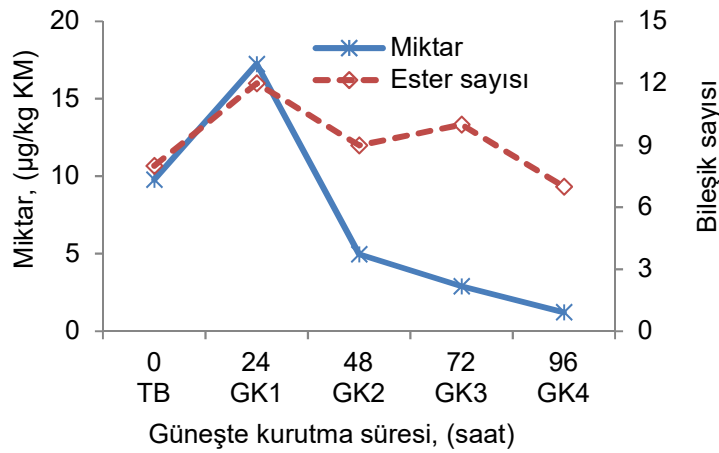
Biberlerin güneşte kurutulmaya bırakılmasıyla TB'deki 2-pentanon bileşiğinin kaybolduğu ve 6-metil-5-hepten-2-one bileşiğinin de azaldığı ($P < 0.05$) belirlenmiştir. Bununla birlikte, güneşte kurutmanın 3. gününde 2,3-pentanedion (krema), (E)-3-penten-2-one ve 6-metil-3,5-heptadien-2-one (baharat) ketonlarının; kurutmanın son gününde de (E)-3-okten-2-one (findık) ketonunun olduğu saptanmıştır. Güneşte kurutma işlemi TB'deki toplam keton sayısını PKB'ye oranla 2 kat artırmasına rağmen toplam keton miktarının güneşte kurutma sonunda (yaklaşık olarak % 40 oranında) azaldığı tespit edilmiştir. Ancak toplam keton miktarındaki bu değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$). 2,3-Pentanedion bileşiğinin artışıyla ilgili benzer sonuç Luning ve ark. (1995b) tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Ayrıca, bu bileşik Van Ruth ve ark. (2003) tarafından da kurutulmuş kırmızıbiberde bulunmuştur. Bununla birlikte, çalışmamızda güneşte kurutma sırasında tespit edilen ketonlardan 3-hidroksi-2-bütanon Aragon ve ark. (2005)'nin çalışmalarında da saptanmıştır. Ketoizoforon bileşiğinin ise bu çalışma ile ilk defa kırmızıbiber baharatında tespit edildiği düşünülmektedir.

Tespit edilen ketonlardan 2,3-pentanedion bileşiğinin Maillard reaksiyonlarının ara ürünü olduğu belirtilmektedir (Aragon ve ark., 2005). 6-metil-5-hepten-2-one ve 6-metil-3,5-heptadien-2-one bileşiklerinin sırasıyla β -karoten ve likopen pigmentlerinin parçalanma ürünleri; (E)-3-okten-2-one bileşiğinin de doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonu ile oluşabileceği bildirilmektedir (Van Ruth ve ark., 2003).

4.1.7.5. Esterler

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam ester içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Güneşte kurutulma esnasında veya sonucunda yeni ester bileşiklerinin de olduğu belirlenmiştir. TB örneğinde metil kaproat (taze meyve), isobütil bütanoat (meyvemsi), metil asetat (eterik) ve isopropil valeratın (meyvemsi) kantitatif olarak önemli esterler olduğu saptanmıştır. Bu bileşiklerden

metil kaproatın toplam esterlerin % 43.72'sini oluşturmaktadır. Güneşte kurutmanın 1. gününde isoamil asetat (muz) ve β -fenetil asetatın (çiçeksi) dâhil olduğu 5 yeni ester oluştuğu, isopropil valeratın kaybolduğu ve daha sonraki kurutma günlerinde daha az miktarlarda tekrar oluştuğu ($P>0.05$) saptanmıştır. Kurutmanın 2. gününden itibaren isobütil bütanoat, n-bütil n-bütirat (ananas) ve 1-hekzil asetatın (meyve-ot), kurutmanın son gününde ise etil asetat (ananas), metil bütirat (meyvemsi) ve n-bütil isobütiratın (meyvemsi) kaybolduğu tespit edilmiştir. Başlıca esterler olarak metil ve etil asetatlar önceki bir çalışmada da saptanmıştır (Van Ruth ve ark., 2003).



Şekil 4.17. Güneşte kurutma sırasında toplam ester içeriğinde meydana gelen değişimler

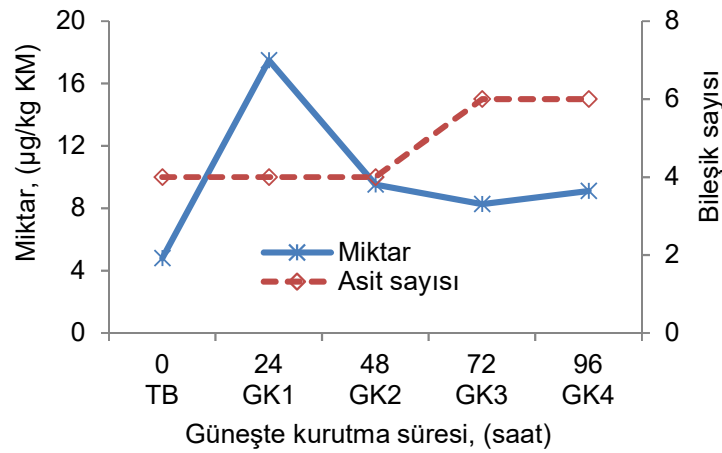
Güneşte kurutmanın ilk gününde toplam ester miktarı artarak ($P<0.05$) 17.25 µg/kg KM düzeyine ulaştığı saptanmıştır. Ancak, dikkat çekici olarak bir bulgu olarak kurutmanın ilk gününe ait bu içeriğin % 77.22'lik kısmının asetik asidin bir esteri olan etil asetat bileşiğinden oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca bu esterle birlikte diğer bir asetik asit esteri olan metil asetat bileşiklerinin güneşte kurutma süresince de toplam ester içeriğinin önemli bir kısmını oluşturduğu bulunmuştur. Etil asetat için benzer sonuç Mateo ve ark. (1997)'nin çalışmalarında da elde edilmiştir. Toplam ester miktarının kurutma 1. gününden sonraki süreçte ise sürekli azaldığı ($P<0.05$) ve son ürün olan PKB'de 1.22 µg/kg KM düzeyine kadar düştüğü tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Çalışmamızdaki biber örneklerinde tespit edilen metil salisilatın amino asitlerin bozunması ile oluşabileceği (Oruna ve ark., 1998), diğer birçok ester bileşiğinin de

alkollerin serbest yağ asitleri veya asetik asit gibi karboksilik asitlerle esterifikasyon reaksiyonlarıyla oluştuğu düşünülmektedir (Ko ve ark., 2014).

4.1.7.6. Asitler

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam asit içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Güneşte kurutma sırasında toplam asit içeriğinde meydana gelen değişimler

Uçucu asitler olarak TB'de izovalerik asit (keskin peynir), hekzanoik asit (yağlı-peynir), asetik asit (keskin-ekşimsi) izobütirik asit (acımsı tereyağı) olmak üzere toplam 4 farklı bileşik tespit edilebilmiştir. Bu asitlerden izovalerik asidin TB'deki toplam uçucu asitlerin % 64'üne denk geldiği belirlenmiştir. Kim ve ark. (2007) ise çalışma yaptıkları taze biber çeşidinde (*C. annuum*) en fazla bulunan uçucu asidin asetik asit olduğunu belirtmişlerdir. Diğer taraftan, Junior ve ark. (2012), Brezilya tipi taze biberlerde uçucu asit tespit etmemişlerdir.

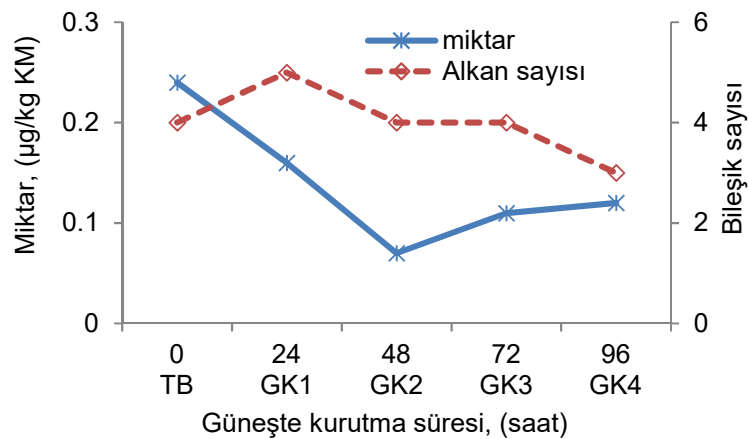
Güneşte kurutmanın ilk gününde asetik asit miktarının belirgin bir artış ile 16.50 µg/kg KM miktarına kadar arttığı ($P < 0.05$), diğer uçucu asitlerin ise azaldığı saptanmıştır ($P < 0.05$). Kurutmanın 3. gününde yeni asit olarak propanoik asit (keskin-soya) ve (E)-2-hekzenoik asit (soya) bileşiklerinin oluştuğu tespit edilmiştir. Toplam uçucu asit miktarının asetik asit miktarındaki değişime paralel olarak kurutmanın 1. gününde 3.65 katına kadar arttığı ($P < 0.05$), kurutmanın 2. gününde bu miktarın tekrar

azalarak 9.52 $\mu\text{g/kg}$ KM içeriğine düştüğü ($P<0.05$) ve daha sonraki kurutma günlerinde de istatistiksel olarak önemli bulunmayan değişimler sergilediği belirlenmiştir ($P>0.05$). Güneşte kurutma sürecinin son ürünü olan PKB’de ise asetik asidin toplam asit içeriğinin% 93’lük kısmını oluşturduğu saptanmıştır. Benzer çalışmalarda asetik asidin bu sonucuyla ilgili bir bulguya rastlanılmasa da güneşte kurutma metoduyla üretilen bazı kırmızıbiber baharatlarında da asetik asidin en fazla miktara sahip uçucu bileşik olduğu belirlenmiştir (Aragon ve ark., 2005; Toontom ve ark., 2012; Ko ve ark., 2014). Ancak bu asidin kurutulmuş kırmızıbiberlerde bulunmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur (Van Ruth ve ark., 1995a). Bu farklı sonuçların alınmasında kurutma metodu, analiz prosedürleri ve biber çeşitlerinin etkili olduğu düşünülmektedir.

Taze kırmızı Urfa biberi ve güneşte kurutulmuş örneklerinde tespit edilen izobütirik ve izovalerik asitlerin sırasıyla valin ve lösin amino asitlerinden Strecker reaksiyonu (Aragon ve ark., 2005); asetik asidin ise karbonhidrat metabolizmasıyla oluştuğu tahmin edilmektedir (Mateo ve ark., 1997).

4.1.7.7. Alkanlar

TB’nin güneşte kurutulması sırasında toplam alkan içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



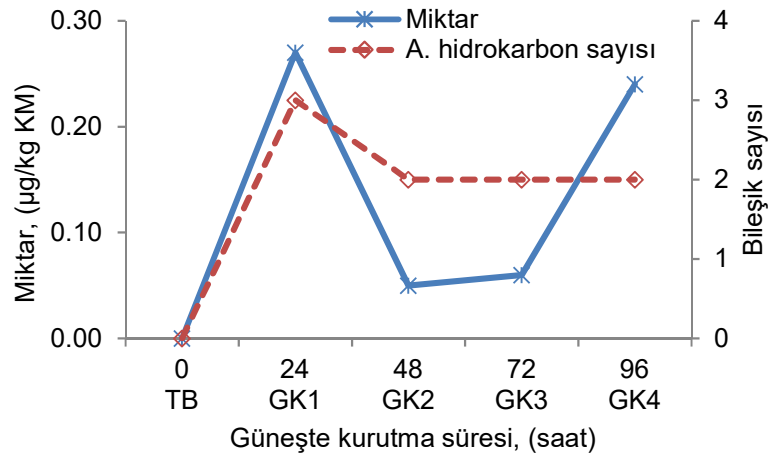
Şekil 4.19. Güneşte kurutma sırasında toplam alkan içeriğinde meydana gelen değişimler

Alkan grubundan TB örneğinde isododekan, dekan, nonan (kafur) ve 2-metiltridekan olmak üzere 4 farklı hidrokarbon bileşiği tespit edilmiştir. Bu alkanlardan 2-metiltridekan Pino ve ark. (2011) ile Garruti ve ark., (2013) çalışıkları taze biber çeşitlerinde belirlemişlerdir.

Güneşte kurutmanın 1. gününde dekan bileşiğinin azaldığı ($P<0.05$) ve yeni alkan olarak 2,6-dimetiloktan bileşiğinin oluştuğu saptanmıştır. Güneşte kurutmanın 2. gününde 2,6-dimetiloktanın; kurutmanın 4. gününde ise nonan ve 2-metildekan alkanlarının kaybolduğu tespit edilmiştir. Toplam alkan içeriğinin güneşte kurutma sonunda azaldığı belirlenmiştir ($P<0.05$). Güneşte kurutma süresince biber örneklerinde bulunan dekan Kevresan ve ark. (2013)'nın çalışmasında da belirlenmiştir.

4.1.7.8. Aromatik hidrokarbonlar

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam aromatik hidrokarbon içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Güneşte kurutma sırasında toplam aromatik hidrokarbon içeriğinde meydana gelen değişimler

Çalışma materyalimiz olan taze kırmızı Urfa biberinde aromatik hidrokarbon sınıfına giren herhangi bir bileşik tespit edilmemiştir. Ancak, Buttery ve ark. (1969),

araştırdıkları taze biber çeşidinde siren bileşiğini; Luning ve ark. (1994) da tolüen, m-ksilen ve o-ksilen aromatik hidrokarbonlarını tespit etmişlerdir.

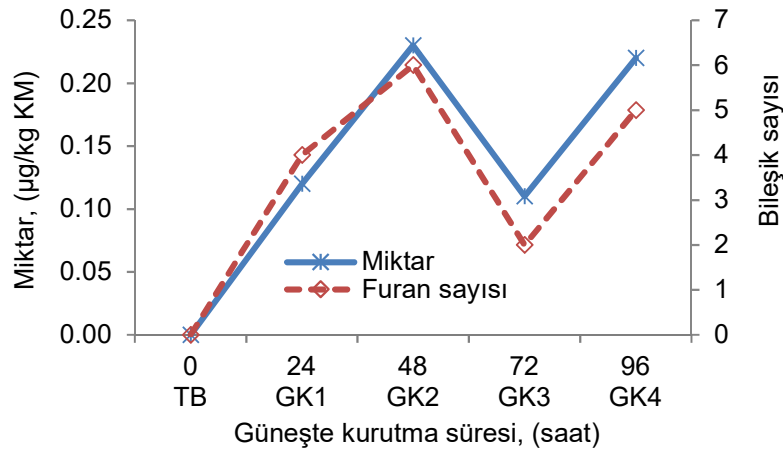
Bu bileşik grubundan tolüen (boya), stiren (balsamik), m-ksilen (plastik) ve o-ksilen (sardunya) bileşiklerinin güneşte kurutmanın ilk gününde oluştuğu saptanmıştır. Stiren bileşiğinin kurutmanın 2. gününde, o-ksilen ve m-ksilenin kurutmanın 3. gününde kaybolduğu ve stiren bileşiğinin 3. günde tekrar oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca güneşte kurutmanın toplam aromatik hidrokarbon miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Van Ruth ve ark. (1995a), kurutulmuş kırmızıbiberde m-ksilen; Rios ve ark. (2008), kırmızıbiberin bir ekstraktı olan oleoresin ürününde tolüen ve m-ksilen bileşiklerini tespit etmişlerdir.

Güneşte kurutulmuş biber örneklerinde tespit edilen tolüen ve o-ksilen bileşiklerinin biberdeki karotenoidlerin termal bozulmasıyla oluştuğu tahmin edilmektedir (Guadayol ve ark., 1997; Rios ve ark., 2008).

4.1.7.9. Furanlar

Furan grubu bileşikler Maillard reaksiyonları ile oluşan bileşiklerin başında gelmektedir. Bu bileşiklerin ısı işlem görmüş gıdalardaki pişmiş şeker aromalarından sorumlu olduğu bildirilmektedir (Duan ve Barringer, 2015). TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam furanik bileşik içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Furan gurubu bileşiklerin TB'de bulunmadığı ve güneşte kurutma ile beraber bu bileşiklerin örneklerimizde oluşmaya başladığı tespit edilmiştir. Ancak, bazı taze biber çeşitlerinde furfural, 5-metilfurfural ve asetilfuran, 2-etilfuran, 2-pentilfuran gibi furan bileşiklerinin bulunduğu belirtilmektedir (Kevresan ve ark. 2013; Junior ve ark., 2015).



Şekil 4.21. Güneşte kurutma sırasında toplam furan içeriğinde meydana gelen değişimler

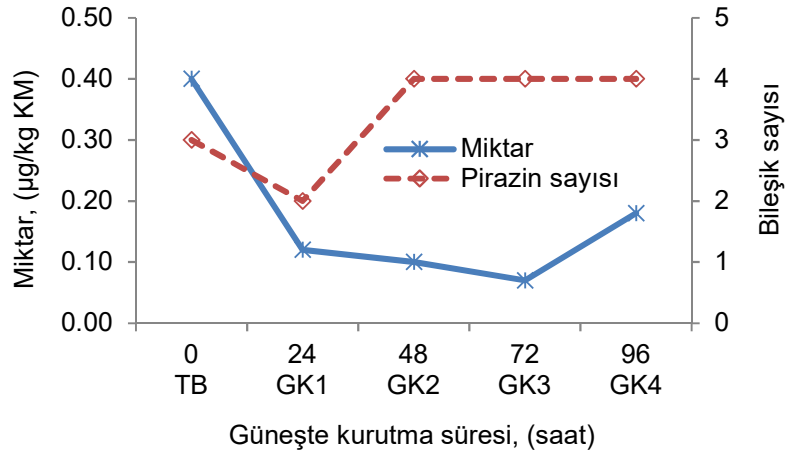
Güneşte kurutmanın ilk gününde 2-furanmetanol (yanık), 2-pentilfuran (yeşil fasulye), 2,5-dimetilfuran (etsi) ve 2,3,5-trimetilfuran (kahve); kurutmanın 2. gününde 2-metilfuran (çikolata) ve furfural (ekmek) furanlarının meydana geldiği saptanmıştır. Kurutmanın 3. gününde 2-metilfuran, 2,5-dimetilfuran ve 2,3,5-trimetilfuranın kaybolduğu; güneşte kurutmanın son gününde ise iz miktarda da olsa 2-asetilfuran (balsamik) ve 5-metilfurfuril alkol (tatlı-karamel) furanlarının oluştuğu tespit edilmiştir. Güneşte kurutma işlemi ile örneklerin toplam uçucu furan içeriğinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Aragon ve ark. (2005), 2-furanmetanol bileşiğinin de dâhil olduğu bazı furanların kırmızıbiberin geleneksel kurutma sırasındaki miktarlarının arttığını tespit etmiştir.

Furan yapısındaki bileşiklerin Maillard tipi çeşitli bozunma reaksiyonları ile ve/veya çeşitli reaksiyonlara ait fragmentlerinin yeniden birleşmesiyle oluştuğu düşünülmektedir (Aragon ve ark., 2005; Kebede ve ark., 2013; Duan ve Barringer, 2015). Ancak, kurutmanın 2. gününde oluşan 2-pentilfuranın biberdeki linoleik asitten enzimatik olarak oluştuğu tahmin edilmektedir (Luning ve ark., 1995b).

4.1.7.10. Pirazinler

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam pirazin içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.22'de gösterilmiştir. İnan3363 çeşidi taze Urfa biberinde pirazin sınıfı uçucu bileşik olarak 2,6-dimetilpirazin (kavrulmuş fındık), tetrametilpirazin

(ceviz) bileşikleri ve bir çok taze taze biber çeşitleri için tipik bir aroma maddesi olduğu bildirilen (Buttery ve ark., 1969) 2-izobütil-3-metoksipirazin (yeşil biber) bileşiği tespit edilmiştir.



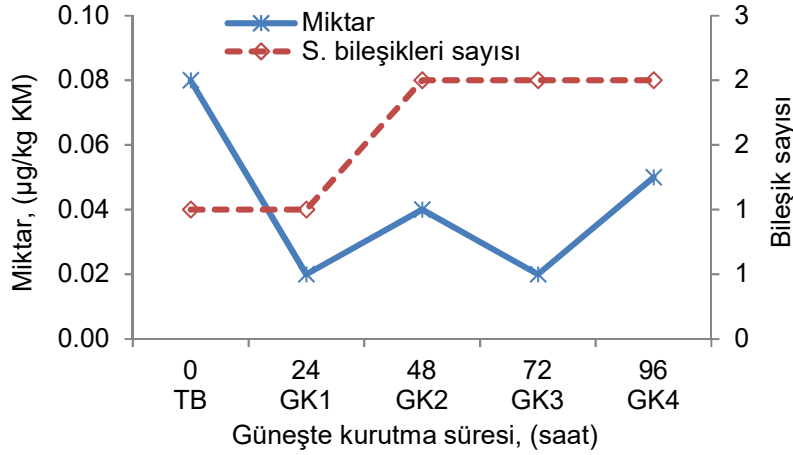
Şekil 4.22. Güneşte kurutma sırasında toplam pirazin içeriğinde meydana gelen değişimler

Güneşte kurutmanın ilk gününden 2,3,5-trimetilpirazininin (kızartma-patates) oluştuğu ve 2-izobütil-3-metoksipirazin bileşiğinin azaldığı ($P<0.05$) saptanmıştır. Kurutmanın ilk günü oluşan tetrametilpirazin bileşiğinin kurutma süresince varlığını sürdürdüğü ve kurutmanın son gününde iz miktarda 2,3-dimetilpirazin (ceviz) oluştuğu tespit edilmiştir. Kurutma sırasındaki örneklerin toplam pirazin içeriğindeki değişimler istatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$), TB ve PKB örneklerine ait toplam pirazin miktarları arasındaki fark ise önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Bu bileşiklerden tetrametilpirazin kurutma sırasında kırmızıbiber baharatındaki miktarının yükseldiğini belirten çalışmalar bulunmaktadır (Aragon ve ark., 2005; Toontom ve ark., 2012).

Pirazin türü uçucu bileşiklerin düşük konsantrasyonlarda bile güçlü bir aroma oluşturabildiği (Guadayol ve ark., 1997; Mateo ve ark., 1997); biberde bulunan bu grup bileşiklerin karbonil bileşikleri ve amino grubu içeren bileşikler arasındaki interaksiyonla oluşan Maillard tipi reaksiyon ürünleri olabileceği bildirilmektedir (Rotsatchakul ve ark., 2008; Gogus ve ark., 2015).

4.1.7.11. Sülfür bileşikleri

TB'nin güneşte kurutulması sırasında toplam sülfür bileşikleri içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.23'te gösterilmiştir. TB ve kurutma sırasındaki diğer biber örneklerimizin sülfür grubu uçucu bileşiklerden sadece dimetilsülfiti (lahana) içerdiği ve bu bileşiğin de kurutmaya beraber miktarının azalmaya başladığı görülmüştür ($P<0.05$). Kurutmanın 2. gününde methional (pişirilmiş patates) bileşiğinin oluştuğu ve kurutmanın sonunda tekrar kaybolduğu ve PKB örneğinde iz miktarda methanethiol (sülfür) oluştuğu belirlenmiştir. Sülfür içeren toplam uçucu bileşik içeriklerindeki değişimler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).



Şekil 4.23. Güneşte kurutma sırasında toplam sülfür bileşikleri içeriğinde meydana gelen değişimler

Sülfür bileşiklerinin içerikleri düşük olmasına rağmen biberlerde önemli aroma bileşikleri olduğu bildirilmektedir (Kebede ve ark., 2013). Biberlerde bulunabilen dimetilsülfid gibi sülfür bileşiklerinin sülfür içeren metiyonin amino asitinden Strecker reaksiyonuyla oluşabileceği belirtilmektedir (Landaud ve ark., 2008).

4.1.7.12. Diğer uçucu bileşikler

Uçucu bileşik gruplara ilaveten TB ve güneşte kurutulan biber örneklerinde γ -bütirolakton (karamel-tatlı), 1-metilpirol (odunsu) ve tanımlanamayan bir bileşik de belirlenmiştir. γ -bütirolakton bileşiğinin kurutmanın ilk gününde kaybolduğu daha

sonra tekrar oluşarak kurutma boyunca varlığını sŸrdŸrdŸđŸ saptanmıştır. TB ve PKB örneklerine ait γ -bŸtirolakton (karamel-tatlı), 1-metilpirol miktarları arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).



4.2. Geleneksel İsoot Üretimi Sırasında Taze Biberde Meydana Gelen Değişimler

Geleneksel isoto (Gİ) üretiminin güneşte kurutmaya PKB üretim metodundan temel farkı, yöntem bölümünde de belirtildiği gibi, güneşte kurutmanın 2. gününden itibaren biberler polietilen torbalara alınarak terletme işlemine tabi tutulmasıdır. Terletme işlemindeki amaçlardan biri de, biberlerin torbada karartılmasıdır (TK). Bu bölümdeki bulgu ve tartışmalar, ağırlıklı olarak terletme işlemi ve sonrasındaki değişimler üzerinden yapılmıştır.

4.2.1. Fizikokimyasal özelliklerdeki değişimler

Gİ üretimi sırasında nem miktarı, su aktivitesi, pH değeri ve titrasyon asitliğinde meydana gelen değişimlere ait veriler Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Geleneksel isoto üretimi sırasında fizikokimyasal özelliklerde ait değerler¹

Örnek	Nem oranı (%, g/100 g)	Su aktivitesi	pH	Titrasyon asitliği (% SA ²)
TB	90.49±0.09 ^a	0.983±0.001 ^a	5.10±0.06 ^a	0.34±0.04 ^h
GK1	64.63±2.68 ^b	0.934±0.012 ^a	4.94±0.03 ^b	1.51±0.02 ^g
GK2	30.58±1.82 ^{ef}	0.668±0.018 ^c	4.91±0.06 ^b	2.53±0.01 ^{de}
TK1	45.37±1.00 ^c	0.807±0.021 ^b	4.85±0.08 ^{bc}	2.06±0.11 ^f
TK2	38.53±1.29 ^d	0.786±0.017 ^b	4.82±0.06 ^{bcd}	2.31±0.22 ^{ef}
TK3	33.69±1.23 ^e	0.697±0.010 ^c	4.79±0.05 ^{bcd}	2.90±0.04 ^{cd}
TK4	30.62±0.97 ^{ef}	0.502±0.022 ^e	4.82±0.02 ^{bcd}	3.12±0.03 ^c
TK5	26.60±0.52 ^{fg}	0.579±0.023 ^d	4.72±0.01 ^{cd}	3.68±0.19 ^b
TK6	24.87±0.65 ^g	0.553±0.009 ^d	4.67±0.01 ^d	3.86±0.12 ^b
İsoot	14.31±0.65 ^h	0.285±0.003 ^f	4.66±0.02 ^d	4.42±0.17 ^a

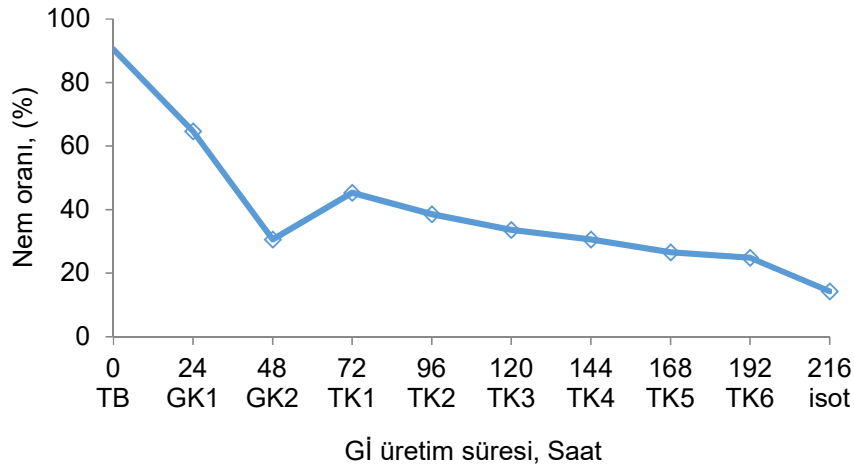
¹ Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

² Sitrik asit

4.2.1.1. Nem miktarı

Gİ üretimi sırasında nem miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.24’te gösterilmiştir. Biberlerin terletme işleminden önce % 30.58 olan nem oranı terletmenin 1. gününde (TK1) % 45.37’ye yükselmiştir (P<0.05). Nem oranındaki bu artış, yöntem kısmında da belirtildiği gibi, terletme işleminin başlangıcında biberlere serpilerek sudan ileri gelmektedir. Terletme işleminin 1. gününden sonra nem oranının zamanla azaldığı ve 6 günlük terletme süresinin sonunda bu oranın % 24.87’ye kadar düştüğü

görülmüştür. Terletme işleminden sonraki bir günlük güneşte kurutma süresinin sonunda ise, biberlerin terletme işlemine oranla daha hızlı bir şekilde su kaybettikleri ve son ürün olan isot biberinde nem oranının % 14.31'e düştüğü tespit edilmiştir. Bu nem oranı, Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği'nde (Anonim, 2013) isot baharatı için belirtilen % 15'lik değerin altındadır.

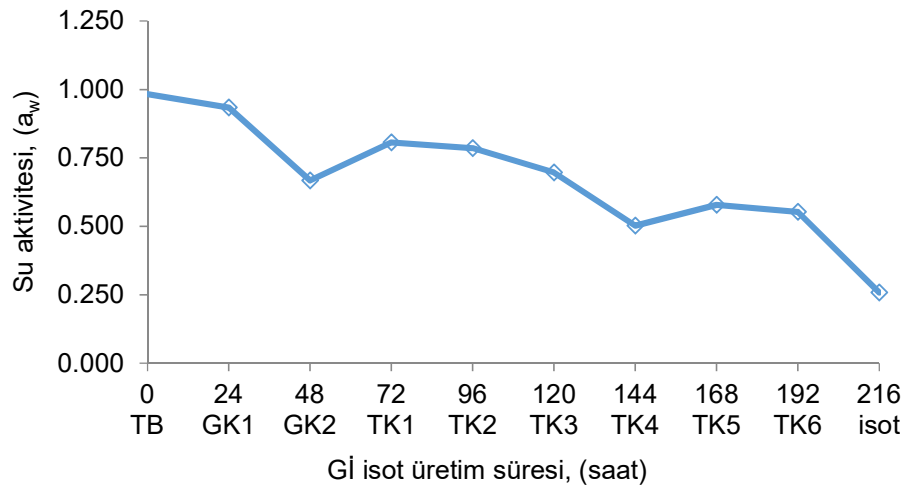


Şekil 4.24. Geleneksel isot üretimi sırasında nem oranında meydana gelen değişimler

Bu çalışmada geleneksel olarak üretilen isot biberinin nem oranı benzer çalışmalar tarafından bulunan sonuçlarla örtüşmektedir. (Adegoke ve ark., 1996; Topuz, 2002; Valazquez ve ark. 2014;).

4.2.1.2. Su aktivitesi

Gİ üretimi sırasında su aktivitesinin zamana göre değişimi Şekil 4.25'te gösterilmiştir. Terletme işleminin ilk gününde (TK1) su aktivitesinin nem oranındaki artışa bağlı olarak yükseldiği ($P < 0.05$), sonrasında terletmenin 4. gününe kadar bu değerin azalarak 0.502'ye kadar düştüğü belirlenmiştir ($P < 0.05$). Terletmenin 5. gününde su aktivitesinin tekrar artarak 0.579'a yükseldiği ($P < 0.05$) ve bundan sonraki terletme sürecinde azalarak 0.553' indiği ($P > 0.05$) saptanmıştır. Terletme işleminden sonraki bir günlük güneşte kurutma süresinde ani bir azalma ile SA değerinin 0.285'e düştüğü ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

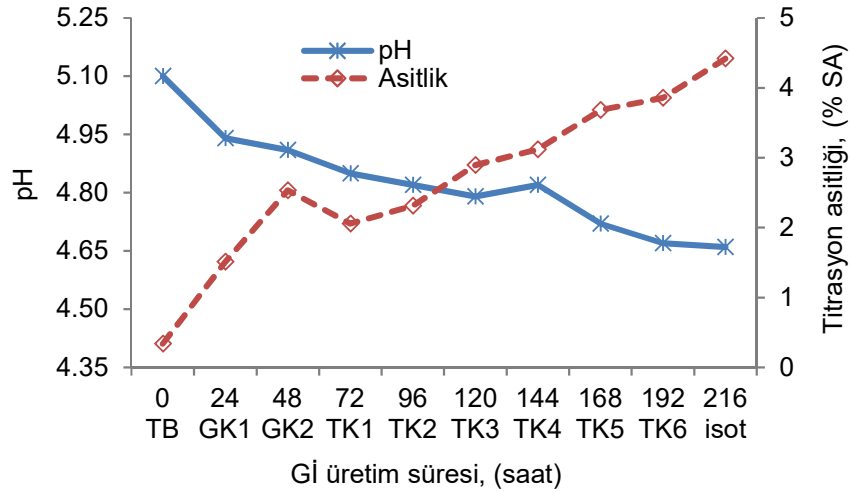


Şekil 4.25. Geleneksel isot üretimi sırasında su aktivitesinde meydana gelen değişimler

Gİ için bu çalışmada belirlenen su aktivitesi değerinin genel olarak önceki çalışma sonuçlarından daha düşük olduğu saptanmıştır. Bu durumun üretim yönteminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kırmızıbiber baharatlarında son ürünün su aktivitesinin üretim prosedürlerine göre değiştiği bildirilmektedir (Ayuso ve ark., 2008). Ayrıca, Gİ üretiminde su aktivitesi ve nem oranı arasında yüksek bir korelasyon bulunduğu belirlenmiştir ($r=0.875$, $P<0.01$)

4.2.1.3. pH ve titrasyon asitliği

Geleneksel yöntemle isot üretimi sırasında pH ve titrasyon asitliğinin zamana göre değişimi Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Terletme işleminden önce 4.91 olan pH değerinin, terletme işleminin 4. günü hariç üretim sürecinde azalma eğiliminde olduğu ve üretim sonunda 4.66'ya düştüğü saptanmıştır ($P<0.059$). Terletme öncesi, sitrik asit cinsinden % 2.53 olan titrasyon asitliğinin, terletmenin ilk gününde azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). Bu azalmanın da üretim sırasında katılan suya bağlı olarak meydana gelen seyreltmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Terletmenin diğer günlerinde ise, titrasyon asitliğinin sürekli artarak son ürün olan Gİ örneğinde % 4.42'a ulaştığı belirlenmiştir ($P<0.05$). Gİ üretim sürecinde pH değeri ve titrasyon asitliğindeki tespit edilen değişimlerle ilgili benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da saptanmıştır (Vega-Galvez ve ark., 2009; Toontom ve ark., 2012).



Şekil 4.26. Geleneksel isot üretimi sırasında pH ve titrasyon asitliğindeki değişimler

Gİ’de belirlenen pH değerinin Hayoglu ve ark. (2005) tarafından belirlenen pH değerleriyle uyumlu iken, titrasyon asitliğiyle ilgili elde edilen sonucumuzun bu araştırmacıların titrasyon asitliği için belirlediği değerlerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu farklılığın, daha çok üretim metodundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Gİ üretiminde titrasyon asitliğindeki belirgin artışın ve pH değerinde meydana gelen azalmanın ise, mikrobiyal faaliyete bağlı organik asit miktarındaki artışla ilintili olduğu düşünülmektedir. Mangaraj ve ark. (2001)’den bildirildiğine göre, güneşte geleneksel olarak kurutulan biberlerin diğer kurutma metotlarına nazaran daha fazla mikrobiyal kontaminasyona maruz kalmaktadır (Toontom ve ark., 2012). Ayrıca, Gİ üretimi sırasında torbada kurutma sırasında fermentasyonun meydana geldiğini düşünmekteyiz.

Titrasyon asitliği ve pH için yapılan Pearson korelasyon analizinde, bu iki özellik arasında yüksek bir korelasyon olduğu ($r=-0.900$, $P<0.019$) belirlenmiştir. Ayrıca, titrasyon asitliği ve su aktivitesi arasında da yüksek bir korelasyon bulunmuştur ($r=-0.930$, $P<0.019$).

4.2.2. Aflatoksin içeriğindeki değişimler

Gİ üretimi sırasındaki aflatoksin içerikleri Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Geleneksel isot üretimi sırasındaki aflatoksin içerikleri, ($\mu\text{g/kg}$)¹

Örnek	AFG ₂	AFG ₁	AFB ₂	AFB ₁	Toplam AF
TB	<LOD ²	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
GK1	<LOD	<LOD	<LOD	0.113±0.001 ^c	0.113±0.001 ^c
GK2	<LOD	<LOD	<LOD	0.119±0.002 ^c	0.119±0.002 ^c
TK1	<LOD	<LOD	<LOD	0.128±0.002 ^d	0.128±0.002 ^d
TK2	<LOD	<LOD	<LOD	0.131±0.06 ^c ^d	0.131±0.06 ^c ^d
TK3	<LOD	<LOD	<LOD	0.136±0.001 ^{bc}	0.136±0.001 ^{bc}
TK4	<LOD	<LOD	<LOD	0.140±0.002 ^{ab}	0.140±0.002 ^{ab}
TK5	<LOD	<LOD	<LOD	0.146±0.001 ^a	0.146±0.001 ^a
TK6	<LOD	<LOD	<LOD	0.144±0.001 ^a	0.144±0.001 ^a
İsot	<LOD	<LOD	<LOD	0.142±0.002 ^{ab}	0.142±0.002 ^{ab}

¹ Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

² Belirlenebilen(<LOD) miktardan küçüktür.

Gİ üretiminde incelenen biber örneklerinde AFB₁, AFB₂ ve AFG₁ yönünden sonuçların negatif olduğu belirlenmiştir (<LOD). Bu üretim sırasında biber örneklerde tespit edilen AFB₁ ve buna bağlı olarak toplam AF miktarların da Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Anonim, 2011) ve AB mevzuatında (Anonymous, 2010) belirtilen yasal limitlerin çok altında olduğu saptanmıştır.

Gİ üretiminde terletme işlemindeki yüksek nem oranı (% 24.87-45.37) ve uzun süreye rağmen kayda değer bir aflatoksin oluşumunun gerçekleşmediği saptanmıştır. Kullanılan TB'nin aflatoksin içermemesinin (<LOD) bu sonuçların alınmasında temel bir etken olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, üretimin beton zeminde gerçekleşmesinin aflatoksin oluşumunu engelleyen diğer bir faktör olduğu de tahmin edilmektedir. Beton zeminde yapılan kurutma ile üretilen isot biberindeki aflatoksin içeriğinin toprak zeminde gerçekleşen üretime göre daha düşük miktarda olduğu belirtilmektedir (Karaaslan ve Arslanğray, 2015). Gİ biberinin aflatoksinle ilgili sonuçlarımız genel olarak benzer çalışmalardaki sonuçlarla uyumludur (Erdogan, 2004; Karaaslan ve Arslanğray, 2015).

4.2.3. Renk özelliklerindeki değişimler

4.2.3.1. Ekstrakte edilebilir renk (ASTA) ve kırmızılık/sarılık oranı

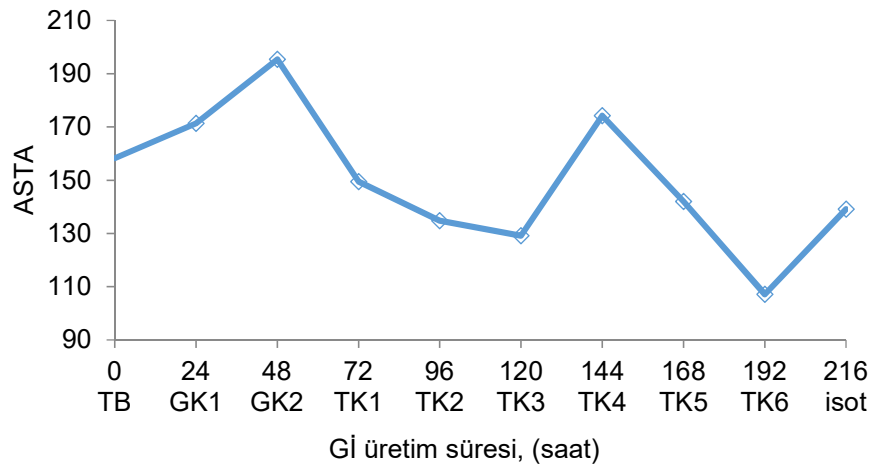
Gİ üretimi sırasındaki ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Geleneksel isot üretimi sırasındaki ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları*

Örnek	ASTA	Kırmızılık/sarılık
TB	158.30±0.87 ^d	1.03±0.00002 ^a
GK1	171.30±0.41 ^c	0.97±0.00003 ^c
GK2	195.40±1.10 ^a	0.96±0.00001 ^c
TK1	149.51±0.73 ^e	0.98±0.00004 ^{bc}
TK2	134.80±0.40 ^h	0.97±0.00004 ^{bc}
TK3	129.11±0.18 ⁱ	0.97±0.00004 ^{bc}
TK4	174.23±0.35 ^b	0.98±0.00002 ^{bc}
TK5	142.00±0.16 ^f	1.02±0.04617 ^{ab}
TK6	107.14±0.80 ^j	0.98±0.00003 ^{bc}
İsot	139.11±0.15 ^g	0.98±0.00104 ^{bc}

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Gİ üretimi sırasında ASTA değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.27'de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. Geleneksel isot üretimi sırasında ASTA değerindeki değişimler

Terletme işleminden önceki örnekte (GK2) 195.40 olan ASTA değerinin terletme işleminin 3. gününe (TK3) kadar süren bir azalmayla 129.11 değerine düştüğü

belirlenmiştir ($P<0.05$). Terletmenin 4. günündeki biber örneğinin ASTA değerinin artarak 174.23 seviyesine yükseldiği ve sonrasındaki terletme süresinde bu değer tekrar azalmaya başladığı saptanmıştır ($P<0.05$). Ancak, terletmeden sonraki güneşte kurutma esnasında ASTA'nın bir daha artarak 107.14'ten 139.11'e yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$).

Terletme işleminde ASTA değerinde meydana gelen artış veya azalışların (TK4) toplam karotenoid miktarındaki değişimin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu durumu, Gİ üretimdeki ASTA değeri ve toplam karotenoid miktarı arasında belirlenen korelasyonda katsayısı da ($r=0.706$, $P<0.01$) destekleyici niteliktedir. Bu konudaki çalışmalarda ASTA değerinin karotenoid içeriğinde etkilendiği vurgulanmaktadır (Gomez-Ladron ve Pardo-Gonzalez, 1996; Topuz ve ark., 2009). Bunun dışında, terletmeden sonraki güneşte kurutma esnasında ASTA değerinde % 23.02 oranında meydana gelen artışın ise daha çok bu süre zarfındaki su aktivitesiyle ilgili olabileceği tahmin edilmektedir. Rhim ve Hong (2011), çalışmalarında 0.4-0.5 arasındaki su aktivitelerinde ASTA parametresinin maksimum değerlere sahip olduğunu bulmuşlardır.

Gİ üretimi boyunca ASTA değerinde toplamda % 12'lik bir azalma gerçekleşmiştir. ASTA'daki bu azalma oranı, Ibrahim ve ark. (1997)'nin farklı sıcaklıklarda kurutarak ürettikleri kırmızıbiberlerde ASTA değeri için belirledikleri azalma oranlarından daha düşüktür. Ayrıca, bu çalışmada üretilen Gİ için belirlenen ASTA sonuçlarının Topuz ve ark. (2009) bulduğu değerlerden düşük; Ku ve ark. (2012)'nin araştırdığı 15 farklı kırmızıbiber tozundan 14 tanesinin ASTA değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılıkların, kullanılan biber çeşidi ile birlikte değişik kurutma ve/veya üretim metotlarına dayandığı tahmin edilmektedir. Diğer taraftan, Gİ üretiminde ASTA ile toplam karotenoid içeriği arasındaki yüksek bir korelasyon ($r=0.706$, $P<0.01$) olduğu saptanmıştır. Ancak, ASTA değeri ile su aktivitesi arasındaki korelasyonunun zayıf ($r=0.240$, $P>0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.15'ten Gİ üretiminde kırmızılık/sarılık oranındaki değişime bakıldığında, terletme işlemi sırasındaki bu oranda artma veya azalma şeklinde bazı değişimler olduğu, ancak bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Gİ üretim sonunda ise kırmızılık/sarılık oranının ilk değerine oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Kırmızılık/sarılık için bulduğumuz oranlar önceki çalışmaların sonuçlarına yakın değerlerdedir (Topuz ve ark., 2009; Zaki ve ark., 2013; Valazquez ve ark. 2014)

4.2.3.2. Esmerleşme indeksi

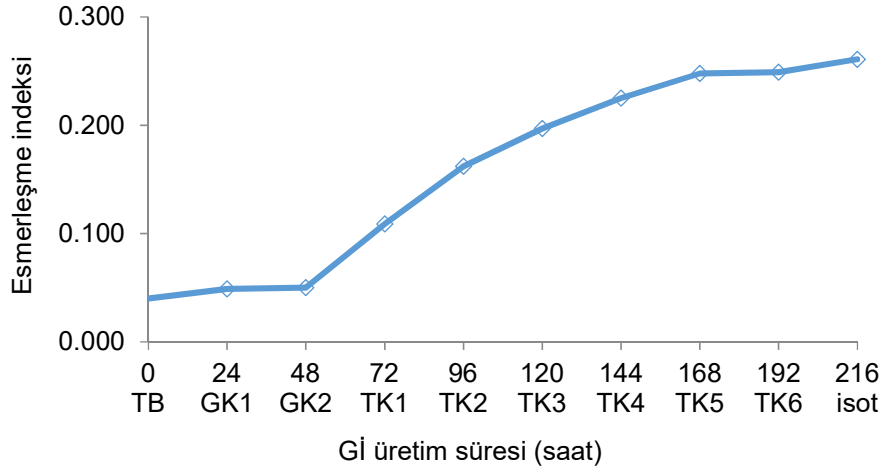
Gİ üretimi sırasındaki esmerleşme indeksleri ve bu değerlerin üretim süresine göre değişimleri sırasıyla Çizelge 4.16 ve Şekil 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Geleneksel isot üretimi sırasındaki esmerleşme indeksleri*

Örnek	Esmerleşme İndeksi
TB	0.040±0.002 ^f
GK1	0.049±0.003 ^f
GK2	0.050±0.001 ^f
TK1	0.109±0.004 ^c
TK2	0.162±0.010 ^d
TK3	0.197±0.007 ^c
TK4	0.225±0.005 ^b
TK5	0.248±0.006 ^a
TK6	0.249±0.002 ^a
İsot	0.261±0.005 ^a

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

Terletme işleminden önce 0.050 olan esmerleşme indeksinin, terletme süresince sürekli artış gösterdiği saptanmıştır ($P<0.05$). Bu artış sonucunda terletmenin son gününde esmerleşme indeksi yaklaşık 5 kat artarak 0.249 düzeyine yükselmiştir. Ancak, terletmenin son gününde esmerleşme indeksindeki artış miktarının istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Terletmeden sonraki güneşte kurutma süresinde ise esmerleşme indeksinin istatistiksel olarak önemli bulunmayan bir artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P>0.05$).



Şekil 4.28. Geleneksel isot üretimi sırasında esmerleşme indeksindeki değişimler

Gİ üretiminde esmerleşme indeksindeki artışın Maillard tipi reaksiyon ürünlerinin miktarlarının artmasıyla ilgili bir sonuç olduğu düşünülmektedir. Kurutulmuş kırmızıbiberlerde enzimatik olmayan esmerleşmenin indirgen şeker ve aminoasitler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonlarından ileri geldiği bildirilmektedir (Lee ve ark., 1991). Bu reaksiyonlar dizisinin gerçekleşmesinde yüksek su aktivitesi, sıcaklık ve uzun işlem süresinin (6 gün) etkili olduğu tahmin edilmektedir. Lee ve ark. (1992), kurutulmuş kırmızıbiber ürünlerinde esmerleşme reaksiyonlarının sıfıncı mertebeden reaksiyona kinetiğine göre gerçekleştiğini ve reaksiyon hızının su aktivitesi ve sıcaklıktan önemli oranda etkilendiğini belirtmiştir. Esmerleşme ile su aktivitesi arasındaki ilişki düzeyinin belirlenmesi için hesaplanan korelasyonun katsayısının da ($r=-0.820$, $P<0.01$) bu durumu desteklediği saptanmıştır.

Ayrıca renk kaybı olarak tanımlanan esmerleşmenin ASTA ile olan ilişkinin ortaya konulması için Pearson korelasyon testi yapılmıştır. Bu iki özelliğin de birbiriyle orta düzeyde bir korelasyona ($r=-0.637$, $P<0.01$) sahip olduğu saptanmıştır. Ancak, bu korelasyonunun daha çok üçüncü bir faktöre bağlı olduğu düşünülmektedir. Kırmızıbiber baharatlarında ekstrakte edilebilir renkteki (ASTA) kaybın artmasına paralel olarak enzimatik olmayan esmerleşme düzeyinin de artabileceği belirtilmektedir (İbrahim ve ark., 1997).

Bu çalışmada, Gİ üretimi esnasında esmerleşme düzeyiyle ilgili saptanan artış oranının benzer çalışmalardaki artış miktarlarından daha yüksek olduğu tespit

edilmiştir. Ibrahim ve ark. (1997), farklı sıcaklıklar olarak 40, 60 ve 80 °C'deki kurutma şartlarında kırmızıbiberin esmerleşme düzeyinin meydana gelen artışların taze biberlere göre % 28.82-91.22 arasında değiştiğini belirlemiştir.

4.2.3.3. Yüzey renk parametreleri

Gİ üretimi sırasındaki yüzey renk parametrelerine ait veriler ve bu verilerin üretim süresine göre değişimleri sırasıyla Çizelge 4.17 ve Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Geleneksel isot sırasındaki yüzey renkte parametrelerine ait değerler*

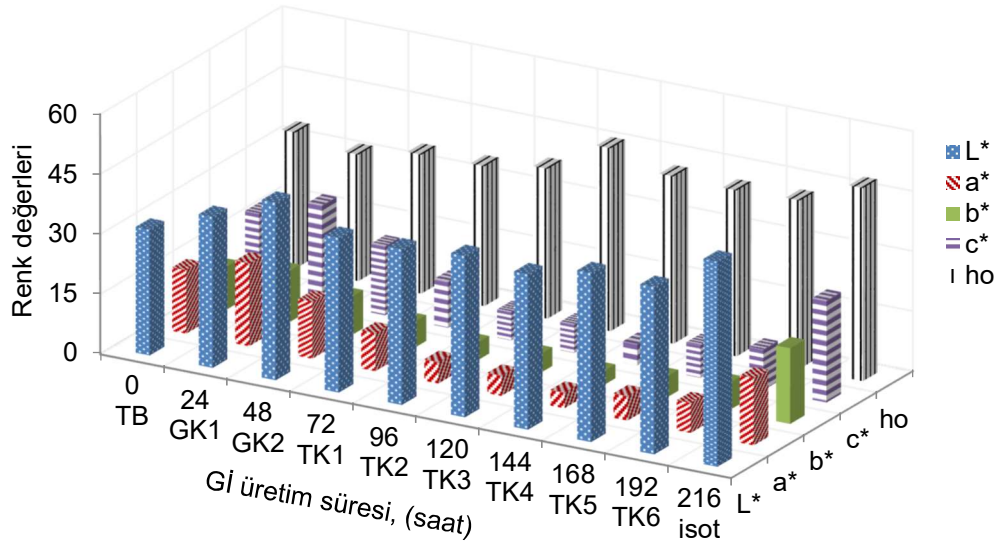
Örnek	L*	a*	b*	C*	h°
TB	31.43±0.49 ^f	15.89±1.12 ^{bc}	10.74±0.69 ^{cd}	19.18±1.31 ^{bc}	34.06±1.78 ^{cd}
GK1	37.75±0.58 ^e	20.72±1.96 ^{ab}	12.81±0.53 ^c	24.38±1.93 ^{ab}	31.66±1.21 ^d
GK2	44.43±0.40 ^b	14.26±2.39 ^c	9.61±1.06 ^d	17.26±2.54 ^c	34.77±2.42 ^{cd}
TK1	38.78±0.39 ^{de}	9.50±1.49 ^{cd}	6.49±0.44 ^{ef}	11.53±1.47 ^d	35.0±2.71 ^{cd}
TK2	39.03±1.14 ^{de}	5.46±2.02 ^{de}	4.39±1.52 ^{ef}	7.07±2.50 ^{de}	37.49±0.82 ^{bcd}
TK3	40.53±0.62 ^{cd}	5.18±0.48 ^{de}	4.70±0.25 ^{ef}	7.09±0.12 ^{de}	45.76±7.01 ^{ab}
TK4	39.08±0.05 ^{de}	4.00±0.31 ^d	3.57±0.31 ^f	5.41±0.02 ^c	41.87±3.05 ^{abc}
TK5	42.50±0.97 ^c	6.24±2.24 ^{de}	5.33±1.76 ^{ef}	8.23±2.82 ^{de}	41.48±1.52 ^{abc}
TK6	42.17±0.29 ^c	7.64±1.15 ^{de}	6.85±0.88 ^{de}	10.27±1.45 ^{de}	42.09±0.61 ^{abc}
İsot	51.64±0.19 ^a	17.04±0.63 ^{ab}	19.14±0.44 ^a	25.63±0.74 ^a	48.33±0.39 ^a

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

L* değerinin terletme işleminden önce bir artış eğiliminde iken terletme işleminin başlamasıyla bu değer azaldığı belirlenmiştir (P<0.05). Terletme işleminin 4. gününe kadar istatistiksel olarak L* değerinin değişmediği (P>0.05), terletmenin 5. gününde ise bu parametrenin 39.08'den 42.50'ye yükseldiği (P<0.05) ve terletmenin 6. günde kadar kısmı olarak düştüğü (P>0.05) belirlenmiştir. Terletmeden sonraki bir günlük güneşte kurutma sırasında L* değerinin % 22.45 oranında artış göstererek 51.65'e yükseldiği tespit edilmiştir (P<0.05).

L* değeri ile ilgili bulgular, Gİ üretiminde son ürünün taze kırmızıbiber veya üretim esnasındaki biber örneklerinden daha yüksek değere ve soluk bir renge sahip olduğunu göstermektedir. Bu durumun nem oranıyla bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Benzer olarak, Vega-Galvez ve ark. (2009) da taze biberin sıcak hava ile kurutulan biberlere göre yüksek L* değerine sahip olduğunu veya diğer bir ifade ile daha siyah olduğunu tespit etmiştir. Bunun dışında, Topuz ve ark. (2009) da

kurutulan biberlerde L^* değerlerin (beyazlık) yükseldiğini ve bunun daha soluk bir görünüm oluşturduğunu belirtmektedir. Bu çalışmadaki düşük nem oranı ile yüksek L^* değeri arasındaki ilişki korelasyon testinde de ortaya konulmuştur ($r=-0.844$, $P<0.01$).



şekil 4.29. Geleneksel isot üretimi sırasında fiziksel renk öğelerindeki değişimler

Gİ üretiminde a^* ve b^* değerlerindeki değişime bakıldığında, terletme işlemiyle beraber L^* parametresine benzer değişimler sergilediği görülmektedir. Ancak, terletme sırasında bu iki parametredeki azalma oranlarının daha fazla olduğu ve terletme sonundaki a^* ve b^* değerlerinin terletmeden önceki değerlerine göre sırasıyla % 46.42 ve % 28.72 azaldığı saptanmıştır. Terletmeden sonraki kurutmada ise, a^* ve b^* değerleri ani bir artışla sırasıyla 2.23 ve 2.79 kat artmıştır Kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) renklerindeki bu artış oranının fazla olmasında öğütme işlemin önemli bir payı olduğu tahmin edilmektedir. (Schweiggert ve ark., 2005). Ayrıca, a^* ve b^* değerlerindeki artışlar üretim esnasında bu renkleri yansıtan pigmentlerin konsantrasyonlarındaki artışla da açıklanabilmektedir. Arslan ve Özcan (2011) alışmalarında, güneşte kurutulan biberlerin a^* ve b^* değerlerinin TB'ninkine göre daha yüksek olduğunu bildirmektedir.

C* ve h° parametreleri de a* ve b* değerlerindeki değişimlere bağlı olarak artış veya azalışlar göstermiştir. Gİ sonunda C* ve h° değerleri sırasıyla % 33.62 ve % 41.90 yükseldiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar Gİ üretiminde son ürünün renk doygunluğunun veya kromanın (C*) (parlaklık) ilk durumundan daha fazla olduğunu, ancak renk açısının (h°) kırmızıdan turuncuya doğru değişim sergilediğini göstermektedir.

Gİ üretim sırasındaki yüzey renk parametreleri ile su aktivitesi, nem oranı, esmerleşme indeksine ve ASTA değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Geleneksel isot üretim sırasındaki yüzey renk parametreleri ile su aktivitesi, nem oranı, esmerleşme indeksine ve ASTA değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

Korelasyon	L*	a*	b*	C*	h°
Aw	-0.849**	0.422	-0.196	0.063	-0.745**
Nem oranı	-0.844**	0.239	0.078	0.291	-0.635**
Esmerleşme indeksi	0.570**	-0.543*	-0.141	-0.393	-0.774**
ASTA	-0.149	0.392	0.145	0.303	-0.489*
Toplam karotenoid	-0.657**	0.505*	0.101	0.353	-0.680

** Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (P<0.05)

* Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (P<0.01)

Gİ üretimindeki korelasyon analizinden elde edilen korelasyon katsayıları, L* değerinin su aktivitesi ve nem oranıyla yüksek bir korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, h° parametresinin nem oranı ve su aktivitesiyle olan değişimlerinin doğrusallık içerisinde olduğu saptanmıştır. Ayrıca, h° değeri dışındaki yüzey renk değerleri ile ekstrakte edilebilir renk (ASTA) arasındaki korelasyonun zayıf olduğu belirlenmiştir. Benzer durumu Nieto-Sandoval ve ark. (1999) da çalışmalarında bulmuşlardır.

4.2.3.4. Toplam karotenoid içerikleri

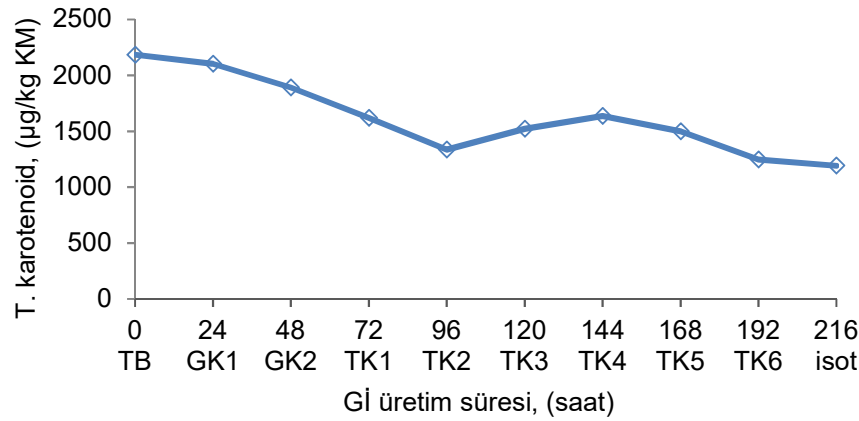
Gİ üretimi sırasındaki toplam karotenoid içerikleri ve bu içeriklerde üretim sırasında meydana gelen değişimler sırasıyla Çizelge 4.19 ve Şekil 4.30’da verilmiştir. Toplam karotenoidlerde terletme işleminden önceki azalma eğiliminin terletmenin ilk iki (TK2) gününe kadar da devam ettiği belirlenmiştir (P<0.05). Ancak, dikkat çekici bir nokta olarak, terletmenin 3. gününde toplam karotenoid miktarının arttığı (P<0.05)

ve bu artışın terletmenin 4. gününe kadar devam ettiği saptanmıştır ($P<0.05$). Terletmenin 5. gününden itibaren ise bu içeriğin azalmaya başladığı ve son üründe 1191.74 mg/kg KM'ye düştüğü tespit edilmiştir. Geleneksel isot üretiminde toplam karotenoid miktarındaki azalma oranı üretim süresi boyunca toplamda yaklaşık % 45 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir. Minguez-Mosquera ve ark. (1994) taze biberlerin baharata dönüşümlerinde karotenoidlerdeki toplam azalma oranı biber çeşidine bağlı olmakla birlikte % 45 olduğunu ve bu kaybın çoğunlukla kurutma ve öğütme esnasında gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.19. Geleneksel isot üretimi sırasındaki toplam karotenoid içerikleri (mg/kg KM)*

Örnek	Toplam karotenoid
TB	2184.49±34.10 ^a
GK1	2103.40±31.85 ^a
GK2	1890.50±20.35 ^b
TK1	1619.21±6.94 ^d
TK2	1337.0±14.84 ^f
TK3	1521.34±15.09 ^e
TK4	1635.37±27.29 ^d
TK5	1500.07±9.47 ^e
TK6	1248.56±4.56 ^g
İsot	1191.74±3.14 ^g

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)



Şekil 4.30. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam karotenoid miktarındaki değişimleri

Terletme işlemi sırasındaki toplam karotenoid miktarındaki artış, terletme işleminde olgunlaşmanın bir devamı olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, terletme işlemin uzun bir süreye yayılmasıyla birlikte sıcaklık şartları ve su aktivitesi (veya

(nem oranı) değerlerinin uygunluğu ile açıklanabilmektedir. Gİ üretimi sırasında toplam karotenoid içeriği ve su aktivitesi için hesaplanan korelasyon katsayısı da ($r=0.746$, $P<0.01$) bu tezi doğrulamaktadır.

Geleneksel kurutma şartlarında kırmızıbiberdeki karotenoid miktarlarının artışıyla ilgili sonuçlar önceki çalışmalarda da elde edilmiştir (Gallardo-Guererro ve ark., 2010; Topuz ve ark., 2011;). Gİ üretimi sırasında toplam karotenoid miktarında meydana gelen azalma ise termal veya oksidatif bozulma reaksiyonlarından ileri geldiği tahmin edilmektedir (Perez-Galvez ve Minguez-Mosquera, 2001).

Ayrıca, Gİ üretimi sırasındaki toplam karotenoid içerikleri ve ASTA değerleri için yapılan korelasyon testi, güneşte kurutma esnasında elde edilen değerden farklı olarak bu iki renk özelliği arasında Gİ üretiminde yüksek bir korelasyon ($r=0.706$, $P<0.01$) olduğunu göstermiştir.

4.2.4. Kapsaisinoidler ve acılık özelliklerindeki değişimler

Geleneksel isot üretimi sırasındaki kapsaisinoid içerikleri ve acılık birimleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

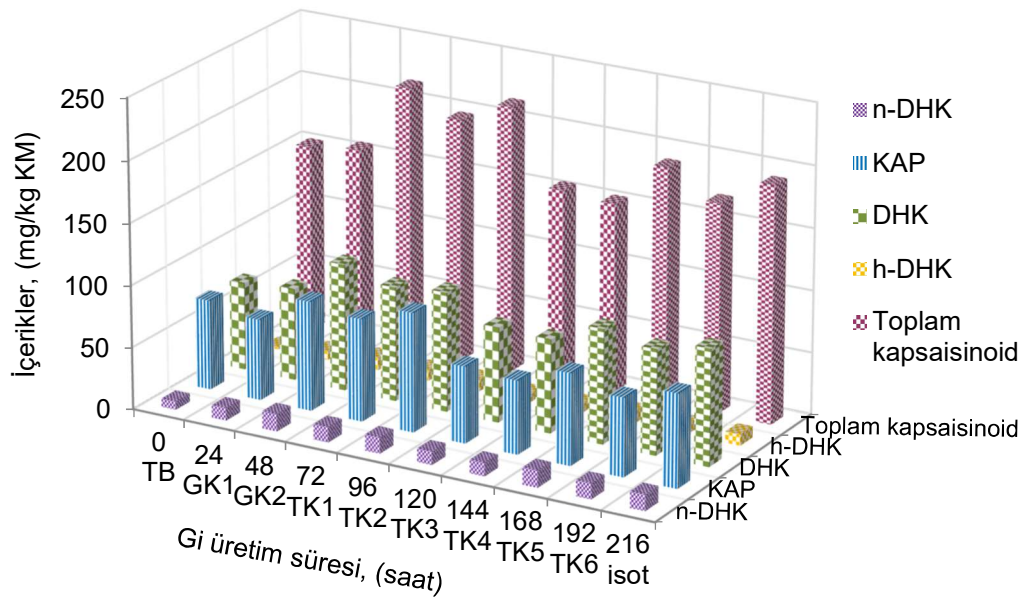
Çizelge 4.20. Geleneksel isot üretimi sırasındaki kapsaisinoid içerikleri (mg/kg KM) ve acılık birimlerine (SHU) ait değerler*

Örnek	n-DHK	KAP	DHK	h-DHK	Toplam kapsaisinoid	Acılık birimi (SHU)
TB	6.80±0.17 ^d	72.48±0.08 ^f	70.44±1.44 ^h	2.03±0.85 ^e	151.77±0.68 ^f	2383±15 ^e
GK1	10.22±0.58 ^c	65.40±0.26 ^g	74.07±0.33 ^f	7.09±0.55 ^{cd}	156.79±1.73 ^e	2407±20 ^e
GK2	14.18±0.07 ^a	88.3±0.02 ^b	102.41±0.34 ^a	10.39±0.29 ^a	215.12±0.15 ^a	3296±4.0 ^a
TK1	12.56±0.05 ^b	82.83±0.01 ^c	92.37±0.69 ^c	8.91±0.72 ^{ab}	196.67±1.47 ^b	3020±18 ^b
TK2	13.05±0.11 ^b	96.25±0.27 ^a	96.41±0.32 ^b	9.43±0.16 ^{ab}	215.14±0.32 ^a	3311±7.0 ^a
TK3	10.85±0.03 ^c	61.86±0.14 ⁱ	76.77±0.17 ^e	6.25±0.51 ^d	155.73±0.85 ^e	2391±10 ^e
TK4	10.87±0.06 ^c	59.34±0.03 ^j	75.61±0.32 ^{ef}	6.85±0.16 ^{cd}	152.67±0.23 ^f	2337±2.5 ^f
TK5	13.83±0.20 ^a	73.94±0.23 ^c	92.64±0.20 ^c	9.31±0.08 ^{ab}	189.72±0.73 ^c	2897±10 ^c
TK6	12.84±0.03 ^b	63.25±0.04 ^h	84.84±0.14 ^d	8.27±0.11 ^{bc}	169.22±0.18 ^d	2581±2.0 ^d
İsot	13.11±0.08 ^b	75.28±0.13 ^d	94.04±0.27 ^c	9.01±0.11 ^{ab}	191.46±0.60 ^c	2932±8.0 ^c

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

4.2.4.1. Kapsaisinoid içerikleri

Gİ üretimi sırasında kapsaisinoid içeriklerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.31’de gösterilmiştir. Terletme işleminin ilk gününde h-DHK hariç bütün kapsaisinoidlerin istatistiksel olarak azaldığı ($P<0.05$), terletmenin 2. gününde ise, KAP ve DHK miktarlarının tekrar arttığı ($P<0.05$) saptanmıştır. Terletmenin 3. gününde bütün kapsaisinoid bileşiklerinin azaldığı ($P<0.05$) ve terletmenin 4. Gününde KAP hariç diğer kapsaisinoid içeriklerinde önemli olmayan değişimler gerçekleştiği belirlenmiştir ($P>0.05$). 5.günkü terletmede her dört acılık bileşiğinin de miktarında artışlar olduğu ve terletmenin son gününde ise h-DHK hariç bunların bir daha azaldığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Terletme işleminden sonraki kurutma sırasında sadece KAP ve DHK bileşiklerinin istatistiksel düzeyde artış sergilediği saptanmıştır ($P<0.05$). Terletme işleminden önce 1.60 olan KAP/DHK oranının bu değişimlere bağlı olarak Gİ örneğinde 1.30’a düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 4.31. Geleneksel isot üretimi sırasında kapsaisinoid içeriklerindeki değişimler

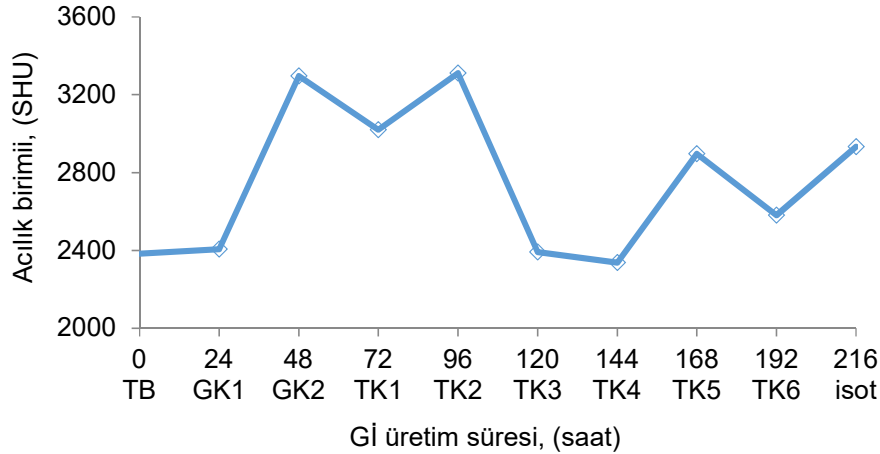
Gİ üretiminin sonunda toplam kapsaisinoid içeriğinin taze kırmızıbiberdeki miktarına göre % 26.15 oranının artarak 191.46 mg/kg KM’ye yükseldiği saptanmıştır. Sonuçlarımızdan farklı olarak, Topuz ve Ozdemir (2004) güneşte ve sıcak hava ile

kurutma metotlarında toplam kapsaisinoid kayıplarının sırasıyla % 36.5 ve % 32.3 oranında gerçekleştiğini tespit etmiştir. Buna karşın, Topuz ark. (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada ise bulgularımıza benzer olarak, doğal olarak kurutulmaya bırakılan kırmızıbiberlerdeki kapsaisinoid miktarlarının arttığı saptanmıştır.

Terletme işlemi esnasında kapsaisinoid miktarlarındaki artışların hasat sonrası olgunlaşmanın devamının bir sonucu olabileceği, terletme işlemi boyunca bu bileşiklerdeki azalmaların da foto-oksidasyona dayalı kimyasal bozulmalardan veya peroksidaz enziminin katalitik etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. (Contreras-Padilla ve Yahia, 1998; Kirschbaum-Titze ve ark., 2002; Topuz ve ark., 2011).

4.2.4.2. Scoville acılık birimi (SHU)

Gİ üretimi sırasında acılık düzeyinde meydana gelen değişimler şekil 4.32’de gösterilmiştir.



Şekil 4.32. Geleneksel isot üretimi sırasında acılık düzeyinde meydana gelen değişimler

Gİ üretimi esnasında acılık düzeyini belirten SHU birimin örneklerdeki kapsaisinoid kompozisyonu ve konsantrasyonlarına paralel olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Terletme işleminden önce 3296 olan SHU değerinin terletme işleminin sonunda 2581’ e düştüğü ($P<0.05$) ve terletme işleminden sonra da acılık biriminin artarak 2932 SHU seviyesine yükseldiği tespit edilmiştir ($P<0.05$). Bu SHU birimiyle,

inan3363 çeşidinden elde edilen geleneksel Urfa isot biberinin Scoville acılık skalasına göre “orta acı” sınıfında olduğu saptanmıştır.

4.2.5. Antioksidan kapasitesinde meydana gelen değişimler

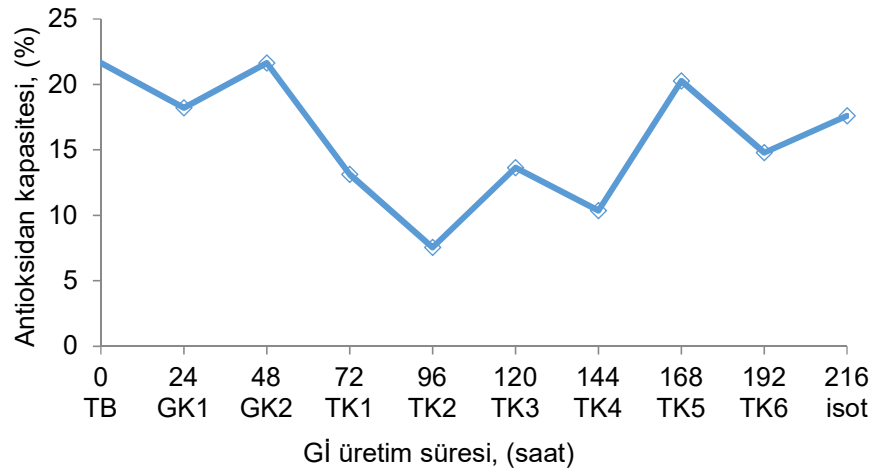
Gİ üretimi sırasındaki DPPH temizleme kapasiteleri ve bu kapasitenin üretim süresine göre değişimleri sırasıyla Çizelge 4.21 ve Şekil 4.33’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Geleneksel isot üretimi sırasında örneklerin DPPH temizleme oranları¹

Örnek	DPPH (%) ²
TB	5.95±0.11 ^j
GK1	21.63±0.05 ^a
GK2	18.33±0.08 ^c
TK1	13.12±0.06 ^g
TK2	7.55±0.11 ⁱ
TK3	13.65±0.10 ^f
TK4	10.36±0.07 ^h
TK5	20.25±0.30 ^b
TK6	14.78±0.14 ^e
İsot	17.59±0.25 ^d

¹ Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

² Yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır



Şekil 4.33. Geleneksel isot üretimi sırasında antioksidan kapasitesindeki değişimler

Terletme işleminden önce % 18.33 olan antioksidan kapasitesinin terletmenin ilk iki gününde azalarak % 7.55’e kadar düştüğü belirlenmiştir. Terletmenin daha

sonraki günlerinde antioksidan kapasitesinin artış ve azalışlar sergilendiği, son ürün olan isot örneğinde de ise bu oranın % 17.59 seviyesine yükseldiği tespit edilmiştir ($P<0.05$). Terletme işleminin ilk günlerinde antioksidan kapasitesindeki azalmanın antioksidan etkili bileşiklerdeki kayıplardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Terletme sırasında ve sonrasında antioksidan kapasitede meydana gelen artışların ise Maillard tipi reaksiyonlara ait ürünlerden ileri geldiği tahmin edilmektedir (Shotorbanı ve ark., 2012). Vega-Galvez ve ark. (2009), kurutma sıcaklığının artmasıyla antioksidan kapasitesinin de yükseldiğini saptamışlardır. Arslan ve Özcan (2011), farklı metotlar kurutulan biberlerin DPPH temizlemeye dayalı antioksidan kapasitelerinin taze kırmızıbiber göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Gİ üretim sürecinde DPPH temizleme oranıyla ilgili alınan sonuçlarımız, Kim ve ark. (2006)'nın farklı kurutma metotlarıyla ürettikleri kırmızıbiber baharatları için bulduğu oranlara yakın değerlerdedir. Ancak, bu sonuçlarımız, Arslan ve Özcan (2011)'in bulduğu değerlerden daha düşüktür. Antioksidan kapasitesi, biber çeşidi, kurutma metodu ve ekstraksiyonda kullanılan çözücünü tipi gibi bir çeşitli faktörlere göre değişkenlik gösterebilmektedir (Manzocco ve ark., 2001; Bae ve ark., 2012).

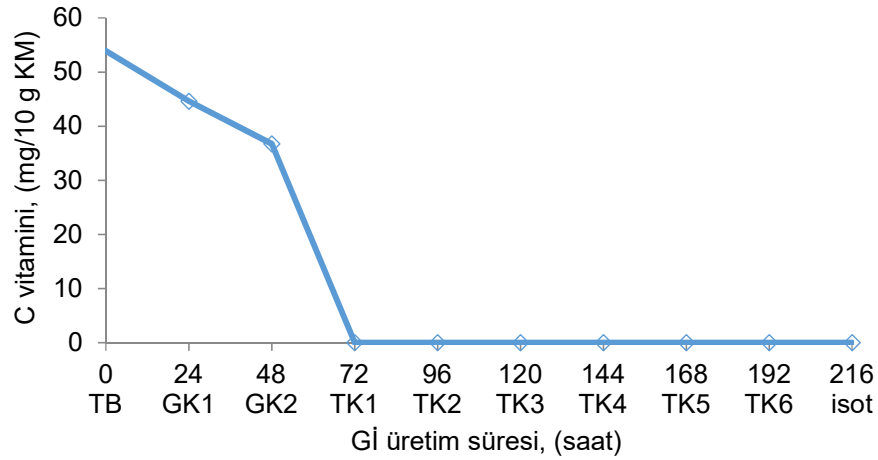
4.2.6. C vitamini içeriğindeki değişimler

Gİ üretimi sırasındaki C vitamini miktarları ve bu miktarların üretim süresine göre değişimleri sırasıyla Çizelge 4.22 ve Şekil 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Geleneksel isot üretimi sırasındaki C vitamini içerikleri (mg/10 g KM) *

Örnek	C vitamini
TB	53.91±0.61 ^a
GK1	44.61±0.85 ^b
GK2	36.74±0.23 ^c
TK1	
TK2	-
TK3	-
TK4	-
TK5	-
TK6	-
İsot	-

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)



Şekil 4.34. Geleneksel isot üretimi sırasında C vitamini içeriğindeki değişimler

Terletme işleminden önceki biber örneğinde konsantrasyonu 36.74 mg/10 g KM olan C vitaminin, terletme işleminin 1. gününde tamamının kaybolduğu tespit edilmiştir. C vitaminindeki ani azalmaya bağlı bu kaybın, terletme sırasındaki sıcaklığın da tetiklediği termal bozunma ve oksidasyondan ileri geldiği tahmin edilmektedir.

4.2.7. Uçucu bileşiklerde meydana gelen değişimler

TB'nin Gİ'ye dönüştürülmesi sırasında örneklerin uçucu bileşik profilinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.23'te verilmiştir. Gİ üretiminde terletme işleminden önceki örnekte (GK2) terpenler, aldehitler, alkoller, ketonlar, esterler, asitler, alkanlar, aromatik hidrokarbonlar, furanlar, pirazinler, sülfür bileşikleri ve diğerlerinden sırasıyla 3, 14, 7, 3, 9, 4, 4, 3, 6, 4, 2 ve 2 olmak üzere toplam 61 farklı uçucu bileşik tespit edilmiştir. Bu örneğin uçucu bileşik içeriklerinin terpenler, aldehitler, alkoller, ketonlar, esterler, asitler, alkanlar, aromatik hidrokarbonlar, furanlar, pirazinler, sülfür bileşikleri ve diğerlerinden sırasıyla 0.15, 1.41, 1.02, 3.29, 4.97, 9.52, 0.16, 0.06, 0.23, 0.10, 0.03 ve 0.13 olmak üzere toplam 21.05 µg/kg KM olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Geleneksel isot üretimi sırasında uçucu bileşik miktarları (µg/kg KM)*

No	Bileşik	Aroma Tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnekler									İsot
					TB	GK1	GK2	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6	
	Terpenoidler				1.28±0.11^b	0.53±0.01^c	0.15±0.04^c	0.10±0.01^c	0.16±0.07^c	0.12±0.08^c	0.09±0.00^c	0.05±0.00^c	0.17±0.05^c	34.37±1.52^a
1	α-tujen	otsu	10.791	1014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.61±0.06 ^a
2	δ -3-Karen	narenciye	14.523	1143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.11±0.00 ^a
3	β-Mirsen	balsamik	14.939	1156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.80±0.10 ^a
4	α-Limonen	portakal	16.217	1196	0.47±0.02 ^b	-	-	-	-	-	⁵ im ^b	0.01±0.00 ^b	0.04±0.01 ^b	14.80±1.37 ^a
5	1,8-Sineol	nane	16.480	1206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.40±0.03 ^a
6	α-Terpinen	limon	17.640	1244	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.64±0.01 ^a
7	β-Osimen	otsu	17.726	1246	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01±0.01 ^b	1.13±0.11 ^a
8	p-Simen	narenciye	18.441	1269	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.26±0.06 ^a
9	Dihidrolinalool	narenciye	22.946	1422	-	0.02±0.00 ^b	-	-	-	-	-	-	-	0.04±0.01 ^a
10	α-Kopahen	baharat	25.281	1500	0.13±0.02 ^{bc}	0.21±0.00 ^b	0.07±0.01 ^{bc}	0.050±0.00 ^c	0.03±0.01 ^c	0.02±0.00 ^c	0.02±0.00 ^c	im ^c	0.04±0.01 ^c	0.77±0.12 ^a
11	Linalool	lavanta	26.185	1534	0.11±0.01 ^b	0.19±0.01 ^b	0.06±0.04 ^b	0.04±0.00 ^b	0.11±0.09 ^b	0.10±0.09 ^b	0.05±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.05±0.01 ^b	0.62±0.08 ^a
12	β-Element	taze-otsu	27.859	1594	0.40±0.07 ^a	0.07±0.00 ^{bc}	0.02±0.01 ^{bc}	0.01±0.00 ^{bc}	0.01±0.00 ^{bc}	- ^c	0.01±0.00 ^{bc}	im ^{bc}	0.02±0.01 ^{bc}	0.08±0.00 ^b
13	α-Terpineol	anason yağı	30.409	1692	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.61±0.06 ^a
14	α-Murolen	ağaç-odun	31.018	1715	0.09±0.03 ^b	0.04±0.01 ^{bc}	-	-	-	-	-	-	-	0.21±0.04 ^a
15	Eremofilen		31.343	1729	0.08±0.04 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	(Z)-Geranilaseton	manolya	34.324	1851	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07±0.01 ^a
17	(E)-α-İyonon	menekşe	34.464	1858	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06±0.01 ^a
18	(E)-8-Hydroxylinalool		35.832	1917	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04±0.01 ^a
19	(E)-β-İyonon	ahududu	36.465	1947	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08±0.03 ^a
20	5,6-Epoksi-β-iyonon	meyvemsi	37.722	2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02±0.01 ^a
	Aldehitler				2.19±0.16^b	-	1.41±0.03^{bc}	1.13±0.04^{bc}	1.61±0.06^{bc}	0.96±0.07^{bc}	1.12±0.01^{bc}	0.68±0.12^c	1.65±0.45^{bc}	11.52±0.97^a
21	Asetaldehit	keskin	5.384	706	0.07±0.03 ^b	-	0.04±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.05±0.03 ^b	0.05±0.02 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.16±0.01 ^a
22	Propanal	eteral	6.150	756	-	-	-	-	-	-	-	-	im ^b	0.08±0.01 ^a
23	2-Metilpropanal	keskin-çimensi	6.424	777	0.32±0.04 ^{bc}	0.21±0.02 ^{bc}	0.30±0.08 ^{bc}	0.41±0.07 ^b	0.34±0.20 ^{bc}	0.38±0.07 ^{bc}	0.28±0.01 ^{bc}	-	0.43±0.14 ^b	2.93±0.21 ^a
24	3-Metilbütanal	malt	8.136	895	0.22±0.04 ^{ab}	0.19±0.00 ^{ab}	0.13±0.03 ^b	0.11±0.03 ^b	0.37±0.3 ^{ab}	0.19±0.02 ^{ab}	0.38±0.05 ^{ab}	0.28±0.04 ^{ab}	0.56±0.18 ^a	0.17±0.06 ^{ab}
25	2-Metilbütanal	kakao-badem	8.042	890	0.13±0.02 ^c	0.09±0.00 ^c	0.08±0.02 ^c	0.07±0.02 ^c	0.13±0.02 ^c	0.10±0.01 ^c	0.27±0.06 ^{ab}	0.18±0.03 ^{bc}	0.31±0.02 ^a	0.15±0.03 ^c
26	Pentanal	bademsi	9.573	962	-	-	0.02±0.00 ^b	-	-	0.02±0.01 ^b	0.01±0.00 ^{bc}	0.01±0.00 ^{bc}	-	0.14±0.00 ^a
27	Hekzanal	yağsı-çimen	12.402	1071	0.99±0.12 ^b	0.44±0.12 ^c	0.43±0.12 ^c	0.29±0.07 ^{cd}	0.48±0.03 ^c	0.09±0.02 ^d	0.07±0.02 ^d	0.10±0.02 ^d	0.12±0.04 ^d	1.97±0.03 ^a
28	(E)-2-Pentenal	çilek	13.928	1123	-	0.05±0.03 ^b	0.07±0.03 ^b	im ^b	0.02±0.01 ^b	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.37±0.18 ^a
29	Heptanal	narenciye	15.659	1180	0.07±0.03 ^c	0.23±0.09 ^b	0.09±0.02 ^c	0.05±0.00 ^c	0.05±0.01 ^c	0.02±0.00 ^c	-	0.02±0.00 ^c	0.03±0.00 ^c	0.60±0.04 ^a
30	(E)-2-Hekzanal	taze-çimen	16.761	1215	-	-	0.07±0.06 ^b	0.02±0.00 ^b	-	0.02±0.00 ^b	-	-	im ^b	0.46±0.02 ^a
31	Oktanal	yağ	18.928	1285	0.06±0.02 ^b	0.05±0.02 ^b	0.06±0.01 ^b	0.03±0.02 ^b	0.06±0.04 ^b	-	-	0.02±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.34±0.02 ^a
32	(Z)-2-Heptenal	yeşil çay	20.097	1324	-	0.04±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	-	-	0.01±0.00 ^b	-	0.01±0.00 ^b	0.47±0.07 ^a
33	Nonanal	narenciye	22.157	1390	-	0.08±0.00 ^b	0.05±0.00 ^b	0.05±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.06±0.02 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.45±0.07 ^a
34	Dekanal	portakal kabuğu	25.209	1494	-	0.01±0.00 ^{ab}	0.02±0.01 ^a	0.01±0.00 ^{ab}	-	0.01±0.00 ^{ab}	im ^{ab}	-	-	-
35	(E,E)-2,4-Heptadienal	findık-yağ	25.122	1495	0.11±0.03 ^b	-	-	im ^b	im ^b	im ^b	im ^b	0.01±0.00 ^b	-	0.65±0.12 ^a
36	Fenilmetanal	badem	26.108	1530	-	-	-	-	-	-	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	1.08±0.78 ^a

Çizelge 4.23. (devam)

No	Bileşik	Aroma Tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnekler									
					TB	GK1	GK2	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6	İsot
37	(E)-2-Nonenal	salatalık	26.258	1536	-	0.05±0.00 ^b	0.03±0.02 ^b	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	-	-	-	0.02±0.00 ^b	0.24±0.05 ^a
38	β-Siklositral	nane	28.786	1629	-	0.03±0.00 ^b	-	0.01±0.00 ^b	0.05±0.04 ^b	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	-	0.03±0.01 ^b	1.18±0.06 ^a
39	Fenilasetaldehit	alıç-bal	29.292	1649	0.22±0.07 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	2,5-Dimetilbenzaldehit	konyak	31.633	1741	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06±0.04 ^a
41	2-Fenil-2-bütenal	küflü	36.269	1937	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06±0.01 ^a
Alkoller					0.72±0.01^{cde}	2.22±0.02^b	1.02±0.23^{cd}	1.01±0.17^{cd}	1.23±0.56^c	0.52±0.16^{cde}	0.28±0.00^{de}	0.11±0.02^c	0.15±0.02^c	5.71±0.22^a
42	Etanol	tatlımsı	8.360	907	0.24±0.10 ^{de}	1.27±0.15 ^b	0.72±0.18 ^c	0.61±0.13 ^{cd}	0.56±0.28 ^{cd}	0.10±0.02 ^c	0.11±0.02 ^c	0.02±0.00 ^c	0.04±0.00 ^c	2.35±0.02 ^a
43	1-Penten-3-ol	tereyağı	14.586	1146	0.05±0.00 ^a	0.05±0.00 ^a	-	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	-	-	0.01±0.00 ^{bc}	-	-
44	3-Metil-1-bütanol	fermente	16.070	1193	-	0.38±0.16 ^{bc}	0.13±0.00 ^{cd}	0.18±0.00 ^{bcd}	0.45±0.19 ^b	0.27±0.1 ^{bcd}	0.07±0.00 ^{cd}	0.04±0.00 ^d	0.04±0.00 ^d	1.55±0.01 ^a
45	Pentanol	balsamik	17.437	1238	0.18±0.00 ^a	0.08±0.00 ^b	0.04±0.02 ^c	0.04±0.02 ^{bc}	0.04±0.01 ^{bc}	0.02±0.00 ^{cd}	0.01±0.00 ^{cd}	-	-	-
46	2-Metilpentanol	keskin-acı	18.249	1264	0.06±0.01 ^a	-	-	0.02±0.00 ^b	-	-	0.01±0.00 ^{bc}	-	0.01±0.00 ^{bc}	0.05±0.01 ^a
47	(Z)-2-Penten-1-ol	çimen	19.624	1308	0.10±0.05 ^b	0.06±0.00 ^{bc}	0.04±0.01 ^{bc}	0.03±0.0 ^{bc}	-	0.01±0.00 ^c	0.01±0.00 ^c	-	-	0.24±0.01 ^a
48	Hekzanol	çiçek	20.613	1341	-	0.31±0.03 ^a	0.05±0.01 ^b	0.07±0.00 ^b	0.12±0.10 ^b	0.07±0.02 ^b	0.03±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	-
49	2-Etil-1-hekzanol	gül	24.615	1478	-	-	-	-	-	-	0.01±0.00 ^b	-	0.02±0.00 ^b	0.31±0.02 ^a
50	(E)-2-Okten-1-ol	sabun	28.042	1603	-	0.02±0.00 ^b	im ^b	im ^b	-	-	-	-	-	0.71±0.08 ^a
51	Fenilmetanol	tatlı-çiçek	34.721	1869	-	-	-	-	-	-	im ^b	-	-	0.07±0.01 ^a
52	2-Feniletanol	çiçeksi	35.642	1909	0.09±0.03 ^b	0.05±0.01 ^b	0.04±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.05±0.02 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.42±0.08 ^a
Ketonlar					3.35±0.39^a	2.58±0.28^{bc}	3.29±2.35^a	1.46±0.28^{bc}	1.09±0.15^{bc}	0.83±0.00^{bc}	0.19±0.02^c	0.50±0.08^c	0.83±0.26^{bc}	6.47±0.29^a
53	2,3-Bütanedion	tereyağı	9.471	957	0.49±0.05 ^a	0.23±0.12 ^b	0.20±0.07 ^b	0.14±0.01 ^b	0.62±0.12 ^a	0.09±0.02 ^b	0.10±0.03 ^b	0.08±0.01 ^b	0.12±0.04 ^b	0.20±0.02 ^b
54	2-Pentanon	meyvemsı	9.515	960	0.18±0.04 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	2,3-Pentanedion	krema	11.685	1046	-	-	-	im ^b	-	0.02±0.01 ^b	-	im ^b	0.02±0.00 ^b	0.06±0.01 ^a
56	(E)-3-Penten-2-one		13.792	1119	-	-	-	0.05±0.00 ^b	0.05±0.03 ^b	im ^b	-	0.02±0.00 ^b	0.06±0.00 ^b	0.30±0.13 ^a
57	2-Heptanon	peynirimsi	15.558	1177	-	0.03±0.02 ^b	-	0.02±0.00 ^b	-	-	-	-	0.02±0.00 ^b	0.07±0.01 ^a
58	3-Hidroksi-2-bütanon	tereyağı	18.915	1285	2.40±0.39 ^{abc}	2.22±0.20 ^{abc}	3.04±2.44 ^{ab}	1.15±0.26 ^{abc}	0.36±0.08 ^{bc}	0.62±0.04 ^{bc}	0.02±0.00 ^c	0.36±0.06 ^{bc}	0.53±0.18 ^{bc}	3.53±0.09 ^a
59	6-metil-5-hepten-2-one	narenciye	20.399	1334	0.27±0.01 ^b	0.08±0.00 ^c	0.05±0.01 ^c	0.06±0.00 ^c	0.04±0.02 ^c	0.07±0.03 ^c	0.04±0.00 ^c	0.03±0.00 ^c	0.05±0.01 ^c	0.76±0.05 ^a
60	(E)-3-Okten-2-one	findık	22.563	1406	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10±0.01 ^a
61	6-Metil-3,5-heptadien-2-one	baharatlı	27.838	1594	-	-	-	im ^b	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	1.07±0.19 ^a
62	Ketoizoforon	küflü	30.553	1697	-	0.03±0.00 ^b	-	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	-	0.01±0.00 ^b	-	0.01±0.00 ^b	0.40±0.03 ^a
Esterler					9.78±0.97^b	17.29±1.73^a	4.97±0.01^c	3.54±0.27^c	3.09±0.46^{cd}	0.91±0.00^{de}	0.80±0.03^{de}	0.87±0.18^{de}	0.61±0.07^c	17.80±0.62^a
63	Metil asetat	eterik	6.574	786	0.84±0.06 ^c	1.26±0.05 ^b	2.36±0.04 ^a	1.39±0.06 ^b	0.70±0.28 ^{cd}	0.33±0.12 ^{de}	0.34±0.02 ^{de}	0.46±0.12 ^{de}	0.32±0.02 ^{de}	0.23±0.05 ^c
64	Etil asetat	ananas	7.511	851	0.50±0.02 ^b	13.32±1.83 ^a	1.89±0.09 ^b	1.37±0.21 ^b	1.54±0.11 ^b	0.22±0.07 ^b	-	0.11±0.00 ^b	0.12±0.04 ^b	0.64±0.11 ^b
65	Metil bütirat	meyvemsı	9.712	968	0.40±0.19 ^a	0.07±0.01 ^b	-	0.02±0.00 ^b	0.02±0.01 ^b	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.07±0.03 ^b
66	İzobütil izobütirat	meyvemsı	12.676	1081	-	0.07±0.00 ^a	0.03±0.01 ^a	0.07±0.04 ^a	0.06±0.04 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.01 ^a	0.05±0.02 ^a	0.03±0.00 ^a	-
67	İzoamil asetat	muz	13.623	1114	-	0.23±0.00 ^a	0.05±0.01 ^b	0.04±0.00 ^{bc}	0.06±0.02 ^b	0.02±0.00 ^{cd}	0.02±0.02 ^{cd}	im ^{cd}	0.01±0.00 ^{cd}	-
68	İzopropil valerat	meyvemsı	14.058	1128	0.83±0.10 ^a	-	0.02±0.00 ^b	0.06±0.00 ^b	0.05±0.02 ^b	0.02±0.01 ^b	0.02±0.01 ^b	0.04±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	-
69	n-Bütil izobütirat	meyvemsı	14.404	1139	0.60±0.05 ^b	0.10±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.03 ^b	0.01±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	8.37±0.86 ^a
70	İzobütil bütanoat	meyvemsı	14.800	1152	1.86±0.23 ^b	0.14±0.06 ^c	-	0.03±0.00 ^c	0.02 ±0.0 ^c	im ^c	-	0.02±0.00 ^c	0.05±0.01 ^c	3.45±0.43 ^a
71	n-Amil asetat	meyvemsı	15.203	1165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25±0.13 ^a
72	n-bütil n-bütirat	ananas	16.655	1212	-	0.06±0.00 ^a	-	0.01±0.00 ^b	-	im ^{bc}	0.01±0.00 ^b	-	im ^{bc}	-

Çizelge 4.23. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnekler									
					TB	GK1	GK2	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6	İsot
73	1-Hekzil asetat	meyve-ot	18.280	1265	-	0.13±0.00 ^a	-	im ^c	-	-	-	0.09±0.03 ^b	-	0.04±0.00 ^c
74	Metil kaproat	taze-meyve	15.627	1179	4.29±1.17 ^a	1.55±0.12 ^b	0.55±0.00 ^{bc}	0.42±0.04 ^{bc}	0.56±0.04 ^{bc}	0.20±0.02 ^c	0.26±0.00 ^{bc}	-	-	4.47±0.08 ^a
75	Metil salisilat	nane	32.791	1787	0.46±0.02 ^a	0.17±0.01 ^b	0.02±0.00 ^c	0.02±0.01 ^c	0.02±0.00 ^c	0.04±0.01 ^c	0.05±0.01 ^c	0.04±0.00 ^c	-	0.21±0.01 ^b
76	β-Fenetil asetat	çiçeksi	33.491	1817	-	0.14±0.02 ^a	0.03±0.00 ^c	0.02±0.00 ^{cd}	0.02±0.01 ^{cd}	im ^{cd}	im ^d	-	-	0.07±0.00 ^b
Asitler					4.79±0.50^c	17.49±1.44^a	9.52±0.37^b	7.92±0.53^{bc}	6.02±0.51^{cd}	5.81±0.78^{cd}	7.66±0.69^{bc}	8.90±1.22^b	9.03±0.47^b	17.40±0.98^a
77	Asetik asit	ekşimsi	23.274	1434	0.61±0.19 ^c	16.50±1.45 ^a	9.07±0.24 ^c	7.16±0.56 ^{cd}	4.99±0.33 ^d	5.29±0.72 ^d	6.91±0.63 ^{cd}	8.16±1.05 ^c	8.25±0.65 ^c	14.26±0.86 ^b
78	Propanoik asit	soya	25.932	1524	-	-	-	0.06±0.00 ^b	0.09±0.07 ^b	0.04±0.01 ^b	0.08±0.00 ^b	0.06±0.01 ^b	0.10±0.02 ^b	0.27±0.08 ^a
79	İzobütirik asit	tereyağı	26.756	1554	0.42±0.00 ^a	0.07±0.00 ^c	0.06±0.01 ^c	0.11±0.00 ^c	0.15±0.08 ^{bc}	0.08±0.01 ^c	0.10±0.01 ^c	0.11±0.01 ^c	0.10±0.01 ^c	0.24±0.07 ^b
80	İzovalerik asit	peynir	29.406	1658	3.07±0.21 ^a	0.60±0.04 ^c	0.31±0.11 ^c	0.39±0.03 ^c	0.59±0.30 ^c	0.30±0.03 ^c	0.43±0.02 ^c	0.44±0.09 ^c	0.46±0.12 ^c	2.41±0.13 ^b
81	Hekzanoik asit	yağlı	33.712	1826	0.68±0.10 ^a	0.33±0.04 ^d	0.08±0.00 ^{bc}	0.17±0.00 ^{cd}	0.18±0.11 ^{cd}	0.11±0.01 ^d	0.12±0.01 ^{cd}	0.14±0.03 ^{cd}	0.12±0.01 ^{cd}	0.42±0.09 ^b
82	Heptanoik asit	peynirimsi	36.180	1932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02±0.00 ^a
83	(E)-2-hekzenoik asit	küf	36.639	1953	-	-	-	0.03±0.00 ^a	0.02±0.01 ^a	-	0.02±0.00 ^{ab}	-	-	-
Alkanlar					0.39±0.01^b	0.19±0.00^c	0.16±0.03^c	0.16±0.03^c	0.13±0.03^c	0.11±0.07^c	0.04±0.00^c	0.10±0.02^c	0.16±0.05^c	4.10±0.06^a
84	Nonan	kafur	7.712	865	0.08±0.00 ^b	0.07±0.00 ^{bc}	0.01±0.00 ^{bc}	0.04±0.00 ^{bc}	0.07±0.06 ^{bc}	0.02±0.00	-	0.02±0.00 ^c	0.03±0.00 ^{bc}	0.27±0.00 ^a
85	Dekan		10.075	984	0.09±0.00 ^b	0.05±0.00 ^{bc}	0.02±0.00 ^c	0.03±0.00 ^c	0.02±0.00 ^c	0.04±0.03 ^{bc}	0.01±0.00 ^c	0.03±0.00 ^c	0.02±0.00 ^c	1.91±0.03 ^a
86	İzododekan		9.098	941	0.14±0.07 ^b	0.03±0.00 ^c	0.09±0.0 ^{bc}	0.05±0.01 ^{bc}	0.02±0.01 ^c	0.05±0.04 ^{bc}	-	0.05±0.01 ^{bc}	0.04±0.01 ^c	0.80±0.00 ^a
87	2,6-Dimetiloktan		9.250	947	-	0.01±0.00 ^b	-	im ^{bc}	-	-	-	im ^{cd}	im ^{cd}	0.07±0.00 ^a
88	3-Metildekan		10.892	1017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10±0.01 ^a
89	5-Metildekan		11.357	1034	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16±0.00 ^a
90	Dodekan		16.049	1193	-	-	-	-	-	-	im ^b	-	0.02±0.00 ^b	0.28±0.18 ^a
91	2-Metiltridekan		20.891	1350	0.07±0.02 ^b	0.03±0.00 ^b	0.04±0.01 ^b	0.04±0.01 ^b	0.02±0.01 ^b	-	0.02±0.00 ^b	-	0.04±0.01 ^b	0.51±0.10 ^a
Aromatik hidrokarbonlar					-	0.27±0.02^b	0.06±0.02^c	0.12±0.01^{bc}	0.05±0.01^c	0.28±0.17^b	0.09±0.00^{bc}	0.04±0.00^c	0.12±0.04^{bc}	4.59±0.02^a
92	Toluen	boya	11.238	1031	-	0.20±0.02 ^b	0.04±0.01 ^b	0.04±0.01 ^b	0.03±0.01 ^b	0.20±0.17 ^b	0.04±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	1.88±0.26 ^a
93	m-Ksilen	plastik	14.317	1138	-	0.03±0.00 ^d	0.01±0.00 ^d	0.05±0.00 ^{abc}	-	0.06±0.00 ^{ab}	0.04±0.00 ^{bc}	0.02±0.00 ^{cd}	0.08±0.03 ^a	0.02±0.00 ^{cd}
94	o-Ksilen	sardunya	15.750	1183	-	0.03±0.00 ^b	0.01±0.00 ^{bc}	im ^{bc}	-	0.01±0.00 ^{bc}	-	-	im ^c	0.07±0.01 ^a
95	Mesitlen	otsu	17.001	1223	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12±0.00 ^a
96	Stiren	balsamik	17.986	1255	-	0.04±0.00 ^b	-	0.02±0.00 ^{bc}	0.02±0.00 ^{bc}	-	im ^c	-	0.02±0.00 ^{bc}	1.80±0.02 ^a
97	p-Xylene		21.238	1362	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18±0.03 ^a
98	4-Ethyl-o-xylene		21.486	1370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26±0.02 ^a
99	Azulen		32.067	1759	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25±0.02 ^a
Furanlar					-	0.12±0.03^b	0.23±0.15^b	0.10±0.00^b	0.13±0.01^b	0.28±0.09^b	0.25±0.00^b	0.18±0.01^b	0.71±0.23^b	6.50±0.88^a
100	2-Metilfuran	çikolata	7232	832	-	-	0.01±0.00 ^b	im ^b	0.02±0.01 ^b	-	-	-	0.02±0.00 ^b	0.04±0.00 ^a
101	2,5-Dimetilfuran	etsi	8.925	933	-	0.01±0.00 ^a	0.04±0.03 ^a	im ^a	0.02±0.01 ^a	-	0.03±0.00 ^a	-	0.02±0.00 ^a	-
102	2,3,5-Trimetilfuran	kahve	11.617	1043	-	0.01±0.00 ^{cd}	0.02±0.00 ^{bcd}	im ^{cd}	-	0.03±0.01 ^{bc}	0.04±0.00 ^b	-	im ^d	0.36±0.00 ^a
103	2-Pentilfuran	yeşil fasulye	17.103	1227	-	0.02±0.01 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.04±0.02 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.06±0.02 ^b	1.36±0.04 ^a
104	2-Metildihidro-3(2H)furanon	ekmek	18.122	1261	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06±0.00 ^b	0.22±0.01 ^a
105	Furfural	ekmek	24.078	1458	-	-	0.02±0.00 ^c	-	-	0.03±0.02 ^c	0.04±0.00 ^c	0.05±0.00 ^c	0.24±0.07 ^b	0.86±0.09 ^a
106	2-Asetilfuran	balsamik	25.411	1490	-	-	-	im ^b	0.02±0.00 ^b	0.06±0.02 ^b	0.04±0.00 ^b	0.05±0.00 ^b	0.13±0.04 ^b	0.82±0.11 ^a
107	5-Metilfurfural	karamel	27.321	1575	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02±0.00 ^b	0.59±0.35 ^a

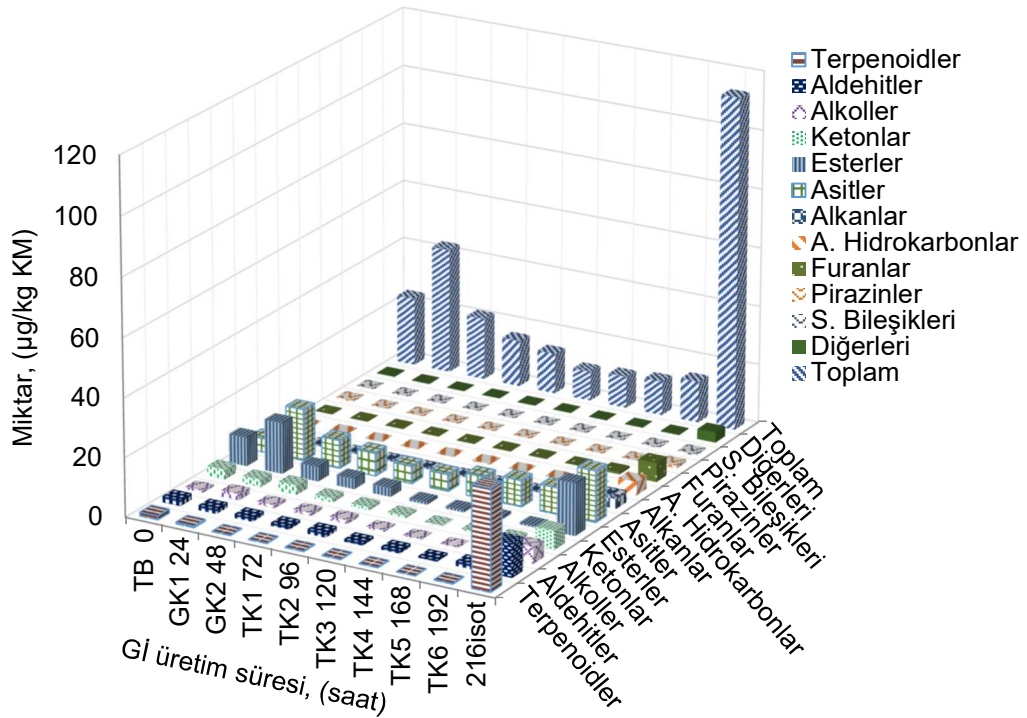
Çizelge 4.23. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnekler									
					TB	GK1	GK2	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6	İsot
108	2-Furanmetanol	yanmış	29.200	1647	-	0.07±0.02 ^b	0.13±0.10 ^b	0.06±0.00 ^b	0.08±0.02 ^b	0.10±0.03 ^b	0.06±0.00 ^b	0.05±0.00 ^b	0.13±0.05 ^b	1.23±0.10 ^a
109	5-Metil-2(3H)-furanon	hidsitancevizi	30.218	1685	-	-	-	-	-	-	im ^b	-	-	0.15±0.04 ^a
110	5-Metilfurfuril alkol	tatl-karamel	30.803	1707	-	-	-	-	-	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.07±0.02 ^b	0.91±0.09 ^a
Pirazinler					0.40±0.08^b	0.12±0.04^c	0.10±0.05^c	0.05±0.02^c	-	0.04±0.01^c	0.01±0.00^c	0.01±0.00^c	0.04±0.00^c	1.05±0.12^a
111	2,6-Dimetilpirazin	fındık	20.162	1326	0.08±0.04 ^b	-	im ^{bc}	0.01±0.00 ^{bc}	-	0.03±0.00 ^{bc}	0.01±0.00 ^{bc}	0.01±0.00 ^{bc}	0.01±0.00 ^{bc}	0.59±0.04 ^a
112	2,3-Dimetilpirazin	ceviz	20.715	1344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04±0.01 ^a
113	2-Etil-6-metilpirazin	patates	21.896	1383	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13±0.02 ^a
114	2,3,5-Trimetilpirazin	Kızr.patates	22.457	1403	-	0.08±0.00 ^b	0.02±0.00 ^c	0.01±0.00 ^c	-	0.01±0.00 ^c	im ^c	-	im ^c	0.29±0.03 ^a
115	Tetrametilpirazin	ceviz	24.476	1472	0.17±0.07 ^a	-	0.04±0.01 ^b	0.03±0.01 ^b	-	-	-	im ^b	0.02±0.00 ^b	-
116	2-İzobütil-3-metoksipirazin	yeşil biber	25.947	1522	0.15±0.03 ^a	0.05±0.03 ^b	0.04±0.02 ^b	-	-	-	-	-	-	-
Sülfür bileşikleri					0.08±0.00^c	0.02±0.00^c	0.03±0.00^c	0.03±0.00^c	0.06±0.02^c	0.07±0.05^c	0.14±0.00^c	0.05±0.01^c	0.29±0.08^b	0.53±0.09^a
117	Methanethiol	sülfür	5.288	697	-	-	-	im ^c	im ^c	-	0.06±0.00 ^a	-	im ^c	0.02±0.01 ^b
118	Dimetilsülfid	lahana	5.733	728	0.08±0.00 ^c	0.02±0.00 ^c	0.03±0.00 ^c	0.01±0.00 ^c	0.04±0.03 ^c	0.04±0.03 ^c	0.06±0.00 ^c	0.04±0.01 ^c	0.25±0.07 ^b	0.41±0.08 ^a
119	Dimetildisülfid	soğans	12.216	1065	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01±0.00 ^b	0.10±0.00 ^a
120	Methional	piş. patates	24.005	1456	-	-	im ^c	0.01±0.00 ^{abc}	0.01±0.00 ^{abc}	0.02±0.01 ^{ab}	0.01±0.00 ^{abc}	0.01±0.00 ^{abc}	0.02±0.00 ^a	-
Diğerleri					0.28±0.13^b	0.19±0.00^b	0.12±0.05^b	0.14±0.00^b	0.12±0.07^b	0.10±0.02^b	0.09±0.00^b	0.09±0.00^b	0.28±0.07^b	3.47±0.9^a
121	1-Metilpirol	odunsu	14.239	1134	0.10±0.05 ^{abc}	0.20±0.00 ^a	0.10±0.03 ^{abc}	0.11±0.01 ^{abc}	0.08±0.04 ^{abc}	0.04±0.00 ^{bc}	- ^c	0.02±0.00 ^c	0.05±0.01 ^{bc}	0.15±0.07 ^{ab}
122	Tanımlanmayan		28.199	1607	-	-	-	0.01±0.00 ^b	-	-	0.01±0.00 ^b	-	-	0.32±0.08 ^a
123	γ-Bütürolakton	karamel-tatl	29.029	1639	0.18±0.08 ^b	-	0.03±0.01 ^b	0.02±0.00 ^b	0.04±0.02 ^b	0.04±0.01 ^b	0.04±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.07±0.03 ^b	1.05±0.37 ^a
124	Dimetilmaleik anhidrit		31.550	1738	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14±0.03 ^a
125	2-Asetilpirol	fındık-ceviz	36.966	1968	-	-	-	-	-	0.02 ^b	0.03±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.11±0.02 ^b	1.10±0.20 ^a
126	Pantolakton	pamuk şeker	38.265	2026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04±0.02 ^a
127	Piranon		43.212	2246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.42±0.11 ^a
128	İzoeugenol	çiçeksi	44.893	2321	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04 ^b	0.26±0.02 ^a
Genel toplam					23.24±0.65^c	42.70±0.03^b	21.05±1.68^c	15.77±0.34^d	13.71±1.37^{de}	10.03±1.39^e	10.75±0.76^e	11.59±1.13^{de}	14.05±0.90^{de}	113.16±2.24^a

* Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

¹ Aroma tanımları literatür çalışmalarından alınmıştır² Alıkonma Zamanı (AZ)³ Alıkonma İndeksi (Aİ), DB-WAX kolonu (60 m × 0.25 mm × 0.25 mm) ile standart alkanlara (C10-C26) göre hesaplanmıştır⁴ Tespit edilmedi⁵ İz miktar

Gİ üretiminde uçucu bileşik gruplarında meydana gelen kalitatif ve kantitatif değişimler Çizelge 4.24 ve Şekil 4.35'te gösterilmiştir. Geleneksel isot üretiminde örneklerin toplam uçucu bileşik sayısı ile miktarlarının GK2 (terletmeden önce), TK1, TK2, TK3, TK4, TK5, TK6 (terletme boyunca) ve isot (terletmeden sonra) örnekleri için sırasıyla 61, 78, 60, 63, 67, 59, 79 ve 112 adet ile 21.05, 15.77, 13.71, 10.03, 10.75, 11.59, 14.05 ve 113.16 µg/kg KM olduğu görülmüştür. Terletme sürecinden sonraki güneşte kurutma aşamasının, hem oluşan yeni bileşik sayısı bakımından hem de toplam uçucu bileşik içeriğindeki artış yönünden kritik bir öneme sahip olduğu saptanmıştır. Gİ üretiminde uçucu bileşik gruplarıyla ilgili meydana gelen değişimler aşağıda ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.



Şekil 4.35. Geleneksel isot üretimi sırasında uçucu bileşik gruplarındaki değişimler

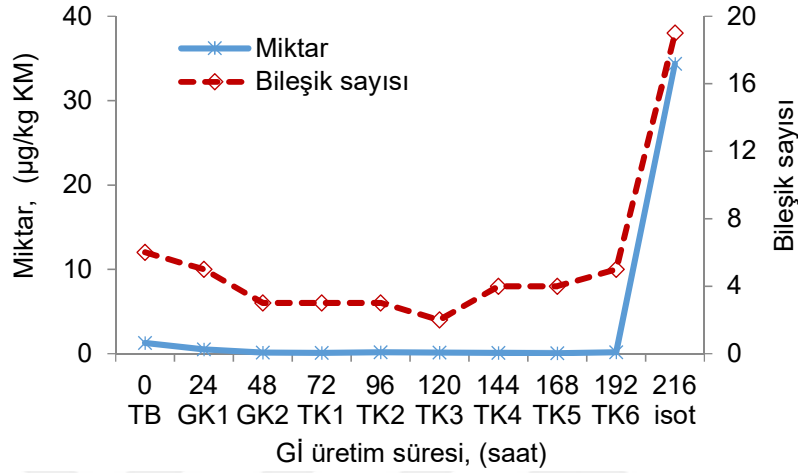
Çizelge 4.24. Geleneksel isot üretiminde uçucu bileşik gruplarında meydana gelen değişimler

Örnek		Uçucu Bileşik Grubu												
		Terpenoidler	Aldehitler	Alkoller	Ketonlar	Esterler	Asitler	Alkanlar	Aromatik Hidrokarbonlar	Furanlar	Pirazinler	Sülfür Bileşikleri	Diğerleri	Toplam
TB	Bileşik Sayısı	6	9	6	4	8	4	4	- ^a	-	3	1	2	47
	Miktarı ¹	1.28	2.19	0.72	3.35	9.78	4.79	0.39	-	-	0.40	0.08	0.28	23.24
GK1	Bileşik Sayısı	5	13	8	5	12	4	5	4	4	2	1	1	64
	Miktarı	0.53	1.69	2.22	2.58	17.29	17.49	0.19	0.27	0.12	0.12	0.02	0.20	42.74
GK2	Bileşik Sayısı	3	14	7	3	9	4	4	3	6	4	2	2	61
	Miktarı	0.15	1.41	1.02	3.29	4.97	9.52	0.16	0.06	0.23	0.10	0.03	0.13	21.05
TK1	Bileşik Sayısı	3	15	9	8	13	6	5	4	6	3	3	3	78
	Miktarı	0.10	1.13	1.01	1.46	3.54	7.92	0.16	0.12	0.10	0.05	0.03	0.14	15.77
TK2	Bileşik Sayısı	3	12	6	6	11	6	4	2	5	-	3	2	60
	Miktarı	0.16	1.61	1.23	1.09	3.09	6.02	0.13	0.05	0.13	-	0.06	0.12	13.71
TK3	Bileşik Sayısı	2	13	6	6	12	5	3	3	6	2	2	3	63
	Miktarı	0.12	0.96	0.52	0.83	0.91	5.81	0.11	0.28	0.28	0.04	0.07	0.10	10.03
TK4	Bileşik Sayısı	4	13	8	5	9	6	3	3	8	2	3	3	67
	Miktarı	0.09	1.12	0.28	0.19	0.80	7.66	0.04	0.09	0.25	0.01	0.14	0.08	10.75
TK5	Bileşik Sayısı	4	11	5	6	10	5	4	2	5	2	2	3	59
	Miktarı	0.05	0.68	0.11	0.50	0.87	8.90	0.10	0.04	0.18	0.01	0.05	0.09	11.59
TK6	Bileşik Sayısı	5	15	6	8	9	5	6	4	10	3	4	4	79
	Miktarı	0.17	1.65	0.15	0.83	0.61	9.03	0.16	0.12	0.71	0.04	0.29	0.28	14.05
İsot	Bileşik Sayısı	19	19	8	9	10	6	8	8	10	4	3	8	112
	Miktarı	34.37	11.52	5.71	6.47	17.80	17.40	4.10	4.59	6.50	1.05	0.53	3.47	113.16

¹ µg/kg KM^a tespit edilmedi

4.2.7.1. Terpenoidler

Gİ üretimi sırasında toplam terpenoid içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



Şekil 4.36. Geleneksel isot üretimi sırasında terpenoid içeriğindeki değişimler

Geleneksel yöntemle elde edilen isot biberinde, tespit edilen 19 farklı terpenoid bileşiğiyle en kalabalık gruplardan birini ve 34.37 µg/kg KM'lik içeriğiyle bu örnekteki toplam uçucu bileşik içeriğinin % 30.37'sini oluşturduğu saptanmıştır.

Terletme işleminden önceki örnekte α -kopahen, linalool ve β -elemen olmak üzere sadece üç tane terpenoid bulunduğu ve bunların miktarlarının sırasıyla 0.07, 0.06 ve 0.02 µg/kg KM olduğu saptanmıştır. Terletme işlemi boyunca bu uçucu bileşiklerin artan veya azalan miktarlarda bulunmaya devam ettiği ($P>0.05$), terletme işleminden sonraki örnekte ise, α -kopahen ve linalool miktarlarının önemli düzeyde arttığı ($P<0.05$) belirlenmiştir. Bu bileşiklere ilave olarak, isot örneğinde α -thujen (otsu), δ -3-karen (tatlı-narenciye), β -mirsen (balsamik-baharat), α -limonen (portakal), 1,8-sineol (nane), α -terpinen (limon), β -osimen (otsu), p-simen (narenciye), dihidrolinalool, α -terpineol (anason yağı), α -muurolen, (Z)-geranilaseton (manolya), (E)- α -iyonon (menekşe), (E)-8-hidroksilinalool, (E)- β -iyonon (ahududu) ve 5,6-epoksi- β -iyonon (meyvemsi) bileşiklerinin olduğu saptanmıştır. Bunların miktarlarının aynı sırayla 1.61, 1.11, 3.80, 14.80, 2.40, 2.64, 1.13, 4.26, 0.04, 0.61, 0.21, 0.07, 0.06, 0.04, 0.08 ve 0.02 µg/kg KM olduğu tespit edilmiştir. Gİ biberinde

saptanan terpenoid bileşiklerinden bazıları benzer çalışmalarda da bulunmuştur (Guadayol ve ark., 1997; Zimmermann ve Schiebrle, 2000; Lee ve ark., 2004; Toontom ve ark., 2016). Ancak, Gİ örneğinde belirlenen terpenoid bileşiklerinin çeşitliliği veya bileşik sayısı yönünden benzer sonuçların elde edildiği çalışmalara rastlanılmamıştır. Ayrıca, Gİ biberinde en yüksek içeriğe sahip olan bileşiğin bir monoterpen olan α -limonen olduğu saptanmıştır. Bu bileşiğin toplam uçucu bileşik ve toplam terpenoid içerikleri içerisindeki oranları sırasıyla yaklaşık % 13 ve % 43 olarak bulunmuştur. Geleneksel yöntemle isot üretiminde, terpenoid sayısı ve miktarındaki artışın üretim şartlarındaki nem, sıcaklık ve süre koşullarının uygun olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Kevresan ve ark., 2013).

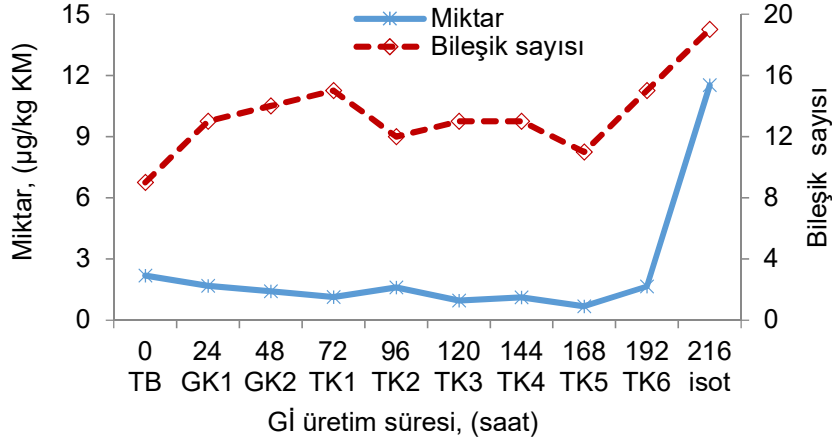
Çoğunlukla monoterpen yapıdaki bu bileşiklerin üretim sırasında terpenoidlerin sıcaklığa dayalı oksidasyonu ile oluştuğu tahmin edilmektedir (Schwab ve ark., 2008; Kebede ve ark., 2013). Örneğin, p-simen bileşiğinin monoterpen yapıdaki hidrokarbonların oksidasyonu sonucu; α -iyonon, β -iyonon ve linalool bileşiklerinin sırasıyla δ -karoten, β -karoten ve terpenoidlerin oksidatif bozunma ile oluşabildiği belirtilmektedir (Lewinsohn ve ark., 2005; Pino ve ark., 2011).

4.2.7.2. Aldehitler

Gİ üretimi esnasında toplam aldehit içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.37’de gösterilmiştir. Gİ biberinde bulunan ve bileşik çeşitliliği bakımından geniş bir içeriğe sahip olduğu tespit edilen diğer bir uçucu bileşik grubunun da aldehitler olduğu belirlenmiştir. Terpenoidlerle aynı bileşik sayısına sahip olmasına rağmen bu grubun toplam miktar olarak terpenoidlerin yaklaşık üçte birine denk gelen 11.52 $\mu\text{g/kg}$ KM’lik içerikte olduğu saptanmıştır.

Terletme işleminden önceki örnekte 14 ayrı aldehit bileşiği ve 1.41 $\mu\text{g/kg}$ KM’lik toplam aldehit içeriği bulunmuştur. Bu örnekte aldehit bileşikler olarak asetaldehit (keskin), 2-metilpropanal, 3/2-metilbütanal, pentanal (bademsi), hekzanal, (E)-2-pentanal, heptanal (narenciye), (E)-2-hekzanal, oktanal, (E)-2-heptanal (yeşil

çay), nonanal (narenciye), decanal (potakal kabuğu) ve (E)-2-nonenal (salatalık) saptanmıştır.



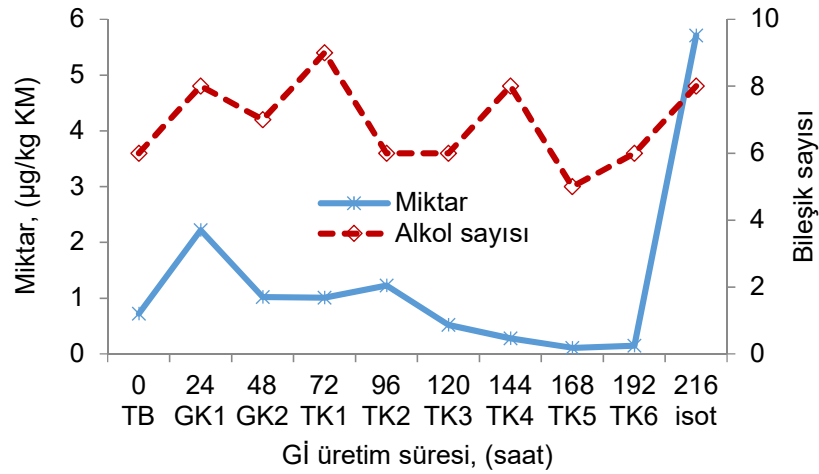
Şekil 4.37. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam aldehit içeriğindeki değişimler

Terletme işlemi süresince, miktarlarında artma ve azalmalar şeklinde değişimler olsa da bu bileşiklerin çoğunlukla örneklerde bulunmaya devam ettiği tespit edilmiştir. Terletme işleminden sonraki bir günlük güneşte kurutma sırasında ise, bu aldehitlerden decanal bileşiğinin kaybolduğu, 3-metilbütanal hariç diğerlerinin miktarlarında önemli artışlar olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir. Ayrıca, bu süreçte yeni aldehit olarak propanal (eteral), (E,E)-2,4-heptadienal (fındık yağı), fenilmetanal (badem), β -siklositral, dimetilbenzaldehit (konyak) ve 2-fenil-2-bütenal (küflü) bileşiklerinin olduğu ve toplam aldehit içeriğinin de $1.65 \mu\text{g/kg KM}$ 'den $11.52 \mu\text{g/kg KM}$ 'ye yükseldiği belirlenmiştir ($P < 0.05$).

Gİ üretimi sırasında tespit edilen 2/3-metilbütanal, hekzanal, heptanal, (E)-2-hekzanal, oktanal, nonanal ve (E,E)-2,4-Heptadienal ve 2-metilpropanal gibi aldehitler önceki çalışmalarda da saptanmıştır (Van Ruth ve ark., 1995b; Kocsis ve ark., 2002). Taze biberlerden baharat üretiminde oluşan aldehitlerin lipit türevleri (hekzanal, (E)-2-hekzanal, (Z)-2-heptanal, (E,E)-2,4-heptadienal, heptanal, (E)-2-nonenal v.b.), karotenoidlerin oksidatif dekaradasyon ürünü (β -siklositral) ve Strecker reaksiyon ürünleri (2/3-metilbütanal, 2-metilpropanal, fenilmetanal ve dimetilbenzaldehit) olabileceği bildirilmektedir (Aragon ve ark., 2005; Pino ve ark., 2006; El hadi ve ark., 2013).

4.2.7.3. Alkoller

Gİ üretimi sırasında toplam alkol içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.38’de gösterilmiştir. Geleneksel isot biberinde alkol grubundan 8 bileşik olduğu ve bunların toplam miktarının da 5.71 µg/kg KM olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.38. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam alkol içeriğindeki değişimler

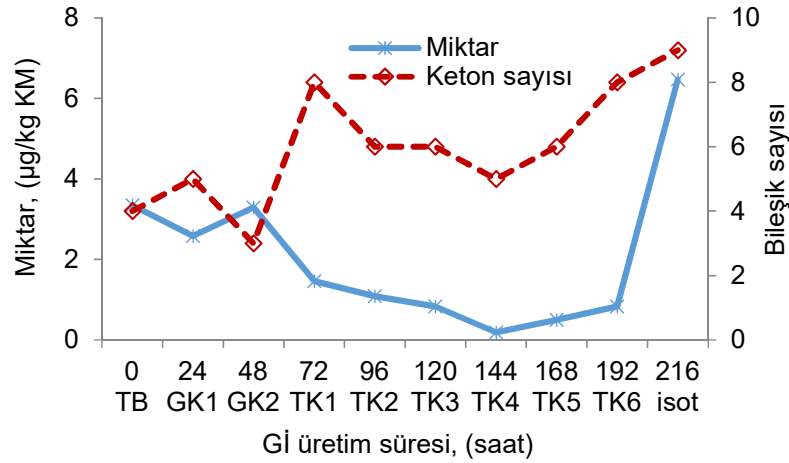
Terletme işleminden önceki biber örneğinde alkol olarak etanol, 3-metil-1-bütanol (fermente), pentanol, (Z)-2-Penten-1-ol, hekzanol (E)-2-okten-1-ol (sabun) ve 2-feniletanol olmak üzere toplam 7 bileşik bulunmuştur. Terletme sırasında bu bileşiklerden pentanol ve (E)-2-okten-1-ol alkollerinin kaybolduğu, 1-penten-3-ol (keskin tereyağı) bileşiğinin oluşup tekrar yok olduğu, 2-metilpentanol (keskin acı) ve 2-etil-1-hekzanol bileşiklerinin yeni bileşik olarak oluştuğu belirlenmiştir. Terletme bittikten sonra güneşte kurutma sonunda, hekzanolün kaybolduğu, fenil metanolün oluştuğu ve mevcut bileşiklerin tamamının miktarlarının arttığı ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Toplam alkol içeriğinin terletme boyunca değişmediği ($P>0.05$) ve terletme işleminin bitmesiyle bu içeriğin artan ve/veya oluşan bileşiklerle 0.15 µg/kg KM’den 5.71 µg/kg KM’ye yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Gİ’deki bu toplam içeriğin % 68.30’luk kısmının etanol ve 3-metil-1-bütanol alkollerinin toplamından oluştuğu saptanmıştır.

Gİ biberinde bulunan 3-metil-1-bütanol ve 2-etil-1-hekzanol alkolleri Van Ruth ve ark. (2003)’nın kurutulmuş kırmızıbiberle ilgili çalışmalarında da belirlenmiştir.

Kurutulmuş biberlerde tespit edilen 1-penten-3-ol, hekzanol ve pentanol gibi alkollerin LOX enzimin başlattığı reaksiyon serilerinin bir sonucu olarak oluşabileceği, 3-metilbütanol ve 2-feniletanol alkollerinin de sırasıyla izolösin ve fenilalanin aminoasitlerinden oluşabildiği bildirilmektedir (Luning ve ark., 1995b; Guadayol ve ark., 1997; Schwab ve ark., 2008)

4.2.7.4. Ketonlar

Gİ üretimi sırasında toplam keton içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



Şekil 4.39. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam keton içeriğindeki değişimler

Keton grubu uçucu bileşik olarak geleneksel yöntemle elde edilen isot biberinde 9 farklı bileşik tespit edilmiş ve bunların toplam içeriğinin de 6.47 µg/kg KM olduğu belirlenmiştir. Terletme işlemi başlamadan önce biber örneğinde 2,3-bütanedion, 3-hidroksi-2-bütanon ve 6-metil-5-hepten-2-one olmak üzere 3 keton bulunmuştur. Terletmenin ilk gününde bu ketonlara ilave olarak 2,3-pentanedion (krema-tereyağı), (E)-3-penten-2-one, 2-heptanon (peynir), 6-metil-3,5-heptadien-2-one ve ketoizoforon (küflü) olmak üzere 5 yeni bileşik daha oluşmuştur. Terletmenin bu noktasından itibaren bazı ketonların belirli terletme günlerinde kaybolup tekrar oluştuğu belirlenmiştir. Ancak, terletmenin son günündeki örnekte bu sekiz ketonun tamamı da bulunmuştur. Terletmeden sonraki güneşte bir günlük kurutma ile elde edilen Gİ örneğinde ise bu ketonlara ilave olarak yeni bileşik olarak (E)-3-okten-2-one bileşiği

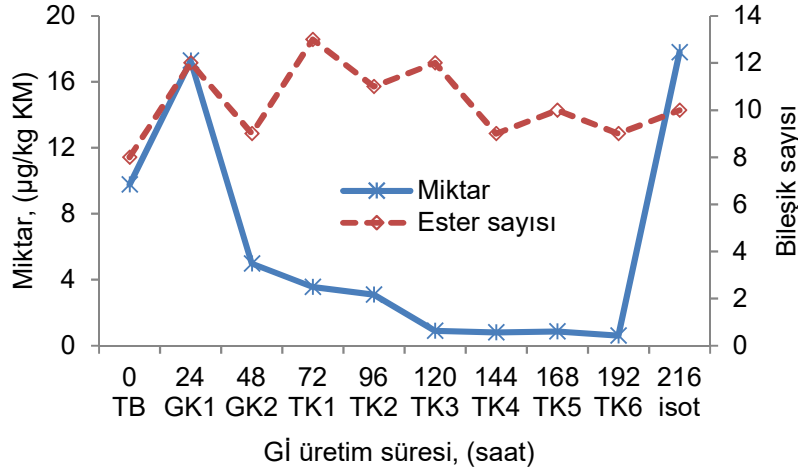
bulunmuştur. Bu süreçte 2,3-bütanedion hariç diğer bütün keton bileşiklerinin miktarlarının arttığı belirlenmiştir ($P<0.05$).

Gİ biberinde 3-hidroksi-2-bütanon bileşiği miktarı en fazla olan keton olarak bulunmuş ve bu bileşiğin Gİ'deki miktarının toplam keton içeriğinin % 54.56'lık kısmını oluşturduğu tespit edilmiştir. 3-hidroksi-2-bütanon bileşiğiyle ilgili benzer bir sonuç olarak, Toontom ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, bu bileşiğin güneşte kurutulmuş biber örneğinde en yüksek içeriğe sahip keton bileşiği olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, Gİ biberinde bulunan ketonların bir çoğu benzer çalışmalarda tespit edilmiştir (Zimmermann ve Schieberle, 2000; Van Ruth ve ark., 2003; Toontom ve ark., 2016). Toplam keton içeriğinin terletmenin ilk gününde azaldığı ($P<0.05$), daha sonraki terletme günlerinde değişmediği ($P>0.05$) ve terletmeden sonra da artarak 6.47 µg/kg KM içeriğine yükseldiği saptanmıştır ($P<0.05$).

Gİ'de bulunan ketonların karotenoid bozulma ürünleri (6-metil-5-hepten-2-one ve 6-metil-3,5-heptadien-2-one ve ketoizoforon), yağ asitlerinin enzimatik oksidasyonu veya termal bozunmasıyla türemiş ürün (2-heptanon, (E)-3-okten-2-one) ve Maillard reaksiyon ürünleri (2,3-pentanedion ve 2,3-bütanedion) olabileceği tahmin edilmektedir (Aragon ve ark., 2005; Van Ruth ve ark., 2003; Rotsatchakul ve ark., 2008).

4.2.7.5. Esterler

Gİ üretimi sırasında toplam ester içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.40'ta gösterilmiştir. Esterler biber baharatlarına hoşça giden meyvemsi bir aroma kazandırmaktadır (Kang ve Baek, 2014) Geleneksel Urfa isot biberinde 10 tane uçucu ester bileşiği bulunmuş ve bunların toplam içeriğinin de 17.80 µg/kg KM olduğu belirlenmiştir. Bu miktar ile esterlerin, isot biberindeki toplam uçucu bileşik içeriğinde terpenoidlerden sonra en yüksek miktara sahip grup olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.40. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam ester içeriğindeki değişimler

Terletme öncesi biber örneğinde metil asetat, etil asetat, izobütil izobütirat, izoamil asetat, izopropil valerat, n-bütil izobütirat, metil kaproat, metil salisilat (nane) ve β -fenetil asetat olmak üzere toplam 9 ester bulunmuştur. Ancak, bu örnekteki esterlerden birer asetik asit esteri olan metil asetat ve etil asetat bileşiklerinin en yüksek içeriklere sahip olduğu ve bu iki ester toplam ester miktarının % 85.51'lik kısmına denk geldiği tespit edilmiştir. Terletme işlemi boyunca mevcut esterlerin çoğunlukla örneklerde bulunmaya devam ettiği ve yeni ester olarak metil bütiratın oluştuğu, β -fenetil asetatın terletmenin 4. gününde kaybolduğu n-bütil n-bütirat (ananas) ve 1-hekzil asetatın bu süreçte oluşup bazı terletme günlerinde kaybolduktan sonra tekrar oluştuğu belirlenmiştir. Terletme sonrası güneşte kurutma işlemi bittikten sonra, izobütil izobütirat, izoamil asetat, izopropil valerat ve n-bütil n-bütirat esterlerinin kaybolduğu, yeni ester olarak n-amil asetatın (meyvemsi) oluştuğu ve β -fenetil asetatın tekrar oluştuğu saptanmıştır.

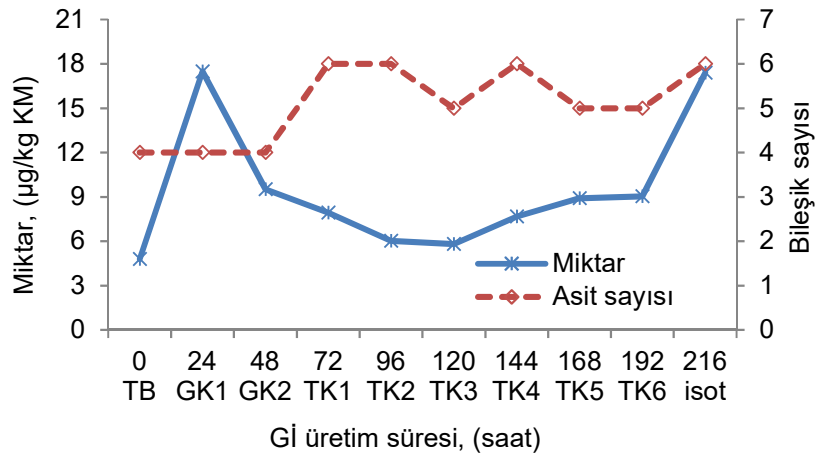
Esterler grubunda kalitatif ve kantitatif değişimler meydana gelmesine rağmen, terletme öncesi ve terletme süresince toplam ester miktarında anlamlı bir değişim olmamıştır ($P>0.05$). Buna karşın, terletmeden sonraki bir günlük güneşte kurutma sürecinde toplam ester içeriğinin yaklaşık 30 kat artarak 0.61 $\mu\text{g/kg KM}$ 'den 17.80 $\mu\text{g/kg KM}$ 'ye yükselmiştir. Bu artışta n-bütil izobütirat, izobütil bütanoat ve metil kaproat esterlerinin önemli payları olduğu ve bu duruma bağlı olarak da Gİ örneğinde bu üç bileşiğin toplam ester içeriğinin % 91.52'lik kısmını oluşturduğu tespit edilmiştir. Gİ biberinde belirlenen asetik asit esterleriyle ilgili sonucumuzun genel

olarak önceki çalışmalarla benzerlik gösterdiği, ancak bu örnekte bulunan yağ asitleri esterlerinin bileşik sayısı yönünden bazı çalışmalarda bulunan sonuçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir (Kocsis ve ark., 2002; Van Ruth ve ark., 2003). Ayrıca, ester kompozisyonuyla ilgili bu fark çalışmamızın diğer baharat örnekleri için geçerlidir. Bu durumun, kullanılan biber çeşidi ve/veya üretim metoduyla ilintili olduğu tahmin edilmektedir.

Gİ biberinde bulunan esterlerin çoğunlukla asetik asit ve birer yağ asitleri olan bütirik asit ve hekzanoik asitlerinin alkollerle esterifikasyon reaksiyonları sonucu oluştuğu bildirilmektedir (Ko ve ark., 2014).

4.2.7.6. Asitler

Gİ biberinin üretiminde toplam uçucu asit içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.41’de gösterilmiştir.



Şekil 4.41. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam asit içeriğindeki değişimler

Gİ biberinde 6 adet uçucu asit bileşiğinin olduğu ve bunların toplam içeriğinin de 17.40 µg/kg KM olduğu belirlenmiştir. Terletmeden önceki güne ait örnekte asetik, izobütirik, izovalerik ve hekzanoik asitler bulunmuştur. Bu asitlerden miktarı fazla olanın asetik asit olduğu ve bileşiğe ait miktarının diğer üç asidin toplamının yaklaşık 20 katı olduğu saptanmıştır. Terletmenin 1. gününde bu asitlere ilave olarak (E)-2-hekzanoik ve propanoik asitlerinin oluştuğu, bunlardan ilkinin terletmenin sonlarına

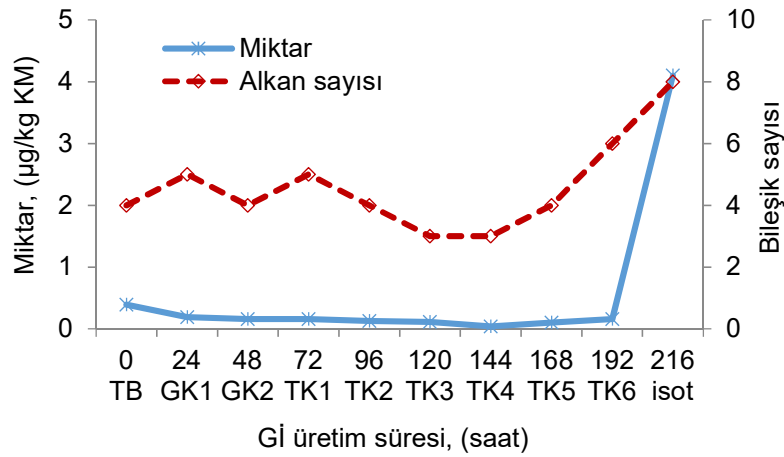
dogru kayboldugu tespit edilmiştir. Terletme işleminden sonra güneşte kurutma ile elde edilen isot örneğinde yeni bileşik olarak heptanoik asidin (peynir) oluştuğu ve mevcut uçucu asit içeriklerinin tamamında önemli artışlar meydana geldiği ($P<0.05$) belirlenmiştir.

Gİ üretimindeki terletme işleminin toplam uçucu asit miktarını etkilemediği ($P>0.05$), terletmeden sonraki güneşte kurutmanın ise bu miktarı % 92.7 oranında artırdığı ($P<0.05$) belirlenmiştir. Ancak, bu artışın büyük oranda asetik asit bileşiğinden kaynaklanmakta olduğu bulunmuştur. Gİ örneğindeki asetik asidin % 12.60 oranıyla toplam uçucu bileşik içerisinde en yüksek miktara sahip ikinci bileşik olduğu saptanmıştır. Asetik asidin en yüksek içerikli uçucu bileşik olduğunu belirten başka çalışmalar da bulunmaktadır (Mateo ve ark., 1997; Toontom ve ark., 2012) Ancak, Gİ biberindeki bu miktara veya oranına yakın sonuçların elde edildiği çalışmalar bulunmamaktadır.

Biberlerin kurutulması esnasında oluşan veya tespit edilen uçucu asitlerin genel olarak lipidlerin parçlanması (Ko ve ark., 2014), izobütirik ve izovalerik gibi asitlerin Strecker reaksiyonu (Van Ruth ve ark., 1995a; Aragon ve ark., 2005) ve asetik asidin ise termal olarak ve/veya karbonhidrat metabolizmasıyla oluştuğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, asetik asit oluşumunda uzun üretim periyoduna bağlı olarak biberdeki mikrobiyal floranın neden olduğu fermantasyonun bir etkisinin bulunduğu düşünülmektedir.

4.2.7.7. Alkanlar

Gİ üretiminde toplam uçucu alkan içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.42'de gösterilmiştir. Geleneksel isot biberinde toplam içerikleri $4.10 \mu\text{g/kg KM}$ olan 8 farklı uçucu alkan bileşiği bulunmuştur. Terletme işleminden önceki örnekte nonan, dekan, izododekan ve 2-metiltridekan olmak üzere toplam 4 alkan bulunmuştur.

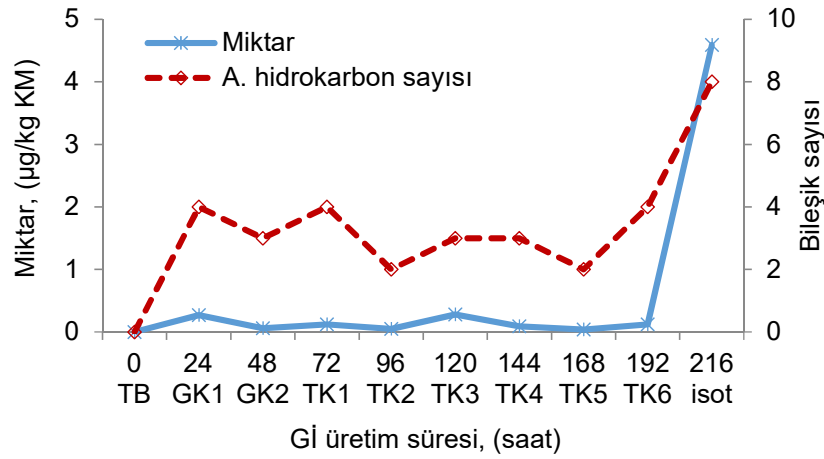


Şekil 4.42. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam alkan içeriğindeki değişimler

Terletme sürecinde iz miktarda 2,6-dimetiloktan bileşiğinin oluştuğu, nonan ve 2-metildekan bileşiklerinin de kaybolup tekrar oluştukları ve yeni alkan olarak dodekan bileşiğinin oluştuğu tespit edilmiştir. Terletme sonrası kurutma sürecinde ise 3-metildekan ve 5-metildekan alkanlarının oluştuğu belirlenmiştir. Terletme süresince toplam alkan içeriğindeki değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Terletmeden sonra bütün alkanların miktarlarının arttığı ve buna bağlı olarak toplam alkan içeriğinin $0.16 \mu\text{g/kg KM}$ 'den $4.10 \mu\text{g/kg KM}$ 'ye yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu çalışmada tespit edilen uçucu alkanların benzer bir çalışmada bulunan alkan bileşiklerinden daha az olduğu saptanmıştır (Kocsis ve ark., 2002). Ancak, çalışmamızda tespit edilen 2-metiltridekan bileşiği önceki çalışmalar da bulunmuştur (Kocsis ve ark., 2002; Toontom ve ark., 2012; Chairrote ve Intachum, 2016).

4.2.7.8. Aromatik hidrokarbonlar

Gİ üretimi sırasında aromatik hidrokarbon içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.43'te gösterilmiştir. Aromatik hidrokarbon olarak Gİ biberinde toplam $4.59 \mu\text{g/kg KM}$ içeriğine sahip 8 farklı bileşik bulunmuştur.



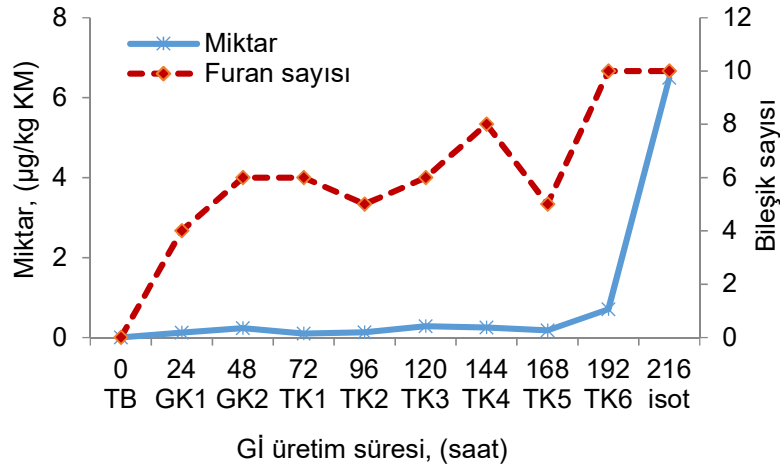
Şekil 4.43. Geleneksel isot üretiminde aromatik hidrokarbon içeriğindeki değişimler

Terletme işleminden önceki örnekte bu gruptan tolüen, m-ksilen ve o-ksilen bileşikleri bulunmuştur. Terletme esnasında yeni aromatik hidrokarbon olarak stiren bileşiğinin oluştuğu, m-ksilen ve o-ksilen bileşiklerinin de belirli günlerde kaybolup tekrar oluştukları tespit edilmiştir. Terletmeden sonraki kurutma süresinde ise, mesitlen (otsu), p-ksilen, 4-etil-o-ksilen ve azulen olmak üzere dört yeni aromatik hidrokarbon oluşmuştur. Bu aromatik hidrokarbonlar önceki araştırmacılar tarafından da bulunmuştur (Wu ve Liou, 1986; Aragon ve ark., 2005; Lee ve ark., 2004). Terletme süresi boyunca toplam aromatik hidrokarbon içeriğindeki değişimlerin önemli olmadığı ($P>0.05$), terletmeden sonra ise toplam miktarın arttığı belirlenmiştir ($P<0.05$).

Gİ'de tespit edilen aromatik hidrokarbonların tolüen ve ksilen izomerlerinin karotenoidlerin ısıya dayalı bozulma reaksiyonlarıyla oluştuğu tahmin edilmektedir (Guadayol ve ark., 1997; Rios ve ark., 2008).

4.2.7.9. Furanlar

Gİ üretimi sırasında furan içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.44'te gösterilmiştir. Geleneksel isot biberinde furan grubu uçucu bileşiklerden toplam içerikleri $6.50 \mu\text{g/kg KM}$ olan 10 farklı bileşik bulunmuştur.



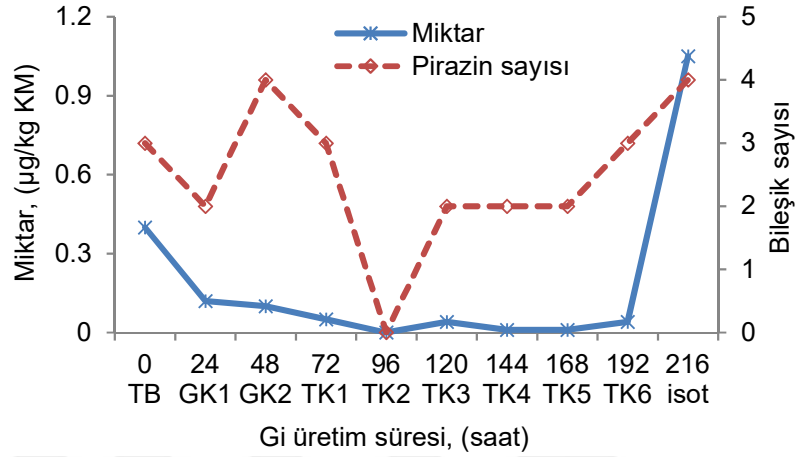
Şekil 4.44. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam furan içeriğindeki değişimler

Terletme işleminden önceki örnekte 2-metilfuran, 2,5-dimetilfuran, 2,3,5-trimetilfuran, 2-pentilfuran, furfural ve 2-furanmetanol olmak üzere 6 adet furan bileşiği tespit edilmiştir. Bu mevcut furanlardan bazılarının terletme sürecince kaybolup tekrar oluştukları ve terletmenin sonunda yeni furan olarak 2-metildihidro-3(2H)furanon (ekmek), 2-asetilfuran, 5-metilfurfural (karamel) ve 5-metilfurfuril alkol bileşiklerinin varlığı saptanmıştır. Terletmeden sonra isot biberinde 2,5-dimetilfuranın kaybolduğu ve 5-metil-2(3H)-furanonun (hindistancevizi) oluştuğu belirlenmiştir. Toplam furan içeriğinde terletme süresince meydana gelen değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$), terletmeden sonra ise bu içeriğin belirgin olarak arttığı tespit edilmiştir.

Kırmızıbiber baharatlarında üretime ve/veya kurutma metoduna bağlı olarak furan bileşiklerinin bulunabildiğini belirten bir çok çalışma mevcuttur (Kocsis ve ark., 2002; Van Ruth ve ark., 2003; Lee ve ark., 2004). Buna karşın, bu bileşikleri içermeyen biber baharatlarının olduğunu belirten çalışmalar da vardır (Toontom ve ark., 2012). Gİ biberinin üretimi esnasında örneklerde tespit edilen furanik bileşiklerin çoğunlukla Maillard tipi reaksiyonlardan ileri geldiği tahmin edilmektedir (Duan ve Barringer, 2015).

4.2.7.10. Pirazinler

Gİ üretimi sırasında pirazin içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.45'te gösterilmiştir.

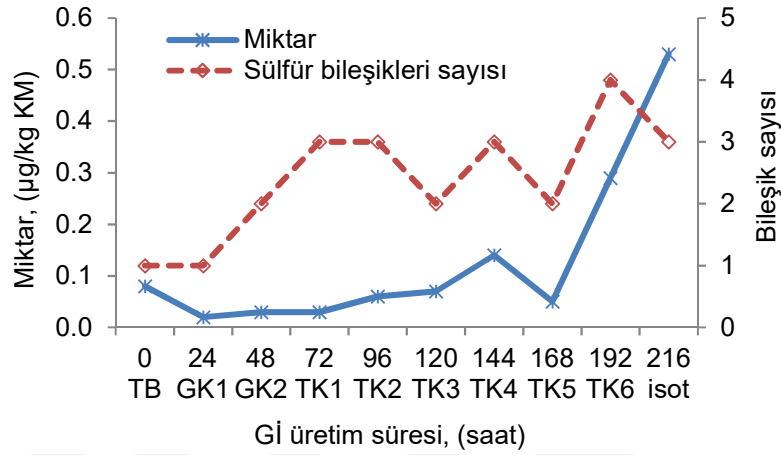


Şekil 4.45. Geleneksel isot üretimi sırasında toplam pirazin içeriğindeki değişimler

Geleneksel Urfa isodunda pirazin grubu bileşiklerden 4 adet olduğu ve bunların toplam içeriklerinin $1.05\mu\text{g/kg KM}$ olduğu tespit edilmiştir. Terletmeden önceki örnekte 2,6-dimetilpirazin, 2,3,5-trimetilpirazin, tetrametilpirazin ve 2-izobütil-3-metokspirazin bileşikleri bulunmuştur. Terletme sırasında bu bileşiklerden 2-izobütil-3-metokspirazin kaybolduğu, 2,3,5-trimetilpirazin ve tetrametilpirazinlerinin kaybolup tekrar oluştukları belirlenmiştir. Terletmeden sonra güneşte kurutma sonunda 2,3-dimetilpirazin ve 2-etil-6-metilpirazin bileşiklerinin oluştukları ve tetrametilpirazinin de kaybolduğu saptanmıştır. Üretim sırasında kaybolan tetrametilpirazinin benzer çalışmalarda kırmızıbiber baharatlarında bulunduğu tespit edilmiştir (Lee ve ark., 2004; Toontom ve ark., 2012). Terletme sırasında pirazinlerin toplam miktarının değişmediği ($P>0.05$), terletme sonrası kurutmada ise bu miktarın yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Pirazinlerin Maillard reaksiyonları olarak indirgen karbonil bileşikleri ile amino asitler arasındaki interaksiyonla oluştuğu tahmin edilmektedir (Rotsatchakul ve ark., 2008).

4.2.7.11. Sülfür bileşikleri

Gİ üretimi sırasında sülfür bileşikleri içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.46'da gösterilmiştir.



Şekil 4.46. Geleneksel isot üretiminde sülfür bileşikleri içeriğindeki değişimler

Gİ biberinde 4 tane uçucu sülfür bileşiğinin bulunduğu ve bunların toplam içeriklerinin de 0.53 µg/kg KM olduğu belirlenmiştir. Terletme öncesi örnekte dimetilsülfid ve methional bileşikler bulunmuştur. Terletme süresince methanethiol ve dimetildisülfid (soğansı) bileşiklerinin oluştuğu ve terletmeden sonra da methional bileşiğinin kaybolduğu tespit edilmiştir. Gİ örneğindeki sülfür bileşiklerinden dimetilsülfid Aragon ve ark. (2005) ve Van Ruth ve ark. (2003)'nın yaptıkları çalışmalarda da bulunmuştur. Sülfür bileşiklerinin toplam içeriklerinin terletmenin 5.gününe kadar değişmediği ($P>0.05$) ve bundan sonraki süreçte ise arttığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Bu bileşik grubunun sülfür içeren aminoasitlerden oluştuğu düşünülmektedir (Kebede ve ark., 2013).

4.2.7.12. Diğer uçucu bileşikler

Uçucu bileşik gruplarının dışında Gİ üretiminde 1-metilpirol, γ-bütirolakton, dimetilmaleik anhidrit, 2-asetilpirol (fındık-ceviz), pantolakton (pamuk şekeri), pıranon, izoeugenol ve tanımlanamayan bir bileşik olmak üzere toplamda 8 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir. Bu bileşiklerin çoğunlukla terletme işleminden sonra oluştuğu

belirlenmiştir. Bunların toplam içeriklerinin terletme süresince değişmediği ($P>0.05$) ve terletme işleminden sonra artarak 0.28 $\mu\text{g/kg}$ KM'den 3.47 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye yükseldiği saptanmıştır ($P<0.05$).



4.3. Üretilen Pul Biberlerin Özellikleri ve Depolama Sırasında Bu Özelliklerde Meydana Gelen Değişimler

Bu bölümde, farklı metotlarla üretilmiş olan Gİ, PKB, Eİ biberleri baharatlık kaliteleriyle ilgili belirlenen özellikler yönünden birbiriyle karşılaştırmış ve buna ilaveten 12 aylık depolamanın bu özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimlere ilişkin bulgular tartışılmıştır.

4.3.1. Fizikokimyasal özellikler ve depolama sırasındaki değişimleri

Üretilen pul biberlerin nem oranı, su aktivitesi, pH değeri ve titrasyon asitliği değerleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri Çizelge 4.25'te verilmiştir.

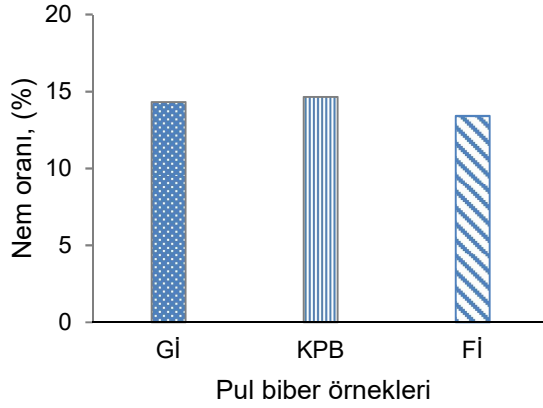
Çizelge 4.25. Pul biberlerin nem oranı, su aktivitesi, pH değeri ve titrasyon asitliği değerleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri*

Özellik	Depolama süresi (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
Nem oranı, (%)	0	14.31±0.65 ^{aA}	14.65±0.18 ^{aA}	13.41±0.26 ^{aA}
	3	14.50±0.45 ^{aA}	14.81±0.28 ^{aA}	13.45±0.27 ^{aA}
	6	14.60±0.61 ^{aA}	14.94±0.22 ^{aA}	13.45±0.31 ^{aA}
	9	14.91±1.18 ^{aA}	14.83±0.07 ^{aA}	13.67±0.24 ^{aA}
	12	14.93±0.35 ^{aA}	14.87±0.29 ^{aA}	13.49±0.03 ^{aA}
Su aktivitesi	0	0.285±0.003 ^{dC}	0.328±0.015 ^{bB}	0.455±0.003 ^{bcA}
	3	0.304±0.008 ^{cdB}	0.353±0.002 ^{abB}	0.463±0.003 ^{bA}
	6	0.314±0.009 ^{bcC}	0.388±0.001 ^{abB}	0.474±0.005 ^{aA}
	9	0.341±0.007 ^{aC}	0.405±0.000 ^{aB}	0.458±0.000 ^{bcA}
	12	0.336±0.003 ^{abB}	0.403±0.03 ^{aAB}	0.451±0.002 ^{cA}
pH	0	4.66±0.02 ^{aB}	4.96±0.06 ^{aA}	4.49±0.02 ^{aC}
	3	4.71±0.03 ^{aB}	4.95±0.08 ^{aA}	4.46±0.01 ^{aC}
	6	4.70±0.01 ^{aB}	4.92±0.07 ^{aA}	4.38±0.00 ^{bc}
	9	4.67±0.01 ^{aB}	4.83±0.04 ^{abA}	4.35±0.04 ^{bc}
	12	4.58±0.00 ^{bA}	4.67±0.06 ^{bA}	4.23±0.00 ^{cB}
Titrasyon Asitliği, (% SA)	0	4.419±0.167 ^{aA}	3.061±0.390 ^{aB}	4.073±0.146 ^{baB}
	3	4.546±0.139 ^{aA}	3.351±0.650 ^{aA}	4.222±0.023 ^{ba}
	6	4.484±0.072 ^{aA}	3.259±0.225 ^{aB}	4.413±0.160 ^{abA}
	9	4.853±0.582 ^{aA}	3.913±0.083 ^{aA}	4.867±0.250 ^{aA}
	12	4.560±0.011 ^{aAB}	4.105±0.146 ^{aB}	4.656±0.045 ^{abA}

* Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.05)

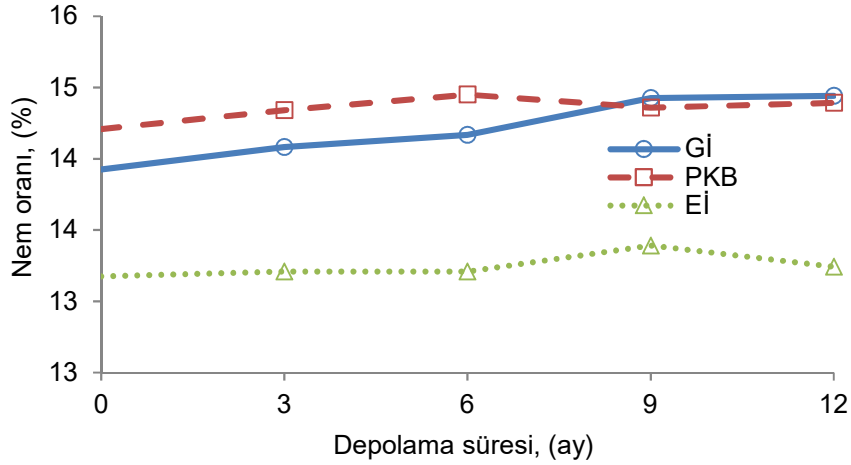
4.3.1.1. Nem miktarı

Pul biberlerin nem oranları ve bunların depolama sırasındaki değişimleri sırasıyla Şekil 4.47 ve Şekil 4.48’de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Pul biberlerin nem oranları

Gİ, PKB ve Eİ örneklerinin nem oranlarının sırasıyla % 14.31, % 14.65 ve % 13.41 olduğu saptanmıştır. Ancak, bu nem oranları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$)



Şekil 4.48. Depolama sırasında pul biberlerin nem oranındaki değişimler

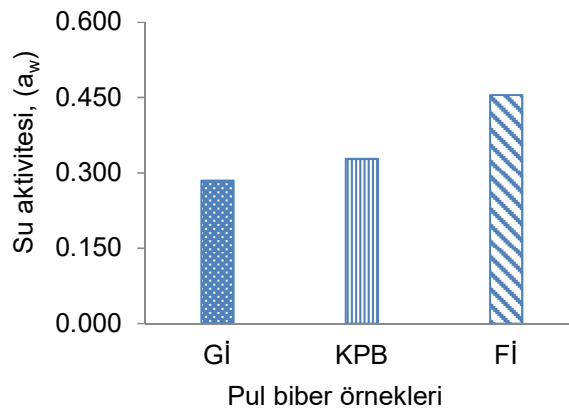
Depolama sırasında Gİ örneğinin nem oranında zamana bağlı olarak bir miktar artış olsa da bu değişim istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Benzer şekilde, PKB ve Eİ örneklerinin de depolama sırasında nem oranlarında artış veya

azalışlar meydana gelmesine rağmen bu değişimlerin de istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Ayrıca aynı depolama sırasında pul biberlerin nem içerikleri arasındaki farkların da olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Depolama sırasında nem oranlarında meydana gelen kısmi artışların da paketleme materyali olan polietilen malzemenin su buharı geçirgenliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Badeka ve ark. (2003), % 100 bağıl nemde $0.80 \mu\text{m}$ kalınlıktaki düşük yoğunluklu polietilen filmlerinin $0.54-0.56 \text{ g/m}^2$ gün su buharı geçirgenliğine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Swain ve ark. (2013), ambalajlama materyali olarak polietilen (LDPE ve HDPE) malzemelerini oda sıcaklığında kurutulmuş kırmızıbiberlerin depolanmasında kullanmışlar ve % 21.7-% 67.3 aralığındaki bağıl nemde beş ay sonra biberlerin nem oranlarının % 6.02'den % 9.16'ya yükseldiğini tespit etmişlerdir.

4.3.1.2. Su aktivitesi

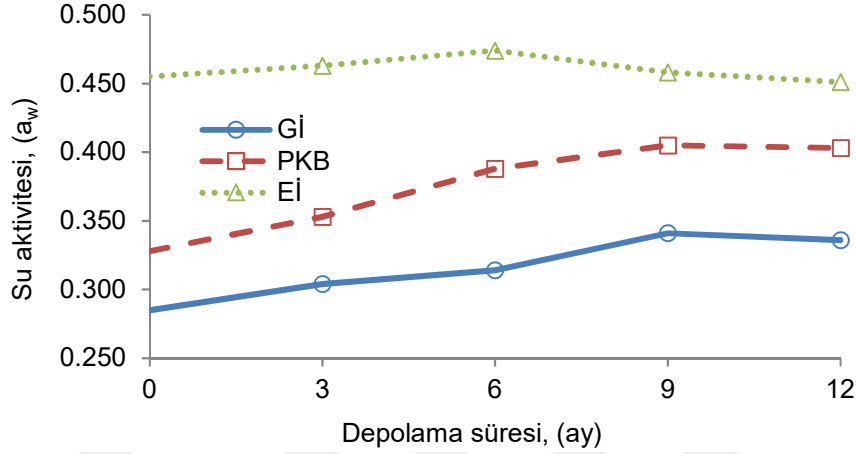
Pul biberlerin su aktivitesi değerleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri sırasıyla Şekil 4.49 ve Şekil 4.50'de gösterilmiştir.



Şekil 4.49. Pul biberlerin su aktiviteeleri

Nem oranlarındaki sonuçlardan farklı olarak pul biber örneklerinin su aktivitesi değerlerinin birbirinden farklı olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). En düşük ve en yüksek su aktiviteelerine sırasıyla Gİ ve Eİ biberlerinin sahip olduğu belirlenmiştir. Gİ'nin su

aktivitesinin en düşük olmasında, üretim sırasında katılan tuzun da etkisinin olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4.50. Depolama sırasında pul biberlerin su aktivitesindeki değişimler

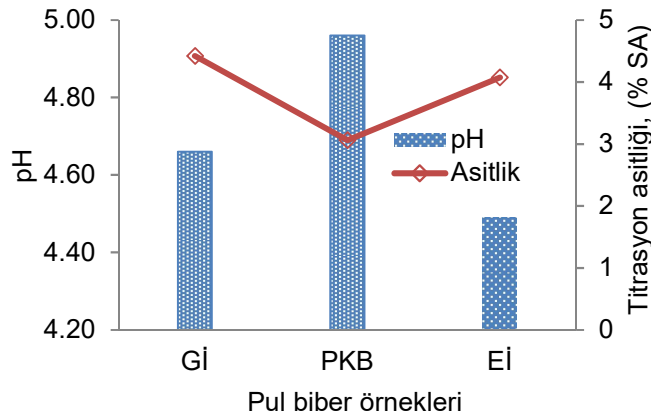
Depolama sırasında Gİ ve PKB örneklerine ait su aktivitelerinin depolamanın 9. ayına kadar bir artma eğiliminde olduğu ve bu sürenin sonunda bu değerin Gİ ve PKB için sırasıyla 0.285'ten 0.341'e ve 0.328'den 0.405'e yükseldiği tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Depolamanın son üç ayında bu iki biberin su aktivitelerinde önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır ($P > 0.05$). EI örneğinde ise, su aktivitesinin altı aylık depolama sonunda bir artış gösterdiği ($P < 0.05$) ve depolamanın sonunda bu örnekteki su aktivitesi değerinin tekrar azalarak 0.451 seviyesine düştüğü belirlenmiştir ($P < 0.05$). Depolama sonunda Gİ'nin EI'den yine daha düşük su aktivitesine sahip olduğu ($P < 0.05$), ancak PKB'deki su aktivitesinin bu iki isot örneğindeki değerlerden istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0.05$). Depolama sırasında su aktivitelerindeki artışların nem oranındaki kısmı artışlardan ileri geldiği tahmin edilmektedir. Lee ve ark. (2008)'den bildirildiğine göre gıdalarda su aktivitesi paketlenme materyalinin su geçirgenliğine bağlı olarak değişmektedir (Ordenez-Santoz ve ark., 2014).

Depolama sırasında su aktivitesinde meydana gelen artışlarla ilgili benzer sonuçlar Ordenez-Santoz ve ark. (2014) çalışmasında da bulunmuştur. Bu araştırmacılar, oda sıcaklığında sekiz ay boyunca lamine malzeme (metalik poliester/polietilen) içerisinde depolanan kırmızıbiberlerin su aktivitelerinin artış

gösterdiğini belirlemişlerdir. Depolama sırasında nem oranı ve su aktivitesi arasında orta düzeyde bir korelasyon olduğu ($r=-0.572$, $P<0.01$) saptanmıştır.

4.3.1.3. pH ve titrasyon asitliği

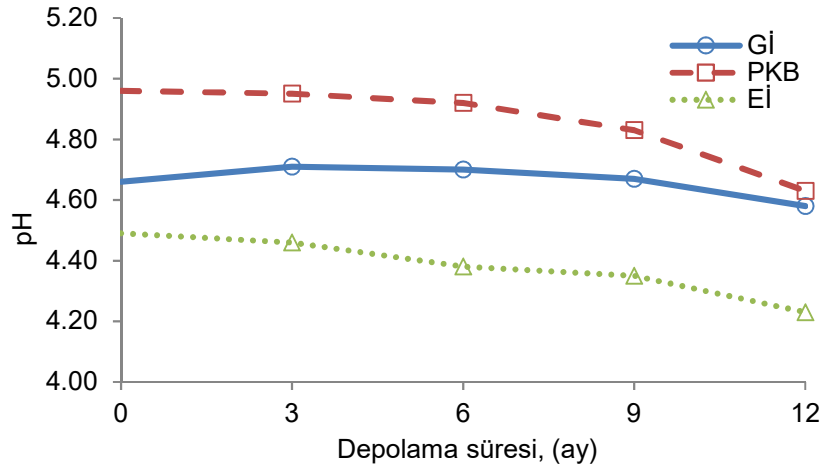
Pul biberlerin pH değerleri ve titrasyon asitlikleri ile bunların depolama sırasındaki değişimleri sırasıyla Şekil 4.51, Şekil 4.52 ve Şekil 4.53'te gösterilmiştir.



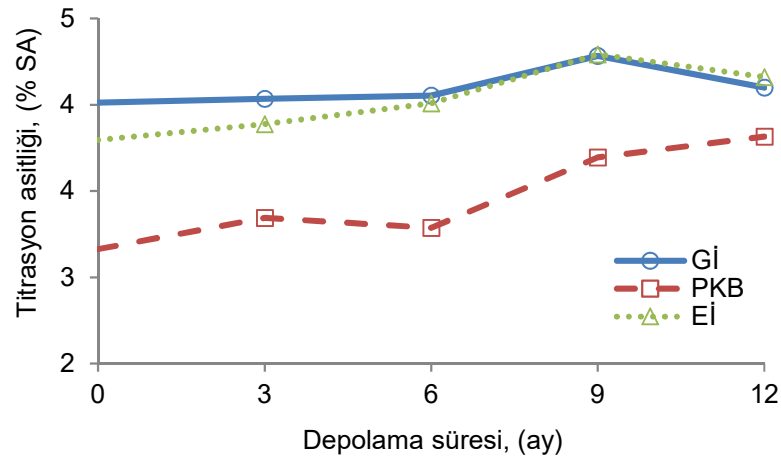
Şekil 4.51. Pul biberlerin pH değerleri ve tirasyon asitlikleri

Üretilen pul biberlerin pH değerlerinin $PKB > Gİ > Eİ$ olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Titrasyon asitliği yönünden ise en büyük değer $Gİ$ örneğinde ve en küçük değer PKB 'de olduğu belirlenmiştir. Ancak $Eİ$ biberinin titrasyon asitliğinin diğer iki örneğin titrasyon asitliğinden önemli düzeyde bir farkının bulunmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). $Gİ$ 'nin PKB 'e göre daha düşük pH ve daha yüksek titrasyon asitliğine sahip olmasının $Gİ$ 'de daha uzun üretim süresine bağlı olarak daha fazla düzeyde fermantasyonun gerçekleşmesiyle ilgili bir sonuç olduğu tahmin edilmektedir. Gallardo-Guerrero ve ark. (2010) geleneksel olarak kurutulan kırmızıbiberlerle ilgili yaptıkları çalışmada mikrobiyal floraya bağlı olarak fermantasyonun gerçekleşebildiğini belirtmiştir.

Diğer taraftan, biber baharatları üretiminde titrasyon asitliklerinde meydana gelen artışın, örneklerin pH değerlerine de aynı oranda yansımadağı saptanmıştır. $Eİ$ biberinde daha belirgin olan bu durumun, üretim esnasında oluşan ve pH değerini dengeleyici etkiye sahip bazı tampon maddelerle ilgili olabileceğı düşünülmektedir.



Şekil 4.52. Depolama sırasında pul biberlerin pH değerlerindeki değişimler



Şekil 4.53. Depolama sırasında pul biberlerin titrasyon asitliğindeki değişimler

Gİ ve PKB örneklerinde depolamanın ilk 9 ayına kadar pH değerlerinde meydana gelen azalmaların önemli olmadığı ($P>0.05$), ancak depolamanın son üç bu baharatların pH değerlerinin azalarak sırasıyla 4.58 ve 4.67'ye düştüğü saptanmıştır ($P<0.05$). Eİ biberinde ise, pH değerinin depolamanın 9.ayına ait örnekte istatistiksel düzeyde bir azalma gösterdiği ($P<0.05$), depolamanın 9. ayına kadar da bu değerinin önemli bir sergilemediği ($P>0.05$), ancak depolanın son üç ayında tekrar azalarak 4.23 seviyesine düştüğü saptanmıştır ($P<0.05$). Depolamanın sonunda PKB ve Gİ'nin pH değerleri arasında önemli bir fark bulunmazken ($P>0.05$), Eİ'nin daha düşük pH'ya sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Depolama sırasında pH'daki azalmanın organik asit miktarında meydana gelen artıştan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Rico ve ark. (2010), oda sıcaklığında 6 ay süre ile depolanan kırmızıbiberlerin pH değerlerinin bir miktar azaldığını belirlemişlerdir.

Depolama sırasında isot örneklerinin titrasyon asitliklerinde kısmi olarak artışlar meydana gelmesine rağmen bu değişimlerin istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P<0.05$). Buna karşın, PKB'nin üçer aylık depolama sürelerine göre titrasyon asitliğinin artma ve azalmalar şeklinde değişimler gösterdiği ($P<0.05$), ancak bu örneğin depolama sonundaki titrasyon asitliğinin ilk değerine göre istatistiksel olarak değişmediği tespit edilmiştir ($P>0.05$). Ayrıca, depolama sonunda PKB'nin titrasyon asitliğinin Eİ'dekine göre daha düşük olduğu ($P<0.05$), Gİ isodun titrasyon asitliğinin ise bu iki biberinkinden istatistiksel düzeyde farklı olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$).

Depolama süresinde pH değeri ve titrasyon asitliği arasında orta düzeyde bir korelasyon bulunduğu belirlenmiştir ($r=-0.590$, $P<0.01$).

4.3.1.4. Aflatoksin içerikleri ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin aflatoksin içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri Çizelge 4.26'da verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen her üç baharat örneğinin AFG₂, AFG₁ ve AFB₂ ile ilgili sonuçların negatif olduğu ($<LOD$), AFB₁ için tespit edilen miktarların ise çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, AFB₁ içeriği yönünden PKB'nin Eİ'ye göre daha fazla miktara sahip olduğu ($P<0.05$), ancak Gİ'nin bu aflatoksin miktarı açısından diğer iki baharattan farkının da bulunmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). Ayrıca, örneklerde tespit edilen bu aflatoksin içerikleri biber baharatları için Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Anonim, 2011) ve AB mevzuatında (Anonymous, 2010) aflatoksin B₁ (5 µg/kg) ve toplam aflatoksin (10 µg/kg) için belirtilen yasal limitlere göre düşük miktarlardır. AFB₁ ile ilgili bu sonuçlarımız, Ardic ve ark. (2008)'nin 75 adet ticari isot örneklerinin AFB₁ içerikleriyle ilgili elde ettikleri sonuçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. Pul biberlerin aflatoksin içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri (µg/kg)*

Aflatoksin	Depolama süresi (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
AFG ₂	0	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	6	<LOD	<LOD	<LOD
	9	<LOD	<LOD	<LOD
	12	<LOD	<LOD	<LOD
AFG ₁	0	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	6	<LOD	<LOD	<LOD
	9	<LOD	<LOD	<LOD
	12	<LOD	<LOD	<LOD
AFB ₂	0	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	6	<LOD	<LOD	<LOD
	9	<LOD	<LOD	<LOD
	12	<LOD	<LOD	<LOD
AFB ₁	0	0.142±0.002 ^{aAB}	0.198±0.002 ^{aA}	0.110±0.030 ^{aB}
	3	0.146±0.002 ^{aB}	0.201±0.008 ^{aA}	<LOD
	6	0.142±0.002 ^{aA}	<LOD	<LOD
	9	0.123±0.004 ^{bA}	<LOD	<LOD
	12	0.120±0.002 ^{bA}	<LOD	<LOD
Toplam AF	0	0.142±0.002 ^{aAB}	0.198±0.002 ^{aA}	0.110±0.030 ^{aB}
	3	0.146±0.002 ^{aB}	0.201±0.008 ^{aA}	<LOD
	6	0.142±0.002 ^{aA}	<LOD	<LOD
	9	0.123±0.004 ^{bA}	<LOD	<LOD
	12	0.120±0.002 ^{bA}	<LOD	<LOD

* Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.05)

Depolama boyunca da, örneklerdeki AFG₂, AFG₁ ve AFB₂ miktarlarının belirlenebilen limitlerin altında olduğu (<LOD) tespit edilmiştir. Gİ örneğindeki AFB₁ miktarının ilk 6 ay boyunca değişmediği (P>0.05) ve depolamanın 9. ayına ait örnekte bu aflatoksin miktarının 0.123 µg/kg düzeyine azaldığı saptanmıştır (P<0.05). Daha sonraki depolama sürecince de bu örneğin AFB₁ içeriğindeki azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (P>0.05). PKB örneğindeki AFB₁ miktarı depolamanın ilk üç ayında değişmediği (P>0.05) ve depolamanın 6. ayından itibaren bu biberdeki bu AFB₁ de bulunmadığı (<LOD) tespit edilmiştir. AFB₁'in Eİ örneğinde de depolamanın ilk üç ayında tespit edilmediği (<LOD) belirlenmiştir. Depolama sırasında aflatoksin miktarlarında herhangi bir artışın olmamasında düşük su aktivitesini etkili olduğu düşünülmektedir.

Set ve Erkmen (2010), açıkta bekletilmiş kırmızıbiberlerin paketlenmiş olanlara göre daha fazla miktarda AFB₁ ve toplam AF içerdiğini belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada (Duman, 2010), altı ay boyunca vakumlu ve hermetik (hava geçirmez) şartlarda depolanan kırmızıbiberlerdeki toplam AFB₁ ve toplam aflatoksin miktarlarında artış olmadığını belirlemiştir. Ancak, aynı çalışmada paketlerde yığın olarak depolanan PKB örneklerinde toplam AF miktarının depolama öncesi altı 0.05 µg/kg'den küçük iken, altı aylık depolama sonunda bu miktarın 1.79 µg/kg'ye yükseldiği tespit edilmiştir.

4.3.2. Renk özellikleri ve depolama sırasındaki değişimleri

4.3.2.1. Ekstrakte edilebilir renk (ASTA) ve kırmızılık/sarılık oranı

Üretilen pul biberlerin ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları ve bunların depolama sırasındaki değişimleri Çizelge 4.27'de verilmiştir.

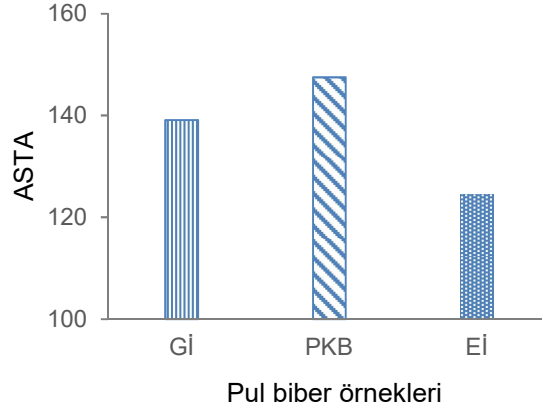
Çizelge 4.27. Pul biberlerin ASTA değerleri ve kırmızılık/sarılık oranları ve depolama sırasındaki değişimleri*

Özellik	Depolama süresi (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
ASTA	0	139.11±0.15 ^{aB}	147.5±0.48 ^{aA}	124.38±0.45 ^{aC}
	3	93.06±0.15 ^{bC}	144.06±0.79 ^{bA}	100.87±0.56 ^{bB}
	6	73.64±0.61 ^{cB}	137.26±0.46 ^{cA}	60.32±0.15 ^{cC}
	9	58.92±0.15 ^{dB}	117.02±0.16 ^{dA}	38.53±0.27 ^{dC}
	12	42.63±0.44 ^{eB}	94.09±0.15 ^{eA}	34.74±0.15 ^{eC}
Kırmızılık/sarılık	0	0.98±0.00104 ^{aA}	0.98±0.00002 ^{aA}	0.95±0.00111 ^{aB}
	3	0.98±0.00003 ^{aA}	0.97±0.00003 ^{bB}	0.94±0.00001 ^{aC}
	6	0.97±0.00007 ^{bA}	0.97±0.00215 ^{bA}	0.93±0.00016 ^{aB}
	9	0.97±0.00247 ^{bA}	0.96±0.00006 ^{cA}	0.94±0.00670 ^{aB}
	12	0.95±0.00018 ^{cA}	0.95±0.00319 ^{cA}	0.94±0.00852 ^{aA}

* Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.05)

Pul biberlerin ASTA değerleri Şekil 4.54'te verilmiştir. En büyük ASTA değerine PKB, en düşük ASTA değerine de Eİ'nin sahip olduğu belirlenmiştir. Yüksek ASTA değerlerinin yüksek karotenoid içeriklerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. ASTA'nın toplam karotenoid içeriğinin de bir ölçüsü olduğu bildirilmektedir (Minguez-Mosquera ve Perez-Galvez, 1998). Bu çalışma ile üretilen

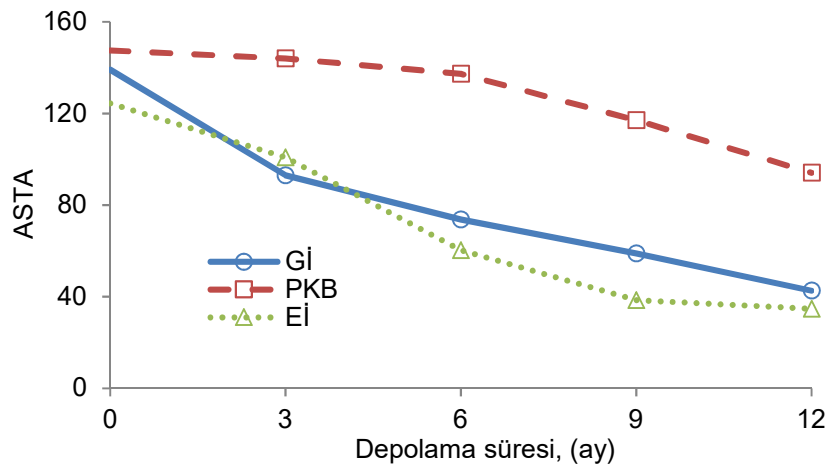
pul biberlerin ASTA değerleri ile toplam karotenoid miktarı için hesaplanan Pearson korelasyon katsayısı da ($r=976$, $P<0.01$) bu ilişkiyi desteklemektedir.



şekil 4.54. Pul biberlerin ASTA değerleri

Kırmızılık/sarılık oranı bakımından Gİ ve PKB baharatları arasında istatistiksel olarak bir farkın bulunmadığı ($P<0.05$), ancak Eİ biberinin bu iki örneğe göre daha düşük ($P<0.05$) kırmızılık/sarılık oranına sahip olduğu saptanmıştır. Bu oranla ilgili sonuçlarımız önceki çalışmaların verileriyle benzerlik göstermektedir (Carvajal ve ark., 1997; Topuz ve ark., 2009).

Depolama sırasında pul biberlerin ASTA değerlerinde meydana gelen değişimler şekil 4.55'te gösterilmiştir.



şekil 4.55. Depolama sırasında biber örneklerinin ASTA değerindeki değişimler

Depolama boyunca her üç pul biberin ASTA değerlerinin sürekli azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). Ancak, isot örneklerinin depolama sırasında PKB'ye göre daha fazla oranda ASTA değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Depolama süresince ASTA değerinde en büyük azalma oranının Eİ biberinde meydana geldiği ve depolama sonunda bu örnekteki ASTA değerinin toplamda % 72.07 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Gİ örneğinde de depolama sırasında ASTA değerindeki azalmanın azımsanmayacak düzeyde gerçekleştiği ve bu biberde 12 aylık depolamanın sonunda ASTA değerinin yaklaşık % 70 oranında azaldığı saptanmıştır. Depolama sırasında ASTA'nın en düşük oranda azaldığı örnek olan PKB'de ise depolamanın sonunda ASTA değerinin toplamda % 36 oranında azalarak belirlenmiştir. Bu değişimlere bağlı olarak depolamanın sonundaki da örneklerin ASTA değerleri arasındaki sıralamanın $PKB>Gİ>Eİ$ şeklinde olduğu saptanmıştır ($P<0.05$).

ASTA değerinin depolama sırasındaki değişimleriyle ilgili benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da bulunmuştur (Osuna-Garcia ve Wall, (1997; Topuz ve ark., 2009). Diğer taraftan, depolama sırasındaki ASTA değerleri ile toplam karotenoid içerikleri arasında da yüksek bir korelasyonun ($r=0.942$, $P<0.01$) bulunduğu tespit edilmiştir.

Gİ ve PKB örneklerinde kırmızılık/sarılık oranlarının depolama süresince azalma eğilimi gösterdiği ve depolama sonunda bu iki örneğin de kırmızılık/sarılık oranlarının 0.95' düştüğü belirlenmiştir ($P<0.05$). Buna karşın, Eİ örneğinde bu oranda depolama süresince meydana gelen değişimlerin istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). Depolamanın sonunda ise isotların ve PKB örneğinin kırmızılık/sarılık oranlarının arasında önemli bir farkın bulunmadığı saptanmıştır ($P>0.05$).

4.3.2.2. Esmerleşme indeksi

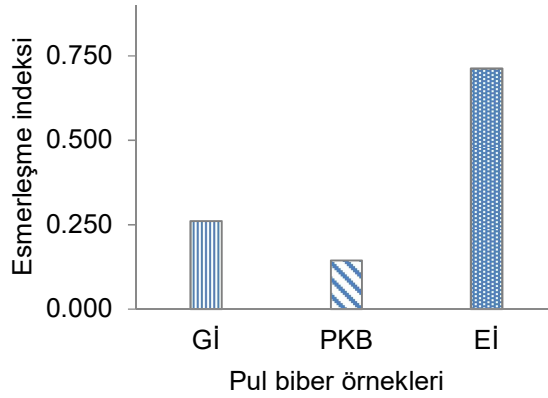
Pul biberlerin esmerleşme indeksleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Pul biberlerin esmerleşme indeksleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri*

Özellik	Depolama süresi (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
Esmerleşme indeksi	0	0.261±0.005 ^{cB}	0.144±0.004 ^{dC}	0.713±0.013 ^{dA}
	3	0.323±0.007 ^{aB}	0.172±0.002 ^{cC}	0.735±0.005 ^{cdA}
	6	0.284±0.006 ^{bB}	0.182±0.004 ^{cC}	0.751±0.006 ^{cA}
	9	0.216±0.002 ^{dB}	0.236±0.006 ^{bB}	0.923±0.013 ^{bA}
	12	0.309±0.003 ^{aB}	0.303±0.004 ^{aB}	1.035±0.007 ^{aA}

* Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.05)

Pul biberlerin esmerleşme indeksleri Şekil 4.56’da gösterilmiştir.

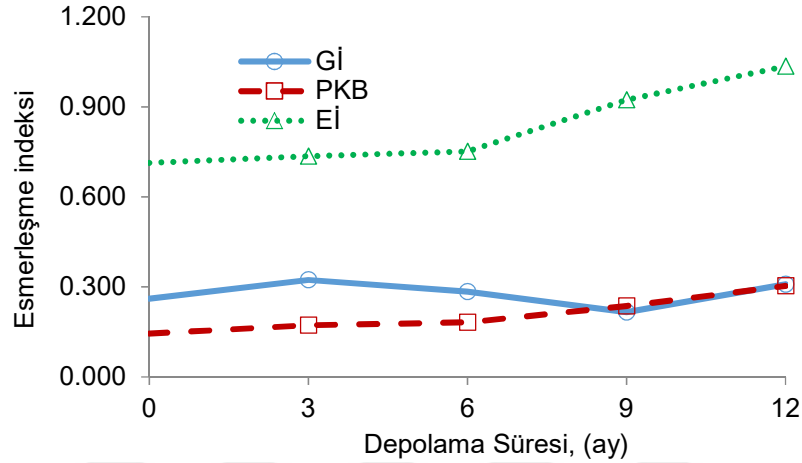


Şekil 4.56. Biber baharatların esmerleşme indeksleri

Baharatlar içerisinde PKB’nin en düşük ve Eİ’nin ise en yüksek esmerleşme indeksine sahip olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Eİ örneğimizde esmerleşme düzeyinin yüksek olmasında üretim sırasındaki ısı işlemde uygulanan yüksek sıcaklığın etkili olduğu tahmin edilmektedir. İbrahim ve ark. (1997), sıcak hava ile kurutulan kırmızıbiberlerde esmerleşme indeksinin sıcaklığa bağlı olarak yükseldiğini tespit etmişlerdir. Gİ biberindeki esmerleşmenin PKB örneğinkinden yüksek olmasının da bu örneğin üretiminde uygulanan terletme sürecindeki yüksek su aktivitesi, sıcaklık ve uzun sürenin bir aradaki etkisinden ileri geldiği tahmin edilmektedir. Biberlerin kurutulma sırasında yüksek sıcaklık ve su aktivitesinin kahve renkli bileşiklerin oluşumunu tetiklediği bildirilmektedir (Rhim ve Hong, 2011). Bu çalışmada üretilen isot biberlerine ait esmerleşme indekslerinin benzer çalışmalardaki (Topuz ve ark., 2009; Valazaquez ve ark., 2014) esmerleşme indekslerinden daha yüksek olduğu

belirlenmiştir. Bu durumun üretim esnasındaki terletme süreci ve ısıtılma işleminden dayalı üretim proseslerindeki uygulamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Depolama sırasında baharatların esmerleşme indeksinde meydana gelen değişimler Şekil 4.57’de gösterilmiştir.



Şekil 4.57. Depolama sırasında pul biberlerin esmerleşme indeksindeki değişimler

Gİ’nin depolama süresince esmerleşme indeksinde artışlar ve azalış olacaklar şekilde üç ayrı değişim sergilediği belirlenmiştir. Bu örneğin esmerleşme indeksinin depolamanın ilk üç ayında % 23 oranında artma, depolamanın sonraki altı aylık sürecinde ise % 33 oranında azalma ve depolamanın son üç ayında tekrar artarak % 43 oranında yükseldiği tespit edilmiştir. Gİ biberinin esmerleşme indeksi bir yıllık depolama sonunda ise ilk değerine göre toplamda % 18’lik bir artış sergilediği saptanmıştır. PKB ve EI baharatlarında ise depolama süresince esmerleşme indekslerinde artış eğilimi olduğu ve depolama sonunda bu örneklerin esmerleşme indeksindeki artış oranlarının sırasıyla % 110 ve % 45 olduğu belirlenmiştir. Depolamanın başında PKB’nin esmerleşme indeksinin Gİ’dekine göre % 44 oranında daha düşük iken, depolama sırasında bu baharatın esmerleşme indeksinde meydana gelen belirgin artışla 9. aydan itibaren Gİ’nin esmerleşme indeksine yaklaştığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Depolama sırasında esmerleşme indeksinde meydana gelen artışların enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının devamından kaynaklandığı tahmin

edilmektedir. Ayrıca, PKB'ye ait esmerleşme indeksinin depolama sırasında daha fazla oranda artmasında bu örneğin depolamanın başındaki düşük esmerleşme indeksinin bir etkisini olduğu tahmin edilmektedir. Benzer bir sonuç Topuz ve ark. (2009)'un çalışmasında da elde edilmiştir. Bu araştırmacılar, depolama sonunda esmerleşme indeksinde en fazla artışın gerçekleştiği kırmızıbiberin depolamanın başındaki en düşük esmerleşme indeksine sahi örnek olduğunu belirtmişlerdir. Diğer taraftan, depolama boyunca esmerleşme indekslerindeki artışların su aktivitelerindeki değişimden de etkilendiği düşünülmektedir. Yapılan korelasyon testinin de ($r=0.779$, $P<0.01$) bu etkiyi doğrulayıcı nitelikte olduğu belirlenmiştir.

4.3.2.3. Yüzey renk parametreleri

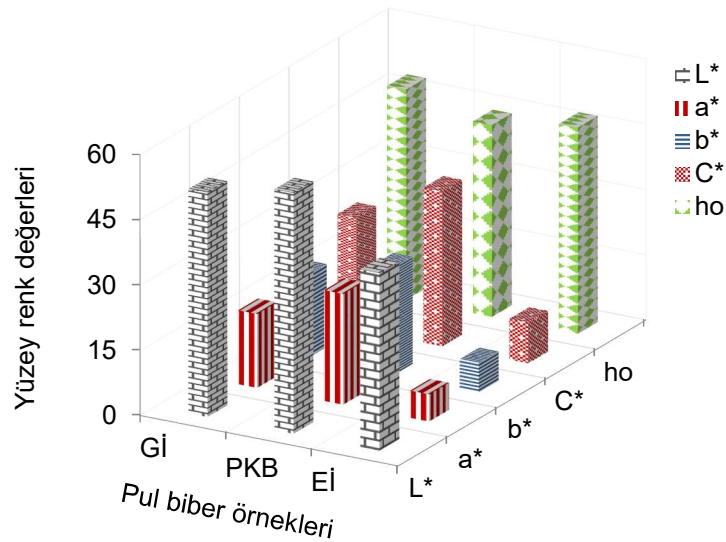
Pul biberlerin yüzey renk parametrelerine ait değerler ve bunların depolama sırasındaki değişimleri Çizelge 4.29 verilmiştir. Gİ ve PKB'nin L^* değerleri arasındaki farkın istatistiki düzeyde önemli olmadığı ($P>0.05$) ve Eİ'nin de daha düşük L^* değerine sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Bu sonuçlar, Eİ'nin Gİ ve PKB'ye göre daha siyah bir görüntüye sahip olduğunu göstermektedir. Kırmızı rengi temsil eden a^* parametresi açısından örneklerdeki büyüklüğün $PKB>Gİ>Eİ$ şeklinde olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Ayrıca, en büyük ve en küçük a^* değerine sahip örnekler olan PKB ve Eİ arasında yaklaşık dört kat büyüklükte bir farkın bulunduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, Gİ'nin a^* değerinin de Eİ biberinin a^* değerine göre 2.7 kat daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Sarı rengi temsil eden b^* parametresinin yönünden örnekler arasındaki ilişkinin a^* parametresindeki durumla benzerlik gösterdiği ve en küçük ile en büyük b^* değerleri sırasıyla PKB ile Eİ örneklerinde bulunmuştur ($P<0.05$). Renk yoğunluğunu ifade eden C^* değerlerinin örneklerdeki büyüklük sırlamasının da a^* ve b^* parametrelerindeki duruma paralel olarak $PKB>Gİ>Eİ$ şeklinde olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Renk açısı olarak tanımlana h^* değeri yönünden ise baharatlar arasında önemli farkların olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.29. Pul biberlerin yüzey renk değerleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri*

Yüzey renk parametresi	Depolama süresi (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
L*	0	51.64±0.19 ^{bcA}	55.49±1.56 ^{aA}	41.01±0.45 ^{aB}
	3	53.04±0.13 ^{abA}	54.43±2.47 ^{abA}	41.52±0.47 ^{aB}
	6	53.73±0.70 ^{aA}	50.30±0.15 ^{abB}	42.35±0.57 ^{aC}
	9	52.62±0.59 ^{abcA}	50.91±0.64 ^{abA}	41.40±0.75 ^{aB}
	12	50.99±0.26 ^{cA}	49.09±0.11 ^{bA}	41.60±0.12 ^{aB}
a*	0	17.04±0.63 ^{aB}	25.55±0.11 ^{aA}	6.30±0.55 ^{aC}
	3	15.15±0.16 ^{bB}	24.33±1.31 ^{aA}	6.16±0.11 ^{abC}
	6	13.81±0.19 ^{cB}	20.76±0.32 ^{bA}	5.93±0.14 ^{abC}
	9	12.08±0.15 ^{dB}	18.47±0.09 ^{bA}	5.01±0.47 ^{bcC}
	12	11.72±0.35 ^{dB}	15.02±0.53 ^{cA}	4.35±0.03 ^{cC}
b*	0	19.14±0.44 ^{aB}	24.77±0.92 ^{aA}	6.86±0.49 ^{aC}
	3	19.59±0.21 ^{aA}	23.56±2.72 ^{abA}	6.81±0.20 ^{aB}
	6	19.61±0.92 ^{aA}	18.77±0.57 ^{bcA}	6.77±0.35 ^{aB}
	9	17.93±0.32 ^{abA}	18.83±0.50 ^{bcA}	6.79±0.27 ^{aB}
	12	16.76±0.15 ^{bA}	15.99±1.42 ^{cA}	5.18±0.10 ^{bB}
C*	0	25.63±0.75 ^{aB}	35.59±0.71 ^{aA}	9.35±0.01 ^{aC}
	3	24.77±0.62 ^{aB}	33.88±2.83 ^{aA}	9.16±0.10 ^{aC}
	6	23.99±0.86 ^{aB}	27.99±0.61 ^{bA}	9.01±0.35 ^{abC}
	9	21.62±0.35 ^{bB}	26.39±0.30 ^{bcA}	8.45±0.07 ^{bcC}
	12	20.45±0.33 ^{bA}	21.95±1.39 ^{cA}	6.76±0.05 ^{cB}
h°	0	48.33±0.39 ^{aA}	44.09±0.94 ^{aA}	47.41±4.46 ^{aA}
	3	52.29±0.61 ^{bA}	43.93±1.79 ^{aB}	48.03±0.48 ^{aAB}
	6	54.80±0.90 ^{aA}	42.05±0.51 ^{aC}	48.76±0.78 ^{aB}
	9	56.02±0.13 ^{aA}	45.58±0.92 ^{aB}	53.56±3.64 ^{aAB}
	12	55.06±0.54 ^{aA}	46.57±1.56 ^{aB}	49.94±0.67 ^{aB}

* Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.05)

Pul biberlerin yüzey renk değerleri Şekil 4.58’de gösterilmiştir.

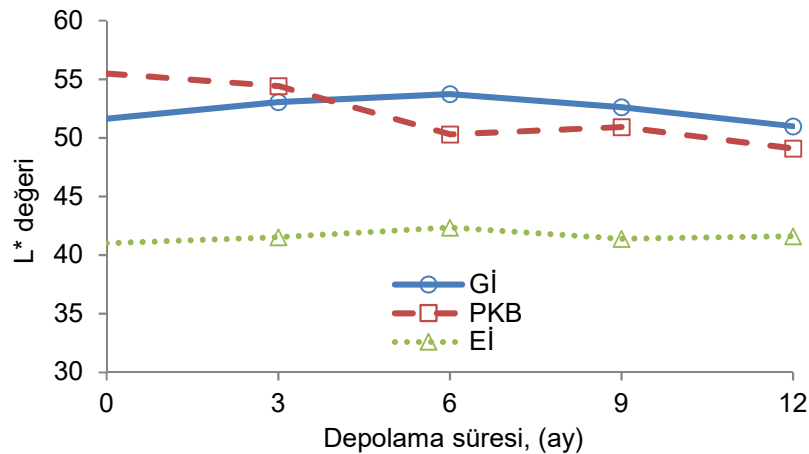


Şekil 4.58. Pul biberlerin yüzey renk parametreleri

Yüzey renk parametreleriyle ilgili bu sonuçlar, PKB'nin isot biberlerine göre daha yüksek a^* , b^* ve C^* değerlerine sahip olduğu ve buna bağlı olarak bu baharatın daha doygun bir renk yansıttığını göstermiştir. Ayrıca, Gİ'nin de Eİ'ye göre daha yüksek renk parametrelerine sahip olmasından dolayı daha yoğun bir renkte görüldüğü belirlenmiştir. Eİ'nin daha düşük renk parametrelerine sahip olmasının üretim sırasındaki yüksek sıcaklığa dayalı karotenoid kayıplarının da daha fazla olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Vega-Galvez ve ark., 2008). Pul biberlerin a^* , b^* ve C^* değerleri ile toplam karotenoid miktarları için yapılan korelasyon testleri de bu durumu desteklemektedir.

PKB ve Gİ baharatlarının yüzey renk değerlerinin bir çalışma sonuçlarıyla uyumlu olduğu, ancak Eİ biberinin yüzey renk değerlerinin literatürdeki bir çok çalışma sonuçlarına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Tepic ve Vujicic, 2004; topuz ve ark., 2009; Rico ve ark., 2010; Duman, 2010). Bu farklılığın daha çok üretim metodundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Depolamanın da pul biberlerin yüzey renk değerleri üzerinde bir takım etkileri olduğu belirlenmiştir. Örneklerin L^* değerlerinin depolama sırasındaki değişimleri Şekil 4.59'da gösterilmiştir.

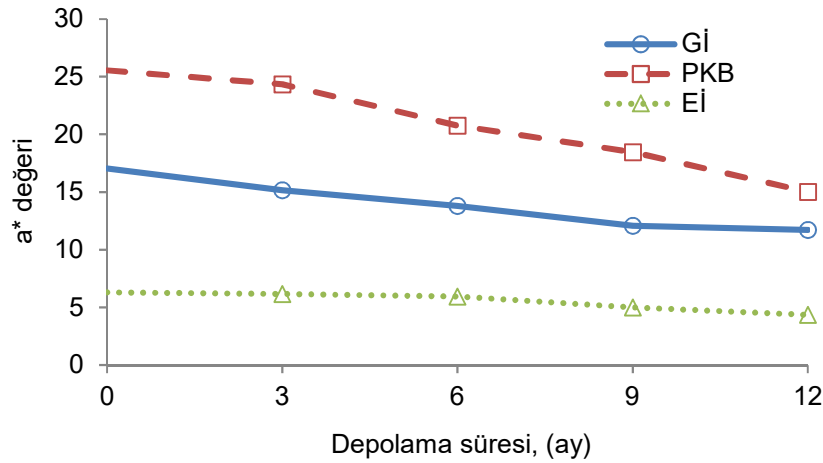


Şekil 4.59. Depolama sırasında pul biberlerin L^* değerindeki değişimler

Gİ örneğinin L^* değeri depolamanın ilk altı ayında bir artış eğiliminde olduğu ve bu sürenin sonunda yaklaşık % 4 oranında yükseldiği belirlenmiştir ($P < 0.05$). Bu

biberdeki L^* değeri depolamanın 6 ayında ise azalmaya geçmiş ve depolamanın sonunda bu kez % 5 azalarak ($P<0.05$) depolamanın başındaki değere yaklaştığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). PKB’de depolama sırasında L^* değerinin genel olarak bir azalma sergilediği ve depolamanın sonunda toplamda yaklaşık % 11 oranında azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). Eİ biberi ise, L^* değerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ($P>0.05$). L^* değişkeniyle ilgili bu sonuçlar, bir yıllık depolama sonunda isot örneklerindeki siyah renk tonunda önemli bir değişim olmadığı, ancak PKB’de bu süre sonunda siyahlığın bir miktar artış sergilediğini göstermektedir.

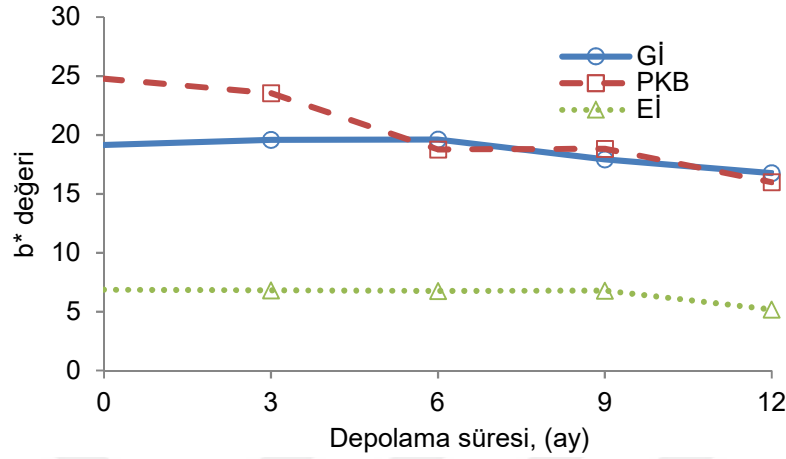
Baharatların a^* değerlerinin depolama sırasındaki değişimleri Şekil 4.60’da gösterilmiştir.



Şekil 4.60. Depolama sırasında pul biberlerin a^* değerindeki değişimler

Gİ örneğinde a^* değerinin depolamanın 9. ayına kadar azaldığı ($P<0.05$) ve sonraki üç ayda ise a^* değerinde meydana gelen azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). PKB ve Eİ baharatlarına ait a^* değerlerinin de depolama esnasında genel olarak azalma eğilimi gösterdikleri ve depolamanın sonunda PKB ve Eİ örneklerinde toplamda sırasıyla % 41 ve % 31 oranında azaldıkları belirlenmiştir ($P<0.05$). Depolamanın başında olduğu gibi, depolamanın sonunda da en büyük ve en küçük a^* değerlerinin sırasıyla PKB ve Eİ örneklerinde bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Biber örneklerinin b^* değerlerinin depolama sırasındaki değişimleri Şekil 4.61’de gösterilmiştir.

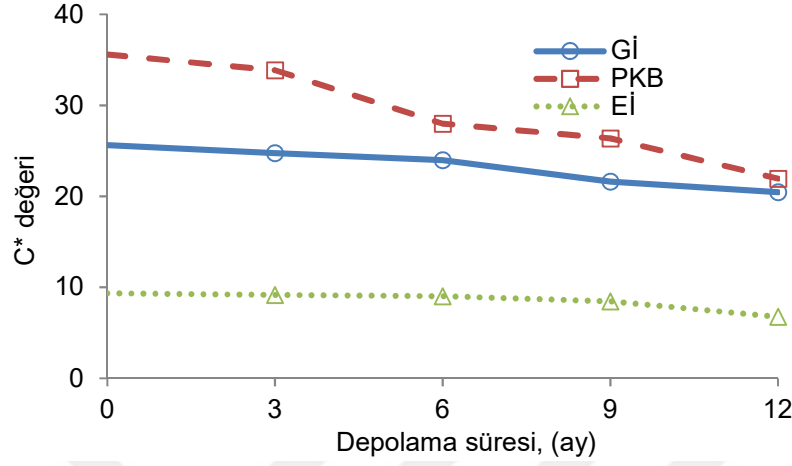


Şekil 4.61. Depolama sırasında pul biberlerin b^* değerindeki değişimler

Gİ biberinde depolamanın 9. ayında kadar b^* değerinde meydana gelen değişimlerin önemli olmadığı ($P>0.05$), ancak depolamanın son üç ayındaki azalmaya bağlı olarak b^* değerinin toplamda % 12.43 oranında azaldığı belirlenmiştir ($P<0.05$). PKB’ye ait b^* değerinde ise depolamada süresince önemli değişimlerin 6. ve 12. aydaki örneklerde gerçekleştiği ($P<0.05$) ve depolamanın sonunda bu baharatın b^* değerindeki toplam azalma miktarının % 35.44 oranında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Eİ örneğinde b^* değerinin depolamanın ilk 9 ayında önemli oranda değişmediği ($P>0.05$), ancak depolamanın son üç ayında % 23.71 oranında azaldığı ve depolama sonunda bu örneğin b^* değerinde toplamda % 24.48 oranında bir azalma meydana geldiği saptanmıştır.

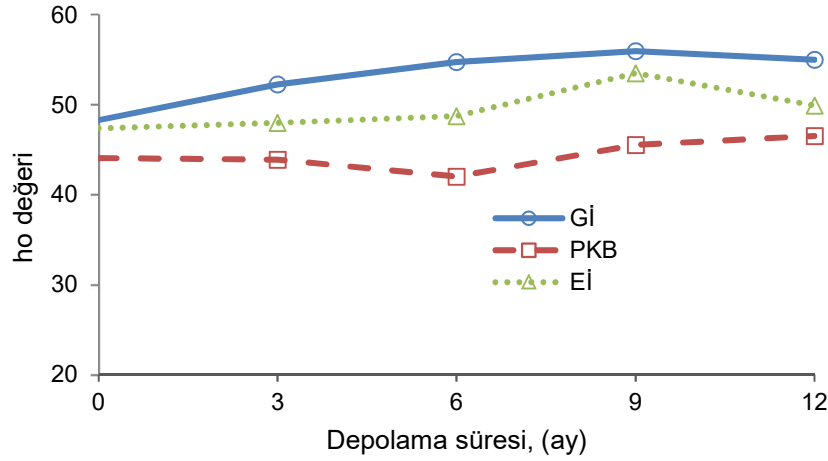
Pul biberlerin C^* değerlerinde depolama sırasında meydana gelen değişimler Şekil 4.62’de gösterilmiştir. Depolama süresince a^* ve b^* parametrelerindeki değişimlere bağlı olarak baharatların C^* değerinde de genel olarak azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ancak, depolama sonunda PKB’nin C^* değerindeki toplam azalma oranının isot çeşitlerinin C^* değerindeki toplam oranlarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. PKB, Eİ ve Gİ baharatlarının C^* parametresinde depolama sonunda toplamda meydana gelen azalma oranlarının sırasıyla % 38.32, % 27.70 ve % 20.21 olduğu saptanmıştır. Ayrıca, depolamanın başındakinden farklı olarak depolama

sonunda PKB ve Gİ örnekleri arasında önemli bir fark olmadığı ($P>0.05$) ve Eİ'nin yine en düşük C^* değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).



Şekil 4.62. Depolama sırasında pul biberlerin C^* değerindeki değişimler

Baharatların h^o değerlerinde depolama sırasında meydana gelen değişimler Şekil 4.63'te gösterilmiştir.



Şekil 4.63. Depolama sırasında pul biberlerin h^o değerindeki değişimler

Gİ örneğine ait h^o değerinin depolamanın 6. ayına kadar artarak 48.33'ten 54.80'e yükseldiği ($P<0.05$) ve sonraki depolama sürecinde bu değerde istatistiksel olarak önemli bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). PKB ve Eİ baharatlarının ise h^o parametrelerinde depolama sırasında meydana gelen değişimlerin istatistiki olarak önemli olmadığı bulunmuştur ($P>0.05$). Depolama sırasında bu iki

örneğin a^* ve b^* değerleri benzer değişimler gösterdiğinden h° parametresi de önemli değişimler göstermemiştir (Topuz ve ark., 2009). Bununla beraber, depolamanın başında her üç örneğin h° değerleri arasındaki önemli bir fark yok iken ($P>0.05$), depolamanın sonunda Gİ'ye ait h° değerinin diğer iki örneğine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).

Depolama sırasında pul biberlerin yüzey renk parametrelerindeki değişimlerle ilgili alınan sonuçlarımız, Gİ biberinin kırmızılık (a^*), sarılık (b^*) ve renk doygunluğu (C^*) değerlerinin en düşük oranlarda azalmanın meydana geldiği örnek olduğunu göstermiştir. Buna karşın, PKB baharatı depolama başında bu renk özellikleri yönünden en yüksek değerlere sahip örnek olmasına rağmen bir yıllık depolama sonunda bu renk parametrelerinde en fazla oranda kayıpların meydana geldiği örnek olduğu belirlenmiştir. Bu sonucumuzun bir benzeri de Topuz ve ark. (2009) tarafından bulunmuştur. Bu araştırmacılar, farklı kurutma metotlarıyla ürettikleri kırmızıbiberlerden en yüksek L^* , a^* , b^* ve C^* değerlerine sahip örneklerin üç aylık depolama sonunda bu değerlerde en fazla azalmanın gerçekleştiği örnekler olduğunu belirtmişlerdir.

Diğer taraftan, literatürde depolamanın kırmızıbiberlerin yüzey renk özellikleri üzerindeki etkisiyle ilgili birbirinden farklı sonuçların da elde edildiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Belovic ve ark. (2014), bir yıllık depolama sonunda kırmızıbiber tozlarında L^* ve b^* değerlerinin arttığını, a^* değerinin ise azaldığını saptamışlardır. Bignardi ve ark., (2016) ise oda sıcaklığındaki 12 aylık depolama süresi sonunda kırmızıbiber baharatlarında b^* ve L^* parametrelerinin biber çeşitlerine bağlı artabileceğini de tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada (Topuz ve ark., 2009), farklı kurutma teknikleriyle elde edilmiş kırmızıbiber baharatlarından bazılarının üç aylık depolama sonunda yüzey renk özelliklerinde önemli değişimlerin meydana gelmediği belirlenmiştir. Bu farklılıkların biber çeşidi, kurutma/üretim metodu, depolama süresi ve şartları gibi etkenlerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Yüzey renk özelliklerinin depolama sırasındaki bu değişimlerinin karotenoidlerdeki kompozisyon/miktar değişimlerinden ve enzimatik olmayan

esmerleşme reaksiyonlarıyla oluşan bileşiklerden ileri geldiği tahmin edilmektedir (Sigge ve ark., 2001; Topuz, 2008; Ordenez-Santos ve ark., 2014). Depolama sırasındaki değişimlerle ilgili yapılan korelasyon analizine ait sonuçlar da elde edilen sonuçlar da bu durumu destekleyici özelliktedir.

Depolama süresince yüzey renk parametreleri ile su aktivitesi, nem oranı, esmerleşme indeksi, ASTA değeri ve toplam karotenoid içeriği arasında yapılan korelasyona ilişkin Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.30’da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Pul biberlerin depolama sırasındaki yüzey renk parametreleri ile su aktivitesi, nem oranı, esmerleşme indeksine ve ASTA değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

Korelasyon	L*	a*	b*	C*	h°
Aw	-0.893**	-0.656**	-0.850**	-0.772**	-0.192
Nem oranı	0.680**	0.628**	0.693**	0.675**	-0.067
Esmerleşme indeksi	-0.919**	-0.879**	-0.941**	-0.928**	0.198
ASTA	0.417*	0.736**	0.551**	0.648**	-0.736**
Toplam karotenoid	0.527**	0.811**	0.648**	0.736**	-0.676**

** Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (P<0.05)

* Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (P<0.01)

Depolama sırasındaki korelasyon sonuçları, h° değişkeni hariç diğer bütün yüzey renk değişkenleri ile su aktivitesi, nem oranı ve esmerleşme indeksindeki değişimler arasında bazı ilişkiler olduğunu göstermektedir. Özellikle renk kaybının bir göstergesi olarak da kabul edilen esmerleşme indeksi ve yüzey renk değerleri arasındaki korelasyon katsayılarının yüksek ve negatif yönlü olduğu saptanmıştır. Bu durum, esmerleşme düzeyinde meydana gelen artışın biber baharatlarında yüzey rengi olumsuz etkilediğini doğrular niteliktedir. Ayrıca, depolama süresince ASTA değerleri ile yüzey renk arasında korelasyonlar olduğu belirlenmiştir. Tepic ve Vujicic (2004), depolama sırasında ASTA değerleri ve yüzey renk parametreleri arasında korelasyon olduğunu belirtmişlerdir.

4.3.2.4. Toplam karotenoid içerikleri ve depolama sırasındaki değişimleri

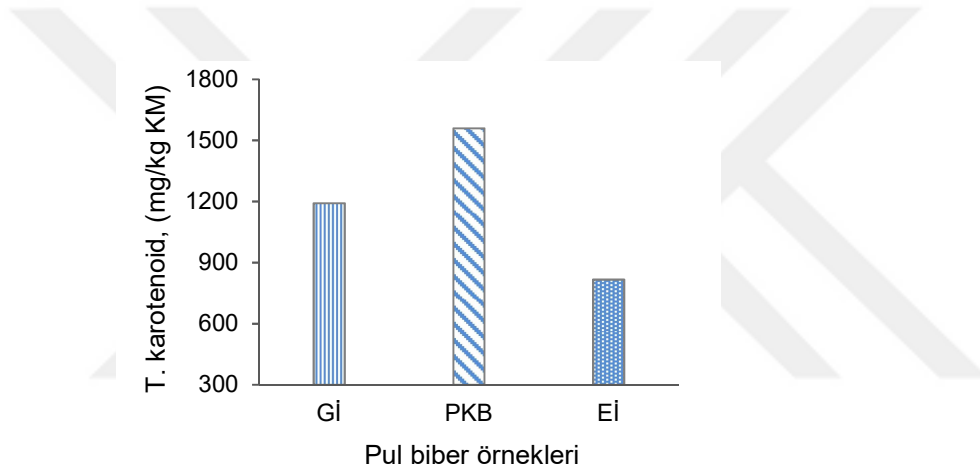
Üretilen pul biberlerin toplam karotenoid içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Pul biberlerin toplam karotenoid içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişim değerleri (mg/kg KM)*

Özellik	Depolama süresi (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
Toplam karotenoid	0	1191.71±3.15 ^{aB}	1559.30±14.58 ^{aA}	816.60±11.80 ^{aC}
	3	616.74±1.96 ^{bB}	1028.20±7.73 ^{bA}	506.24±5.67 ^{bB}
	6	488.11±2.37 ^{cB}	1012.20±8.98 ^{bA}	392.04±5.38 ^{cC}
	9	415.80±2.88 ^{dB}	865.47±9.64 ^{cA}	193.99±1.88 ^{dC}
	12	353.34±2.33 ^{eB}	776.54±2.46 ^{dA}	124.29±0.59 ^{eC}

* Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.05)

Pul biberlerin toplam karotenoid içerikleri Şekil 4.64'te gösterilmiştir.



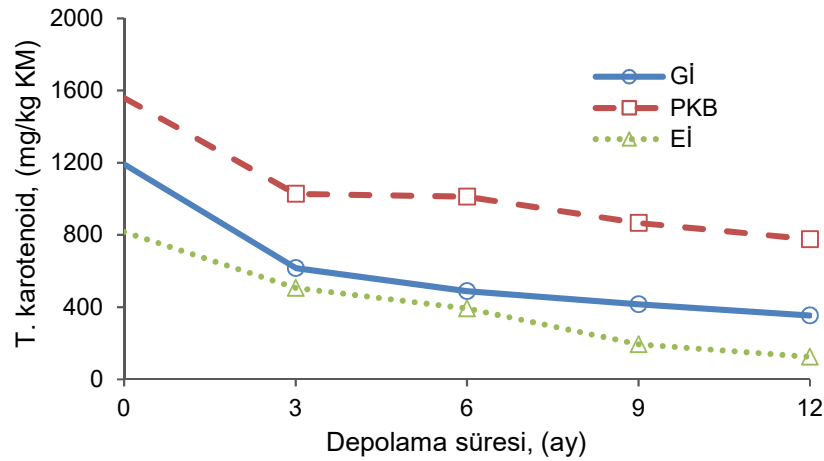
Şekil 4.64. Pul biberlerin toplam karotenoid içerikleri

PKB'nin Eİ'ye nazaran yaklaşık 2 kat daha fazla karotenoid içerdiği ve Gİ'nin de Eİ biberine göre % 47.63 oranında daha fazla karotenoid miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, isot üretim süreçlerinin PKB üretimine göre daha fazla oranda karotenoid bozulmasına neden olduğunu göstermektedir. İso biberlerinin üretim süreçlerinde terletme ve ısıtma işlemlerinin daha fazla miktarda karotenoidin bozulmasında kilit rollerinin bulunduğu tahmin edilmektedir. Kırmızı biberlerin kurutulması esnasında görece olarak daha yüksek sıcaklıkların daha fazla miktarlarda karotenoid bozulmasına da neden olduğu belirtilmektedir (Minguez-Mosquera ve ark., 1994; Topuz ve Ozdemir, 2003). Ayrıca, Eİ üretimi esnasındaki ısıtma işleminin Gİ üretimindeki terletme işlemine göre daha fazla miktarda karotenoid kaybına neden olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, sıcaklık-süre rejimindeki

farklılıklara bağı olarak karotenoidlerin de farklı düzeylerde oksidatif-termal bozunmaya uğramasıyla ilintili olduğu düşünülmektedir (Perez-Galvez ve ark., 2005; Gallardo-Guererro ve ark., 2010).

Yapılan çalışmalar kırmızıbiberlerden elde edilen baharatların karotenoid içerikleri, kullanılan biberin çeşidi, kurutma veya üretim metodu, öğüt tipi ve boyutu gibi faktörler belirlemektedir (Minguez-Mosquera ve Hornero-Mendez, 1994; Minguez-Mosquera ve ark., 1994; Topuz ve Ozdemir, 2003; Topuz ve ark., 2011)

Kırmızıbiber baharatlarında karotenoidlere dayalı renk kalitesinde meydana gelen kayıplar temel bir problemdir. Bu çalışmadaki depolamanın da pul biberlerin toplam karotenoid içeriklerinde önemli değişimler meydana getirdiği belirlenmiştir. Bu değişimler Şekil 4.65'te gösterilmiştir.



Şekil 4.65. Pul biberlerin depolama sırasında toplam karotenoid içeriklerindeki değişimler

Her üç pul biber örneğinde toplam karotenoid içeriklerinin üçer aylık depolama periyotları boyunca kademeli olarak azaldığı ve bu azalmaların da çoğunluğunun depolamanın ilk üç ayında gerçekleştiği saptanmıştır ($P < 0.05$). GI, PKB ve EI biberlerinin bu üç aylık süre zarfında toplam karotenoid miktarında gerçekleşen kaybın depolama süresince meydana gelen toplam kaybın sırasıyla % 68.58, % 67.85 ve % 44.86 oranlarında denk geldiği tespit edilmiştir. Bir yıllık depolama sonunda ise GI, PKB ve EI baharatlarının toplam karotenoid miktarındaki azalma oranları sırasıyla % 70.35, % 50.20 ve % 84.78 olarak bulunmuştur.

PKB'nin depolama sonunda toplam karotenoid miktarındaki azalma oranıyla ilgili elde edilen sonuçlarımız, Topuz ve Özdemir (2003)'in bulduğu sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bu araştırmacılar, oda sıcaklığında 10 ay süreyle depolanan kırmızıbiberlerin toplam karotenoid miktarının % 42.5 oranında azaldığını ve bu azalmanın da yaklaşık % 85'lik kısmının depolamanın ilk altı ayında meydana geldiğini belirlemişlerdir. Buna karşın, isot çeşitlerinin toplam karotenoid içeriğindeki azalma oranıyla ilgili sonuçlarımız ise hem bu çalışmada hem de diğer bazı çalışmalarda (Schweiggert ve ark., 2007; Perez-Galvez ve ark., 2009; Ordonez-Santoz ve ark. (2014) bulunan oranlardan yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın, kullanılan biber çeşidi, kurutma ve üretim teknikleri, depolama koşulları ve süresi gibi etmenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3.3. Acılık özellikleri ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin toplam karotenoid içerikleri ve acılık birimleri ile bunların depolama sırasındaki değişim miktarları Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Pul biberlerin kapsaisinoid içerikleri (mg/kg KM), acılık birimleri ve bunların depolama sırasındaki değişim değerleri*

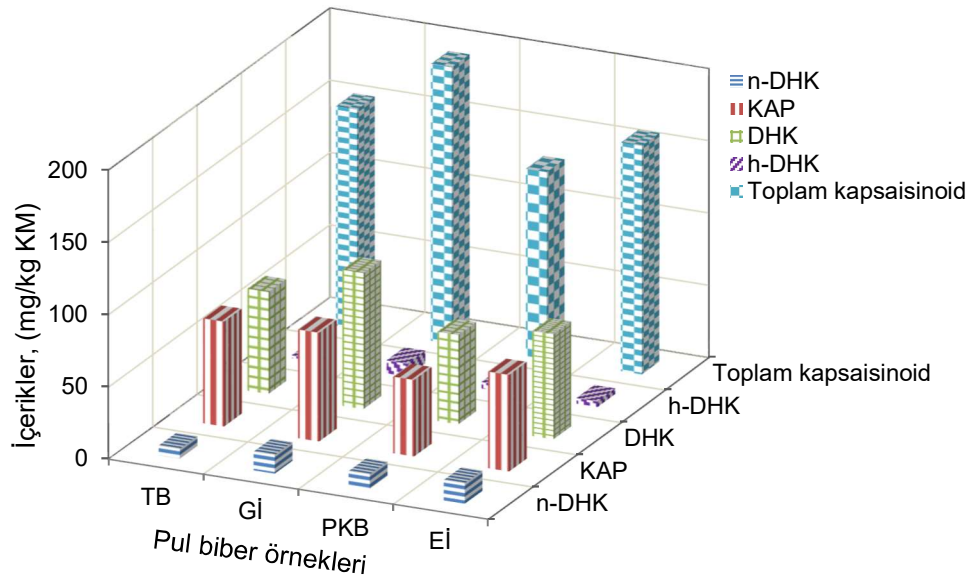
Özellik	Depolama süresi (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
n-DHK	0	13.11±0.08 ^{bA}	9.97±0.10 ^{bA}	14.20±1.99 ^{aA}
	3	11.10±0.14 ^{dA}	13.07±1.92 ^{abA}	13.92±1.95 ^{aA}
	6	10.24±0.01 ^{eA}	15.16±0.14 ^{abA}	13.90±1.72 ^{aA}
	9	11.92±0.14 ^{cB}	13.35±0.11 ^{aA}	11.58±0.11 ^{aA}
	12	13.70±0.03 ^{aA}	12.08±0.08 ^{abA}	14.00±2.22 ^{aA}
KAP	0	75.28±0.14 ^{bA}	53.14±0.14 ^{cC}	67.14±0.01 ^{aB}
	3	65.74±0.05 ^{dA}	58.96±0.09 ^{dB}	65.79±0.00 ^{bA}
	6	62.52±0.06 ^{cC}	65.73±0.03 ^{bA}	64.19±0.31 ^{cB}
	9	67.79±0.17 ^{cB}	75.12±0.00 ^{aA}	62.57±0.20 ^{dC}
	12	76.68±0.05 ^{aA}	63.74±0.08 ^{cB}	63.90±0.00 ^{cB}
DHK	0	94.04±0.27 ^{bA}	61.71±0.22 ^{cC}	72.71±0.05 ^{aB}
	3	82.54±0.08 ^{dA}	63.49±0.09 ^{dC}	71.25±0.05 ^{bB}
	6	75.43±0.11 ^{eA}	70.49±0.04 ^{BB}	69.69±0.21 ^{dB}
	9	85.63±0.33 ^{cA}	79.56±0.16 ^{aB}	67.93±0.13 ^{cC}
	12	96.75±0.30 ^{aA}	68.31±0.00 ^{cC}	70.14±0.05 ^{cB}
h-DHK	0	9.01±0.11 ^{aA}	4.55±0.06 ^{aB}	3.93±0.05 ^{aC}
	3	7.25±0.08 ^{cA}	3.20±0.05 ^{bC}	3.86±0.05 ^{abB}
	6	7.03±0.27 ^{cA}	4.46±0.22 ^{aB}	3.37±0.03 ^{bC}
	9	8.12±0.19 ^{bA}	4.91±0.08 ^{aB}	4.00±0.28 ^{aC}
	12	9.24±0.05 ^{aA}	3.78±0.27 ^{bB}	3.40±0.13 ^{bB}
Toplam kapsaisinoid	0	191.46±0.60 ^{bA}	129.38±0.52 ^{cC}	157.98±2.09 ^{aB}
	3	166.63±0.08 ^{dA}	138.72±1.78 ^{dC}	154.82±2.05 ^{aB}
	6	155.22±0.44 ^{eA}	152.84±0.33 ^{bA}	154.11±2.21 ^{abA}
	9	173.45±0.55 ^{cA}	172.92±0.14 ^{aA}	146.07±0.10 ^{bB}
	12	196.37±0.22 ^{aA}	147.90±0.27 ^{cB}	151.44±2.14 ^{abB}
Acılık birimi (SHU)	0	2932±8.0 ^{bA}	1984±3.0 ^{cC}	2420±20 ^{aB}
	3	2558±10 ^{dA}	2122±15 ^{dC}	2371±19 ^{abB}
	6	2381±5.0 ^{eA}	2347±6.0 ^{bA}	2316±24 ^{bA}
	9	2656±8.0 ^{cA}	2660±2.0 ^{aA}	2245±1.0 ^{cB}
	12	3005±4.0 ^{aA}	2273±2.0 ^{cB}	2320±20 ^{bB}

* Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.05)

4.3.3.1. Kapsaisinoid içerikleri

Pul biberlerin kapsaisinoid içerikleri Şekil 4.66’da gösterilmiştir. Gİ, PKB ve Eİ’nin toplam kapsaisinoid içeriklerinin sırasıyla, 191.46, 129.38 ve 157.98 mg/kg KM olduğu belirlenmiştir (P<0.05). PKB’nin Gİ’ye göre daha az miktarda

kapsaisinoid içermesinde bu baharatın üretimi esnasında peroksidaz enziminin daha fazla düzeyde katalitik oksidasyon gerçekleştirmesiyle ilinti olabileceği düşünülmektedir (Kirschbaum-Titze ve ark., 2002). Ayrıca, Gİ'nin üretim koşullarının kapsaisinoid sentezinin devam edebilmesinde uygun bir ortam olduğu ve bu durumun da Gİ'nin diğer iki örneğe göre daha fazla oranda kapsainoid içermesine katkı sağlamış olabileceği tahmin edilmektedir (Topuz ve ark., 2011).



Şekil 4.66. Pul biberlerin kapsaisinoid içerikleri

Diğer taraftan, Eİ'nin de PKB'ye oranla daha fazla kapsaisinoid miktarına sahip olmasının, bu isotun üretiminde uygulanan ısı işlemden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ornelas-Paz ve ark. (2010), termal işlem uygulanan kırmızıbiberlerin kapsaisinoid miktarının daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar, bu durumun sıcaklığa bağlı olarak hücre parçalanmasının ekstraksiyon veriminde meydana getirdiği artıştan ve peroksidaz enziminin işlevini yitirmesi gibi faktörlerden kaynaklanmış olabileceğini belirtmişlerdir.

Her üç baharat örneğinde belirlenen KAP ve DHK miktarlarının toplam kapsasainoid içeriklerinin % 88'nin fazlasını oluşturduğu saptanmıştır. Benzer sonuç önceki çalışmalarda da bulunmuştur (Contreras-Padilla ve Yahia, 1998; Choi ve ark., 2006; Topuz ve ark, 2011). Başlıca kapsaisinoidler olarak DHK ve KAP miktarları

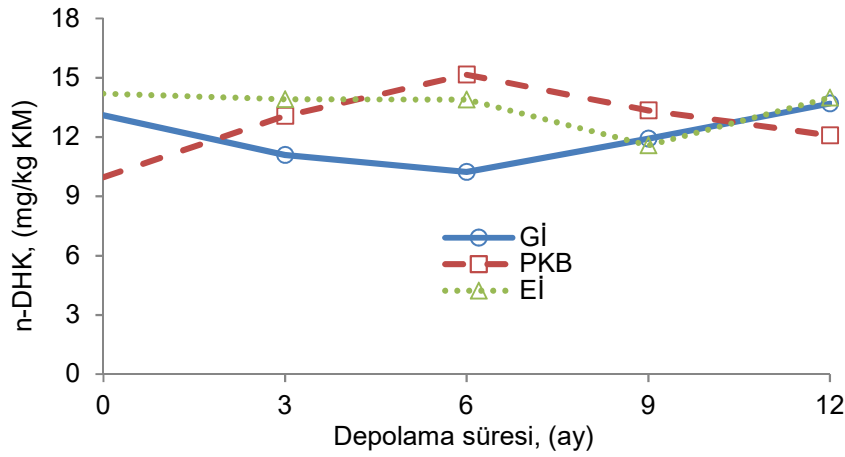
yönünden en büyük içeriklerin Gİ, en küçük içeriklerin ise PKB örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Gİ, PKB ve Eİ biberlerindeki DHK içerikleri sırasıyla 94.04, 61.71 ve 72.71 mg/kg KM; KAP içeriklerinin ise yine bu baharatlar için sırasıyla 75.28, 53.14 ve 67.14 mg/kg KM olarak bulunmuştur ($P<0.05$).

Daha düşük miktarlara sahip n-DHK yönünden baharat içerikleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). En düşük miktardaki h-DHK miktarının ise Gİ, PKB ve Eİ'deki toplam kapsaisinoid içeriklerinin sırasıyla % 4.70, 5 3.52 ve % 3.93'lük kısımlarına denk geldiği ve örneklerdeki bu kapsaisinoid miktarlarının da birbirinden istatistiki olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).

Bu çalışmada acılık bileşikleri için belirlenen içeriklerin literatürdeki bazı çalışmaların sonuçlarından daha düşük (Topuz ve Ozdemir, 2004; Topuz ve ark., 2011), bazı çalışmalarda (Rico ve ark., 2010; Jung ve ark., 2015) bulunan değerlerden ise daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada kapsaisinoid miktarıyla ilgili farklı sonuçların elde edilmesindeki kritik faktörün kullanılan biber çeşidi olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, kurutma metodu veya üretim uygulamalarının ve kullanılan analiz yöntemlerinin de kırmızıbiber baharatlarında belirlenen kapsaisinoid içerikleri üzerinde etkilerinin bulunduğu düşünülmektedir.

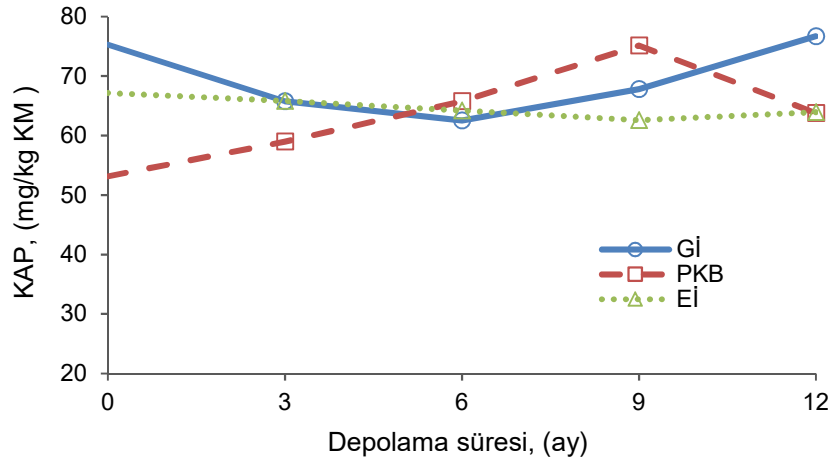
Diğer birçok özellikte olduğu gibi, kapsaisinoid miktarlarının da depolama sürecinde değişimlere uğradığı tespit edilmiştir. Depolama sırasında baharatların n-DHK içeriklerindeki değişimler Şekil 4.67'de gösterilmiştir.

n-DHK bileşiğinin Gİ örneğinde depolamanın ilk 6 aylık döneminde azaldığı ($P<0.05$), son altı aylık sürede ise tekrar arttığı belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu bileşiğin Gİ biberinde ilk miktarına göre depolama sonunda % 4.5 oranının artış gösterdiği saptanmıştır ($P<0.05$). PKB ve Eİ örneklerinde ise depolama sırasında n-DHK içeriğinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Depolama boyunca baharatların n-DHK içerikleri arasındaki farkların istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$).



Şekil 4.67. Depolama sırasında pul biberlerin n-DHK içeriğindeki değişimler

Depolama sırasında baharatların KAP içeriklerindeki değişimler Şekil 4.68’de gösterilmiştir.

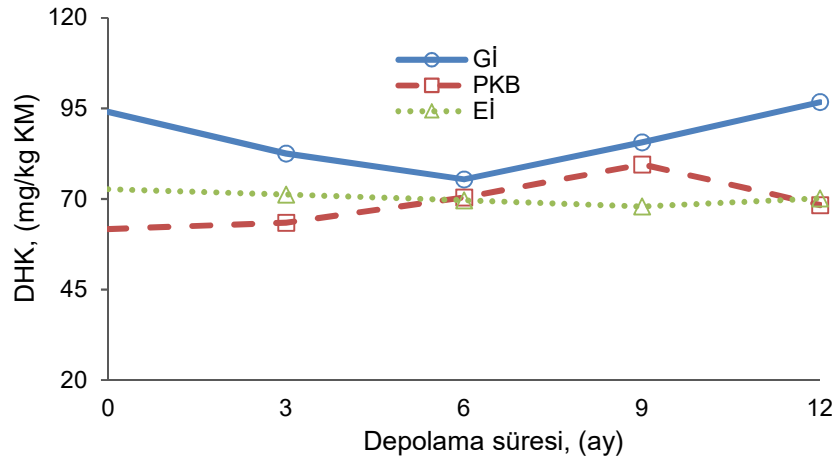


Şekil 4.68. Depolama sırasında pul biberlerin KAP içeriğindeki değişimler

KAP miktarının Gİ biberinde depolamanın ilk altı ayında yaklaşık % 17 oranında azaldığı ve sonraki depolama süresinde yine artarak 76.68 mg/kg KM’ye kadar yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu kapsaisinoid Gİ biberinde bir yıllık depolama sonunda % 1.86 oranında azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). PKB’nin KAP içeriğinin depolamanın dokuzuncu ayına kadar artarak % 29.25 oranında yükseldiği ve depolamanın son üç ayında ise tekrar azalarak 63.74 mg/kg KM içeriğine yükseldiği tespit edilmiştir ($P<0.5$). Bu baharatın KAP içeriğinin depolama süresince % 20 civarında artış sergilediği belirlenmiştir. Eİ örneğinde ise, KAP içeriğinin depolama

süresince daha düşük miktarlarda değişim gösterdiği saptanmıştır. Bu isottaki KAP içeriğinin depolamanın 9. ayına kadar azalarak % 6.80 oranında düştüğü ($P<0.05$) ve depolamanın son üç aylık ise periyodunda % 2.12 oranında arttığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Eİ'nin bir yıllık depolama sonunda KAP miktarında değişim % 4.83 artış olarak bulunmuştur ($P<0.05$). Depolamanın sonunda Eİ'nin yine en yüksek KAP içeriğine sahip örnek olduğu ($P<0.05$), ancak PKB ve Eİ örneklerinin KAP içerikleri arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$).

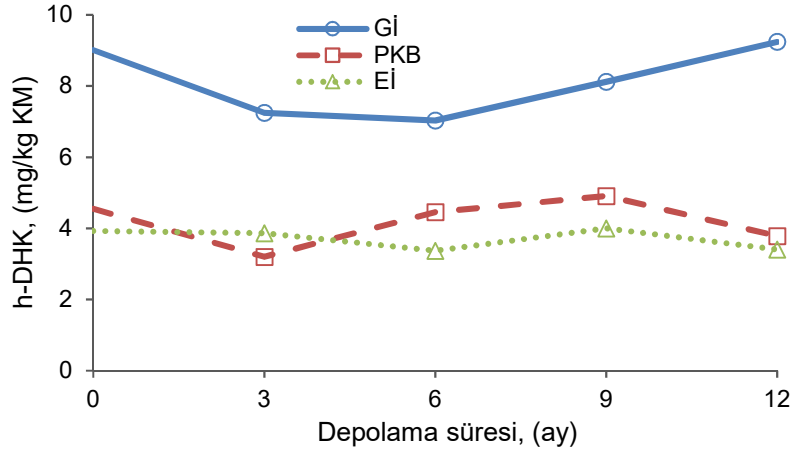
Depolama sırasında baharatların DHK içeriklerindeki değişimler Şekil 4.69'da gösterilmiştir.



Şekil 4.69. Depolama sırasında pul biberlerin DHK içeriğindeki değişimler

Gİ biberinin DHK içeriği de önceki iki kapsaisinoid bileşiğinde olduğu gibi, depolamanın ilk altı ayında azaldığı (% 19.79) ve son altı ayda ise tekrar artarak % 28.26 oranında yükseldiği tespit edilmiştir ($P<0.05$). Depolama süresince bu biberin DHK içeriğinin toplamda % 2.88 oranında artış sergilediği belirlenmiştir ($P<0.05$). PKB'nin DHK miktarının depolamanın 9. ayına kadar artarak % 28.92 oranın yükseldiği ($P<0.05$) ve depolamanın son üç ayında ise 14.14 oranında azaldığı saptanmıştır. Depolama süresince bu örneğin DHK içeriğindeki toplam değişim % 10.70 oranında artış olarak bulunmuştur ($P<0.05$). Depolama sonunda pul biberlerin DHK içeriklerinin depolamanın başında olduğu gibi $Gİ>Eİ>PKB$ olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).

Depolama sırasında baharatların h-DHK içeriklerindeki değişimler Şekil 4.70’te gösterilmiştir.

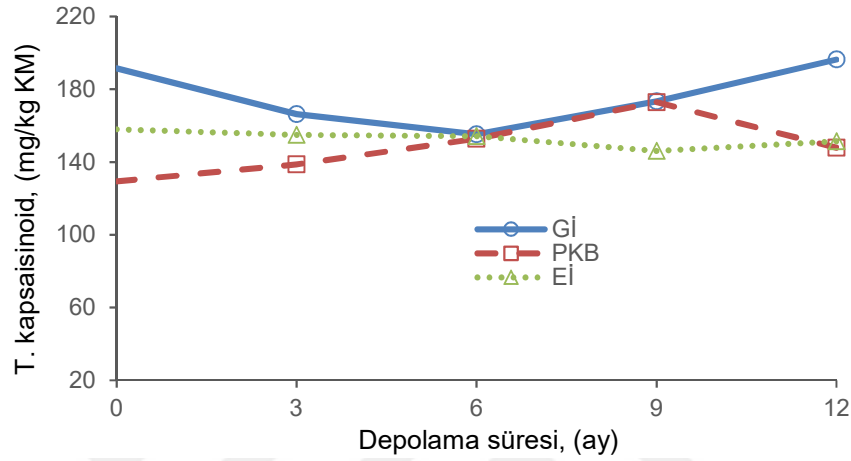


Şekil 4.70. Depolama sırasında pul biberlerin h-DHK içeriğindeki değişimler

Gİ örneğindeki h-DHK içeriğinin depolamanın ilk üç ayında yaklaşık % 20 oranında azalarak 7.25 mg/kg KM’ye düştüğü ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Sonraki üç aylık dönemde Gİ örneğine ait bu bileşik miktarındaki değişimin istatistiki olarak önemli olmadığı ($P>0.05$), ancak depolamanın son altı ayında bu örnekteki h-DHK miktarının tekrar artarak 9.24 mg/kg KM’lik içeriğe yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Depolama sonunda Gİ’nin h-DHK miktarında meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). h-DHK miktarının PKB örneğinde depolamanın ilk üç ayında % 29.67 oranında azalarak 3.20 mg/kg KM’ye düştüğü ve sonraki üç ayda da bu miktarın yaklaşık %40 oranında tekrar artarak 4.46 mg/kg KM’ye yükseldiği tespit edilmiştir. PKB’nin 9. ayına ait örnekteki h-DHK içeriği önceki depolama periyoduna göre istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($P>0.05$). Ancak, depolamanın son üç ayki sürecinde bu baharatın h-DHK miktarının % 23 oranında azalarak 3.78 mg/kg KM’ye düştüğü saptanmıştır ($P<0.05$). Depolama süresi boyunca PKB’nin h-DHK miktarının toplamda % 17 civarında azaldığı belirlenmiştir. Eİ biberinin de h-DHK miktarının depolama süresince üçer aylık periyotlara göre artış ve azalış şeklinde bir takım değişimler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu biberin h-DHK içeriğinin bu değişimlere bağlı olarak depolama sonunda % 13.48 oranında azaldığı belirlenmiştir. Depolama sonunda Gİ’nin en yüksek h-DHK içeriğine sahip olduğu

($P < 0.05$) ve PKB ile Eİ biberlerinin bu acılık bileşimine ait içerikleri arasında istatistiki olarak bir farkın bulunmadığı saptanmıştır ($P > 0.05$).

Depolama sırasında baharatların toplam kapsaisinoid içeriklerindeki değişimler Şekil 4.71’de gösterilmiştir.



Şekil 4.71. Depolama sırasında pul biberlerin toplam kapsaisinoid içeriğindeki değişimler

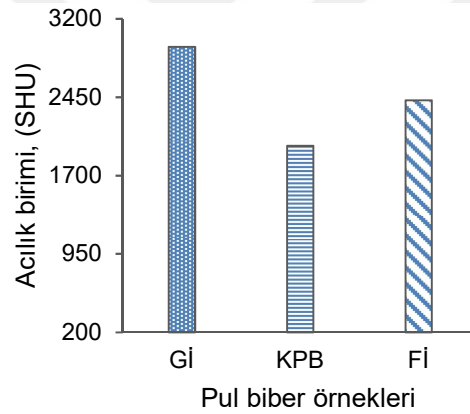
Depolama boyunca toplam kapsaisinoid miktarındaki değişim miktarları büyük oranda DHK ve KAP miktarlarındaki değişim oranlarına bağlı olarak gerçekleşmiştir. Bir yıllık depolama sonunda Gİ ve PKB baharatlarının toplam kapsaisinoid içeriklerinin sırasıyla % 2.56 ve % 14.31 oranında artış gösterdiği, ancak Eİ biberinin toplam kapsaisinoid içeriğinin bu depolama sonunda % 4.14 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, depolama sonunda en fazla kapsaisinoid miktarının yine Gİ örneğinde bulunduğu ($P < 0.05$), ancak depolamanın başındaki durumdan farklı olarak PKB ve Eİ örneklerinin toplam kapsaisinoid içerikleri arasındaki farkın önemli olmadığı saptanmıştır ($P > 0.05$).

Depolama sırasındaki kapsaisinoid içeriğindeki değişimlerle ilgili verilerimiz, Schweiggert ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmadaki bulgularla paralellik göstermektedir. Bu araştırmacılar, 90 °C’de 5 dakika süre ile ısıtma işlemi kızılbiberlerin oda sıcaklığında altı aylık depolama süresince kapsaisinoid miktarının hem artma hem de azalma şeklinde değişimler sergilediğini belirtmişlerdir. Ancak, bu verilerimiz Topuz ve Ozdemir (2004)’ün bulduğu sonuçlardan ise farklılık göstermektedir. Bu

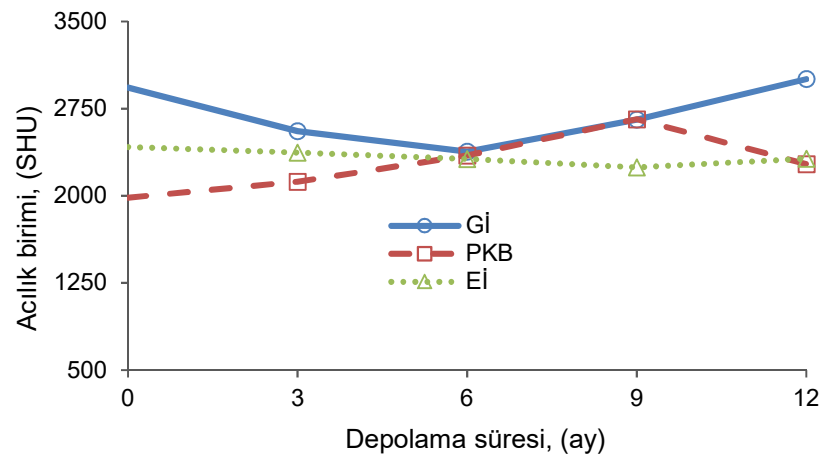
araştırmacılar da oda sıcaklığında 10 aylı süre ile depolanan kırmızıbiber baharatındaki kapsaisinoid miktarlarının depolama süresince sürekli azaldığını tespit etmişlerdir. Bu farklı sonuçların alınmasında kurutma ve depolama koşullarının etkili olduğu düşünülmektedir.

4.3.3.2. Scoville acılık birimleri

Biberlerin acılık birimleri ve depolama esnasındaki değişimleri sırasıyla Şekil 4.72 ve Şekil 4.73'te gösterilmiştir. Biberlerin kapsaisinoid içeriklerine bağlı olarak hesaplanan acılık birimlerinin $Gİ > Eİ > PKB$ olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Bu çalışmada elde edilen her üç pul biberin de Scoville acılık skalasına göre “orta acı” (1000-3500 SHU) sınıfına dâhil olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.72. Pul biberlerin acılık birimleri



Şekil 4.73. Depolama sırasında pul biberlerin acılık düzeyindeki değişimler

Depolama sırasında biberlerin acılık birimlerindeki değişimler kapsaisinoid içeriklerine bağlı olarak gerçekleşmiştir. Depolama sonunda Gİ, PKB ve Eİ örneklerinin acılık düzeyleri sırasıyla 3005, 2273 ve 2320 SHU olarak belirlenmiştir. Ancak, PKB ve Eİ biberleri için saptanan bu SHU değerleri arasında istatistiksel olarak bir farkın bulunmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$).

4.3.4. Antioksidan kapasitesi ve depolama sırasındaki değişimleri

Baharatlarının antioksidan kapasiteleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri Çizelge 4.33’te verilmiştir.

Çizelge 4.33. Pul biberlerin antioksidan kapasiteleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri ¹

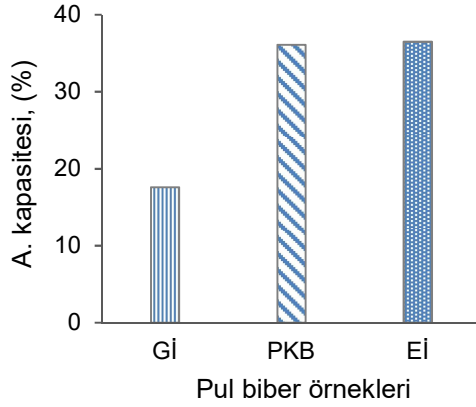
Özellik	Depolama süresi, (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
DPPH (%) ²	0	17.59±0.25 ^{cC}	36.08±0.05 ^{aB}	36.49±0.11 ^{aA}
	3	23.44±0.32 ^{dC}	26.41±0.36 ^{cB}	32.65±0.16 ^{bA}
	6	23.86±0.07 ^{cC}	27.85±0.31 ^{bA}	25.92±0.21 ^{dB}
	9	26.09±0.52 ^{bA}	23.96±0.45 ^{dC}	25.24±0.09 ^{eB}
	12	38.95±0.04 ^{aA}	22.66±0.40 ^{eC}	29.13±0.10 ^{cB}

¹ Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$); aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

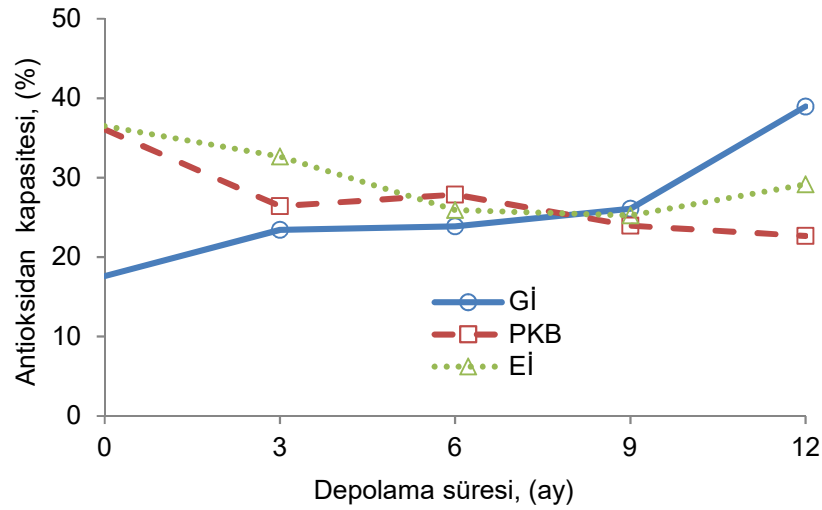
² Yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır

Pul biberlerin antioksidan kapasitesi ve bunların depolama sırasındaki değişimleri sırasıyla Şekil 4.74 ve Şekil 4.75’te gösterilmiştir. DPPH temizlemeye ilişkin en düşük antioksidan kapasiteye Gİ biberinin sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). PKB ve Eİ örneklerinin antioksidan kapasiteleri birbirine yakın olmasına rağmen istatistiksel olarak Eİ’nin daha yüksek antioksidan kapasite sergilediği saptanmıştır ($P<0.05$). Gİ’nin daha uzun kurutma-üretim süresine bağlı olarak antioksidan kapasitesinin daha düşük olduğu tahmin edilmektedir (Vega-Galvez ve ark., 2009). Ayrıca, Maillard tipi reaksiyonlarla dayalı olarak oluşan bazı bileşiklerin de Eİ biberinin antioksidan kapasitesinin yükselttiği düşünülmektedir (Que ve ark., 2008; Arslan ve Özcan, 2011; Rufian-Henares ve ark., 2013). Bu çalışmadan üretilen pul biberlerin antioksidan kapasitelerinin önceki çalışma sonuçlarıyla uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada DPPH temizlemeye dayalı antioksidan kapasitesinin Arslan ve Özcan (2011) ile Reis ve ark., (2013) tarafından bulunan değerlerden daha düşüktür. Antioksidan çeşide bağlıdır (Bae ve ark., 2012). Kırmızıbiberlerde antioksidan kapasitesi çeşit, hasat sonrası uygulanan işlemler ve analiz metodu gibi etmenlere göre değişebilmektedir (Rufian-Henares ve ark., 2013; Morales-Soto ve ark., 2014).



Şekil 4.74. Pul biberlerin antioksidan kapasiteleri



Şekil 4.75. Depolama sırasında pul biberlerin antioksidan kapasitelerindeki değişimler

Gİ biberinin antioksidan kapasitesi depolama boyunca artarak %17.59'den % 38.95'e yükseldiği saptanmıştır ($P<0.05$). Bu örneğin depolanması sırasında antioksidan kapasitesindeki en büyük artış % 49.29 oranı ile depolamanın son üç aylık döneminde gerçekleşmiştir. PKB ve Eİ örneklerinin antioksidan kapasiteleri Gİ örneğinin aksine, depolama sırasında azalmalar sergilediği belirlenmiştir ($P<0.05$).

Ancak, Eİ örneğindeki antioksidan kapasitesi depolamanın son üç ayında %15.42 oranında artış göstermiştir. Depolama sonunda Gİ, PKB ve Eİ örneklerinin antioksidan kapasiteleri sırasıyla % 38.95, % 22.66 ve % 29.13 olarak bulunmuştur ($P<0.05$). Depolama sırasında pul biberlerin antioksidan kapasitelerinin farklı değişimler göstermesinde antioksidan etkili diğer bazı bileşenlerin (flavonoidler ve fenolik bileşikler) içeriklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Depolama sırasında antioksidan kapasitesindeki değişimler yönünden Gİ için tespit edilen bulgularımız Rico ve ark. (2010) tarafından belirlenen sonuçlarla benzerlik gösterirken, PKB ve Eİ'ye ilişkin sonuçlarımız ise bu çalışmadaki verilerden farklılık arz etmektedir. Bu araştırmacılar, altı aylık depolama sonunda kırmızıbiberlerin antioksidan kapasitelerinin yükseldiğini belirlemişlerdir.

Dikkat çekici bir nokta olarak, depolama sırasında pul biberlerin antioksidan kapasitelerindeki değişimler ile titrasyon asitliğindeki değişimler arasında düşük de olsa istatistiksel olarak önemli bulunan bir korelasyonun bulunduğu tespit edilmiştir ($r=-0.368$, $P<0.05$). Titrasyon asitliği ile DPPH temizleme kapasitesi arasındaki ilişkinin ortaya konulması için bu konuda daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

4.3.5. C vitamini içeriği ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin C vitamini içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişimlerine ait değerler Çizelge 4.34'te verilmiştir. İso çeşitlerinin üretimleri esnasında C vitaminin tamamen kaybolduğu, buna karşın PKB'nin 27.20 mg/10 g KM konsantrasyonunda C vitamini içerdiği belirlenmiştir. C vitamini miktarındaki bu azalma veya kayıpların başta sıcaklık olmak üzere ışık ve oksijen gibi faktörlere bağlı olarak oksidasyon ve/veya ısıya dayalı olarak meydana gelen bozulmalardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. PKB'nin C vitamini içeriğiyle ilgili sonucumuz ise Kim ve ark. (2006)'nın sıcak hava ile kuruttukları kırmızıbiberlerin C vitamini miktarına yakın bir değerdedir. Ancak, bu sonucumuz Daood ve ark., (2014)'nın 22

farklı kırmızıbiber çeşitlerini kurutarak elde ettikleri pul biberlerin ortalama C vitamini içeriklerinden ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.34. Pul biberlerin C vitamini içerikleri ve bunların depolama sırasındaki değişimleri (mg/10 g KM)*

Özellik	Depolama süresi, (ay)	Örnek		
		Gİ	PKB	Eİ
C vitamini	0	- ¹	27.20±0.31 ^a	-
	3	-	19.69±0.45 ^b	-
	6	-	9.92±0.41 ^c	-
	9	-	-	-
	12	-	-	-

* Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

¹ tespit edilmedi

Gİ biberindeki C vitaminin uzun kurutma süresine bağlı olarak kaybolduğu tahmin edilmektedir. Doğal kurutmadaki C vitamini kaybının hızlı kurutma yöntemlerine oranla daha fazla gerçekleştiği belirtilmektedir (Daood ve ark., 2014). Ayrıca, Örneklerdeki C vitaminin bir kısmının oksidasyonla dehidroaskorbik aside dönüştüğü ve buna dayalı C vitamini kaybının da en çok Gİ biberinde gerçekleştiği düşünülmektedir (Santos ve Silva, 2008). Eİ biberindeki C vitamini kaybında daha çok bu üretimdeki sıcaklığa bağlı termal degradasyondan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Goula ve Adamopoulos (2010), domatesin kurutulmasında C vitaminindeki bozunma reaksiyonunun kurutma sıcaklığı, süresi ve nem oranına bağlı olarak birinci dereceden kinetiğe göre gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

PKB örneğindeki C vitamini içeriği depolamanın başlamasıyla hızlı bir şekilde azaldığı (P<0.05) ve depolamanın 6. ayında tamamen kaybolduğu belirlenmiştir. Biacs ve ark. (1992), oda sıcaklığında depolanan kırmızıbiber baharatındaki C vitamini miktarının 150 günlük depolama sonunda % 96 oranında azaldığını saptamışlardır.

4.3.6. Uçucu bileşikler ve depolama sırasındaki değişimleri

Üretilen baharatların uçucu bileşik profilleri ve bunların depolama sırasındaki değişimlerine ait değerler Çizelge 4.35’te verilmiştir.



Çizelge 4.35. Pul biberlerin uçucu bileşik profilleri ve depolama sırasındaki değişimleri (µg/kg KM)*

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek						
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ			
1	Terpenoidler	otsu	10.791	1014	0	34.37±1.52 ^{aA}	0.56±0.03 ^{bB}	1.16±0.22 ^{aB}			
					3	1.37±0.18 ^{bA}	0.94±0.06 ^{aB}	0.94±0.16 ^{aB}			
					6	1.10±0.16 ^{bA}	1.11±0.10 ^{aA}	0.86±0.40 ^{aA}			
					9	0.51±0.05 ^{bA}	0.39±0.13 ^{bA}	0.43±0.22 ^{aA}			
					12	0.04±0.00 ^{bA}	0.05±0.02 ^{cA}	0.25±0.23 ^{aA}			
	α-Tujen				0	1.61±0.06 ^{aA}	-	-			
					3	- ⁴	-	-			
					6	-	-	-			
					9	-	-	-			
					12	-	-	-			
2	δ -3-Karen	tatlı-narenciye	14.523	1143	0	1.11±0.00 ^{aA}	-	-			
					3	-	-	-			
					6	-	-	-			
					9	-	-	-			
					12	-	-	-			
3	β-Mirsen				balsamik-baharat	14.939	1156	0	3.80±0.10 ^{aA}	-	0.12±0.00 ^{aB}
								3	-	-	0.08±0.02 ^{abA}
								6	-	0.01±0.00 ^{aA}	0.04±0.02 ^{abA}
								9	-	-	0.02±0.01 ^{bA}
								12	-	-	0.05±0.04 ^{abA}
4	α-Limonen	portakal	16.217	1196				0	14.80±1.37 ^{aA}	0.29±0.04 ^{bB}	0.36±0.06 ^{aB}
								3	0.99±0.26 ^{bA}	0.70±0.02 ^{aA}	0.52±0.07 ^{aA}
								6	0.73±0.13 ^{bA}	0.80±0.08 ^{aA}	0.59±0.25 ^{aA}
								9	0.06±0.00 ^{bA}	0.12±0.09 ^{bcA}	0.07±0.01 ^{aA}
								12	0.03±0.00 ^{bA}	0.03±0.01 ^{cA}	0.15±0.14 ^{aA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
5	1,8-Sineol	nane	16.480	1206	0	2.40±0.03 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
6	cis-Osimen	tatlı-otsu	17.194	1229	0	-	-	0.07±0.00 ^{aA}
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
7	α-Terpinen	limon	17.640	1244	0	2.64±0.01 ^{aA}	-	0.02±0.00 ^{aB}
					3	0.02±0.01 ^{bA}	0.01±0.00 ^{aA}	0.01±0.00 ^{abA}
					6	0.01±0.00 ^{bA}	5im ^{bA}	im ^{bcA}
					9	-	-	-
					12	-	-	-
8	β-Osimene	otsu	17.726	1246	0	1.13±0.11 ^{aA}	-	0.09±0.00 ^{aB}
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	0.05±0.04 ^{abA}
					12	-	-	-
9	p-Simen	narenciye	18.441	1269	0	4.26±0.06 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	im ^{bA}	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
10	Dihidrolinalool	narenciye	22.946	1422	0	0.04±0.01 ^{aA}	-	0.02±0.00 ^{aA}
					3	-	0.02±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}
					6	0.02±0.00 ^{abA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.01±0.00 ^{aA}
					9	-	0.01±0.00 ^{abA}	-
					12	-	-	-
11	Hidroksisitronellol	çiçeksi	23.959	1454	0	-	-	0.07±0.01 ^{aA}
					3	-	0.02±0.00 ^{aA}	-
					6	0.07±0.00 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aA}	-
					9	-	0.03±0.01 ^{aA}	-
					12	-	-	-
12	α-Kopahen	baharat	25.281	1500	0	0.77±0.12 ^{aA}	0.08±0.01 ^{abB}	0.07±0.02 ^{aB}
					3	0.04±0.00 ^{bA}	0.03±0.00 ^{abA}	-
					6	0.05±0.01 ^{bA}	0.09±0.01 ^{aA}	-
					9	0.03±0.00 ^{bA}	0.07±0.04 ^{abA}	0.02±0.01 ^{bA}
					12	-	-	-
13	Linalool	lavanta	26.185	1534	0	0.62±0.08 ^{aA}	0.04±0.01 ^{aB}	0.17±0.04 ^{aB}
					3	0.08±0.01 ^{bAB}	0.02±0.00 ^{abB}	0.16±0.03 ^{aA}
					6	0.07±0.01 ^{bA}	0.04±0.00 ^{abA}	0.11±0.07 ^{aA}
					9	0.06±0.00 ^{bA}	0.04±0.00 ^{aA}	0.09±0.05 ^{aA}
					12	0.01±0.00 ^b	-	0.04±0.03 ^a
14	β-Element	taze-otsu	27.859	1594	0	0.08±0.00 ^{aB}	0.15±0.00 ^{aA}	0.06±0.01 ^{aB}
					3	0.04±0.03 ^{aA}	0.11±0.00 ^{bA}	0.05±0.01 ^{aA}
					6	0.04±0.03 ^{aA}	0.09±0.00 ^{bA}	0.02±0.01 ^{abA}
					9	0.02±0.00 ^{aA}	0.02±0.01 ^{cA}	0.02±0.01 ^{abA}
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
15	α -Terpineol	anason yağı	30.409	1692	0	0.61±0.06 ^{aA}	-	0.08±0.04 ^{aB}
					3	0.12±0.04 ^{bcA}	-	0.05±0.01 ^{aA}
					6	-	-	-
					9	0.18±0.01 ^{bA}	-	0.05±0.03 ^{aB}
					12	-	-	-
16	α -Muurolen	ağaç-odun	31.018	1715	0	0.21±0.04 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
17	(Z)-Geranilaseton	manolya	34.324	1851	0	0.07±0.01 ^{aA}	im ^{bcB}	0.01±0.00 ^{aB}
					3	0.01±0.00 ^{bcA}	im ^{abcA}	0.01±0.00 ^{aA}
					6	0.03±0.00 ^{bcA}	im ^{abB}	0.02±0.00 ^{aA}
					9	0.04±0.01 ^{bA}	0.01±0.00 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}
					12	-	-	-
18	(E)- α -İyonon	menekşe	34.464	1858	0	0.06±0.01 ^{aA}	-	-
					3	0.01±0.00 ^{bA}	-	-
					6	0.01±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{aA}	-
					9	0.02±0.00 ^{bA}	0.02±0.01 ^{aA}	-
					12	-	-	-
19	(E)-8-Hidroksilinalool		35.832	1917	0	0.04±0.01 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
20	(E)-β-İyonon	<i>ahududu</i>	36.465	1947	0	0.08±0.03 ^{aA}	im ^{aA}	0.01±0.00 ^{aA}
					3	0.03±0.01 ^{abA}	0.01±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}
					6	0.05±0.00 ^{abA}	0.01±0.00 ^{aA}	0.04±0.01 ^{aA}
					9	0.07±0.01 ^{abA}	0.03±0.02 ^{aA}	0.05±0.03 ^{aA}
					12	-	-	-
21	5,6-Epoksi-β-iyonon	<i>meyvemsi</i>	37.722	2002	0	0.02±0.01 ^{abA}	-	-
					3	0.01±0.00 ^{abA}	im ^{aA}	-
					6	0.03±0.00 ^{abA}	-	0.02±0.00 ^{aA}
					9	0.04±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.03±0.01 ^a
					12	-	-	-
	Aldehitler				0	11.52±0.97 ^{aA}	1.07±0.36 ^{aB}	2.57±0.44 ^{bB}
					3	4.26±0.34 ^{bA}	0.89±0.04 ^{aC}	1.96±0.32 ^{bB}
					6	2.99±0.33 ^{bcA}	0.97±0.26 ^{aB}	1.99±0.55 ^{bAB}
					9	1.34±0.09 ^{cA}	2.04±0.65 ^{aA}	0.73±0.37 ^{bB}
					12	3.29±0.41 ^{bcAB}	1.73±0.04 ^{aB}	6.22±1.59 ^{aA}
22	Asetaldehit	<i>keskin</i>	5.384	706	0	0.16±0.01 ^{aA}	0.08±0.03 ^{aAB}	-
					3	0.04±0.02 ^{bA}	0.01±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{bA}
					6	0.02±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{bA}	0.02±0.01 ^{bA}
					9	0.02±0.00 ^{bA}	0.02±0.01 ^{abA}	0.01±0.00 ^{bA}
					12	0.03±0.00 ^{bA}	0.04±0.01 ^{abA}	0.05±0.00 ^{aA}
23	Propanal	<i>eteral</i>	6.150	756	0	0.08±0.01 ^{aA}	0.01±0.00 ^{aB}	-
					3	0.04±0.00 ^{bA}	-	-
					6	0.01±0.00 ^{cA}	-	im ^{aA}
					9	im ^{cA}	-	-
					12	im ^{cA}	0.01±0.00 ^{aA}	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
24	2-metilpropanal	<i>keskin-çimensi</i>	6.424	777	0	2.93±0.21 ^{aA}	0.13±0.10 ^{aB}	0.25±0.10 ^{bB}
					3	0.20±0.01 ^{cA}	0.17±0.02 ^{aA}	0.18±0.11 ^{bA}
					6	0.14±0.00 ^{cA}	0.14±0.03 ^{aA}	0.27±0.19 ^{bA}
					9	0.22±0.07 ^{cA}	0.50±0.03 ^{aA}	-
					12	2.05±0.22 ^{bAB}	0.67±0.20 ^{aB}	3.62±0.54 ^{aA}
25	3-Metilbütanal	<i>malt</i>	8.136	895	0	0.17±0.06 ^{bB}	-	0.70±0.10 ^{aA}
					3	0.34±0.02 ^{abA}	0.16±0.02 ^{abA}	0.26±0.10 ^{aA}
					6	0.28±0.00 ^{bA}	0.16±0.03 ^{abA}	0.33±0.17 ^{aA}
					9	0.29±0.01 ^{bA}	0.40±0.22 ^{aA}	0.10±0.00 ^{aA}
					12	0.58±0.14 ^{aB}	0.47±0.02 ^{aB}	1.72±1.50 ^{aA}
26	2-Metilbütanal	<i>kakao-badem</i>	8.042	890	0	0.15±0.03 ^{bB}	0.04±0.03 ^{aB}	1.01±0.14 ^{aA}
					3	0.14±0.01 ^{bB}	0.08±0.01 ^{aB}	0.57±0.05 ^{bA}
					6	0.12±0.00 ^{bA}	0.09±0.02 ^{aA}	0.08±0.01 ^{cA}
					9	0.15±0.00 ^{bA}	0.21±0.09 ^{aA}	0.08±0.00 ^{cA}
					12	0.39±0.02 ^{aA}	0.31±0.14 ^{aA}	0.36±0.19 ^{bcA}
27	Pentanal	<i>bademsi</i>	9.573	962	0	0.14±0.00 ^{aA}	im ^{bC}	0.06±0.00 ^{aB}
					3	0.09±0.01 ^{bA}	-	0.05±0.00 ^{abA}
					6	0.05±0.00 ^{cA}	-	0.04±0.00 ^{abA}
					9	0.02±0.00 ^{dA}	-	0.01±0.00 ^{bA}
					12	0.03±0.00 ^{cdA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.03±0.00 ^{abA}
28	Hekzanal	<i>yağsı-çimen</i>	12.402	1071	0	1.97±0.03 ^{bA}	0.39±0.00 ^{aB}	0.17±0.02 ^{aC}
					3	2.47±0.23 ^{aA}	0.04±0.01 ^{bB}	0.42±0.08 ^{aB}
					6	1.49±0.06 ^{cA}	0.16±0.03 ^{abC}	0.66±0.13 ^{aB}
					9	0.26±0.01 ^{dA}	0.20±0.15 ^{abA}	0.10±0.07 ^{aA}
					12	0.15±0.01 ^{dA}	0.14±0.06 ^{abA}	0.42±0.38 ^{aA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
29	(E)-2-Pentenal	çilek	13.928	1123	0	0.37±0.18 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aA}	-
					3	0.04±0.01 ^{bA}	0.01±0.00 ^{bAB}	-
					6	0.02±0.00 ^{bA}	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
30	Heptanal	narenciye	15.659	1180	0	0.60±0.04 ^{aA}	0.07±0.00 ^{aB}	0.03±0.00 ^{abB}
					3	0.08±0.02 ^{bA}	0.07±0.00 ^{aA}	0.04±0.00 ^{abA}
					6	0.08±0.01 ^{bA}	0.04±0.00 ^{bA}	0.06±0.01 ^{aA}
					9	-	0.03±0.00 ^{cA}	0.03±0.02 ^{abA}
					12	-	-	-
31	(E)-2-Hekzanal	taze-çimen	16.761	1215	0	0.46±0.02 ^{aA}	0.03±0.02 ^{aB}	0.02±0.00 ^{aB}
					3	0.07±0.02 ^{bA}	0.03±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}
					6	0.04±0.00 ^{bcA}	0.01±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}
					9	0.01±0.00 ^{cA}	-	-
					12	-	-	-
32	Oktanal	yağ	18.928	1285	0	0.34±0.02 ^{aA}	-	0.03±0.00 ^{abB}
					3	0.05±0.01 ^{bA}	0.04±0.00 ^{aA}	0.03±0.00 ^{abA}
					6	0.05±0.01 ^{bA}	0.04±0.00 ^{aA}	0.04±0.01 ^{aA}
					9	0.02±0.00 ^{bA}	0.05±0.0 ^{3A}	0.04±0.01 ^{aA}
					12	-	-	-
33	(Z)-2-Heptenal	yeşil çay	20.097	1324	0	0.47±0.07 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aB}	0.02±0.00 ^{aB}
					3	0.12±0.02 ^{bA}	0.01±0.00 ^{bB}	0.02±0.00 ^{aB}
					6	0.03±0.00 ^{bA}	-	0.01±0.00 ^{aB}
					9	-	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
34	Nonanal	narenciye	22.157	1390	0	0.45±0.07 ^{aA}	0.04±0.00 ^{aB}	0.08±0.02 ^{aB}
					3	0.10±0.02 ^{bA}	0.08±0.00 ^{aA}	0.11±0.03 ^{aA}
					6	0.14±0.04 ^{bA}	0.09±0.00 ^{aA}	0.14±0.08 ^{aA}
					9	0.07±0.00 ^{bA}	0.09±0.05 ^{aA}	0.12±0.09 ^{aA}
					12	-	-	-
35	Dekanal	portakal kabuğu	25.209	1494	0	-	0.01±0.00 ^{aAB}	0.01±0.00 ^{abA}
					3	-	im ^{aAB}	0.02±0.00 ^{abA}
					6	-	0.01±0.00 ^{aAB}	0.06±0.02 ^{aA}
					9	-	0.02±0.01 ^{aA}	0.03±0.02 ^{abA}
					12	-	-	-
36	(E,E)-2,4-Heptadienal	fındık-yağ	25.122	1495	0	0.65±0.12 ^{aA}	0.06±0.01 ^{aB}	-
					3	0.13±0.01 ^{bA}	-	-
					6	0.08±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{bB}	-
					9	-	0.02±0.02 ^{abA}	-
					12	-	-	-
37	Fenilmetanal	yanmış şeker	26.108	1530	0	1.08±0.78 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aB}	-
					3	0.13±0.01 ^{bA}	0.04±0.00 ^{aB}	-
					6	0.13±0.00 ^{bA}	0.03±0.00 ^{aB}	-
					9	0.11±0.01 ^{bA}	0.07±0.03 ^{aAB}	-
					12	0.03±0.00 ^{bA}	0.03±0.00 ^{aAB}	-
38	(E)-2-Nonenal	salatalık	26.258	1536	0	0.24±0.05 ^{aA}	0.02±0.01 ^{aB}	0.06±0.01 ^{aB}
					3	0.05±0.00 ^{bA}	0.02±0.00 ^{aB}	0.05±0.00 ^{aA}
					6	0.05±0.00 ^{bA}	0.02±0.00 ^{aB}	0.04±0.00 ^{aAB}
					9	0.05±0.00 ^{bA}	0.07±0.04 ^{aA}	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
39	β -Siklositral	nane	28.786	1629	0	1.18 $\pm$ 0.06 ^{aA}	0.10 $\pm$ 0.09 ^{aB}	0.09 $\pm$ 0.00 ^{aB}
					3	0.17 $\pm$ 0.00 ^{bA}	0.10 $\pm$ 0.06 ^{aA}	0.12 $\pm$ 0.05 ^{aA}
					6	0.24 $\pm$ 0.13 ^{bA}	0.15 $\pm$ 0.10 ^{aA}	0.14 $\pm$ 0.08 ^{aA}
					9	0.05 $\pm$ 0.04 ^{bA}	0.33 $\pm$ 0.21 ^{aA}	0.11 $\pm$ 0.08 ^{aA}
					12	im ^{bA}	0.06 $\pm$ 0.05 ^{aA}	0.02 $\pm$ 0.01 ^{aA}
40	2,5-Dimetilbenzaldehit	konyak	31.633	1741	0	0.06 $\pm$ 0.04 ^{aA}	-	0.03 $\pm$ 0.00 ^{aA}
					3	0.02 $\pm$ 0.01 ^{aAB}	-	0.05 $\pm$ 0.00 ^{aA}
					6	0.03 $\pm$ 0.00 ^{aA}	-	0.07 $\pm$ 0.00 ^{aA}
					9	0.07 $\pm$ 0.00 ^{aA}	0.04 $\pm$ 0.00 ^{aA}	0.08 $\pm$ 0.04 ^{aA}
					12	-	-	-
41	2-Fenil-2-bütenal	küflü	36.269	1937	0	0.06 $\pm$ 0.01 ^{aA}	-	0.01 $\pm$ 0.00 ^{aB}
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
	Alkoller				0	5.71 $\pm$ 0.22 ^{aA}	0.21 $\pm$ 0.01 ^{cB}	0.25 $\pm$ 0.05 ^{aB}
					3	0.56 $\pm$ 0.08 ^{bA}	0.45 $\pm$ 0.04 ^{abAB}	0.22 $\pm$ 0.04 ^{aB}
					6	0.60 $\pm$ 0.10 ^{bA}	0.47 $\pm$ 0.00 ^{aA}	0.37 $\pm$ 0.15 ^{aA}
					9	0.25 $\pm$ 0.01 ^{bA}	0.38 $\pm$ 0.00 ^{bA}	0.19 $\pm$ 0.13 ^{aA}
					12	0.18 $\pm$ 0.02 ^{bA}	0.03 $\pm$ 0.01 ^{dB}	0.16 $\pm$ 0.02 ^{aA}
42	Etanol	tatlımsı	8.360	907	0	2.35 $\pm$ 0.02 ^{aA}	-	0.07 $\pm$ 0.01 ^{abB}
					3	-	0.02 $\pm$ 0.00 ^{bcB}	0.07 $\pm$ 0.01 ^{abA}
					6	0.07 $\pm$ 0.01 ^{bA}	0.15 $\pm$ 0.00 ^{aA}	0.09 $\pm$ 0.04 ^{aA}
					9	0.04 $\pm$ 0.00 ^{bcA}	0.03 $\pm$ 0.01 ^{bA}	0.01 $\pm$ 0.00 ^{abA}
					12	0.02 $\pm$ 0.00 ^{cA}	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
43	1-Penten-3-ol	<i>keskin-tereyağı</i>	14.586	1146	0	-	-	-
					3	0.18±0.03 ^{aA}	0.06±0.01 ^{aB}	-
					6	0.14±0.02 ^{aA}	-	-
					9	0.06±0.00 ^{bA}	-	-
					12	0.03±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{bA}	-
44	3-Metil-1-bütanol	<i>fermente</i>	16.070	1193	0	1.55±0.01 ^{aA}	-	0.03±0.00 ^{aB}
					3	-	0.02±0.00 ^{abA}	im ^{bB}
					6	-	0.03±0.00 ^{aA}	-
					9	-	0.02±0.01 ^{aA}	-
					12	-	0.01±0.00 ^{abA}	-
45	1-Pentanol	<i>balsamik</i>	17.437	1238	0	-	-	-
					3	0.20±0.04 ^{aA}	0.06±0.00 ^{aB}	0.05±0.01 ^{abB}
					6	0.16±0.02 ^{aA}	0.04±0.00 ^{aB}	0.08±0.00 ^{aB}
					9	0.06±0.00 ^{bA}	0.05±0.03 ^{aA}	0.03±0.01 ^{bcA}
					12	0.04±0.00 ^{bA}	-	-
46	2-Metilpentanol	<i>keskin-acı</i>	18.249	1264	0	0.05±0.01 ^{aA}	-	im ^{aB}
					3	-	im ^{aA}	-
					6	0.01±0.00 ^{bA}	im ^{aB}	-
					9	-	im ^{abA}	-
					12	-	-	-
47	(Z)-2-Penten-1-ol	<i>çimen</i>	19.624	1308	0	0.24±0.01 ^{aA}	-	0.05±0.00 ^{aB}
					3	0.08±0.02 ^{bA}	0.11±0.00 ^{abA}	0.05±0.00 ^{aA}
					6	0.08±0.01 ^{bA}	0.10±0.00 ^{abA}	0.09±0.05 ^{aA}
					9	-	0.15±0.07 ^{aA}	0.09±0.07 ^{aA}
					12	0.09±0.01 ^{bB}	-	0.16±0.02 ^{aA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
48	1-Hekzanol	reçine-çiçek	20.613	1341	0	-	0.02±0.01 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}
					3	0.04±0.01 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}
					6	0.04±0.01 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}
					9	0.02±0.00 ^{abA}	0.03±0.00 ^{aA}	-
					12	0.01±0.00 ^{abA}	-	-
49	2-etil-1-hekzanol	gül	24.615	1478	0	0.31±0.02 ^{aA}	-	-
					3	-	0.06±0.00 ^{aA}	-
					6	0.04±0.00 ^{bA}	0.07±0.00 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}
					9	0.02±0.00 ^{bA}	0.06±0.02 ^{aAA}	0.03±0.02 ^{aA}
					12	-	-	-
50	(E)-2-Okten-1-ol	sabun	28.042	1603	0	0.71±0.08 ^{aA}	0.15±0.00 ^{aB}	-
					3	0.02±0.01 ^{bB}	0.08±0.00 ^{bA}	-
					6	-	0.01±0.00 ^{cA}	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
51	Fenilmetanol	tatlı-çiçek	34.721	1869	0	0.07±0.01 ^{aA}	0.01±0.00 ^{aB}	0.03±0.00 ^{aB}
					3	0.01±0.00 ^{bAB}	-	0.01±0.00 ^{abA}
					6	0.02±0.00 ^{bA}	-	im ^{abcA}
					9	0.02±0.00 ^{bA}	-	im ^{bcB}
					12	-	-	-
52	2-Feniletanol	çiçeksi	35.642	1909	0	0.42±0.08 ^{aA}	0.03±0.00 ^{abB}	0.05±0.01 ^{aB}
					3	0.03±0.00 ^{bA}	0.02±0.00 ^{abA}	-
					6	0.03±0.00 ^{bA}	0.04±0.00 ^{aA}	0.03±0.01 ^{abA}
					9	0.03±0.00 ^{bA}	0.03±0.01 ^{abA}	0.02±0.00 ^{abA}
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
	Ketonlar				0	6.47±0.29 ^{aA}	1.99±0.22 ^{abB}	1.23±0.16 ^{aB}
					3	1.13±0.13 ^{bA}	1.11±0.08 ^{bA}	1.08±0.18 ^{aA}
					6	1.10±0.16 ^{bAB}	1.69±0.12 ^{bA}	0.97±0.17 ^{aB}
					9	1.00±0.11 ^{bB}	2.82±0.40 ^{aA}	0.65±0.13 ^{aB}
					12	0.84±0.17 ^{bA}	1.26±0.25 ^{bA}	0.69±0.35 ^{aA}
53	2,3-Bütanedion	tereyağı	9.471	957	0	0.20±0.02 ^{aA}	0.10±0.09 ^{aA}	0.06±0.00 ^{aA}
					3	0.04±0.00 ^{bB}	0.15±0.00 ^{aA}	0.05±0.01 ^{aB}
					6	0.04±0.00 ^{bA}	0.15±0.03 ^{aA}	0.05±0.03 ^{aA}
					9	0.04±0.00 ^{bA}	0.17±0.11 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aA}
					12	0.07±0.00 ^{bA}	0.09±0.04 ^{aA}	0.04±0.02 ^{aA}
54	2,3-Pentanedion	krema-tereyağı	11.685	1046	0	0.06±0.01 ^{aB}	0.03±0.00 ^{aB}	0.13±0.01 ^{aA}
					3	0.02±0.00 ^{aB}	im ^{cB}	0.06±0.01 ^{abA}
					6	0.04±0.02 ^{aA}	-	0.02±0.01 ^{abA}
					9	0.02±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{bA}
					12	0.02±0.00 ^{aA}	im ^{bcA}	0.07±0.06 ^{abA}
55	(E)-3-Penten-2-one		13.792	1119	0	0.30±0.13 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{abA}
					3	0.02±0.00 ^{bA}	im ^{abC}	0.01±0.00 ^{bB}
					6	0.01±0.00 ^{bA}	-	0.01±0.00 ^{bA}
					9	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^{ab}	0.01±0.00 ^b
					12	im ^{bB}	-	0.04±0.00 ^{aA}
56	2-Heptanon	peynirimsi	15.558	1177	0	0.07±0.01 ^{aA}	-	-
					3	0.01±0.00 ^{bA}	im ^{aA}	-
					6	im ^{bA}	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
57	3-Hidroksi 2-bütanon	tereyağı	18.915	1285	0	3.53±0.09 ^{aA}	1.70±0.41 ^{aB}	0.42±0.07 ^{aC}
					3	0.54±0.07 ^{bA}	0.64±0.04 ^{cA}	0.40±0.05 ^{aA}
					6	0.41±0.08 ^{bB}	1.15±0.21 ^{bcA}	0.32±0.14 ^{aB}
					9	0.35±0.00 ^{bB}	1.56±0.18 ^{abA}	0.13±0.02 ^{aB}
					12	0.56±0.14 ^{bA}	0.90±0.10 ^{cA}	0.30±0.17 ^{aA}
58	1-Hidroksi 2-propanon	karamel	19.204	1294	0	-	-	0.37±0.02 ^{aA}
					3	-	-	0.34±0.04 ^{abA}
					6	0.01±0.00 ^{bB}	-	0.31±0.01 ^{abA}
					9	-	0.50±0.01 ^{aA}	0.25±0.00 ^{bB}
					12	0.13±0.01 ^{aA}	0.21±0.08 ^{bA}	0.11±0.00 ^{cA}
59	6-metil-5-hepten-2-one	narenciye	20.399	1334	0	0.76±0.05 ^{aA}	0.07±0.06 ^{aB}	0.07±0.01 ^{aB}
					3	0.15±0.04 ^{bA}	0.09±0.00 ^{aA}	0.09±0.01 ^{aA}
					6	0.13±0.02 ^{bA}	0.08±0.01 ^{aA}	0.10±0.04 ^{aA}
					9	0.07±0.00 ^{bA}	0.08±0.04 ^{aA}	0.04±0.03 ^{aA}
					12	0.03±0.00 ^{bA}	0.03±0.01 ^{aA}	-
60	(E)-3-Okten-2-one	findık	22.563	1406	0	0.10±0.01 ^{aA}	0.01±0.01 ^{abB}	-
					3	0.07±0.02 ^{abA}	0.03±0.00 ^{aAB}	-
					6	0.10±0.02 ^{aA}	0.02±0.00 ^{abB}	-
					9	0.03±0.00 ^{bcA}	-	-
					12	-	-	-
61	3,5-Oktadien-2-one	mantar	25.777	1518	0	-	-	0.02±0.00 ^{aA}
					3	0.14±0.00 ^{aA}	-	0.03±0.01 ^{aB}
					6	0.15±0.02 ^{aA}	-	0.05±0.02 ^{aB}
					9	0.06±0.01 ^{bA}	-	0.03±0.02 ^{aA}
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
62	6-Metil-3,5-heptadien-2-one	<i>baharatlı</i>	27.838	1594	0	1.07±0.19 ^{aA}	0.03±0.02 ^{cB}	0.05±0.01 ^{aB}
					3	0.03±0.00 ^{bB}	0.14±0.02 ^{bA}	0.05±0.01 ^{aB}
					6	0.06±0.01 ^{bB}	0.25±0.03 ^{aA}	0.05±0.02 ^{aB}
					9	0.17±0.02 ^{bAB}	0.33±0.02 ^{aA}	0.10±0.05 ^{aB}
					12	0.03±0.00 ^{bA}	0.02±0.00 ^{cA}	0.12±0.07 ^{aA}
63	Ketoizoforon	<i>küflü</i>	30.553	1697	0	0.40±0.03 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aB}	-
					3	0.10±0.03 ^{cdA}	0.03±0.00 ^{aAB}	-
					6	0.14±0.00 ^{bcA}	0.03±0.00 ^{aB}	-
					9	0.30±0.06 ^{abA}	0.14±0.12 ^{aA}	-
					12	-	-	-
64	Sikloten	<i>karamel</i>	33.592	1821	0	-	-	0.05±0.02 ^{aA}
					3	-	-	0.04±0.01 ^{aA}
					6	-	-	0.02±0.01 ^{aA}
					9	-	-	0.04±0.02 ^{aA}
					12	-	-	-
	Esterler				0	17.80±0.62 ^{aA}	1.22±0.17 ^{cB}	0.64±0.02 ^{aB}
					3	0.40±0.10 ^{cB}	6.21±0.26 ^{aA}	0.60±0.44 ^{aB}
					6	0.37±0.13 ^{cB}	3.73±0.48 ^{bA}	0.47±0.30 ^{aB}
					9	0.43±0.02 ^{cB}	5.52±0.71 ^{abA}	0.49±0.14 ^{aB}
					12	1.99±0.06 ^{bAB}	3.44±0.85 ^{bA}	0.78±0.13 ^{aB}
65	Metil asetat	<i>rahatlatıcı</i>	6.574	786	0	0.23±0.05 ^{bB}	1.06±0.08 ^{cA}	0.40±0.00 ^{aB}
					3	0.13±0.03 ^{bB}	5.45±0.19 ^{aA}	0.27±0.17 ^{aB}
					6	0.13±0.01 ^{bB}	3.27±0.43 ^{bA}	0.37±0.26 ^{aB}
					9	0.21±0.01 ^{bB}	5.18±0.58 ^{aA}	0.23±0.03 ^{aB}
					12	1.49±0.11 ^{aAB}	3.23±0.76 ^{bA}	0.52±0.10 ^{aB}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
66	Etil asetat	ananas	7.511	851	0	0.64±0.11 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	0.14±0.00 ^{aA}	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
67	Metil propanoat	meyvemsî	7.871	876	0	-	-	-
					3	-	0.05±0.00 ^{aA}	-
					6	im ^{bA}	-	0.01±0.00 ^{aA}
					9	im ^{bB}	0.04±0.00 ^{aA}	-
					12	0.04±0.01 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}	-
68	Metil bütirat	meyvemsî	9.712	968	0	0.07±0.03 ^{aA}	-	-
					3	-	0.04±0.00 ^{aA}	-
					6	im ^{bA}	0.01±0.00 ^{cA}	im ^{aA}
					9	-	0.02±0.00 ^{bA}	-
					12	0.02±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{cAB}	-
69	İzobütîl izobütîrat	meyvemsî	12.676	1081	0	-	0.02±0.01 ^{bA}	0.04±0.00 ^{aA}
					3	0.04±0.00 ^{aA}	0.09±0.00 ^{aA}	0.26±0.23 ^{aA}
					6	im ^{cA}	0.03±0.01 ^{bA}	0.03±0.01 ^{aA}
					9	0.02±0.00 ^{bcAB}	-	0.02±0.00 ^{aA}
					12	0.03±0.00 ^{abA}	0.03±0.00 ^{bA}	-
70	İzoamil asetat	muz	13.623	1114	0	-	im ^{aA}	-
					3	-	im ^{aA}	-
					6	-	0.01±0.00 ^{aA}	-
					9	-	-	-
					12	im ^{aA}	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
71	İzopropil valerat	meyvemsî	14.058	1128	0	-	0.03±0.00 ^{abA}	0.05±0.00 ^{aA}
					3	0.03±0.00 ^{aA}	0.06±0.00 ^{aA}	0.04±0.01 ^{aA}
					6	0.01±0.01 ^{aA}	0.02±0.00 ^{bA}	0.03±0.01 ^{aA}
					9	-	0.03±0.01 ^{bA}	0.02±0.00 ^{aA}
					12	0.03±0.01 ^{aA}	0.01±0.00 ^{bA}	0.03±0.01 ^{aA}
72	n-Bütîl izobütîrat	meyvemsî	14.404	1139	0	8.37±0.86 ^{aA}	-	-
					3	-	0.05±0.00 ^{aA}	-
					6	im ^{bAB}	0.01±0.00 ^{bcA}	-
					9	im ^{bB}	0.02±0.00 ^{bA}	-
					12	0.01±0.00 ^{bA}	-	-
73	İzobütîl bütanoat	meyvemsî	14.800	1152	0	3.45±0.43 ^{aA}	-	-
					3	-	0.04±0.00 ^{aA}	-
					6	-	im ^{bA}	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
74	n-Amîl asetât	meyvemsî	15.203	1165	0	0.25±0.13 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
75	n-Bütîl n-bütîrat	ananas	16.655	1212	0	-	-	0.01±0.00 ^{aA}
					3	-	0.02±0.00 ^{aA}	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
76	1-Hekzil asetat	meyve-ot	18.280	1265	0	0.04±0.00 ^{aA}	-	-
					3	im ^{bA}	-	-
					6	im ^{bA}	im ^{aA}	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
77	Metil kaproat	taze-meyve	15.627	1179	0	4.47±0.08 ^{aA}	0.08±0.07 ^{bB}	-
					3	0.15±0.06 ^{bAB}	0.40±0.10 ^{aA}	-
					6	0.10±0.06 ^{bA}	0.15±0.04 ^{abA}	-
					9	0.08±0.00 ^{bA}	0.18±0.08 ^{abA}	0.17±0.14 ^{aA}
					12	0.08±0.03 ^{bA}	-	-
78	Metil oktanoat	turuncgil	21.975	1386	0	-	-	-
					3	-	0.04±0.00 ^{aA}	-
					6	0.04±0.03 ^{aA}	0.01±0.00 ^{aA}	-
					9	0.02±0.00 ^{aA}	0.05±0.03 ^{aA}	0.06±0.04 ^{aA}
					12	-	-	-
79	Metil Salisilat	nane	32.791	1787	0	0.21±0.01 ^{aA}	0.01±0.00 ^{bA}	0.14±0.03 ^{aA}
					3	0.04±0.00 ^{bA}	im ^{bcA}	0.04±0.01 ^{bA}
					6	0.05±0.00 ^{bA}	0.04±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{bB}
					9	0.08±0.01 ^{bA}	-	-
					12	-	-	-
80	β-Fenetil asetat	çiçeksi	33.491	1817	0	0.07±0.00 ^{aA}	0.01±0.00 ^{bB}	-
					3	-	-	-
					6	0.01±0.00 ^{bAB}	0.02±0.00 ^{aA}	-
					9	0.01±0.00 ^{bA}	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
81	Metil sinnamat	<i>balsamik</i>	39.457	2079	0	-	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	0.28±0.03 ^{aA}	0.13±0.06 ^{aA}	0.22±0.01 ^{aA}
	Asitler				0	17.40±0.98 ^{bA}	9.10±0.15 ^{cB}	9.97±0.94 ^{cB}
					3	10.74±0.59 ^{cdA}	14.06±1.11 ^{bA}	11.91±0.37 ^{bcA}
					6	8.78±0.56 ^{dB}	9.11±0.18 ^{cB}	13.98±0.60 ^{bA}
					9	13.09±1.17 ^{cB}	16.98±0.13 ^{bA}	12.81±0.43 ^{bB}
					12	22.12±0.72 ^{aB}	25.62±2.15 ^{aAB}	31.04±1.01 ^{aA}
82	Asetik asit	<i>keskin-ekşimsi</i>	23.274	1434	0	14.26±0.86 ^{bA}	8.46±0.21 ^{cB}	8.66±0.82 ^{bB}
					3	8.99±0.14 ^{cdB}	12.47±0.71 ^{bA}	9.84±0.64 ^{bB}
					6	6.70±0.86 ^{dB}	8.17±0.23 ^{cB}	11.05±0.09 ^{bA}
					9	10.09±0.71 ^{cB}	14.97±0.15 ^{bA}	9.92±1.04 ^{bB}
					12	18.35±0.39 ^{aB}	22.93±1.71 ^{aAB}	25.69±1.98 ^{aA}
83	Propanoik asit	<i>keskin-soya</i>	25.932	1524	0	0.27±0.08 ^{abA}	0.03±0.02 ^{aA}	0.25±0.05 ^{bA}
					3	0.17±0.06 ^{bA}	0.13±0.02 ^{aA}	0.30±0.08 ^{bA}
					6	0.17±0.03 ^{bA}	0.09±0.00 ^{aA}	0.38±0.27 ^{bA}
					9	0.24±0.02 ^{abA}	0.44±0.22 ^{aA}	0.53±0.35 ^{abA}
					12	0.66±0.24 ^{aB}	0.38±0.17 ^{aB}	1.36±0.32 ^{aA}
84	İzobütirik asit	<i>acı teryağı</i>	26.756	1554	0	0.24±0.07 ^{abA}	0.07±0.00 ^{bA}	0.10±0.02 ^{bA}
					3	0.17±0.05 ^{bA}	0.17±0.00 ^{abA}	0.16±0.03 ^{bA}
					6	0.14±0.02 ^{bA}	0.16±0.00 ^{abA}	0.29±0.18 ^{abA}
					9	0.19±0.02 ^{bA}	0.26±0.00 ^{abA}	0.30±0.03 ^{abA}
					12	0.62±0.21 ^{aA}	0.41±0.20 ^{aA}	0.64±0.13 ^{aA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
85	Bütanoik asit	<i>keskin-peynir</i>	28.353	1613	0	-	-	0.14±0.00 ^{aA}
					3	0.02±0.00 ^{bcB}	0.05±0.00 ^{aB}	0.10±0.00 ^{aA}
					6	0.04±0.00 ^{abA}	0.03±0.00 ^{bA}	0.09±0.06 ^{aA}
					9	0.06±0.00 ^{aAB}	-	0.11±0.02 ^{aA}
					12	0.05±0.01 ^{abB}	-	0.17±0.02 ^{aA}
86	İzovalerik asit	<i>asit-acı</i>	29.406	1658	0	2.41±0.13 ^{aA}	0.45±0.04 ^{bB}	0.61±0.01 ^{bB}
					3	0.77±0.21 ^{cA}	0.92±0.26 ^{bA}	1.24±0.15 ^{bA}
					6	0.76±0.13 ^{cB}	0.50±0.07 ^{bB}	1.59±0.09 ^{abA}
					9	1.09±0.12 ^{bcA}	0.87±0.12 ^{bA}	1.62±0.37 ^{abA}
					12	1.84±0.51 ^{abA}	1.73±0.03 ^{aA}	2.95±0.76 ^{aA}
87	3-Metil-2-bütanoik asit	<i>fenolik</i>	32.658	1782	0	-	-	-
					3	0.03±0.00 ^{abA}	-	-
					6	im ^{bA}	0.02±0.00 ^{bA}	0.16±0.10 ^{aA}
					9	-	0.18±0.07 ^{aA}	0.16±0.00 ^{aA}
					12	0.05±0.01 ^{aA}	0.05±0.01 ^{bA}	0.08±0.01 ^{aA}
88	Hekzanoik asit	<i>ter</i>	33.712	1826	0	0.42±0.09 ^{bA}	0.08±0.00 ^{bB}	0.15±0.01 ^{aB}
					3	0.57±0.09 ^{bA}	0.33±0.08 ^{aA}	0.23±0.02 ^{aA}
					6	0.92±0.08 ^{abA}	0.14±0.01 ^{abB}	0.41±0.20 ^{aAB}
					9	1.36±0.25 ^{aA}	0.27±0.11 ^{abB}	0.18±0.04 ^{aB}
					12	0.48±0.12 ^{bA}	0.07±0.00 ^{bB}	0.15±0.00 ^{aB}
89	Heptanoik asit	<i>peynirimsi</i>	36.180	1932	0	0.02±0.00 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	0.02±0.00 ^{aA}	-	-
					9	0.03±0.00 ^{aA}	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
90	(E)-2-hekzenoik asit	<i>küf</i>	36.639	1953	0	-	0.01±0.00 ^{aAB}	0.04±0.01 ^{aA}
					3	0.02±0.00 ^{bA}	-	0.03±0.00 ^{abA}
					6	0.02±0.00 ^{bA}	-	0.02±0.00 ^{abA}
					9	0.03±0.00 ^{bA}	-	-
					12	0.07±0.00 ^{aA}	0.01±0.00 ^{aB}	0.01±0.00 ^{bB}
	Alkanlar				0	4.10±0.06^{aA}	0.12±0.08^{bB}	0.32±0.03^{aB}
					3	0.76±0.04^{bA}	0.17±0.00^{bB}	0.21±0.03^{abB}
					6	0.23±0.02^{cAB}	0.39±0.04^{aA}	0.17±0.05^{bcB}
					9	0.15±0.03^{cA}	0.18±0.04^{bA}	0.08±0.00^{bcA}
					12	0.11±0.01^{cA}	0.13±0.03^{bA}	0.06±0.04^{cA}
91	Nonan	<i>kafur</i>	7.712	865	0	0.27±0.00 ^{aA}	-	-
					3	0.05±0.02 ^{bA}	0.02±0.00 ^{cA}	0.03±0.00 ^{aA}
					6	0.04±0.00 ^{bA}	0.04±0.00 ^{bA}	0.04±0.01 ^{aA}
					9	0.02±0.00 ^{bA}	0.04±0.00 ^{bA}	0.02±0.01 ^{abA}
					12	0.06±0.00 ^{bA}	0.06±0.00 ^{aA}	-
92	İzododekan		9.098	941	0	0.80±0.00 ^{aA}	0.04±0.03 ^{bC}	0.18±0.02 ^{aB}
					3	0.58±0.12 ^{bA}	0.07±0.01 ^{bB}	0.08±0.01 ^{bB}
					6	0.07±0.00 ^{cB}	0.20±0.03 ^{aA}	0.03±0.00 ^{bB}
					9	0.02±0.00 ^{cA}	0.05±0.04 ^{bA}	im ^{bA}
					12	0.02±0.00 ^{cA}	0.02±0.01 ^{bA}	0.04±0.00 ^{bA}
93	2,6-Dimetiloktan		9.250	947	0	0.07±0.00 ^{aA}	0.04±0.04 ^{aA}	im ^{aA}
					3	-	im ^{aA}	-
					6	-	im ^{aA}	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
94	Dekan		10.075	984	0	1.91±0.03 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aB}	0.05±0.00 ^{aB}
					3	0.03±0.01 ^{bA}	0.03±0.00 ^{aA}	0.04±0.00 ^{aA}
					6	0.02±0.00 ^{bA}	0.04±0.00 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}
					9	0.07±0.04 ^{bA}	0.03±0.00 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}
					12	0.01±0.00 ^{bA}	0.03±0.00 ^{aA}	0.01±0.01 ^{aA}
95	3-Metildekan		10.892	1017	0	0.10±0.01 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
96	5-Metildekan		11.357	1034	0	0.16±0.00 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
97	Dodekan		16.049	1193	0	0.28±0.18 ^{aA}	-	-
					3	0.03±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}	-
					6	0.04±0.00 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aA}	-
					9	0.02±0.00 ^{aA}	0.02±0.01 ^{aA}	-
					12	0.02±0.00 ^{aA}	0.02±0.01 ^{aA}	-
98	2-Metiltridekan		20.891	1350	0	0.51±0.10 ^{aA}	-	0.08±0.00 ^{aB}
					3	0.08±0.07 ^{bA}	0.02±0.00 ^{bcA}	0.05±0.01 ^{abcA}
					6	0.06±0.01 ^{bA}	0.07±0.00 ^{aA}	0.06±0.02 ^{abA}
					9	0.03±0.00 ^{bA}	0.03±0.01 ^{bA}	0.02±0.00 ^{cA}
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
	Aromatik hidrokarbonlar				0	4.59±0.02 ^{aA}	0.24±0.17 ^{aC}	1.86±0.26 ^{aB}
					3	0.13±0.01 ^{bB}	0.04±0.00 ^{aB}	0.59±0.09 ^{bA}
					6	0.06±0.01 ^{cB}	0.04±0.00 ^{aB}	0.63±0.20 ^{bA}
					9	0.05±0.01 ^{cB}	0.02±0.01 ^{aB}	0.47±0.09 ^{bA}
					12	0.06±0.00 ^{cB}	0.02±0.00 ^{aB}	0.92±0.22 ^{bA}
99	Toluen	boya	11.238	1031	0	1.88±0.26 ^{aA}	0.21±0.17 ^{aB}	0.05±0.00 ^{aB}
					3	0.06±0.05 ^{bA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.05±0.01 ^a
					6	0.01±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{aA}	0.02±0.01 ^{aA}
					9	-	-	im ^{aA}
					12	0.01±0.00 ^{bA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.13±0.11 ^{aA}
100	m-Ksilen	plastik	14.317	1138	0	0.02±0.00 ^{aB}	- ^{aB}	1.56±0.23 ^{aA}
					3	0.05±0.02 ^{aB}	0.01±0.00 ^{aB}	0.39±0.06 ^{bA}
					6	0.03±0.00 ^{aB}	im ^{aB}	0.48±0.06 ^{bA}
					9	0.03±0.00 ^{aB}	0.02±0.01 ^{aB}	0.31±0.01 ^{bA}
					12	0.01±0.00 ^{aB}	-	0.65±0.02 ^{bA}
101	o-Ksilen	sardunya	15.750	1183	0	0.07±0.01 ^{aA}	-	0.01±0.00 ^{aB}
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
102	Mesitlen	otsu	17.001	1223	0	0.12±0.00 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
103	Stiren	<i>balsamik</i>	17.986	1255	0	1.80±0.02 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aB}	0.09±0.01 ^{aB}
					3	0.02±0.00 ^{bA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.05±0.02 ^{abA}
					6	0.01±0.00 ^{bA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.02±0.01 ^{bA}
					9	-	-	-
					12	-	-	-
104	p-Ksilen		21.238	1362	0	0.18±0.03 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
105	4-Etil-o-ksilen		21.486	1370	0	0.26±0.02 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
106	Azulen		32.067	1759	0	0.25±0.02 ^{aA}	-	0.15±0.00 ^{aA}
					3	-	-	0.10±0.00 ^{aA}
					6	im ^{aA}	-	0.11±0.10 ^{aA}
					9	0.02±0.02 ^{aA}	-	0.15±0.08 ^{aA}
					12	-	-	0.14±0.13 ^{aA}
	Furanlar				0	6.50±0.88 ^{aA}	0.22±0.02 ^{bB}	8.10±1.00 ^{aA}
					3	0.68±0.03 ^{bB}	0.23±0.07 ^{bB}	5.53±0.19 ^{bA}
					6	0.83±0.08 ^{bB}	0.23±0.08 ^{bC}	4.26±0.18 ^{bcA}
					9	1.30±0.10 ^{bB}	0.80±0.15 ^{aC}	2.72±0.11 ^{cdA}
					12	0.49±0.05 ^{bB}	0.54±0.25 ^{abB}	2.45±0.00 ^{dA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
107	2-Metilfuran	çikolata	7.232	832	0	0.04±0.00 ^{aA}	-	im ^{aB}
					3	im ^{bA}	0.01±0.00 ^{aA}	im ^{aA}
					6	im ^{bA}	-	im ^{aA}
					9	-	-	-
					12	im ^{bA}	-	0.03±0.02 ^{aA}
108	2,3,5-Trimetilfuran	kahve	11.617	1043	0	0.36±0.00 ^{aA}	-	-
					3	-	0.04±0.00 ^{aA}	-
					6	-	0.01±0.00 ^{abA}	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
109	2-Pentilfuran	yeşil fasulye	17.103	1227	0	1.36±0.04 ^{aA}	0.04±0.00 ^{aB}	0.04±0.01 ^{aB}
					3	0.08±0.03 ^{bA}	0.02±0.00 ^{abA}	0.05±0.00 ^{aA}
					6	0.09±0.01 ^{bA}	0.02±0.00 ^{abB}	0.05±0.00 ^{aAB}
					9	0.05±0.00 ^{bA}	0.02±0.01 ^{abA}	0.02±0.00 ^{bA}
					12	0.01±0.00 ^{bA}	im ^{bA}	-
110	2-Metildihidro-3(2H)furanon	ekmek	18.122	1261	0	0.22±0.01 ^{aB}	-	0.60±0.07 ^{bA}
					3	0.01±0.00 ^{cB}	-	0.34±0.03 ^{cA}
					6	-	-	-
					9	0.03±0.00 ^{cB}	0.04±0.02 ^{abB}	0.14±0.02 ^{cdA}
					12	0.15±0.00 ^{bB}	0.18±0.08 ^{aB}	0.99±0.09 ^{aA}
111	Furfural	ekmek	24.078	1458	0	0.86±0.09 ^{aB}	0.01±0.00 ^{aC}	2.91±0.18 ^{aA}
					3	-	0.04±0.00 ^{aB}	1.86±0.31 ^{bA}
					6	0.09±0.01 ^{bB}	im ^{aC}	1.04±0.00 ^{cA}
					9	0.11±0.01 ^{bB}	0.08±0.05 ^{aB}	0.34±0.00 ^{dA}
					12	0.04±0.00 ^{bA}	0.04±0.01 ^{aA}	0.04±0.03 ^{dA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
112	2-Asetilfuran	<i>balsamik</i>	25.411	1490	0	0.82±0.11 ^{aA}	im ^{aB}	0.97±0.04 ^{aA}
					3	0.12±0.00 ^{bB}	0.04±0.00 ^{aB}	0.61±0.11 ^{bA}
					6	0.13±0.01 ^{bA}	0.08±0.00 ^{aA}	0.55±0.04 ^{bA}
					9	0.30±0.04 ^{bA}	0.30±0.17 ^{aA}	0.41±0.04 ^{bA}
					12	0.09±0.01 ^{bA}	0.06±0.02 ^{aA}	0.15±0.03 ^{cA}
113	Furfuril format	<i>ferahlatıcı</i>	25.027	1492	0	-	-	0.17±0.03 ^{aA}
					3	-	-	0.05±0.00 ^{bA}
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
114	Furfuril asetat	<i>meyvemsi</i>	25.969	1528	0	-	-	0.18±0.04 ^{aA}
					3	-	-	0.15±0.01 ^{aA}
					6	-	-	0.15±0.08 ^{aA}
					9	-	-	0.12±0.07 ^{aA}
					12	-	-	0.10±0.04 ^{aA}
115	5-Metilfurfural	<i>karamel</i>	27.321	1575	0	0.59±0.35 ^{aA}	-	1.03±0.24 ^{aA}
					3	0.02±0.00 ^{aB}	-	0.59±0.14 ^{abA}
					6	0.02±0.00 ^{aB}	-	0.25±0.04 ^{bcA}
					9	0.02±0.00 ^{aB}	-	0.29±0.00 ^{bcA}
					12	-	-	-
116	2-Furanmetanol	<i>yanmış</i>	29.200	1647	0	1.23±0.10 ^{aA}	0.17±0.02 ^{aB}	1.95±0.36 ^{aA}
					3	0.20±0.02 ^{bB}	0.08±0.05 ^{aB}	1.68±0.22 ^{abA}
					6	0.22±0.09 ^{bB}	0.10±0.06 ^{aB}	2.06±0.11 ^{aA}
					9	0.27±0.00 ^{bB}	0.27±0.19 ^{aB}	1.32±0.04 ^{abA}
					12	0.11±0.01 ^{bB}	0.22±0.12 ^{aB}	1.09±0.07 ^{cA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
117	5-Metil-2(3H)-furanon	<i>hidsitancevizi</i>	30.218	1685	0	0.15±0.04 ^{abA}	-	0.04±0.02 ^{abAB}
					3	0.07±0.03 ^{bA}	-	0.06±0.00 ^{aA}
					6	0.13±0.07 ^{abA}	-	0.04±0.00 ^{aA}
					9	0.24±0.01 ^{aA}	-	-
					12	0.06±0.00 ^{bA}	-	-
118	5-Metilfurfuril alkol	<i>tatlı-karamel</i>	30.803	1707	0	0.91±0.09 ^{aA}	im ^{aB}	0.18±0.06 ^{aB}
					3	0.17±0.06 ^{abA}	-	0.13±0.01 ^{aA}
					6	0.16±0.01 ^{abA}	-	0.11±0.02 ^{aA}
					9	0.27±0.02 ^{bA}	0.08±0.07 ^{aA}	0.09±0.06 ^{aA}
					12	0.01±0.00 ^{cA}	0.02±0.01 ^{aA}	0.06±0.03 ^{aA}
Pirazinler					0	1.05±0.12 ^{aA}	0.18±0.02 ^{aB}	0.07±0.00 ^{aB}
					3	-	0.11±0.01 ^{bA}	0.04±0.01 ^{abB}
					6	0.02±0.00 ^{bB}	0.09±0.00 ^{bA}	-
					9	0.02±0.00 ^{bB}	0.11±0.03 ^{bA}	0.02±0.00 ^{bB}
					12	-	0.01±0.00 ^{cA}	-
119	2,6-Dimetilpirazin	<i>kavrulmuş fındık</i>	20.162	1326	0	0.59±0.04 ^{aA}	-	0.02±0.00 ^{aB}
					3	-	im ^{aA}	im ^{abA}
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
120	2,3-Dimetilpirazin	<i>ceviz</i>	20.715	1344	0	0.04±0.01 ^{aA}	im ^{aAB}	-
					3	-	im ^{aA}	-
					6	-	im ^{aA}	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
121	2-Etil-6-metilpirazin	patates	21.896	1383	0	0.13±0.02 ^{aA}	-	-
					3	-	0.01±0.00 ^{aA}	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
122	2,3,5-Trimetil pirazin	kızartma-patates	22.457	1403	0	0.29±0.03 ^{aA}	0.05±0.00 ^{aB}	0.03±0.00 ^{aB}
					3	- ^{bA}	0.02±0.00 ^{bA}	im ^{bB}
					6	0.02±0.00 ^{bA}	0.02±0.00 ^{abA}	-
					9	0.02±0.00 ^{bA}	0.03±0.01 ^{abA}	-
					12	-	-	-
123	Tetrametilpirazin	ceviz	24.476	1472	0	-	0.10±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aB}
					3	-	0.07±0.00 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aB}
					6	-	0.06±0.00 ^{aA}	-
					9	-	0.08±0.04 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}
					12	-	0.01±0.00 ^{aA}	-
124	2-İzobütil-3-metoksipirazin	yeşil biber	25.947	1522	0	-	0.03±0.00 ^{aA}	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
Sülfür bileşikleri					0	0.53±0.09 ^{aA}	0.05±0.00 ^{bB}	0.08±0.00 ^{aB}
					3	0.05±0.00 ^{bA}	0.24±0.02 ^{aA}	0.03±0.01 ^{bA}
					6	0.05±0.00 ^{bA}	0.04±0.00 ^{bAB}	0.02±0.00 ^{bB}
					9	0.06±0.00 ^{bA}	0.05±0.02 ^{bA}	im ^{bB}
					12	0.08±0.00 ^{bA}	0.05±0.01 ^{bA}	0.08±0.01 ^{aA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
125	Methanethiol	sülfür	5.288	697	0	0.02±0.01 ^{bA}	im ^{aA}	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	0.03±0.02 ^{aA}
126	Dimetilsülfit	lahana	5.733	728	0	0.41±0.08 ^{aA}	0.05±0.00 ^{bB}	0.03±0.00 ^{aB}
					3	0.05±0.00 ^{bB}	0.21±0.03 ^{aA}	0.02±0.01 ^{aB}
					6	0.05±0.00 ^{bA}	0.04±0.00 ^{bAB}	0.02±0.00 ^{aB}
					9	0.06±0.00 ^{bA}	0.05±0.00 ^{bA}	im ^{aB}
					12	0.08±0.00 ^{bA}	0.04±0.01 ^{bA}	0.05±0.04 ^{Aa}
127	Dimetildisülfit	soğansu	12.216	1065	0	0.10±0.00 ^{aA}	-	0.03±0.00 ^{aB}
					3	-	-	im ^{bA}
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
128	Dimetil trisülfit	kükürt-balık	22.059	1389	0	-	-	0.02±0.00 ^{aA}
					3	-	-	im ^{bA}
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
Diğerleri					0	3.47±0.9 ^{aA}	0.36±0.04 ^{bB}	2.30±0.05 ^{bA}
					3	0.65±0.03 ^{bA}	0.72±0.32 ^{bA}	1.33±0.37 ^{bA}
					6	0.85±0.28 ^{bAB}	0.62±0.00 ^{bB}	1.86±0.32 ^{bA}
					9	1.40±0.12 ^{bB}	1.40±0.19 ^{aAB}	2.32±0.30 ^{bA}
					12	0.64±0.06 ^{bB}	0.73±0.06 ^{bB}	4.21±0.44 ^{aA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
129	1-Metilpirol	<i>odunsu</i>	14.239	1134	0	0.15±0.07 ^{aA}	0.07±0.00 ^{aA}	-
					3	0.03±0.00 ^{bA}	0.05±0.03 ^{aA}	-
					6	0.02±0.00 ^{bA}	0.01±0.00 ^{aAB}	-
					9	0.02±0.00 ^{bA}	0.07±0.04 ^{aA}	0.01±0.00 ^{aA}
					12	0.01±0.01 ^{bA}	0.04±0.02 ^{aA}	0.04±0.03 ^{aA}
130	Tanımlanmayan		28.199	1607	0	0.32±0.08 ^{abA}	0.06±0.00 ^{abB}	0.04±0.00 ^{abB}
					3	0.21±0.04 ^{abA}	0.20±0.10 ^{aA}	0.05±0.01 ^{aA}
					6	0.34±0.11 ^{aA}	0.21±0.15 ^{aA}	0.26±0.12 ^{aA}
					9	0.26±0.01 ^{abA}	0.46±0.34 ^{aA}	0.22±0.15 ^{aA}
					12	0.07±0.01 ^b	0.09±0.08 ^a	0.16±0.13 ^a
131	γ -Bütürolakton	<i>karamel-tatlı</i>	29.029	1639	0	1.05±0.37 ^{aA}	0.22±0.04 ^{bA}	0.39±0.07 ^{bA}
					3	0.17±0.04 ^{bA}	0.14±0.07 ^{bA}	0.29±0.04 ^{bA}
					6	0.23±0.12 ^{bA}	0.30±0.14 ^{bA}	0.25±0.01 ^{bA}
					9	0.25±0.00 ^{bB}	0.71±0.07 ^{aA}	0.37±0.01 ^{bB}
					12	0.18±0.02 ^{bB}	0.38±0.08 ^{abB}	1.42±0.22 ^{aA}
132	Dimetilmaleik anhidrit		31.550	1738	0	0.14±0.03 ^{aA}	-	0.03±0.00 ^{abB}
					3	im ^{bA}	-	0.01±0.00 ^{abA}
					6	0.02±0.00 ^{bA}	-	-
					9	0.04±0.02 ^{bA}	-	-
					12	im ^{bA}	-	-
133	Dihidromaltol	<i>karamel</i>	34.487	1859	0	-	-	0.28±0.07 ^{aA}
					3	-	-	0.15±0.02 ^{abA}
					6	-	-	0.06±0.05 ^{bA}
					9	-	-	0.07±0.04 ^{bA}
					12	-	-	0.02±0.01 ^{bA}

Çizelge 4.35. (devam)

No	Bileşik	Aroma tanımı ¹	A.Z. ²	A.İ. ³	Örnek			
					Depolama Süresi, (ay)	Gİ	PKB	Eİ
134	2-Asetilpirol	fındık-ceviz	36.966	1968	0	1.10±0.20 ^{aA}	-	1.13±0.29 ^{bA}
					3	0.16±0.05 ^{bA}	-	0.49±0.23 ^{cA}
					6	0.17±0.00 ^{bB}	-	1.13±0.03 ^{bA}
					9	0.51±0.07 ^{bB}	0.07±0.03 ^{bC}	1.55±0.06 ^{bA}
					12	0.29±0.03 ^{bB}	0.18±0.04 ^{aB}	2.50±0.00 ^{aA}
135	Pantolakton	pamuk şeker	38.265	2026	0	0.04±0.02 ^{aA}	-	0.03±0.00 ^{aA}
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	0.02±0.00 ^{aA}	-	0.05±0.02 ^{aA}
					12	-	-	-
136	Piranon		43.212	2246	0	0.42±0.11 ^{aA}	-	0.40±0.10 ^{aAB}
					3	0.02±0.00 ^{bA}	-	0.17±0.14 ^{abA}
					6	0.02±0.00 ^{bA}	-	0.11±0.10 ^{abA}
					9	0.03±0.00 ^{bAB}	0.02±0.00 ^{aB}	0.04±0.00 ^{bA}
					12	0.04±0.00 ^{bA}	-	0.02±0.01 ^{bAB}
137	İzoeugenol	çiçeksi	44.893	2321	0	0.26±0.02 ^{aA}	-	-
					3	-	-	-
					6	-	-	-
					9	-	-	-
					12	-	-	-
Genel toplam					0	113.16±2.24 ^{aA}	15.10±0.56 ^{cC}	28.55±1.85 ^{bB}
					3	20.64±1.48 ^{cA}	24.83±1.38 ^{bA}	24.10±1.69 ^{bA}
					6	16.90±0.72 ^{cB}	18.39±0.25 ^{cAB}	25.47±2.93 ^{bA}
					9	19.32±1.74 ^{cB}	30.62±0.67 ^{aA}	20.86±1.66 ^{bB}
					12	29.75±1.39 ^{bB}	33.58±2.28 ^{aB}	46.76±1.97 ^{aA}

Çizelge 4.35. (devam)

*Aynı sütunda farklı küçük harfler ve aynı satırda farklı büyük harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark $P<0.05$ düzeyinde önemlidir

¹ Aroma tanımları literatür çalışmalarından alınmıştır.

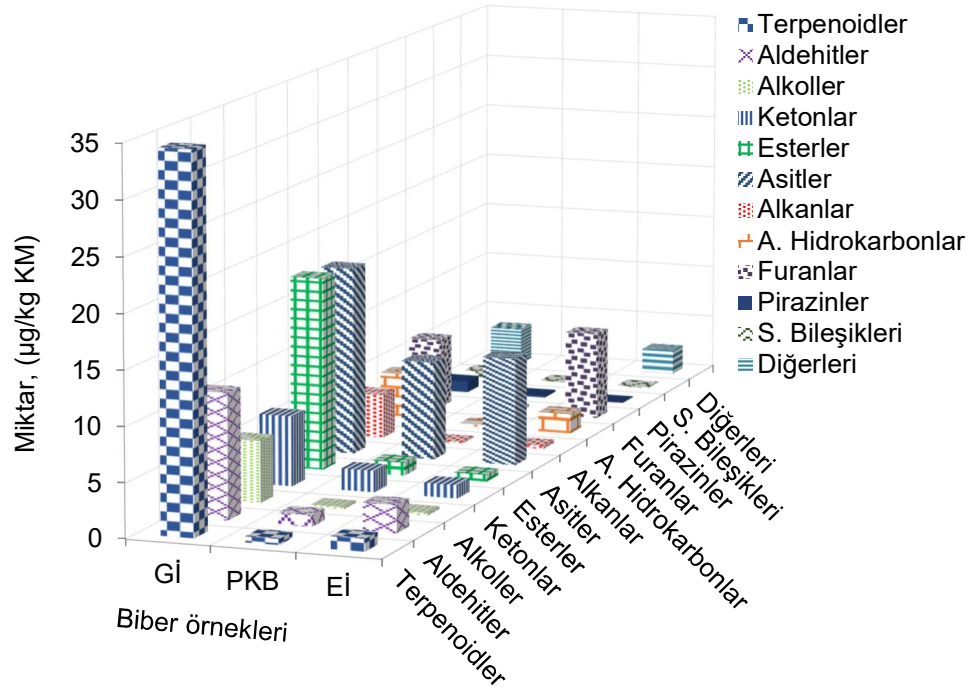
² Alıkonma Zamanı (AZ)

³ Alıkonma İndeksi (Aİ), DB-WAX kolonu (60 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 mm) ile standart alkanlara (C10-C26) göre hesaplanmıştır

⁴ Tespit edilmedi

⁵ İz miktar

Pul biberlerin uçucu bileşik gruplarının toplam içerikleri ve bileşik sayıları Çizelge 4.36 ve Şekil 4.76’da gösterilmiştir.



Şekil 4.76. Pul biberlerin uçucu bileşik gruplarına ait miktarlar

Çizelge 4.36. Pul biberlerin depolama sırasında uçucu bileşik gruplarındaki değişimlere ait veriler

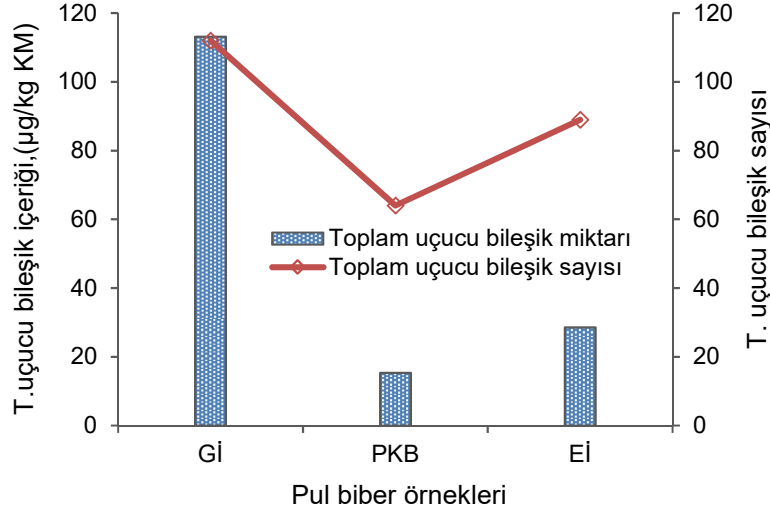
Örnek	Depolama süresi, (ay)	Özellik	Uçucu Bileşik Grubu												
			Terpenoidler	Aldehitler	Alkoller	Ketonlar	Esterler	Asitler	Alkanlar	Aromatik Hidrokarbonlar	Furanlar	Pirazinler	Sülfür Bileşikleri	Diğerleri	Toplam
Gİ	0	Bileşik sayısı	19	19	8	9	10	6	8	8	10	4	3	8	112
		Miktar	34.37	11.52	5.71	6.47	17.80	17.40	4.10	4.59	6.50	1.05	0.53	3.47	113.16
	3	Bileşik sayısı	10	18	6	10	6	8	5	3	8	- ²	1	6	81
		Miktar	1.37	4.26	0.56	1.13	0.40	10.74	0.76	0.13	0.68	-	0.05	0.65	20.64
	6	Bileşik sayısı	12	17	9	10	10	9	5	4	8	1	1	6	92
		Miktar	1.10	2.99	0.60	1.10	0.37	8.78	0.23	0.06	0.83	0.02	0.05	0.85	16.90
	9	Bileşik sayısı	9	14	7	9	8	7	5	2	8	1	1	7	78
		Miktar	0.51	1.34	0.25	1.00	0.43	13.09	0.15	0.05	1.30	0.02	0.06	1.40	19.32
	12	Bileşik sayısı	2	9	5	7	8	8	4	2	8	-	1	6	60
		Miktar	0.04	3.29	0.18	0.84	1.99	22.12	0.11	0.06	0.49	-	0.08	0.64	29.75
PKB	0	Bileşik sayısı	4	16	4	8	7	6	3	2	5	4	2	3	64
		Miktar	0.56	1.07	0.21	1.99	1.22	9.10	0.12	0.22	0.22	0.18	0.05	0.36	15.35
	3	Bileşik sayısı	10	13	10	9	12	6	6	3	6	5	1	3	84
		Miktar	0.94	0.899	0.45	1.11	6.21	14.06	0.17	0.04	0.23	0.11	0.24	0.72	24.83
	6	Bileşik sayısı	11	14	9	6	12	7	6	3	6	3	1	3	81
		Miktar	1.11	0.97	0.47	1.69	3.73	9.11	0.39	0.04	0.23	0.09	0.04	0.62	18.39
	9	Bileşik sayısı	9	14	8	8	7	6	5	1	6	2	1	5	72
		Miktar	0.39	2.04	0.38	2.82	5.52	16.98	0.18	0.02	0.80	0.11	0.05	1.40	30.62
	12	Bileşik sayısı	2	9	2	6	6	7	4	1	6	1	1	4	49
		Miktar	0.05	1.73	0.03	1.26	3.44	25.62	0.13	0.02	0.54	0.01	0.05	0.73	33.58

Çizelge 4.36. (devam)

Örnek	Depolama Süresi, (ay)	Özellik	Uçucu Bileşik Grubu												
			Terpenoidler	Aldehitler	Alkoller	Ketonlar	Esterler	Asitler	Alkanlar	Aromatik Hidrokarbonlar	Furanlar	Pirazinler	Sülfür Bileşikleri	Diğerleri	Toplam
Eİ	0	Bileşik sayısı	13	15	7	9	5	7	4	5	11	3	3	7	89
		Miktar	1.16	2.57	0.25	1.23	0.64	9.97	0.32	1.86	8.10	0.07	0.08	2.30	28.55
	3	Bileşik sayısı	9	15	6	9	4	7	4	4	10	3	3	6	80
		Miktar	0.94	1.96	0.22	1.08	0.60	11.91	0.21	0.59	5.53	0.04	0.03	1.33	24.10
	6	Bileşik sayısı	9	15	7	9	6	7	4	4	9	-	1	5	76
		Miktar	0.86	1.99	0.37	0.97	0.47	13.98	0.17	0.63	4.26	-	0.02	1.86	25.47
	9	Bileşik sayısı	9	11	6	9	5	7	4	3	8	1	1	7	71
		Miktar	0.43	0.73	0.19	0.65	0.49	12.81	0.08	0.47	2.72	0.02	im ³	2.32	20.86
	12	Bileşik sayısı	3	7	1	6	3	8	2	3	7	-	2	6	47
		Miktar	0.25	6.22	0.16	0.69	0.78	31.04	0.06	0.92	2.45	-	0.08	4.21	46.76

¹ µg/kg KM² tespit edilmedi³ iz miktar

Pul biberlerin toplam uçucu bileşik içeriği ve bileşik sayısı da Şekil 4.77’de gösterilmiştir.



Şekil 4.77. Pul biberlerin toplam uçucu bileşik sayıları ve içerikleri

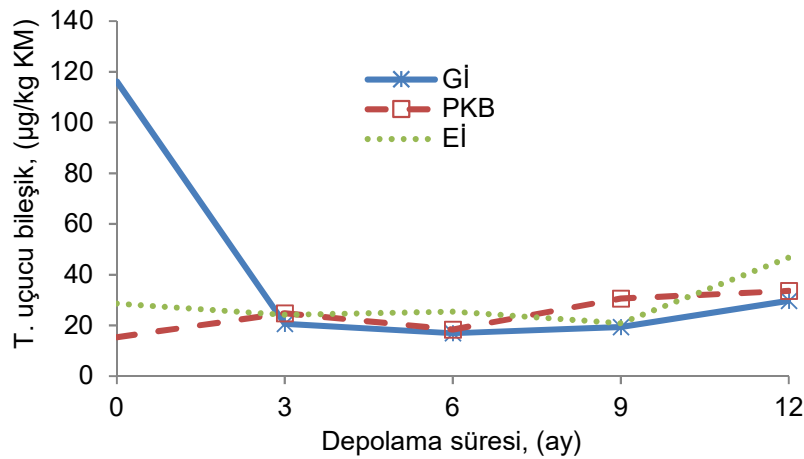
Üretilen pul biberlerde toplam olarak 132 farklı uçucu bileşik tanımlanmış ve bunlardan 43 tanesinin üç örnekte de bulunduğu saptanmıştır. Hem toplam uçucu bileşik sayısı yönünden hem de toplam uçucu bileşik konsantrasyonları yönünden pul biber örnekleri arasındaki sıralamanın $Gİ > Eİ > PKB$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. En fazla uçucu bileşik sayısı ve toplamda en yüksek uçucu bileşik içeriğine sahip örnek olan Gİ biberinde 112 adet uçucu bileşik ve 113.16 µg/kg KM’lik toplam uçucu bileşik içeriği bulunmuştur. Buna karşın, en az uçucu bileşik sayısı ve toplamda en düşük uçucu bileşik içeriğine sahip PKB’de 64 adet uçucu bileşik ve 15.10 µg/kg KM içeriğinde uçucu bileşik belirlenmiştir. Eİ biberindeki toplam uçucu bileşik sayısı ve uçucu bileşik içeriği ise sırasıyla 89 adet ve 28.55 µg/kg KM olarak bulunmuştur.

Gİ biberinin uçucu bileşik kompozisyonunun en fazla olmasında terletme işleminin etkili olduğu belirlenmiştir. Terletme sürecinin uçucu bileşik oluşturmadaki bu etkisinin ışık, sıcaklık, nem ve süre gibi koşullar yönünden birçok reaksiyon tipinin gerçekleşmesi için uygun ortam sağlamasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Diğer taraftan, Eİ biberinin PKB baharatına göre daha fazla sayıda ve miktarda uçucu bileşiğe sahip olmasında Eİ üretimindeki ısı işlemin belirleyici faktör olduğu saptanmıştır. Bu ısı işlem esnasında, özellikle ısıya dayalı gerçekleşen reaksiyonların

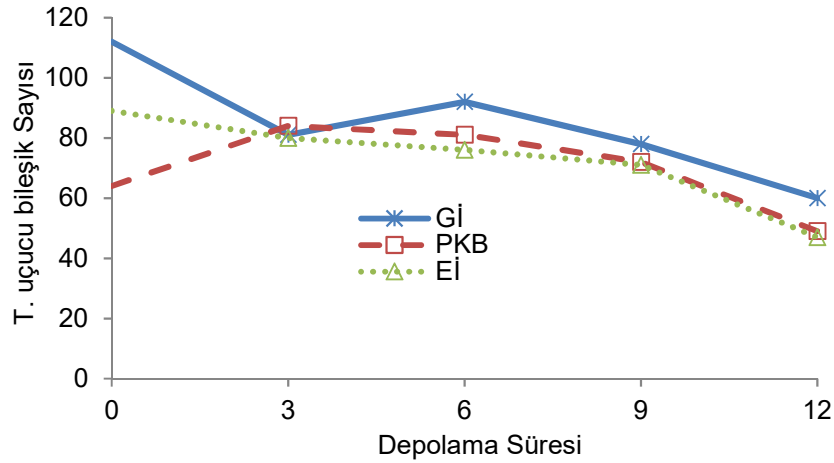
oluşturduğu bileşik gruplarının bu örnekteki uçucu bileşik sayısını ve miktarını artırdığı düşünülmektedir.

Van Ruth ve ark. (1995a) kırmızıbiber baharatında 52 farklı uçucu bileşik saptamışlardır. Mateo ve ark. (1997), acı ve acı olmayan 4 farklı ticari biber baharatında (paprika) toplamda 55 uçucu bileşik tanımlamış ve bunlardan 24 tanesinin her dört örnekte bulunduğunu belirtmişlerdir. Lee ve ark. (2004), kırmızıbiber baharatıyla ilgili yaptıkları çalışmalarında 37 farklı uçucu bileşik tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, Zimmermann ve Schieberle (2000), iyi ayrı çeşide ait kırmızıbiber tozunda 35 ve 42 adet uçucu bileşik belirlemişlerdir. Yukarıda belirtilen çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, uçucu bileşik sayısı bakımından PKB ile ilgili sonucumuzun benzer çalışmalardan bazılarının sonuçlarıyla benzerlik sergilediği, ancak Gİ ve Eİ biberlerine ait uçucu bileşik sayılarımızın genel olarak literatür verilerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Uçucu bileşiklerle ilgili farklı sonuçların alınmasında, biber çeşidi ve ekstraksiyon metodu gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Pul biber örneklerinin depolama sırasında toplam uçucu bileşik içerikleri ve bileşik sayılarında meydana gelen değişimler sırasıyla Şekil 4.78 ve Şekil 4.79’da gösterilmiştir.



Şekil 4.78. Depolama sırasında toplam uçucu bileşik içeriğinde meydana gelen değişimler



Şekil 4.79. Depolama sırasında toplam uçucu bileşik sayılarında meydana gelen değişimler

Depolamanın başlamasıyla Gİ örneğindeki toplam uçucu bileşik içeriğinin hızlı bir şekilde azalmış ve depolamanın ilk üç ayında bu içerik Gİ örneğinde %82.23 oranında azalarak 20.64 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye düşmüştür. Depolamanın sonraki 6 aylık sürecinde bu örneğin toplam uçucu bileşik miktarındaki değişimlerin önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Gİ örneğinde depolamanın son üç ayında ise toplam uçucu bileşik konsantrasyonunun tekrar artarak 29.75 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye yükseldiği tespit edilmiştir.

PKB örneğinde ise, üçer aylık depolama dönemlerinin toplam uçucu bileşik içerikleri önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir ($P<0.05$). Depolamanın ilk üç ayında Gİ'deki durumun aksine, bu örnekteki toplam uçucu bileşik miktarı % 61.80 oranında artmış ve 24.83 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye yükselmiştir. Depolamanın 6. ayındaki PKB örneğinde toplam uçucu bileşik düzeyinin % 25.93 oranında azaldığı ve daha sonraki üç ay içerisinde de bu düzeyin tekrar % 66.50 oranında artarak 30.62 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye yükseldiği saptanmıştır.

Eİ biberindeki toplam uçucu bileşik içeriğinin depolamanın 9. ayına kadarki örneklerde istatistiksel olarak değişmediği belirlenmiştir ($P>0.05$). Depolamanın son üç ayında ise bu biberin toplam uçucu bileşik miktarının hızlıca artış göstermiş ve 20.86'dan 46.76 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye yükselmiştir. Depolamanın başında örneklerin toplam uçucu bileşik içerikleri birbirinden farklı iken ($P<0.05$), depolama sonunda Gİ ve PKB örneklerine ait bu içerikler istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($P>0.05$). Ayrıca,

depolamadan önce en fazla uçucu bileşik içeriğine Gİ örneği sahipken, depolama sonunda Eİ örneğin en yüksek uçucu bileşik miktarına sahip örnek olmuştur ($P<0.05$).

Depolamanın örneklerdeki toplam uçucu bileşik sayılarını da etkilediği ve depolama sonunda her üç örnekte de toplam uçucu bileşik sayılarının azaldığı tespit edilmiştir. Gİ örneğinde depolamanın başında 112 olan bileşik sayısı depolamanın ilk üç ayında 81'e düşmüştür. Ancak, bu bibere ait 6. ay örneğinde uçucu bileşik sayısı tekrar artmış ve 92'ye yükselmiştir. Gİ örneğinde son altı aylık depolama boyunca bileşik sayısının yine azaldığı ve depolamanın sonunda bu örnekte toplamda 60 adet uçucu bileşik bulunduğu tespit edilmiştir.

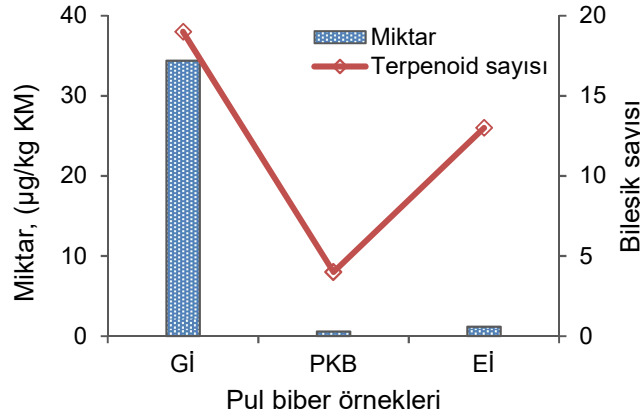
PKB örneğinde depolamanın ilk üç ayında bileşik sayısının 84'e yükseldiği ve daha sonraki aylarda da bu örnekteki toplam bileşik sayısının azalarak depolamanın sonunda 49'a düştüğü belirlenmiştir. Eİ biberinde toplam uçucu bileşik sayısı depolama boyunca azalmış ve bu sayı depolamanın sonuna kadar 89'dan 47'ye azalmıştır. Depolamanın başında, Eİ örneğindeki toplam uçucu bileşik sayısı PKB'dekinden daha fazla iken, depolamanın sonunda bu durumun tersi olarak, PKB örneğinin uçucu bileşik sayısının daha fazla olmuştur. Depolamanın sonundaki örneklerin toplam uçucu bileşik sayısı $Gİ>PKB>Eİ$ şeklinde olmuştur.

Depolama sırasında uçucu bileşik içerikleri ve sayısındaki azalmaların çoğunlukla bu bileşiklerin uçucu özelliklerine dayalı kayıplardan ileri geldiği tahmin edilmektedir.

4.3.6.1. Terpenoidler ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin terpenoid içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4.80'de gösterilmiştir. Gİ, Eİ ve PKB'nin terpenoid sayıları sırasıyla 19, 13 ve 4 olarak bulunmuştur. Gİ, Eİ ve PKB örneklerinin toplam terpenoid içerikleri de 34.37, 0.56 ve 1.16 $\mu\text{g/kg}$ olarak belirlenmiştir. Ancak, PKB ve Eİ'nin toplam terpenoid içerikleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Ayrıca, Gİ ve Eİ örnekleri arasında sadece 6 terpen bileşiği kadar fark olmasına rağmen, Gİ'nin toplam terpenoid miktarı

Eİ'den 29.63 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu farkın da önemli bir kısmının α -limonen bileşiğinden ileri geldiği tespit edilmiştir. Buttery ve ark. (1969) ve Wilkins and Madsen (1989), sırasıyla bu bileşiğin yeşil taze biberde ve Macar paprikasında en fazla içeriğe sahip uçucu bileşik olduğunu saptamışlardır. Ancak, Gİ'deki α -limonenin yüksek miktarına yakın bir sonucun elde edildiği çalışma bulunmamaktadır.



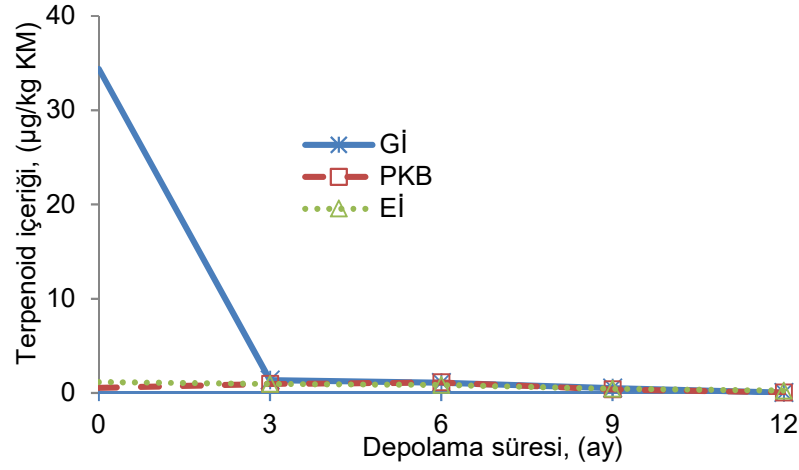
Şekil 4.80. Pul biberlerin toplam terpenoid içeriği ve sayısı

Terpenoid kompozisyonları yönünden Gİ ile Eİ arasında bir benzerlik olduğu tespit edilmiştir. β -mirsan, α -terpinen, β -osimen, dihidrolinalool, α -terpineol monotерpenleri sadece isot (Gİ ve Eİ) örneklerinde bulunmuştur. Bununla beraber, α -tujen, δ -3-karen, 1,8-sineol, p-simen ve (E)-8-hidroksilinalool monotерpenleri ve (E)- α -iyonon ve 5,6-epoksi- β -iyonon seskiterpenleri ise sadece Gİ örneğinde belirlenmiştir. Eİ örneğinin, diğer örneklerden farkı olarak, bu gruptan hidroksisitronellol (çiçeksi) ve cis-osimen bileşiklerini bulundurduğu saptanmıştır. Her dört örnekte bulunan terpenoidlerin ise, α -limonen, linalool ve β -elemen olduğu belirlenmiştir. Ancak, Gİ örneğindeki α -limonen (portakal-narenciye-limonsu) miktarının diğer örnektekilere göre çok daha fazla olduğu ve miktarının PKB ve Eİ örneklerindeki sırasıyla 51.04 ve 41.11 katı kadar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Gİ örneğinde p-simen, β -mirsan, α -terpinen, 1,8-sineol, α -tujen, δ -3-karen ve β -osimen bileşiklerinin de yüksek miktarda bulunan diğer monotерpenler olduğu tespit edilmiştir. PKB'de bulunmayan, ancak Eİ bulunan terpenoidlerin de β -mirsan, cis-osimen, α -terpinen, β -osimen, dihidrolinalool, hidroksisitronellol (çiçeksi), α -terpineol olduğu belirlenmiştir.

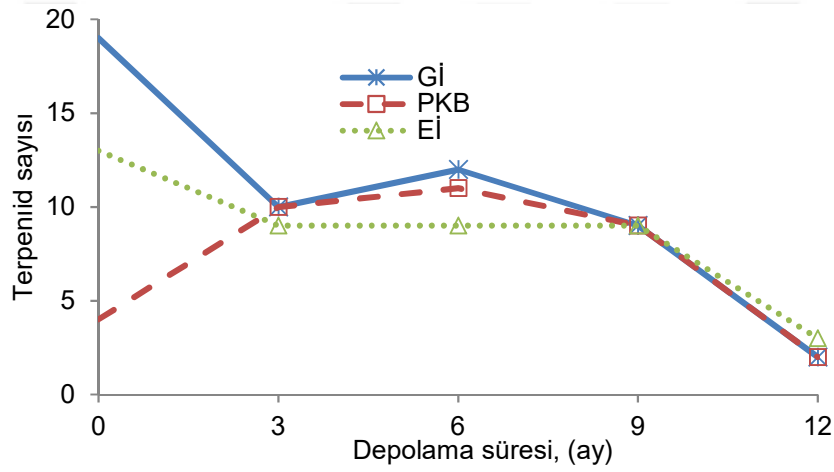
Terpenoid sayısı veya içerikleri açısından isot çeşitlerine nazaran PKB'ye ait sonuçlar önceki çalışmaların verileriyle daha çok benzerlik göstermektedir. Terpenoid profili yönünden isot biberleri ise literatür verilerine göre farklılık göstermektedir (Luning ve ark., 1995b; Zimmermann ve Schieberle, 2000; Van Ruth ve ark., 2003; Chairrote ve Intachum, 2016; Toontom ve ark., 2016). Bu çalışmada terpenoidlerle ilgili elde edilen veriler, Gİ ve Eİ biberlerinin üretimlerindeki terletme ve ısıtma işlemi gibi sıcaklığa bağlı üretim işlemlerinin terpenoid bileşiklerinin oluşumunu etkilediğini göstermektedir. Özellikle uygun sıcaklık-süre rejiminin kırmızıbiber baharatlarında bazı terpenoidlerin miktarlarını önemli düzeyde artırabileceği düşünülmektedir.

Pul biberlerin depolama sırasındaki terpenoid içerikleri ve sayıları sırayla Şekil 4.81 ve Şekil 4.82'de gösterilmiştir. Gİ örneğinde depolamanın başlamasıyla terpenoid içeriği hızlı bir şekilde azalmış ve üç aylık depolama döneminin sonunda terpenoid miktarı % 96 oranında azalarak ($P<0.05$) 34.37'den 1.37 $\mu\text{g/kg KM}$ 'ye düşmüştür. Gİ biberindeki başlıca uçucu bileşik olan α -limonen miktarında ilk üç ayda meydana gelen azalmanın da (% 93.31) bu örneğin toplam terpenoid içeriğindeki düşüşte önemli payı (% 41.89) bulunmaktadır. α -limonen ve miktarı azalan diğer bazı terpenoidlerin paketlenme materyali ile absorbiyona bağlı olarak azaldıkları düşünülmektedir (Depolama 2-; Depolama-3; Depolama-4). Gİ biberinde depolamanın sonraki dönemlerin de toplam terpenoid miktarının azaldığı, ancak bu değişimlerin istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).

PKB örneğinde ise depolamanın ilk altı ayında terpenoid içeriği % 67.86 oranında artarak 0.94 $\mu\text{g/kg KM}$ 'ye yükselmiştir. Daha sonraki altı aylık dönemde de bu örnekteki terpenoid içeriği azalmış ($P<0.05$) ve depolama sonunda toplamda % 87.18 oranında azalarak miktarı 0.05 $\mu\text{g/kg KM}$ 'ye düşmüştür. Depolamanın başındaki PKB örneğinde de önemli bir içeriğe (% 51.78) sahip olan α -limonen, depolamanın ilk altı ayında PKB örneğindeki miktarı 2.75 kat artarak 0.80 $\mu\text{g/kg KM}$ 'ye yükselmiştir.



Şekil 4.81. Depolama sırasında pul biberlerin toplam terpenoid içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.82. Depolama sırasında pul biberlerin terpenoid sayılarındaki değişimle

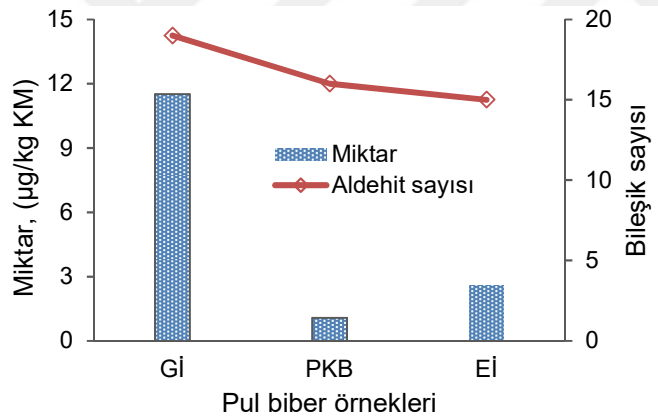
Eİ biberinin terpenoid içeriği depolama sırasında azalarak 1.16'dan 0.25 µg/kg KM'ye düşmüş, ancak, bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Depolama sonundaki Gİ, PKB ve Eİ örneklerinin terpenoid içerikleri arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Eİ biberinde de depolamanın ilk altı ayında α -limonen bileşiğinin arttığı, ancak bu artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).

Depolama sırasında biberlerdeki bileşik sayısında en fazla azalmanın meydana geldiği grupların başında terpenoidlerin geldiği saptanmıştır. Gİ örneğindeki terpenoid bileşiklerinin sayısının depolama boyunca azalarak 19'dan 2'ye düştüğü

belirlenmiştir. Bu örnekte bulunan terpenoid bileşikler depolamanın ilk üç ve son üç aylarında en fazla kayıplarını vermiştir. PKB örneğinde ise, depolamanın ilk üç ayında terpenoidlere ait bileşik sayısı 4'ten 10'a, daha sonraki üç aylık depolamada da bu sayı 11' yükselmiştir. Ancak, depolamanın sonuna doğru bu örnekteki terpenoid sayısı da azalarak 2'ye kadar düşmüştür. Eİ biberindeki terpenoid bileşiklerinin sayısı depolamanın ilk üç ayında 13'ten 9'a azalmış ve depolamanın sonuna kadar da bu sayı 3 kadar azalmıştır. Depolamanın sonunda Gİ biberinde α -limonen ve linalool; PKB örneğinde α -limonen ve β -elemen; Eİ örneğinde α -limonen, linalool ve β -mirsen bileşiklerinin kalan terpenoidler olduğu belirlenmiştir.

4.3.6.2. Aldehitler ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin aldehit içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4.83'te gösterilmiştir.



Şekil 4.83. Pul biberlerin toplam aldehit içerikleri ve sayıları

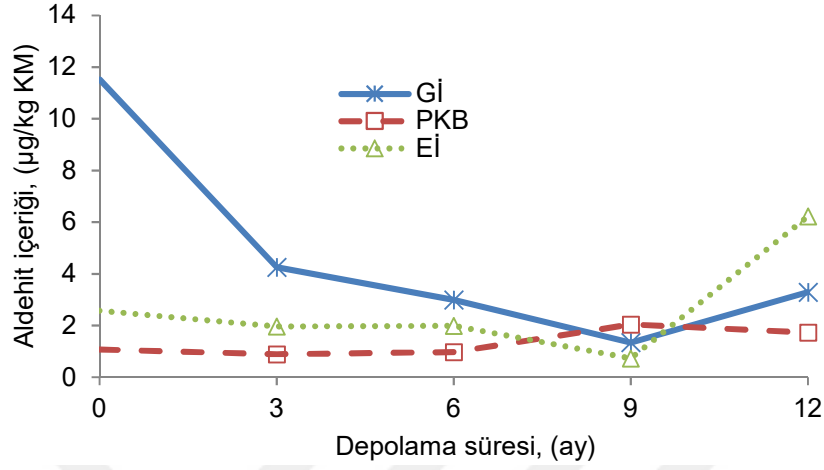
Aldehitlerin, üretilen biber baharatlarından Gİ hariç, diğer iki biber için bileşik sayısı en fazla olan grup olduğu saptanmıştır. Van Ruth ve Roozen (1994) ve Van Ruth ve ark. (1995c) da kırmızıbiber baharatında en çok bulunan uçucu bileşiklerin aldehitler olduğunu belirlemişlerdir. Gİ, PKB ve Eİ örneklerinde sırasıyla 19, 16 ve 15 aldehit bulunmuştur. Gİ, PKB ve Eİ'nin toplam aldehit içerikleri ise sırasıyla 11.52, 1.07 ve 2.57 µg/kg KM olarak belirlenmiştir. Ancak, PKB ve Eİ'nin toplam aldehit içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Pul biberler örneklerinde toplamda tespit edilen 21 aldehit bileşiğinden 10 tanesinin her üç baharatta da ortak bulunduğu ve bu aldehitlerin 2-metilpropanal, 2-metilbütanal, pentanal, hekzanal, heptanal, (E)-2-hekzanal, (Z)-2-heptenal, nonanal, (E)-2-nonenal ve β -siklositral olduğu tespit edilmiştir. Ancak, bu aldehitlerden 2-metilbütanal hariç, diğerlerinin tamamının Gİ'deki içeriklerinin diğer iki baharattaki içeriklerinden yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Gİ ve PKB'de ortak bulunan aldehitler ise asetaldehit, propanal, (E)-2-pentenal, (E,E)-2,4-heptadienal ve fenilmetanal olarak bulunmuştur. Sadece isot çeşitlerinde de aldehitlerden 3-metilbütanal, oktanal, 2,5-dimetilbenzaldehit ve 2-fenil-2-bütenal bulunmuştur. Sadece PKB ve Eİ örneklerinde bulunan aldehit bileşiğinin ise dekanal olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada tespit edilen aldehitlerin birçoğu Kocsis ve ark. (2002) tarafından Macar paprikası ile ilgili yapılan çalışmada da bulunmuştur. Ayrıca, 2/3-metilbütanal ve 2-metil propanal aldehitleri de benzer birçok çalışmada da tespit edilmiştir (Mateo ve ark., 1997; Van Ruth ve ark., 1995b; Van Ruth ve ark., 2003).

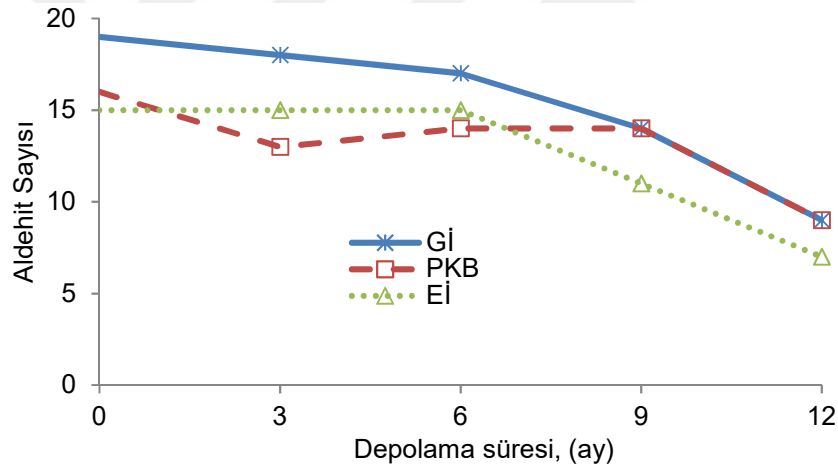
Strecker aldehitlerden 2/3-metilbütanal bileşiklerinin en çok Eİ biberinde bulunduğu ($P<0.05$), diğer bir Strecker aldehit olan 2-metilpropanalın ise Gİ örneğinde daha çok bulunduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Ayrıca, Gİ biberinde hekzanal, (E)-2-pentenal, heptanal, (E)-2-hekzanal, (Z)-2-heptenal, (E,E)-2,4-heptadienal ve pentanal gibi yağ asitlerinin enzimatik ve/veya termal oksidasyonu ile oluşan aldehitlerin de daha çok miktarda ($P<0.05$) bulunduğu belirlenmiştir.

Pul biberlerin depolama sırasında aldehit içerikleri ve sayılarında meydana gelen değişimler sırayla Şekil 4.84 ve Şekil 4.85'te gösterilmiştir. Gİ örneğinde depolamanın ilk üç ayında aldehit içeriği azalmış ve 11.52'den 4.26 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye düşmüştür ($P<0.05$). Daha sonraki depolama sürecinde ise bu örnekteki toplam aldehit içeriğinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). PKB örneğinde depolama boyunca aldehit içeriğindeki değişimlerin de istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Eİ'de depolamanın 9. ayına kadarki örnekte aldehit konsantrasyonunda istatistiksel düzeyde bir değişim olmadığı ($P>0.05$), ancak depolamanın son üç ayında bu biberdeki aldehit içeriğinin 0.73'ten 6.22 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye yükseldiği saptanmıştır. Depolama sonunda Gİ'nin aldehit

miktarının diğeri iki baharatına göre istatistiki olarak farklı olmadığı ($P>0.05$) ve Eİ'nin PKB'ye nazaran daha fazla aldehit içerdiği saptanmıştır ($P<0.05$).



Şekil 4.84. Depolama sırasında pul biberlerin toplam aldehit içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.85. Depolama sırasında pul biberlerin aldehit sayılarındaki değişimler

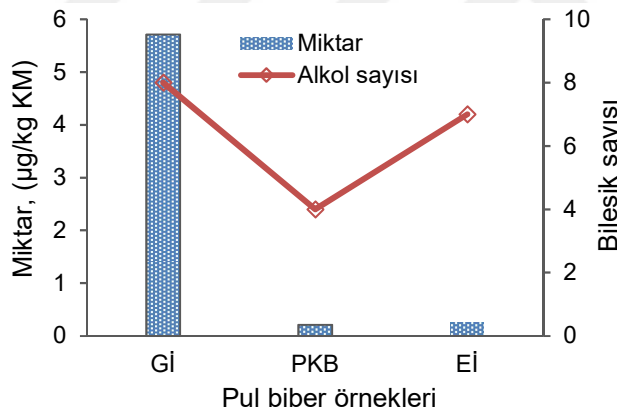
Depolama boyunca aldehit bileşiklerinin sayısında azalma olmasına rağmen bu grubun depolama süresince baharat örneklerinde en fazla bileşik sayısına sahip uçucu bileşik grubu olduğu belirlenmiştir. GI örneğinde depolama boyunca aldehit bileşiklerindeki azalmış ve depolama sonundaki bileşik sayısı 9'a kadar düşmüştür. PKB örneğindeki aldehit sayısı depolamanın ilk üç ayında 16'dan 13'e düşmüştükten sonra depolamanın 6. ayındaki örnekte tekrar artarak 14'e yükselmiştir. Depolamanın son üç ayında bu örnekteki aldehit sayısı yine azalarak 9'a düşmüştür. Eİ örneğinde ise, aldehit sayısı

depolamanın ilk altı ayına kadar değişmemiş, ancak depolamanın sonraki altı ayında da azalarak 7'ye düşmüştür.

Depolama sonunda her üç örneğin aldehit kompozisyonlarının benzerlik gösterdiği ve asetaldehit, 2-metilpropanal, 3-metilbütanal, 2-metilbütanal, pentanal, hekzanal, β -siklositral ve 2,5-dimetilbenzaldehit bileşiklerinin her üç örnekte de bulunduğu tespit edilmiştir. Bu aldehitlerden Gİ örneğindeki 2-metilpropanal bileşiğinin depolamanın son üç aylık sürecindeki miktarının artış gösterdiği ($P<0.05$) ve bu örnekteki içeriğinin, toplam aldehit miktarının % 62'lik kısmını oluşturduğu belirlenmiştir.

4.3.6.3. Alkoller ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin alkol içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4. 86'da gösterilmiştir.



Şekil 4.86. Pul biberlerin toplam alkol içerikleri ve sayılar

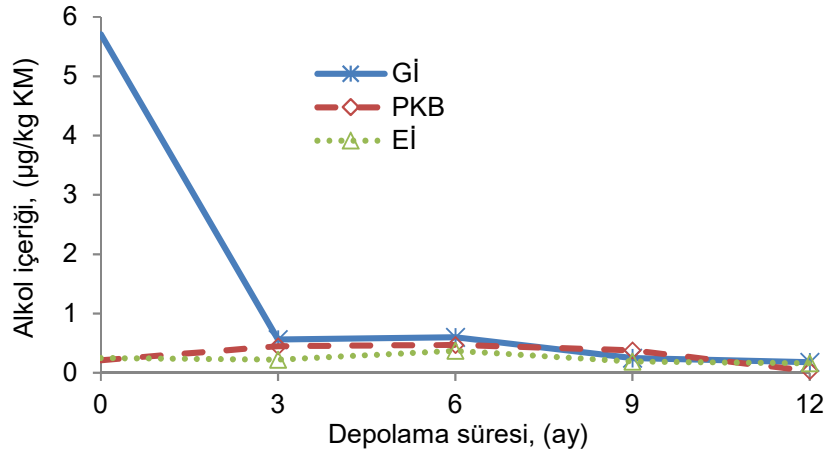
Alkol grubundan Gİ, PKB ve Eİ örneklerinde sırasıyla 8, 4 ve 7 adet bileşik bulunmuştur. Toplam içerik yönünden en fazla miktarın Gİ örneğinde ve en düşük miktar da PKB örneğinde bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Ancak PKB ve Eİ örneklerindeki toplam alkol içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Gİ örneğinde etanol, 3-metil-1-bütanol, 2-metilpentanol, (Z)-2-penten-1-ol, 2-etil-1-hekzanol, (E)-2-okten-1-ol, fenilmetanol ve 2-feniletanol alkolleri bulunurken,

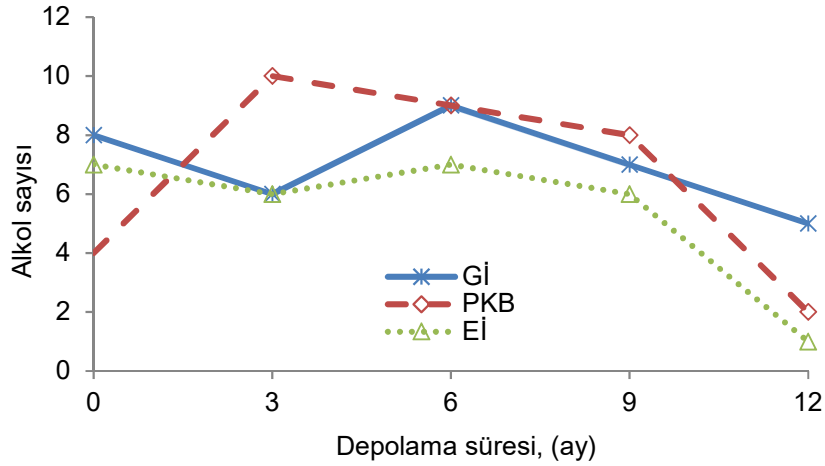
PKB örneğinde ise bu bileşiklerden son üçü ile birlikte 1-hekzanolün de olduğu belirlenmiştir. Gİ ve PKB örneklerinden farklı olarak Eİ örneğinde (E)-2-okten-1-ol bileşiği bulunmamıştır. Bu baharattaki alkollerin, etanol, 3-metil-1-bütanol, 2-metilpentanol, (Z)-2-penten-1-ol, 1-hekzanol, fenilmetanol ve 2-feniletanol olduğu saptanmıştır. Fenilalanin amino asidinden türevlenmiş fenilmetanol ve 2-feniletanol alkollerinin her üç baharat çeşidinde de bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, etanol bileşiğinin Gİ örneğindeki toplam alkol içeriğinin yaklaşık yarısını oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda tespit edilen alkollerden 3-metil-1-bütanol, 1-hekzanol ve 2-etil-1-hekzanol bileşikleri benzer bir çalışmada da bulunmuştur (Van Ruth ve ark., 2003). Ancak, kırmızıbiber baharatındaki uçucu bileşiklerle ilgili yapılan birçok çalışmanın alkol kompozisyonlarına ilişkin verilerinin birbirinden farklılık arz ettiği görülmektedir (Van Ruth ve ark., 1995b; Mateo ve ark., 1997; Lee ve ark., 2004; Kocsis ve ark., 2002).

Pul biberlerin depolama sırasında alkol içerikleri ve sayılarında meydana gelen değişimler sırayla Şekil 4.87 ve Şekil 4.88'te gösterilmiştir. Gİ örneğinin alkol içeriği depolamanın ilk üç ayında % 90.19 oranında azalarak 5.71'den 0.56 µg/kg KM'ye düşmüştür ($P<0.05$). Bu üç aylık sürede toplam alkol içeriğinde meydana gelen belirgin azalmanın % 75'i etanol ve 3-metil-1-bütanol bileşiklerindeki kayıplardan ileri gelmiştir. Depolamanın sonraki sürelerinde Gİ biberindeki alkol içeriğinde meydana gelen azalmalar ise önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). PKB örneğinde alkol içeriği depolamanın ilk üç ayında 0.21'den 0.45 µg/kg KM'ye yükseldiği ($P<0.05$) ve sonraki altı ay boyunca da bu içeriğin değişmediği belirlenmiştir ($P>0.05$). Depolamanın son üç ayında ise bu örnekteki alkol içeriği 0.38'den 0.03 µg/kg KM'ye azalmıştır ($P<0.05$). Eİ biberinde depolama boyunca toplam alkol içeriğinde gerçekleşen değişimler önemli bulunmamış ($P>0.05$) ve depolama sonunda bu örnekteki alkol içeriği 0.16 µg/kg KM olarak tespit edilmiştir. Depolama sonunda isot biberlerinin alkol içerikleri arasında önemli bir farkın bulunmadığı ($P>0.05$), PKB'in ise diğer iki baharattan daha düşük alkol içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).



Şekil 4.87. Depolama sırasında pul biberlerin toplam alkol içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.88. Depolama sırasında pul biberlerin alkol sayılarındaki değişimler

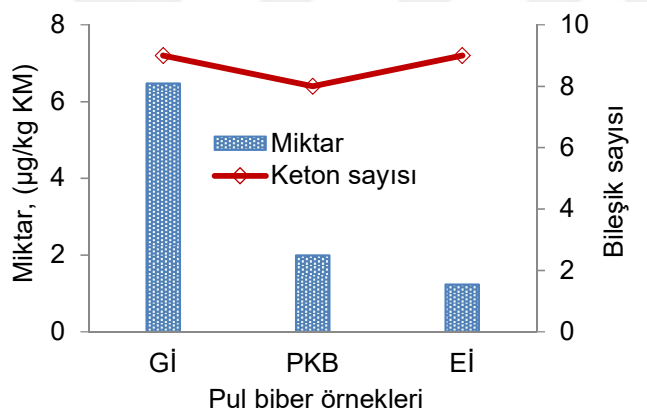
Gİ biberinde depolamadan önce 8 olan alkol sayısı depolamanın 6. ayına ait örnekte 9'a yükseldiği ve depolamanın sonuna doğru bu sayının tekrar azalarak 5'e düştüğü belirlenmiştir. Depolamanın başında miktar olarak önemli bir içeriğe sahip olan (% 27) 3-metil-1-bütanol bileşiğinin ilk üç ay içerisinde tamamen kaybolduğu tespit edilmiştir. Depolamanın başında hiçbir örnekte bulunmayan 1-penten-3-ol bileşiği depolamanın sonundaki Gİ örneğinde de bulunmuştur. Benzer şekilde depolamadan önceki örneklerde bulunmayan 1-pentanol bileşiği de depolamanın 3. ayından 9. ayına kadar her üç örnekte de tespit edilmiş ve depolamanın sonunda ise bu bileşik sadece Gİ biberinde saptanmıştır. Depolamanın sonunda Gİ örneğinde

belirlenen diğerk alkollerin etanol, (Z)-2-penten-1-ol ve 1-hekzanol olduğu tespit edilmiştir.

PKB’de ise, depolamanın ilk üç ayında alkol sayısının 4’ten 10’a yükseldiğı, sonraki süreçte ise bu sayının tekrar azaldığı ve depolamanın sonunda bu örnekte 1-penten-3-ol ve 3-metil-1-bütanol bileşiklerinin kaldığı saptanmıştır. Eİ örneğine depolamanın başında 7 olan alkol sayısı, depolamanın 9. ayına kadarki örneklerde 6-7 arasında değişmiş ve depolamanın bitiminde bu örnekte sadece bir alkol bileşiğı olarak (Z)-2-penten-1-ol bulunduğı belirlenmiştir.

4.3.6.4. Ketonlar ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin keton içerikleri ve bileşik sayısı Şekil 4.89’da gösterilmiştir.



Şekil 4.89. Pul biberlerin toplam keton içerikleri ve bileşik sayıları

Her üç örneğın birbirine yakın sayılarda keton bileşiğı içerdiği ve Gİ, PKB ve Eİ için bu sayıların sırasıyla 9, 8 ve 9 olduğı belirlenmiştir. Gİ, PKB ve Eİ’nin toplam keton içerikleri sırasıyla 6.47, 1.99 ve 1.23 µg/kg KM olarak bulunmuş, ancak PKB ve Eİ için bu değerler arasında önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$).

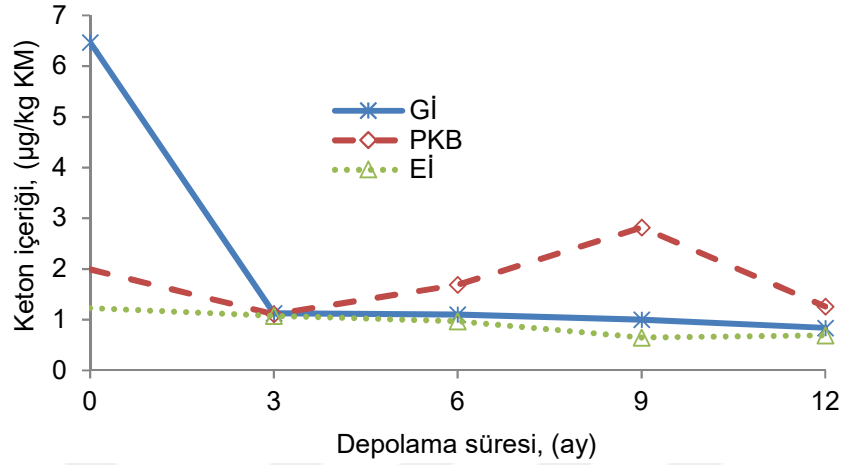
Her üç pul biberde de en çok bulunan keton bileşiğının 3-hidroksi 2-bütanon olduğı ve bu bileşiğın PKB, Gİ ve Eİ’deki miktarının bu örneklerin toplam keton içeriklerinin sırasıyla % 85, % 55 ve % 34’lük kısımlarına denk geldiğı saptanmıştır. Benzer bir çalışma olarak Aragon ve ark. (2005)’nin yaptığı araştırmada da 3-hidroksi

2-bütanon bileşiğinin PKB’de en fazla içeriğe sahip ketonlardan olduğu belirlenmiştir. Bunun dışında, güneşte kurutularak elde edilen kırmızıbiber baharatıyla ilgili yapılan başka bir çalışmada da bu bileşiğin en yüksek miktara sahip keton olduğu saptanmıştır (Toontom ve ark., 2016). Ayrıca, 2,3-bütanedion, 2,3-pentanedion, (E)-3-penten-2-one, 6-metil-5-hepten-2-one ve 6-metil-3,5-heptadien-2-one bileşiklerinin üç baharat çeşidinde bulunan diğer ketonlar olduğu belirlenmiştir. 2-heptanonun ise sadece Gİ örneğinde bulunmuştur. Diğer taraftan, früktozdan Maillard reaksiyonu ile oluştuğu düşünülen sikloten bileşiği ile karotenoidlerin parçalanma reaksiyonları ve Maillard reaksiyonu ile sırasıyla oluşabilen 3,5-oktadien-2-one ve 1-hidroksi 2-propanon ketonları da sadece Eİ örneğinde bulunmuştur.

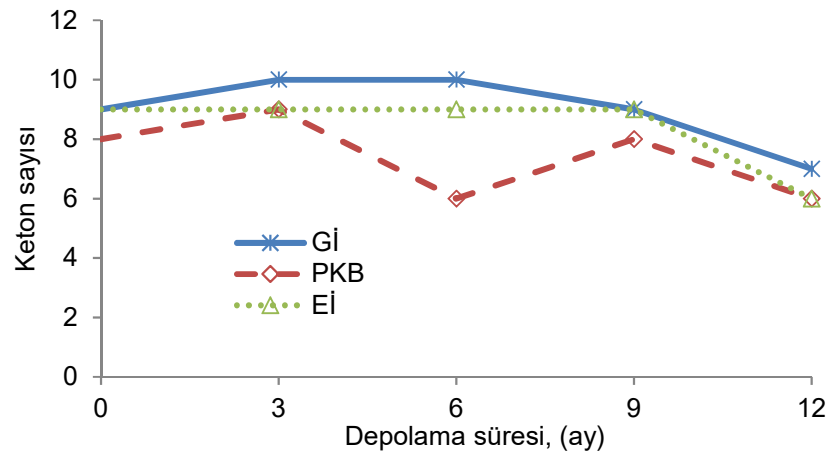
Bu ketonlardan 6-metil-5-hepten-2-one önceki çalışmaların çoğunda da bulunmuştur (Van Ruth ve ark., 1995a; Van Ruth ve ark., 2003; Lee ve ark., 2004; Ayrıca, 2,3-bütanedion, 2,3-pentanedion ve 2-heptanon gibi ketonlarda daha önce yapılan bazı çalışmalarda tespit edilmiştir (Zimmermann ve Schieberle, 2000; Van Ruth ve ark., 1995a)

Pul biberlerin depolama sırasında keton içerikleri ve sayılarındaki değişimler sırayla Şekil 4.90 ve Şekil 4.91’de gösterilmiştir. Gİ örneğinin keton içeriği depolamanın ilk üç ayında % 82.53 oranında azalarak 1.13 µg/kg KM’ye düşmüş ve bu içerik depolamanın sonuna kadar da istatistiki olarak önemli bulunmayan azalmalar sergilemiştir ($P>0.05$). Gİ örneğinde depolamanın ilk üç aylık periyodunda keton içeriğinde meydana gelen azalmanın % 56’sının 3-hidroksi 2-bütanon bileşiğindeki kayıptan ileri geldiği tespit edilmiştir. PKB örneğinin keton içeriğinde depolamanın ilk 6 ayında meydana gelen değişimlerin istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Ancak, depolamanın 9. ayına ait PKB örneğinde bu içeriğin % 52.25 oranında artış gösterdiği ve depolamanın son üç ayında da toplam keton miktarının yine azalarak 1.26 µg/kg KM’ye düştüğü ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Eİ biberinde ise, keton miktarı depolama boyunca istatistiksel olarak değişmediği saptanmıştır ($P>0.05$). Ayrıca, depolamanın başında PKB ve Eİ’nin keton içerikleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli değilken ($P>0.05$) ve Gİ’nin keton içeriği de

bunlardan yüksek iken, depolamanın sonunda her üç baharat örneğinin de keton içeriklerinin istatistiki olarak aynı olduğu belirlenmiştir ($P>0.05$).



Şekil 4.90. Depolama sırasında pul biberlerin toplam keton içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.91. Depolama sırasında pul biberlerin keton sayılarındaki değişimler

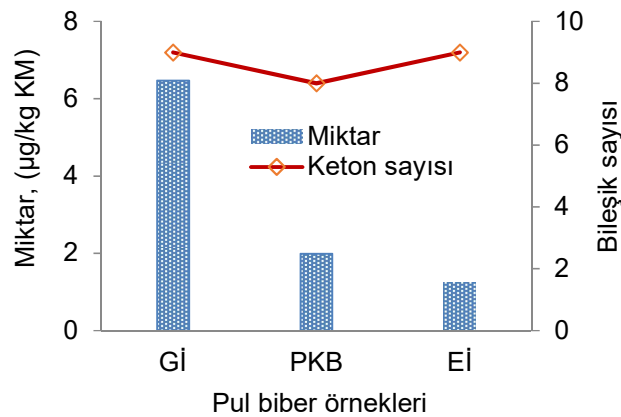
Gİ örneğinde depolamanın başında 9 olan keton sayısı depolamanın 6. ayına kadar 10'a yükselmiş ve depolamanın sonunda bu sayı 7'e kadar azalmıştır. Depolama başında Gİ'de bulunan veya sonrasında bu örnekte oluşan 2-heptanon, (E)-3-okten-2-one, 3,5-oktadien-2-one ve ketoizoforon ketonlarının depolama sonunda kayboldukları belirlenmiştir. Ayrıca, bu baharatta depolamanın başında bulunmayıp sonradan oluşan keton bileşiğinin de 1-hidroksi 2-propanon olduğu saptanmıştır. PKB'nin keton sayısı depolamanın depolama dönemlerine göre hem artış hem de

azalışlar şeklinde değişkenlik göstermiştir. Bu baharatta depolamanın başında 8 olan keton sayısı depolama sırasında 9'a kadar yükselmiş ve depolamanın sonunda azalarak 6'ya kadar düşmüştür. Bu örnekte de depolama sırasında (E)-3-penten-2-one, (E)-3-okten-2-one ve ketoizoforon bileşiklerinin kaybolduğu, buna karşın bu örnekte de 1-hidroksi 2-propanon bileşiğinin depolama sırasında oluştuğu belirlenmiştir.

Eİ'nin keton sayısı depolamanın ilk dokuz ayına kadar değişmemiş ve depolamanın son üç ayında bu sayı 9'dan 6'ya azalmıştır. 6-metil-5-hepten-2-one, 3,5-oktadien-2-one ve sikloten ketonlarının bu örnekte kalmadığı, depolama sırasında ise bu biberde yeni keton oluşmadığı belirlenmiştir.

4.3.6.5. Esterler ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin ester içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4.92'de gösterilmiştir. Örneklerde bulunan ester bileşikleri sayısının Gİ, PKB ve Eİ örnekleri için sırasıyla 10, 7 ve 5 olduğu belirlenmiştir. Gİ, PKB ve Eİ'nin toplam ester içeriklerinin ise 17.80, 1.22 ve 0.64 µg/kg KM olduğu ve PKB ile Eİ biberlerinin bu içerikleri arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı bulunmuştur ($P>0.05$).



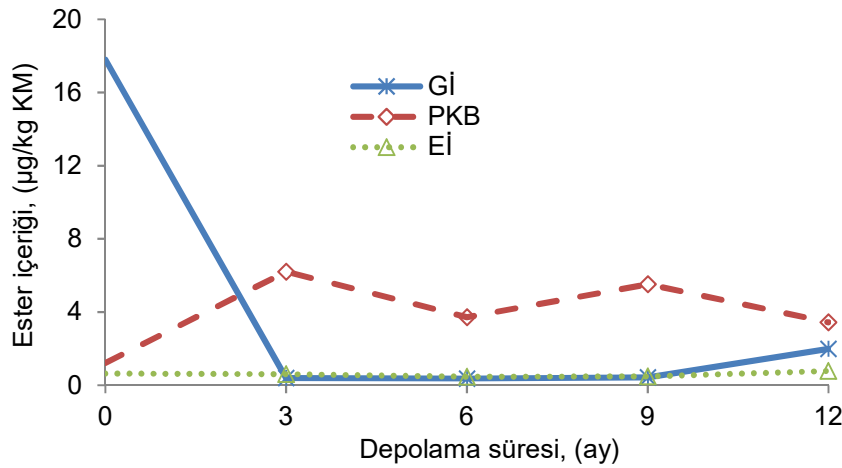
Şekil 4.92. Pul biberlerin toplam keton içerikleri ve bileşik sayıları

Gİ örneğinde n-bütil izobütirat, izobütil bütanoat, metil kaproat, metil salisilat, metil bütirat ve asetik asit esteri olarak metil asetat, etil asetat, n-amil asetat, 1-hekzil asetat ve β-fenetil asetat bileşikleri bulunmuştur. Bu ester bileşiklerinden n-bütil izobütirat başta olmak üzere ilk üçü Gİ örneğinde miktarı yüksek bulunan esterler olup

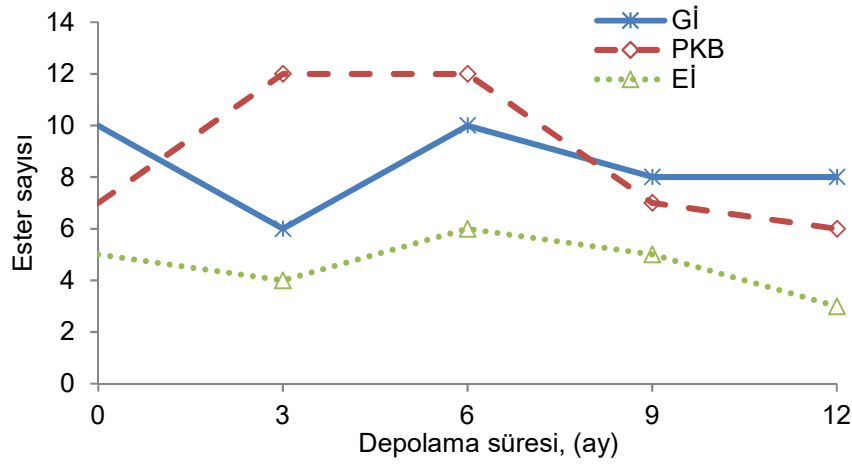
bunlara ait miktarın toplam ester içeriğinin % 91.52'lik oranına denk geldiği tespit edilmiştir. PKB örneğinde bulunan esterlerin metil asetat, izobütil izobütirat, izopropil valerat, metil kaproat, metil salisilat ve β -fenetil asetat olduğu belirlenmiştir. Bu örnekte miktarı en fazla olan ester metil asetat olduğu ve 1.02 $\mu\text{g/kg}$ KM'lik içeriğiyle bu bileşiğin PKB'deki toplam ester konsantrasyonunun % 87'sini oluşturduğu saptanmıştır. Gİ ve PKB'den farklı olarak, metil kaproat ve β -fenetil asetatın Eİ örneğinde bulunmadığı ve n-bütil n-bütirat bileşiğinin de bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca metil asetatın bu örnekte de miktarı (% 62.5) en fazla olan ester olduğu tespit edilmiştir.

Bu esterlerin çoğu önceki çalışmalarda bulunmuştur. Örneğin, kurutulmuş kırmızıbiberle ilgili çalışmalarda metil asetat ve etil asetat (Van Ruth ve ark. (2003) ile Caporaso ve ark. (2013-a5); metil salisilat Srisajjalertwaja ve ark. (2012-a4) ile Oruna-Concha ve ark. (1998); metil kaproat Lee ve ark. (2004) tarafından bulunmuştur.

Pul biberlerin depolama sırasındaki ester içerikleri ve sayılarında meydana gelen değişimler sırayla Şekil 4.93 ve Şekil 4.94'te gösterilmiştir.



Şekil 4.93. Depolama sırasında pul biberlerin toplam ester içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.94. Depolama sırasında pul biberlerin ester sayılarındaki değişimler

Gİ’de depolama sırasında miktarı en çok azalan uçucu gruplardan birinin de esterler olduğu saptanmıştır. Bu gruba ait içerik Gİ örneğinde depolamanın ilk üç ayında % 97.75 oranında azalarak ($P<0.05$) 17.80’den 0.40 $\mu\text{g/kg KM}$ ’ye düşmüştür. Gİ örneğinde depolamanın ilk üç ayında toplam ester içeriğindeki belirgin azalmanın büyük bir kısmı (% 93) bu örnekteki miktarı en fazla olan n-bütül izobütirat, izobütül bütanoat ve metil kaproat esterlerdeki azalmadan kaynaklanmıştır. Depolamanın sonraki altı aylık süre zarfında Gİ örneğindeki ester miktarı değişmemiş ($P>0.05$), ancak depolamanın son üç ayında bu içerik tekrar artarak ($P<0.05$) 1.99 $\mu\text{g/kg KM}$ ’ye yükselmiştir. PKB’de ise, Gİ’deki durumdan farklı olarak ester miktarı depolamanın ilk üç ayında artarak 1.22’den 6.21 $\mu\text{g/kg KM}$ ’ye yükselmiştir. Bu artış büyük oranda metil asetat esterinden kaynaklanmıştır. PKB’de daha sonraki üç ayda 3.73 $\mu\text{g/kg KM}$ ’ye azalan ($P<0.05$) ester miktarı depolamanın sonunda kadar da değişmemiştir ($P>0.05$). Eİ örneğinde ise, ester miktarında depolama boyunca meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Depolama sonunda Gİ’nin ester içeriğinin diğer iki baharatla istatistiksel olarak farklı olmadığı ($P>0.05$), buna karşın PKB’nin Eİ’ye oranla 4.4 kat daha fazla ester içerdiği belirlenmiştir ($P<0.05$).

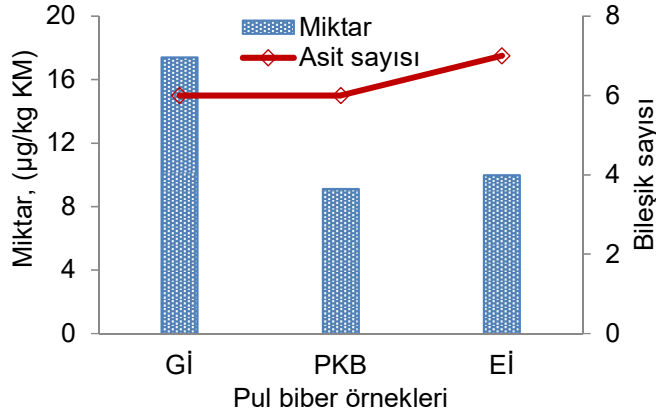
Gİ’nin ester bileşikleri depolamanın ilk üç ayında 10’dan 6’ya azalmış ve daha sonraki üç ayda da bu sayı tekrar 10’a yükselmiştir. Depolamanın sonunda bu biberdeki ester sayısı tekrar azalarak 8’e düşmüştür. Bu biberdeki esterlerden etil asetat, n-amil asetat, 1-hekzil asetat, β -fenetil asetat ve metil salisilatın depolama

sirasinda kayboldugu belirlenmistir. Metil sinnamat, izobutil izobutirat, metil kaproat ve iz miktarda izoamil asetat bileşiklerinin de depolama sonunda Gİ örneğinde olustuğu saptanmistir.

PKB’de ise, depolamanin ilk üç ayında ester sayisi 7’den 12’ye yükselmiş ve daha sonraki üç ayda da bu sayi değişmiştir. Depolamanin diğer altı ayında da bu örneğin ester sayisi 6’ya düşmüştür. Depolama başında PKB biberinde bulunan metil kaproat, metil salisilat, β -fenetil asetat ve iz miktardaki izoamil asetat esterlerinin depolamanin sonunda bu baharatta kaybolduklari saptanmistir. Buna karşın, metil propanoat, metil butirat ve metil sinnamat esterlerinin de bu örneğin depolaması esnasında oluştuklari belirlenmiştir. Depolama sonunda bu biberdeki esterlerden metil asetata ait içeriğinin toplam ester miktarinin yaklaşık %95’ine denk geldiğı belirlenmiştir. Eİ örneğinin ester sayisi ise depolama boyunca artış ve azalışlar göstermiş, ancak depolama sonunda bu biberin ester sayisi 3’e kadar azalmıştır. Eİ biberindeki esterlerden izobutil izobutirat, n-butil n-butirat ve metil Salisilat esterlerinin depolama sırasında kaybolduğı, ancak yeni bileşik olarak metil sinnamatin bu örnekte de depolama esnasında saptandığı tespit edilmiştir. Depolamanin sonunda metil asetatın Eİ örneğinde de toplam ester içeriğinin önemli bir kısmını (% 66) oluşturdugu tespit edilmiştir

4.3.6.6. Asitler ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerinin uçucu asit içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4.95’te gösterilmiştir. Uçucu asitlerin Gİ, PKB ve Eİ biberlerindeki sayılarının sırasıyla 6, 6 ve 7 olarak bulunmuştur. Toplam uçucu asit içerikleri de Gİ, PKB ve Eİ örneklerinde sırasıyla 17.40, 9.10 ve 9.97 $\mu\text{g/kg}$ KM olarak ölçülmüş ve Eİ ile PKB örneklerinin toplam uçucu asit içerikleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Uçucu asit kompozisyonunun her üç baharat örneğinde benzerlik gösterdiği ve toplamda tespit edilen 8 uçucu asitten 5 tanesinin her üç pul biberde de bulunduğı belirlenmiştir. Bu ortak asitlerin asetik, propanoik, izovalerik, 2-izobütirik ve heksanoik asit olduğu saptanmıştır.

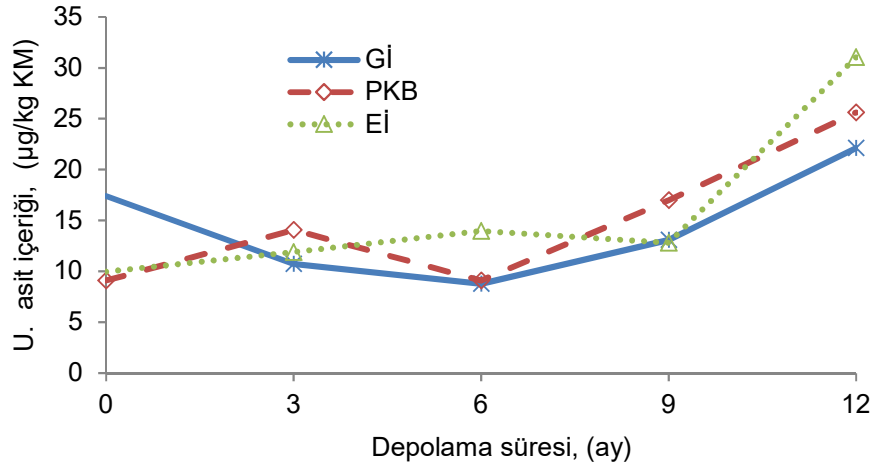


Şekil 4.95. Pul biberlerin toplam uçucu asit içerikleri ve bileşik sayıları

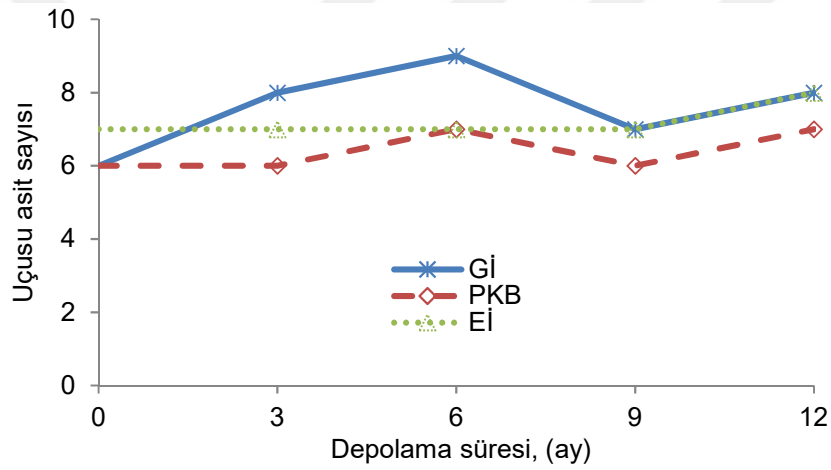
Uçucu asitler içerisinde her üç örnekte de miktarı en fazla olan asidin asetik asit olduğu ve bu asidin PKB ve Eİ örneklerinde toplam uçucu bileşik miktarlarının sırasıyla % 55 ve % 30 oranıyla en fazla içeriğe sahip uçucu bileşik olduğu belirlenmiştir. Gİ biberinde ise asetik asidin toplam uçucu bileşik içeriğinin % 15.37'lik kısmıyla α -limonen bileşiğinden sonra en fazla içeriğe sahip uçucu bileşik olduğu tespit edilmiştir. Benzer durum Caporaso ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada da belirlenmiştir. Bu araştırmacılar, kurutulmuş kırmızıbiber baharatında bağlı miktar yönünden limonen bileşiğinin en fazla içeriğe sahip uçucu bileşik olduğunu ve bunu takip eden uçucu bileşiğin de asetik asit olduğunu saptamışlardır. Ancak, çalışmamızda bu bileşiklerin toplam uçucu bileşik miktarı içerisindeki oranlarının bu çalışmadaki oranlarından da yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Pul biber çeşitlerimizde bulunan asetik asidin mikrobiyal faaliyete bağlı olarak (Toontom ve ark., 2012; Caporaso ve ark., 2013;) ve/veya sıcaklığa bağlı olarak karbonhidrat metabolizması ile (Mateo ve ark., 1997) oluştuğu tahmin edilmektedir.

Pul biberlerin depolama sırasında uçucu asit içerikleri ve sayılarında meydana gelen değişimler sırayla Şekil 4.96 ve Şekil 4.97'de gösterilmiştir.



Şekil 4.96. Depolama sırasında pul biberlerin toplam uçucu asit içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.97. Depolama sırasında pul biberlerin uçucu asit sayılarındaki değişimler

12 aylık depolama süresinin sonunda pul biberlerde artış gösteren tek uçucu bileşik grubunun asitler olduğu belirlenmiştir. Gİ’de ilk miktarı 17.40 µg/kg KM olan uçucu asitler depolamanın 6. ayına kadarki örnekte azalarak 8.78 µg/kg KM’ye azalmış, depolamanın son altı ayında ise bu baharattaki uçucu asit içeriği sürekli artarak depolamanın sonunda 22.12 µg/kg KM’ye yükselmiştir. PKB’de ise, uçucu asit içeriği depolamanın ilk üç ayında artarak 9.10’dan 14.06 µg/kg KM’ye yükselmiştir. Daha sonraki üç aylık depolama diliminde 9.11 µg/kg KM’ye azalan uçucu asit içeriği, depolamanın son altı ayında da sürekli artarak depolamanın sonunda 25.62 µg/kg KM’ye yükselmiştir. Eİ biberindeki uçucu asit içeriğinde depolamanın ilk üç ayında istatistiki düzeyde önemli bulunmayan bir artış olmuş ($P>0.05$), ancak sonraki üç aylık sürede toplam uçucu asit miktarında kayda değer oranda (% 12) bir artış

gerçekleşmiştir ($P < 0.05$). Depolamanın 6. ve 9. ayları arasındaki süreçte de Eİ biberindeki toplam uçucu asitlerdeki değişimin önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0.05$). Ancak, bu biberde depolamanın son üç ayında toplam uçucu asit içeriği % 142 oranında artış sergileyerek $31.04 \mu\text{g/kg KM}$ 'ye yükselmiştir. Depolama sırasında pul biberlerin uçucu asit içeriklerindeki artışlarda veya azalışlarda belirleyici olan uçucu bileşiğin asetik asit olduğu saptanmıştır. Asetik asit miktarının depolama sırasında meydana gelen artışlar kurutma sırasında gerçekleştiği düşünülen fermantasyonun depolama sırasında da devam ettiğine dair bir işaret olarak değerlendirilmektedir.

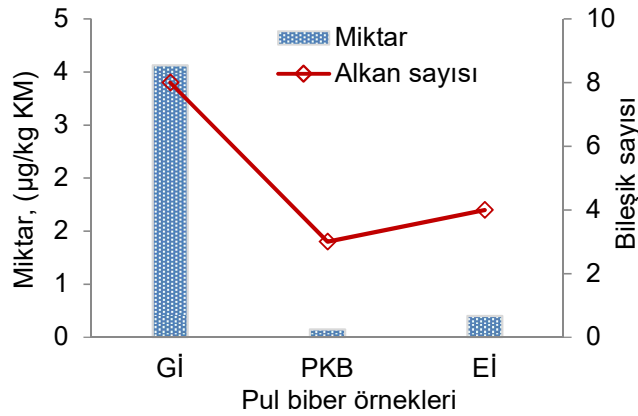
Depolamanın başındaki durumdan farklı olarak depolama sonunda Eİ biberin toplam uçucu asit içeriğinin Gİ'ninkine göre daha yüksek ($P < 0.05$); PKB'de ise bu içeriğin diğer iki biberdeki içeriklerle istatistiki olarak aynı olduğu belirlenmiştir ($P > 0.05$).

Depolama boyunca örneklerdeki bileşik sayısı en az değişime uğrayan gruplardan biri de uçucu asitler olmuştur. Depolamanın başında Gİ, PKB ve Eİ örnekleri için sırasıyla 6, 6 ve 7 olan uçucu asit sayısı depolama sonunda 8, 7 ve 8 olduğu saptanmıştır. Depolama boyunca da biber örneklerinin uçucu asit kompozisyonları benzerlik göstermiş ve depolamanın sonunda asetik, propanoik, izobütirik, izovalerik, 3-metil-2-bütanoik asit, hekzanoik ve (E)-2-hekzenoik asitler her üç örnekte de bulunmuştur. Bu asitlerden asetik asit depolama boyunca baharat örneklerindeki toplam uçucu asit içeriklerinin önemli bir bölümünü oluşturduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda bu asit miktarı Gİ, PKB ve Eİ örneklerinde toplam uçucu asit miktarının sırasıyla % 61.68, 68.28 ve 54.94'üne denk geldiği saptanmıştır.

4.3.6.7. Alkanlar ve depolama sırasındaki değişimleri

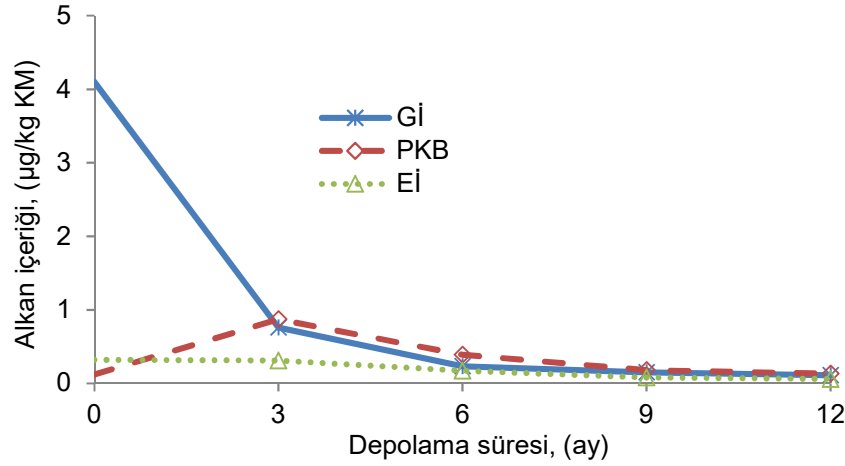
Pul biberlerin alkan içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4.98'de gösterilmiştir. Gİ, PKB ve Eİ'nin alkan grubu bileşik sayıları sırasıyla 8, 3 ve 4; toplam alkan içerikleri de aynı sıralama için 4.10, 0.12 ve $0.32 \mu\text{g/kg KM}$ olarak bulunmuştur. PKB ve Eİ örneklerinin toplam uçucu alkan içerikleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli

bulunmamıştır ($P>0.05$). Gİ örneğinde bulunan alkanların dekan, izododekan, 2,6-dimetiloktan, nonan, 3-metildekan, 5-metildekan, dodekan ve 2-metiltridekan bileşikleri olduğu belirlenmiştir. PKB örneğinde bu alkanlardan sadece ilk üçünün, Eİ örneğinde ise ilk üçüne ilaveten 2-metiltridekan bileşiği tespit edilmiştir. Bu alkanlardan 2-metiltridekan, nonan, ve dodekan önceki bazı çalışmalarda da belirlenmiştir (Kocsis ve ark., 2002; Aragon ve ark., 2005; Toontom ve ark., 2012; Srisajjalertwaja ve ark., 2012; Toontom ve ark., 2016).

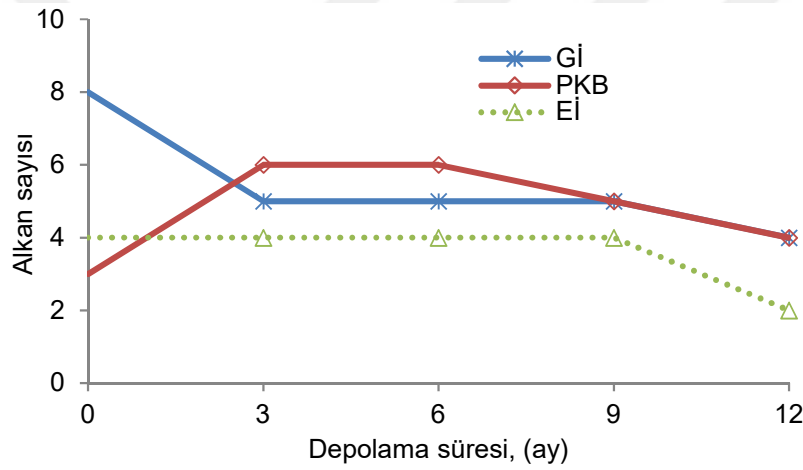


Şekil 4.98. Pul biberlerin toplam alkan içerikleri ve bileşik sayıları

Pul biberlerin depolama sırasındaki alkan içerikleri ve sayılarındaki değişimler sırayla Şekil 4.99 ve Şekil 4.100’de gösterilmiştir. Gİ biberinde depolamanın başında $4.10 \mu\text{g/kg KM}$ olan toplam alkan içeriği depolamanın ilk üç ayında miktarının % 81’lik kısmını kaybetmiştir. Gİ’deki bu azalmanın % 56’lık oranı dekan bileşiğindeki azalmadan kaynaklandığı saptanmıştır. Sonraki üç ayda da bu örnekteki alkan içeriğinin azalarak $0.23 \mu\text{g/kg KM}$ ’ye düştüğü ($P<0.05$), ancak daha sonraki depolama süresince Gİ biberindeki alkan miktarının değişmediği belirlenmiştir ($P>0.05$). PKB örneğindeki toplam alkan miktarının depolamanın başlamasıyla artışa geçtiği ve depolamanın 6. ayında $0.39 \mu\text{g/kg KM}$ ’ye yükseldiği tespit edilmiştir. Bu baharatta daha sonraki üç aylık depolamada alkan içeriğinin $0.18 \mu\text{g/kg KM}$ ’ye azaldığı sonra ($P<0.05$) ve bu miktarın da depolamanın sonuna kadar istatistiki olarak değişmediği saptanmıştır ($P>0.05$). Eİ biberinde ise, depolamanın başında $0.32 \mu\text{g/kg KM}$ alkan miktarı depolamanın 6. ayında $0.17 \mu\text{g/kg KM}$ ’ye düştüğü ($P<0.05$), daha sonraki süreçte ise değişmediği bulunmuştur ($P>0.05$). Depolama sonunda üç örneğin alkan içerikleri arasındaki farkın olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$).



Şekil 4.99. Depolama sırasında pul biberlerin toplam alkan içeriklerindeki değişimler

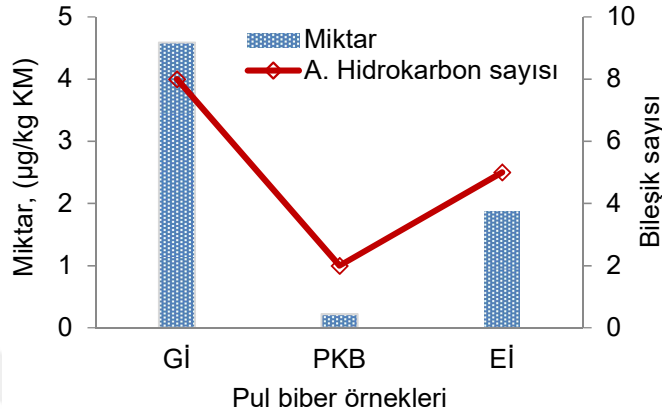


Şekil 4.100. Depolama sırasında pul biberlerin alkan sayılarındaki değişimler

Depolamanın başında Gİ, PKB ve Eİ örnekleri için sırasıyla 8, 3 ve 4 olan alkan sayısı, depolamanın sonunda aynı sırayla 4, 4, 2 olduğu saptanmıştır. Gİ örneğinde depolama sırasında nonan, izododekan, dekan, dodekan ve 2-metiltridekan alkanlarının azaldığı; 2,6-dimetiloktan, 3-metildekan ve 5-metildekan bileşiklerinin de kaybolduğu belirlenmiştir. PKB örneğinde depolama sırasında 2,6-dimetiloktan bileşiğinin kaybolduğu, buna karşın depolama sonundaki PKB örneğinde nonan ve dodekan bileşiklerinin yeni alkan olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Eİ biberinde ise depolama esnasında izododekan bileşiğinin azalmış, 2-metiltridekan ve 2,6-dimetiloktan alkanları da tamamen kaybolmuştur.

4.3.6.8. Aromatik hidrokarbonlar ve depolama sırasındaki değişimleri

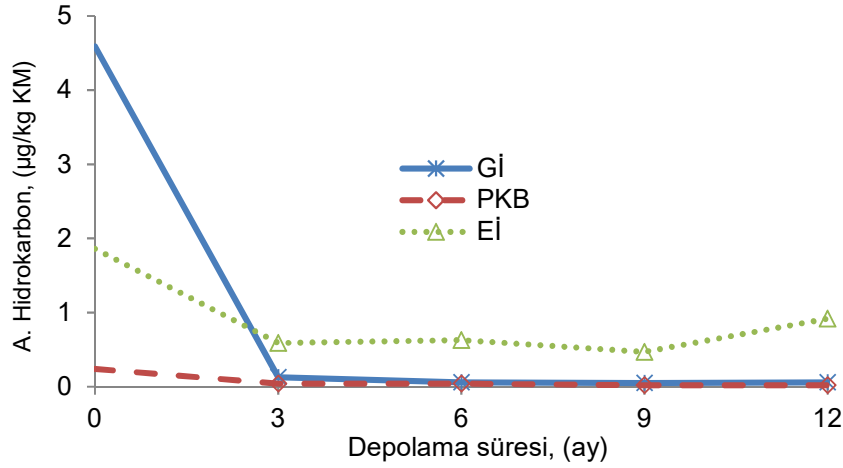
Pul biberlerin aromatik hidrokarbon içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4.101’de gösterilmiştir.



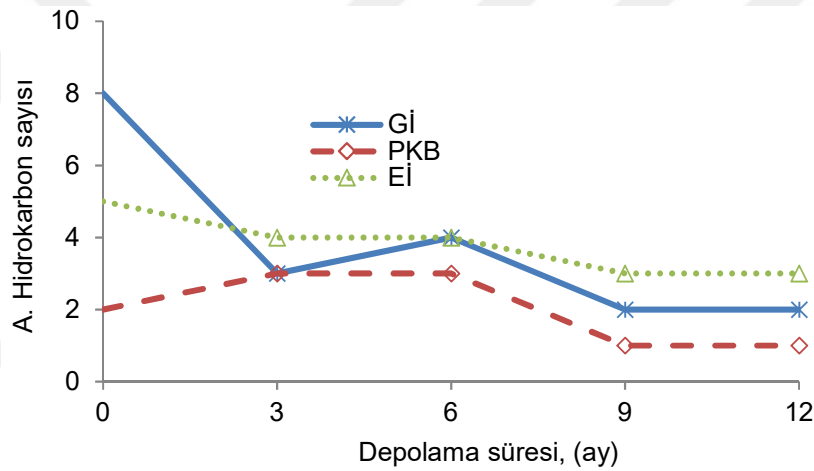
Şekil 4.101. Pul biberlerin toplam aromatik hidrokarbon içerikleri ve bileşik sayıları

Gİ, PKB ve Eİ’nin aromatik hidrokarbon sayıları sırasıyla 8, 2 ve 5; bu guruba ait toplam içerikler de aynı sırayla 4.59, 0.22 ve 1.86 µg/kg KM olarak bulunmuştur. Bu içeriklerin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Gİ örneğinde bu sınıftan tolüen, m-ksilen, o-ksilen, mesitlen, stiren, p-ksilen 4-etil-o-ksilen ve azulen bileşikleri bulunmuştur. Bu grup içerisinde Gİ örneğinde en fazla bulunan iki bileşik olan tolüen ve stiren hidrokarbonları toplamı bu örnekteki toplam aromatik hidrokarbon içeriğinin % 80.17’si olarak hesaplanmıştır. PKB örneğinde ise aromatik hidrokarbon olarak sadece stiren ve tolüen bileşikleri bulunmuştur. Eİ örneğinde ise, bu iki bileşiğe ilaveten m-ksilen, o-ksilen ve azulen hidrokarbonları tespit edilmiştir. Bu çalışmada tespit edilen aromatik hidrokarbonlarının çoğunlukla karotenoid bileşiklerinin sıcaklık-süre rejimine dayalı olarak parçalanmasıyla oluştuğu tahmin edilmektedir (Guadayol ve ark., 1997; Rios ve ark., 2008). Bu bileşiklerden tolüen ve azulen Aragon ve ark. (2005); tolüeni ve m-ksilen Rios ve ark. (2008); m-ksilen, o-ksilen ve p-ksilen Lee ve ark. (2004) çalışmalarında da saptanmıştır.

Pul biberlerin depolama sırasındaki aromatik hidrokarbon içerikleri ve sayılarındaki değişimler sırayla Şekil 4.102 ve Şekil 4.103’de gösterilmiştir.



Şekil 4.102. Depolamada pul biberlerin toplam aromatik hidrokarbon içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.103. Depolama sırasında pul biberlerin aromatik hidrokarbon sayılarındaki değişimler

Gİ biberinde aromatik hidrokarbon içeriği depolamanın başlamasıyla hızlı bir şekilde azaldığı ve ilk üç ayda miktarının 4.59'dan 0.13 µg/kg KM'ye düştüğü belirlenmiştir. Daha sonraki üç ayda da bu azalmanın devam ettiği ($P < 0.05$) ve depolamanın son 6 ayında ise bu içeriğin değişmediği ($P > 0.05$) belirlenmiştir. Gİ biberinde depolamanın ilk üç ayında toplam aromatik hidrokarbon miktarında meydana gelen azalmanın % 80.7'lik oranı stiren ve tolüen bileşiklerindeki azalmadan kaynaklanmıştır. Tolüen ve stiren bileşiklerinin Gİ'deki miktarının depolamanın ilk üç aylık sürecinde azalma düzeyleri sırasıyla % 96.8 ve % 98.9 olarak hesaplanmıştır.

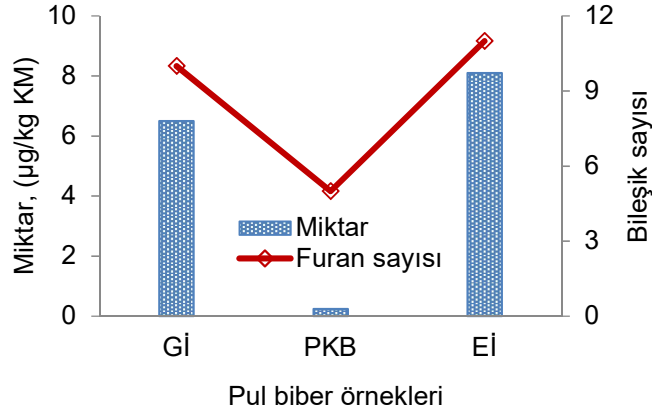
PKB örneğinin toplam aromatik hidrokarbon içeriğinde depolama boyunca azalma eğiliminde olduğu, ancak bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli olmadığı

saptanmıştır ($P>0.05$). Eİ örneğinde ise depolamanın ilk üç ayında toplam aromatik hidrokarbon içeriğinin 1.86'dan 0.59 $\mu\text{g/kg KM}$ 'ye azaldığı ($P<0.05$) ve depolamanın sonraki dönemlerinde istatistiki olarak değişmediği tespit edilmiştir ($P>0.05$). Eİ biberinde depolamanın ilk üç ayında aromatik hidrokarbon miktarındaki azalmanın % 92'lik payı m-ksilen bileşiğindeki azalmadan ileri gelmiştir. Gİ, PKB ve Eİ'nin aromatik hidrokarbon içeriklerinin depolama sonunda sırasıyla 0.06, 0.02 ve 0.92 $\mu\text{g/kg KM}$ olduğu, ancak, bu içeriklerden Gİ ve PKB baharatlarına ait olan değerlerin istatistiki olarak aynı olduğu belirlenmiştir ($P>0.05$).

Gİ örneğinde depolamanın başında 8 olan aromatik hidrokarbon sayısının, depolamanın sonunda 2'ye düştüğü ve bunların da toluen ile m-ksilen olduğu belirlenmiştir. PKB biberinde ise depolamanın başındaki aromatik hidrokarbonlardan sadece toluen bileşiğinin depolamanın sonundaki örnekte kaldığı tespit edilmiştir. Eİ örneğinde depolamanın başında sayısı 5 olan aromatik hidrokarbon bileşiğinden depolamanın sonunda sadece toluen, m-ksilen ve azulen bileşiklerinin kaldığı saptanmıştır.

4.3.6.9. Furanlar ve depolaması sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin furan içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4.104'te gösterilmiştir. Furan grubu uçucu bileşiklerin Gİ, PKB ve Eİ örneklerindeki bileşik sayılarının sırasıyla 10, 5 ve 11 olduğu saptanmıştır. Furanların Gİ, PKB ve Eİ'deki toplam içeriklerinin ise sırasıyla 6.50, 0.22 ve 8.10 $\mu\text{g/kg KM}$ olduğu belirlenmiştir. Ancak, Eİ'deki toplam furan içeriği Gİ'dekiden daha fazla olmasına rağmen bu içerik farkı istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). 2-pentilfuran, furfural, 2-furanmetanol, 2-asetilfuran ve 5-metilfurfuril alkol bileşikleri her üç biberde de bulunmuştur. Ancak bu ortak furanların isot biberlerinde çoğunlukla daha fazla miktarlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu furan bileşiklerinden son ikisi PKB'de iz miktarda bulunmuştur.



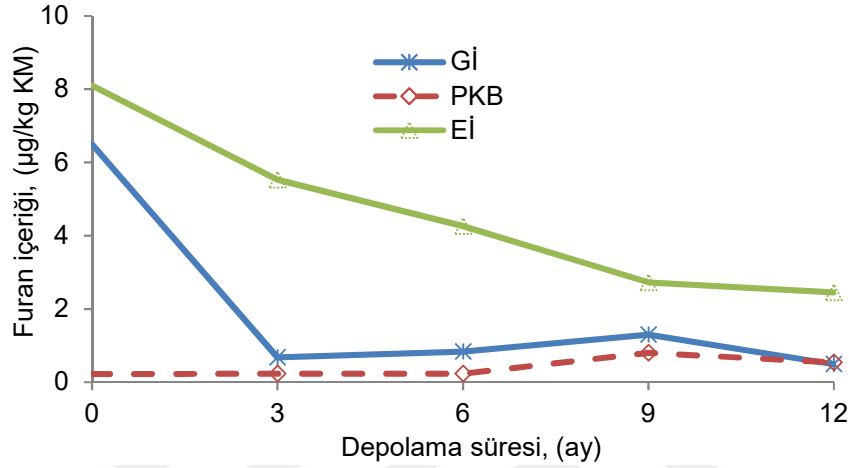
Şekil 4.104. Pul biberlerin toplam furan içerikleri ve bileşik sayıları

Sadece isot çeşitlerinde bulunan furanların ise 2-metilfuran, 2-metildihidro-3(2H)furanon, 5-metilfurfural ve 5-Metil-2(3H)-furanon olduğu belirlenmiştir. Furan grubundan 2,3,5-trimetilfuran bileşiği sadece Gİ biberinde bulunmuştur. Aynı şekilde bu gruptan furfuril format ve furfuril asetat bileşikler de yalnızca Eİ’de bulunmuştur. İso örneklerinde tespit edilen furan bileşiklerinin çoğunlukla sıcaklığa bağlı olarak Maillard reaksiyonlarla oluştuğu tahmin edilmektedir (Kebede ve ark., 2013).

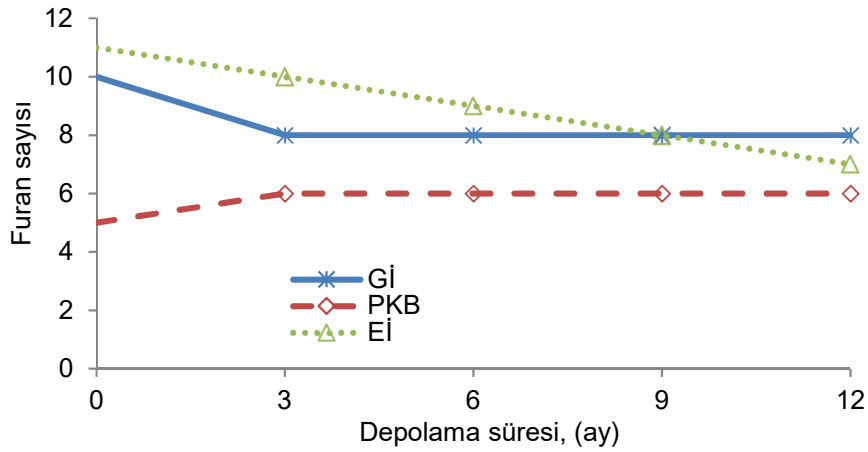
Benzer bir çalışmada, bu furanlardan 2-pentilfuran, 2-asetilfuran, furfuril asetat, furfuril ve 5-metilfurfural bileşiklerinin güneşte veya sıcak hava ile kurutulan kırmızıbiberlerde bulunabileceği, ancak sıcak hava ile kurutulan örneklerde bu bileşiklerin miktarlarının genel olarak daha fazla olduğu saptanmıştır (Toontom ve ark., 2016). Diğer bir çalışmada ise furfuril, 5-metilfurfural ve 2-asetilfuran furanlarının sıcak hava ile kurutulan biberlerde bulunduğu, ancak bu bileşiklerin güneşte kurutulan biber örneklerinde saptanmadığı belirtilmiştir (Toontom ve ark., 2012). Çalışmamızdaki üretim metotları dikkate alındığında örneklerimize ait furan kompozisyonlarının genel olarak literatür verileriyle benzerlik gösterdiği ifade edilebilir. Diğer taraftan, isot çeşitlerinin üretimlerindeki sıcaklık koşulları dikkate alındığında Gİ’nin furan içerikleri ve sayısının Eİ’dekine göre beklenenden daha fazla olmuştur. Diğer bir ifadeyle, Eİ üretimindeki ısı işleme ait sıcaklık derecesi (85 °C) Gİ üretimindeki terletme sürecindeki sıcaklık derecesinden (<58 °C) yüksek olmasına rağmen bu iki baharatın toplam furan içerikleri ve bileşik sayılarının birbirine yakın olmuştur. Gİ biberinde furan miktarlarının bu düzeyde fazla olmasında, terletme

işlemindeki sıcaklık ve uzun işlem süresinin (6 gün) birlikteki etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Pul biberlerin depolama sırasındaki furan içerikleri ve sayıları sırayla Şekil 4.105 ve Şekil 4.106'da gösterilmiştir.



Şekil 4.105. Depolama sırasında pul biberlerin furan içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.106. Depolama sırasında pul biberlerin furan sayılarındaki değişimler

Gİ örneğindeki furan içeriği depolamanın ilk üç ayında azalarak miktarının 6.50'den 0.68 µg/kg KM'ye düştüğü ($P < 0.05$) ve bu miktarın depolamanın sonuna kadar değişmediği ($P > 0.05$) belirlenmiştir. PKB biberindeki furan miktarı depolamanın ilk altı ayında değişmediği ($P > 0.05$), sonraki üç içerisinde bu içeriğin 0.23'ten 0.80 µg/kg KM'ye yükseldiği ($P < 0.05$) ve depolamanın son üç aylık

diliminde değişmediği ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Eİ örneğindeki furan konsantrasyonu ise depolama sırasında azalarak 8.10'dan 2.45 $\mu\text{g/kg KM}$ 'ye düştüğü saptanmıştır. Depolamanın sonunda Gİ ve PKB örneklerinin furan içerikleri arasındaki farkın olmadığı ($P>0.05$), ancak Eİ örneğinin furan içeriğinin bu iki baharata ait içeriklerden daha yüksek olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

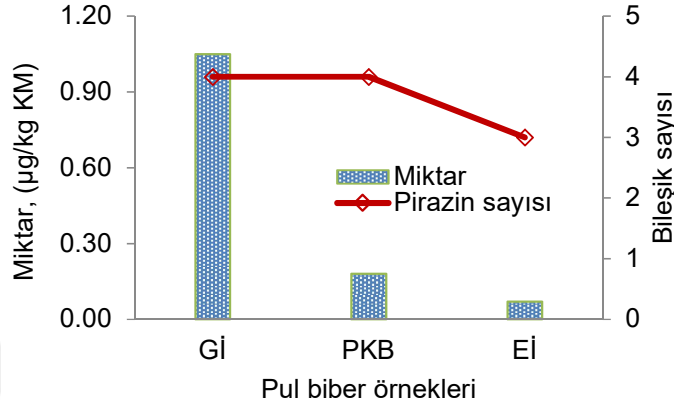
Gİ örneğindeki furan sayısının depolamanın ilk üç ayında 10'dan 8'e düştüğü ve depolamanın sonuna kadar değişmediği belirlenmiştir. Depolamanın başında bu örnekte bulunan furanlardan 2-metilfuran, 2-pentilfuran, 2-metildihidro-3(2H)furanon, furfural, 2-asetilfuran, 2-furanmetanol ve 5-metilfurfuril alkol bileşiklerinin depolama sonunda miktarlarının azaldığı; 2,3,5-trimetilfuran ve 5-metilfurfural bileşiklerinin depolama sonunda kayboldukları tespit edilmiştir. PKB'deki depolamanın başında 5 olan furan sayısının depolamanın ilk üç ayında 6'ya yükseldiği ve bu rakamın depolamanın sonuna kadar değişmediği bulunmuştur. Depolamanın başında PKB'de bulunmayan 2-metildihidro-3(2H)furanon bileşiği depolamanın sonundaki bu baharat örneğinde bulunmuştur.

Eİ biberinde 11 olan ilk furan sayısı, depolama boyunca azalarak depolamanın sonunda 7 kadar azalmıştır. 2-metildihidro-3(2H)furanon bileşiğinin Eİ'deki miktarı depolama sonunda artmıştır ($P<0.05$). Bu biberde furfural, 2-asetilfuran ve 2-furanmetanol bileşiklerinin içerikleri de depolama sonunda azalmıştır. Depolamanın başında Eİ'de bulunan 5-metil-2(3H)-furanon, 5-metilfurfural, furfuril format ve 2-pentilfuran bileşikleri ise depolama sonunda kayboldukları belirlenmiştir.

4.3.6.10. Pirazinler ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin pirazin içerikleri ve bileşik sayıları Şekil 4.107'de gösterilmiştir. Gİ ve PKB örneklerinde dörder, Eİ biberinde ise 3 adet pirazin bileşiği bulunmuştur. Toplam pirazin içeriğinin 1.05 $\mu\text{g/kg KM}$ ile en çok Gİ örneğinde bulunduğu tespit edilmiştir. Diğer örneklerin toplam pirazin içerikleri arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Bu çalışmada tespit edilen 6 pirazin bileşiğinden sadece 2,3,5-trimetilpirazin her üç baharat örneğinde bulunmuştur. 2-etil-

6-metilpirazin ve 2-izobütil-3-metokspirazin sırasıyla sadece Gİ ve PKB baharatlarında saptanmıştır. 2,3-dimetilpirazin Gİ ve PKB; 2,6-dimetilpirazin isot çeşitlerinde; tetrametilpirazin ise PKB ve Eİ biberinde bulunan pirazinler olduğu belirlenmiştir.

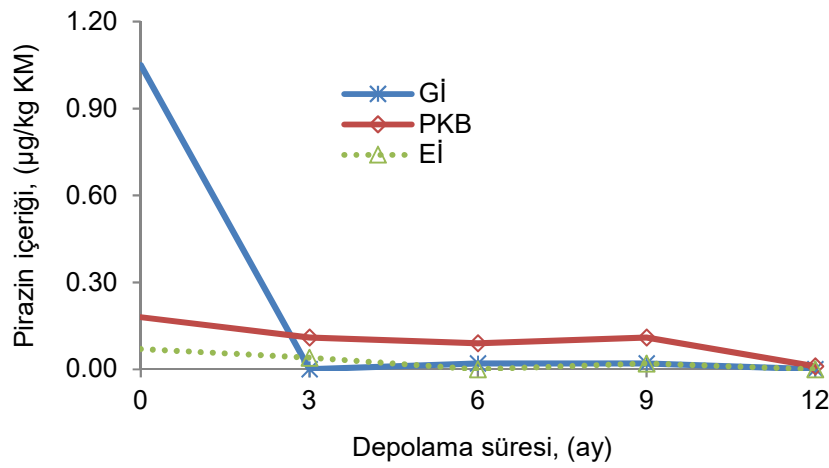


Şekil 4.107. Pul biberlerin toplam pirazin içerikleri ve bileşik sayıları

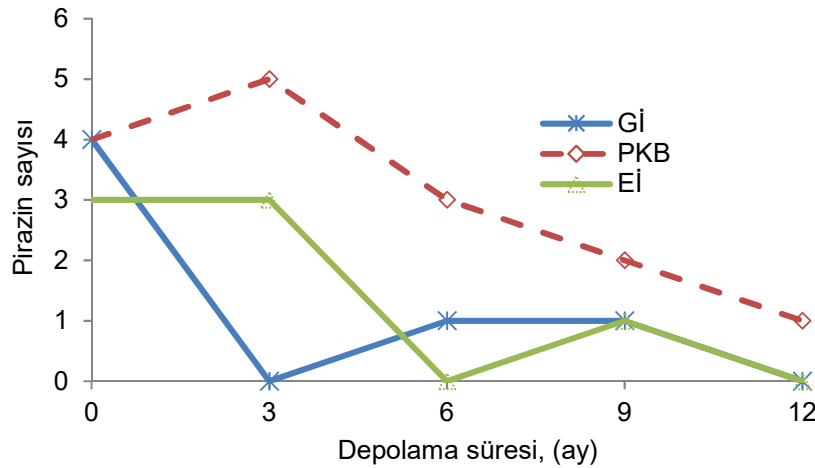
Bu çalışmada bulunan pirazinlerden tetrametilpirazin bileşiğinin önceki çalışmalarda güneşte kurutulan kırmızıbiber baharatında miktarı en fazla olan pirazin olduğunu (Toontom ve ark, 2012; Toontom ve ark., 2016) veya bulunabildiği belirtilmiştir (Kocsis ve ark., 2002; Lee ve ark., 2004). Ayrıca PKB’de bulunan ve tipik taze biber aroması olduğu bilinen 2-izobütil-3-metokspirazin bileşiğinin benzer bir çok çalışmada da bulunmuştur (Van Ruth ve ark., 1995b; Zimmermann ve Schieberle, 2000; Van Ruth ve ark., 2003). Biber örneklerinde tespit edilen pirazinlerin genel olarak indirgen şekerler ile amino grubunu içeren bileşikler arasındaki Maillard reaksiyonları ile oluştuğu tahmin edilmektedir (Guadayol ve ark., 1997; Mateo ve ark., 1997).

Pul biberlerin depolama sırasında pirazin içerikleri ve sayılarındaki değişimler sırayla Şekil 4.108 ve Şekil 4.109’da gösterilmiştir. Gİ biberinde depolamanın başında miktarı 1.05 µg/kg KM olan pirazin grubu bileşiklerin ilk üç ay depolanmış Gİ örneğinde bulunmadığı tespit edilmiştir. Altı ay depolanmış Gİ örneğinde 2,3,5-trimetil pirazin bileşiğine bağlı olarak bu grubun 0.2 µg/kg KM’lik bir miktarının oluştuğu, ancak depolamanın sonunda bu bileşiğin de kaybolduğu belirlenmiştir. PKB örneğinde depolamanın ilk üç ayında pirazin içeriğinin 0.18’den 0.11 µg/kg KM’ye

düştüğü ($P<0.05$), sonraki 6 ay boyunca bu içerik istatistiki olarak değişmediği, depolamanın son üç ayında PKB örneğinin tekrar azaldığı ($P<0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın başında PKB biberinde bulunan 4 pirazin bileşiğine ilave olarak depolamanın ilk üç ayında iz miktarda 2,6-dimetilpirazin bileşiğinin oluştuğu, ancak depolama sonunda mevcut pirazinlerden sadece tetrametilpirazinin kaldığı tespit edilmiştir. Eİ biberinde ise, depolamanın başında $0.07 \mu\text{g/kg KM}$ olan pirazin miktarının depolamanın sonunda bu örnekteki bütün pirazinlerin kaybolmasıyla tamamen bittiği tespit edilmiştir.



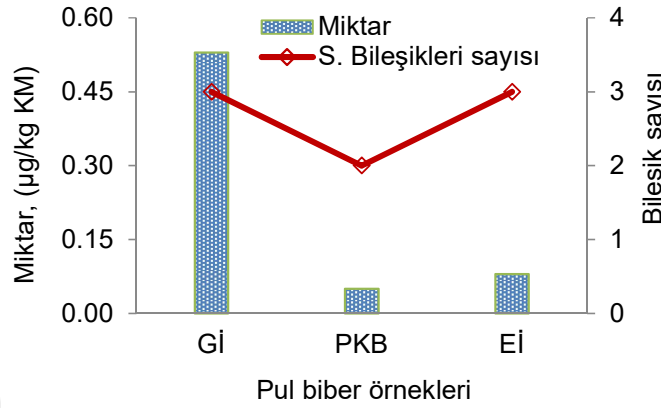
Şekil 4.108. Depolama sırasında pul biberlerin toplam pirazin içeriklerindeki değişimler



Şekil 4.109. Depolama sırasında pul biberlerin pirazin sayılarındaki değişimler

4.3.6.11. Sülfür bileşikleri ve depolama sırasındaki değişimleri

Pul biberlerin sülfür bileşikleri içerikleri ve sayısı Şekil 4.110'da gösterilmiştir.



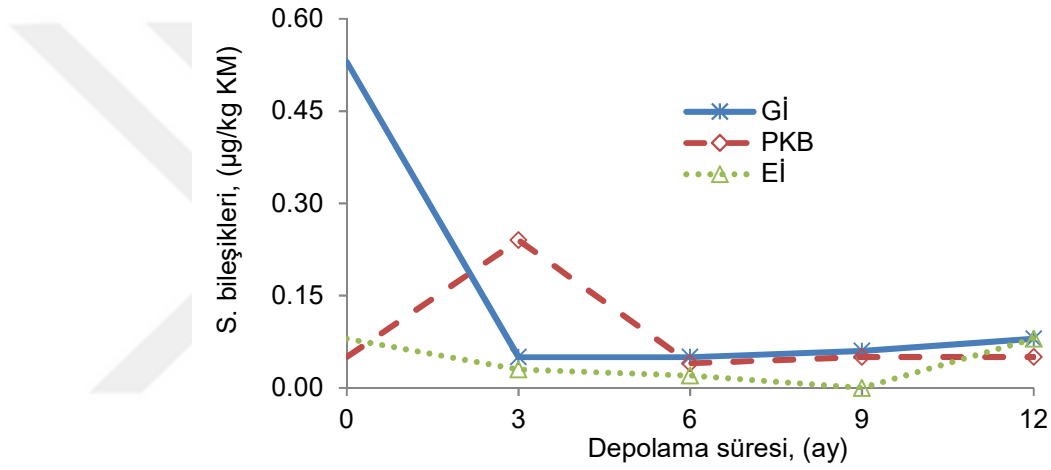
Şekil 4.110. Baharatların toplam sülfür bileşikleri içerikleri ve sayıları

Sülfür bileşiklerinden dimetilsülfid her üç biberde de bulunmuştur. Bu bileşiğe ilaveten Gİ biberinde methanethiol ve dimetildisülfid; Eİ biberinde dimetildisülfid ve dimetiltrisülfid; PKB'de ise iz miktarda methanethiol belirlenmiştir. Bu grubun 0.53 µg/kg KM'lik içeriğiyle Gİ örneğinde en fazla miktara sahip uçucu bileşik sınıfı olduğu saptanmıştır ($P < 0.05$). Dimetilsülfid ise 0.41 µg/kg KM içerikle bu biberde miktarı en fazla bulunan bileşik olmuştur. PKB ve Eİ'nin toplam sülfür bileşikleri içerikleri ise sırasıyla 0.05 ve 0.08 µg/kg KM olarak tespit edilmiş, ancak bu değerler arasında istatistiki düzeyde önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır ($P > 0.05$). Sülfür bileşiklerinden dimetilsülfid, dimetiltrisülfid ve dimetiltrisülfid Van Ruth ve ark. (1994) da kırmızıbiber baharatında bulmuşlardır.

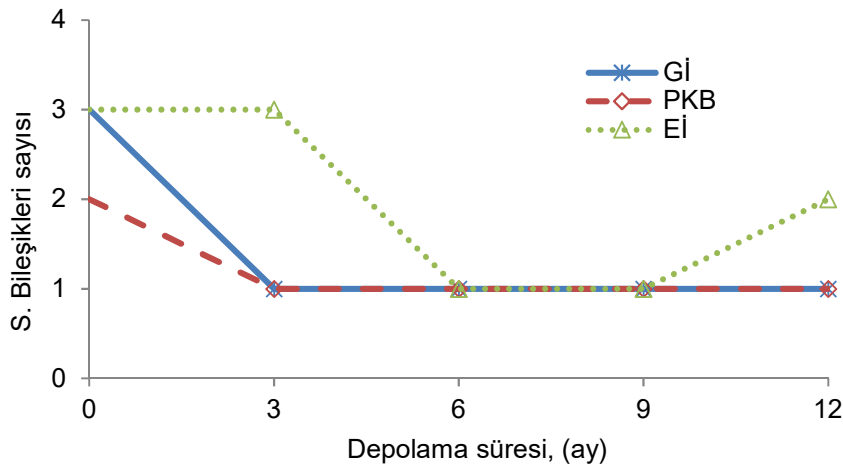
Biberlerde doğal olarak bulunan ve sülfür içeren aminoasitlerin termal bozulma ile uçucu sülfür bileşiklerinin oluştuğu tahmin edilmektedir. Örneğin dimetilsülfid bileşiği metiyonin aminoasidinin Strecker reaksiyonu ile veya bu aminoasidin bir türevi olan s-metilmetiyonin bileşiğinin ısıya dayalı olarak bozunmasıyla oluşabildiği bildirilmektedir (Landaud ve ark., 2008; Lozano ve ark., 2007)

Pul biberlerin depolama sırasında sülfür bileşikleri içerikleri ve sayılarındaki değişimler sırayla Şekil 4.111 ve Şekil 4.112'de gösterilmiştir. Gİ örneğinde

depolamanın ilk üç ayı içerisinde 3 sülfür bileşiginden sadece dimetilsülfıt bileşiginin kaldığı ve Gİ biberinde depolamanın sonuna kadar da sadece bu sülfür bileşiginin bulunduğu belirlenmiştir. Gİ örneğindeki sülfür bileşiklerı içeriğı de bu değışime bağılı olarak depolamanın sonunda 0.53'ten 0.08 $\mu\text{g/kg KM}$ 'ye azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). Benzer olarak, PKB örneğinde de depolamanın sonunda bu gruptan sadece dimetilsülfıt bileşiginin varlığı tespit edilmiştir. Eİ'de depolamanın sonunda dimetilsülfıt bileşigine ilave olarak son üç aylık dilimde oluşan methanethiol bileşigi de bulunmuştur. Depolama sonunda Gİ, PKB ve Eİ'nin uçucu sülfür bileşiklerı miktarlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).



Şekil 4.111. Depolama sırasında pul biberlerin uçucu sülfür bileşiklerı içeriklerindeki değışimler



Şekil 4.112. Depolama sırasında pul biberlerin uçucu sülfür bileşiklerı sayılarındaki değışimler

4.3.6.12. Diğ er uçucu bileşikler ve depolama sırasındaki değ işimleri

γ -Büt irolakton ve bilinmeyen bir bileşiğ in her üç baharatta bulunan diğ er uçucu bileşikler olduğ u saptanmıştır. Ayrıca, Gİ biberinde dimetilmaleik anhidrit, 2-asetilpirol, pantolakton, piranon, 1-metilpirol ve izoeugenol bileşikleri de bulunmuştur. Bu uçucu bileşiklerden son ikisi hariç diğ erlerinin Eİ biberinde de bulunduğ u tespit edilmiştir. Bunlar dışında Eİ biberinde dihidromaltol da bulunmuştur. Bu bileşiklerin Gİ, PKB ve Eİ'deki içeriklerinin sırasıyla 3.47, 0.36 ve 2.30 $\mu\text{g/kg}$ KM olduğ u belirlenmiştir. Ancak, bu miktarlardan isot çeşitlerine ait olanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Bu uçucu bileşiklerden 1-metilpirol, γ -büt irolakton, piranone önceki bazı çalışmalarda bulunmuştur (Van Ruth ve ark., 1994; Mateo ve ark., 1997; Zimmermann ve Schieberle, 2000; Kocsis ve ark., 2002; Caporaso ve ark., 2013).

Bu uçucu bileşikler de depolama süresince bazı değ işimler gerç ekleş miştir. Depolamanın başında Gİ ve PKB örneklerinde bulunan 1-metilpirol bileşiğ inin Gİ örneğ inde depolamanın sadece ilk üç ayında miktarının azaldığ ı ($P<0.05$), PKB örneğ inde ise miktarının depolama boyunca değ işmediğ i ($P>0.05$) belirlenmiştir. Ayrıca, depolamanın başındaki Eİ örneğ inde bulunmayan bu bileşiğ in depolamanın 6. ayından itibaren Eİ örneğ inde de bulunduğ u saptanmıştır. Tanımlanamayan bir bileşiğ in de depolama boyunca her üç biberde de bulunmaya devam ettiğ i belirlenmiştir. İçerik olarak Gİ'deki başlıca uçucu bileşiklerden olan γ -büt irolakton bileşiğ inin depolamanın ilk üç ayında miktarının % 83.8 oranında azalarak 0.17 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye azaldığ ı ve bu miktarın da depolamanın sonuna kadar istatistiki olarak değ işmediğ i tespit edilmiştir ($P>0.05$). γ -büt irolakton içeriğ inin PKB örneğ inde depolamanın ilk ayına kadar önemli bir değ işim göstermediğ i ($P>0.05$), ancak depolamanın 9. aydaki PKB örneğ indeki miktarının 0.71 $\mu\text{g/kg}$ KM'ye yükseldiğ i belirlenmiştir ($P<0.05$). Eİ örneğ inde ise bu bileşik depolamanın son üç ayında artarak 1.42 $\mu\text{g/kg}$ KMe içeriğ ine yükselmiştir ($P<0.05$).

Depolamanın başında Gİ ve Eİ biberlerinde bulunan dimetilmaleik anhidrit bileşiği depolamanın sonunda Gİ örneğinde iz miktarda olduğu ve Eİ örneğinde ise depolamanın 3. ayından sonra kaybolduğu saptanmıştır. Sadece Eİ örneğinde bulunun dihidromaltol bileşiğinin depolamanın sonunda miktarı 0.28'den µg/kg KM'ye azalmıştır ($P<0.05$). Depolamanın başında sadece Gİ ve Eİ baharatlarında bulunan 2-asetilpirol bileşiği depolamanın 9. ayından itibaren PKB örneğinde de tespit edilmiştir. Bu bileşiğin depolama sonunda Gİ örneğindeki miktarı azalırken, Eİ örneğindeki miktarının da yükseldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Depolamanın başında Gİ ve Eİ örneğinde bulunan pantolakton bileşiğinin depolamanın ilk üç ayında her iki örnekte de kaybolduğu, depolamanın 9. ayına bu örneklerde tekrar oluştuğu ve depolamanın sonundaki yine kaybolduğu tespit edilmiştir.

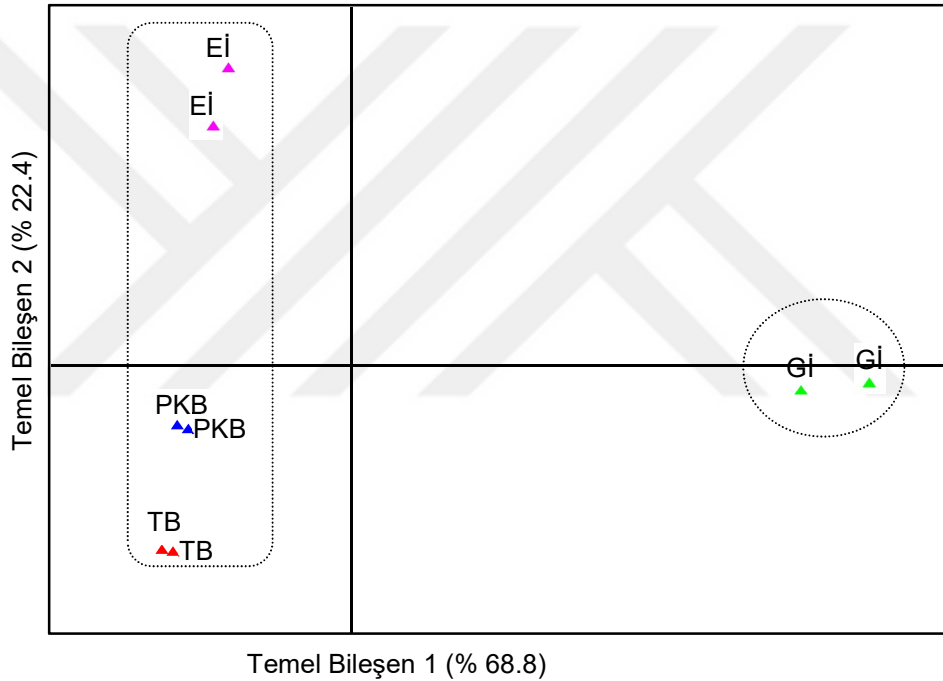
Depolamanın başında Gİ ve Eİ örneğinde bulunan piranon bileşiğinin depolama sonunda bu örneklerdeki miktarının azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). Bu bileşik PKB örneğinde de depolamanın 9. ayına ait örnekte oluşup daha sonraki depolama süresince yine kaybolduğu belirlenmiştir. Ayrıca, depolamanın başında sadece Gİ örneğinde bulunan izoeugenol bileşiğinin depolamanın ilk üç ayında kaybolduğu saptanmıştır.

4.3.6.13. Temel bileşenler analizi (TBA)

TBA, büyük veri setlerinin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen bir analiz metodudur. Çok değişkenli data setlerinde varyansı muhafaza ederek boyut azaltan ve kümelemeyi sağlayan bu analiz metodu gıda bilimi ve teknolojisiyle ilgili çalışmalarda da sıklıkla kullanılmaktadır (Cserhati ve ark., 2000; Hayaloglu ve Demir, 2016). Orijinal değişkenler bir grafik üzerinde data setinin toplam varyansını açıklayan temel bileşenlerin (principle component) belirli bir doğrusal kombinasyonu ile ifade edilmektedir (Cho ve ark., 2012).

TB ve elde edilen pul biberleri uçucu aroma profilleri yönünden daha iyi karşılaştırmak amacıyla TBA uygulanmıştır. Bunun için, dört örnekte toplamda tespit edilen 135 adet uçucu bileşikle ilgili öncelikle varyans analizi (one-way ANOVA) yapılmış ve önemli bulunmayan 43 uçucu bileşik tespit edilerek TBA'ya

tabi tutulan veri setinden çıkarılmıştır ($P>0.01$). Taze kırmızıbiber, Gİ, PKB ve Eİ örneklerinde bulunan 92 uçucu bileşiğin temel bileşen analizine ilişkin sonuçlar, ilk iki temel bileşenin toplam varyansın % 91.2'sini temsil ettiğini göstermiştir. Örneklerin bu iki temel bileşene göre skorları Şekil 4.113'teki grafikte gösterilmiştir. Toplam varyansın % 68.8'ini ilk temel bileşen (TB1), % 22.4'ünü de ikinci temel bileşenin (TB2) oluşturduğu belirlenmiştir. Gİ biberi diğer üç örnekten TB1 ile belirgin olarak ayrıldığı, Eİ biberinin de PKB ve TB örneklerinden TB2 ile ayrıldığı saptanmıştır. PKB ve TB'nin ise birbirine daha yakın olduğu ve bu grafik üzerinde aynı alanda kümelendiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.113. Taze biber ve pul biberlerin Temel Bileşen skorlarına ait grafik

Örneklerdeki uçucu bileşiklerin toplam varyansa olan katkılarının açıklandığı ve bu bileşiklerin temel bileşenler üzerindeki yüklerini gösteren grafik de Şekil 4.114'te verilmiştir. Bu grafik, 2-pentanon, 1-pentanol, 2-izobütil-3-metoksipirazin, β -elemen, izopropil valerat, metil salisilat, 1-penten-3-ol ve fenilasetaldehitin TB)örneği için ayırt edici bileşikler olduğunu göstermektedir. Ayrıca, TB ve PKB'de daha yüksek içeriklere sahip metil asetat bileşiğinin de bu iki örnek arasındaki benzerliğe katkı sağladığı belirlenmiştir.

dimetiltrisülfid gibi Maillard reaksiyonları veya Strecker reaksiyonu ile oluşan uçucu bileşiklerin de EI biberi için ise ayırt edici unsurlar olduğu tespit edilmiştir.



5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, Şanlıurfa yöresine ait pul biber çeşitlerinin üretimleri ve depolanmaları sırasındaki baharatlık kalitesiyle ilgili bazı fizikokimyasal ve biyokimyasal özellikler incelenmiştir. Araştırmada, Urfa tipi taze kırmızıbiber (*Capsicum annuum* L.) çeşidinden güneşte kurutma metoduyla pul kırmızıbiber (PKB), geleneksel yolla isot biberi (Gİ) ve endüstriyel yöntemleriyle isot biberi (Eİ) olmak üzere üç baharat üretilmiştir. Üretim sırasındaki baharat kalitesine ilişkin değişimlerin belirlenmesi amacıyla PKB ve Gİ üretimleri sırasında günlük olarak alınan biber örnekleri; üretim metotlarını karşılaştırmada PKB, Gİ ve Eİ örnekleri; depolamanın sırasındaki değişimleri tespit edebilmek için de 12 aylık süre ile depolama esnasında üçer aylık periyotlarla alınan baharat örnekleri analizlere tabi tutulmuştur.

Biber örneklerinin baharatlık kalitesiyle ilgili özellikler olarak nem oranı, su aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, aflatoksin içerikleri, ASTA değeri, kırmızılık/sarıklık oranı, yüzey renk, toplam karotenoid içeriği, kapsaisinoid miktarı, Scoville acılık birimi, antioksidan kapasite, C vitamini içerikleri ve uçucu bileşik tayinleri yapılmıştır. Ayrıca, aralarında ilişki olduğu düşünülen özellikler için Pearson korelasyon analizleri yapılmıştır. Buna ilaveten uçucu bileşik sonuçları TBA analizine tabi tutulmuştur.

Fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre, TB'nin % 90.49 olan başlangıç nem oranlarının Gİ ve PKB üretimleri sırasında azalarak % 15'in altına kadar düştüğü; üretilen Gİ, PKB ve Eİ'nin nem oranları arasında önemli bir farkın bulunmadığı ve bu nem oranlarının Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliğine uygun olduğu; depolama sırasında ise üç baharatın nem oranlarında istatistiksel açıdan önemli değişimlerin gerçekleşmediği belirlenmiştir. Nem oranıyla yakın ilişkisi olan su aktivitesi değerinin ise üretilen baharatlarda birbirinden farklılık gösterdiği; en düşük su aktivitesi değeri Gİ, en yüksek su aktivitesi değeri de Eİ biberinde ölçülmüştür. Depolama sonunda ise

su aktivitesi değerinin Gİ ve PKB’de artış gösterdiği, ancak Eİ biberinde bu değer değişmediği tespit edilmiştir.

Su aktivitesiyle ilgili yapılan korelasyon testleri, pul biberlerin uzun süren geleneksel üretimlerinde su aktivitesi değeri ile toplam karotenoid içeriği arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu; su aktivitesi ile esmerleşme indeksi arasında ise negatif yönde yakın bir ilişki olduğunu göstermiştir. Yüzey renk değerleri ile su aktivitesi veya nem oranı arasındaki korelasyon niteliklerinin üretim metoduna göre değişkenlik gösterebileceği; kırmızılık, sarılık ve renk yoğunluğunu temsil eden yüzey değerleri ile su aktivitesi arasında kısa süreli üretimlerde (PKB) çeşitli derecelerde korelasyonlar olabileceği, uzun süren üretimlerde ise (Gİ) bu korelasyonların bulunmadığı saptanmıştır. Buna karşın, açıklık-koyuluk seviyesini ifade yüzey renk değeri ile su aktivitesi arasında ise her iki üretim metodunda korelasyon bulunmuştur. Diğer taraftan, depolama sırasında ise renk açısı hariç yüzey rengin diğer parametrelerinin hem su aktivitesi hem de nem oranında değişimlerle paralel şekilde değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, su aktivitesi ve nem oranının kırmızıbiber baharatlarında renk kalitesini etkilediğini göstermektedir.

pH değerinin isot üretimlerinde azaldığı, ancak PKB üretimi sonunda pH değerinde önemli bir azalmanın olmadığı; üretilen baharatlardan pH değeri en yüksek ve en düşük olanın sırasıyla PKB ve Eİ olduğu; depolama sonunda her üç baharatın da pH değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Üretimlerde her üç biber çeşidinin de titrasyon asitliklerinin ilk değerlere göre yükseldiği ve bununla birlikte Gİ üretiminde titrasyon asitliğinin PKB üretimine göre daha fazla oranda artış gösterdiği; titrasyon asitliğinin Eİ biberinde ise istatistiki bakımdan Gİ ve PKB’nin titrasyon asitliklerine yakın olduğu belirlenmiştir. Depolama sırasında Gİ’nin titrasyon asitliğinin önemli bir değişim sergilemediği; PKB’de bu değer artış eğilimi gösterdiği, ancak bu değişimin de istatistiksel olarak önemli olmadığı; Eİ biberinde ise titrasyon asitliğinin depolamanın son üç ayında depolamanın başındaki değerine göre bir yükselme gösterdiği belirlenmiştir. Bu değişimlere bağlı olarak depolamanın sonunda titrasyon asitliği yönünden Eİ’nin PKB’ye göre daha yüksek değere sahip olduğu, Gİ’nin ise bu iki pul biberden farklı olmadığı saptanmıştır.

Üretim ve depolanma sırasında Gİ, PKB ve Eİ'deki AFG₂, AFG₁ ve AFB₂ içeriklerinin analizde belirlenebilen sınırların altında kaldığı ve buna bağlı olarak bu aflatoksinlere ait konsantrasyonların ihmal edilebilir miktarlarda olduğu; bu baharatların AFB₁ ve toplam AF içeriklerinin de Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği'nin ilgili düzenlemelerinde belirtilen yasal limitlere göre çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, uygun kalitede taze kırmızıbiberlerin hammadde olarak kullanılmasıyla elde edilen geleneksel Urfa pul biberlerinin hem üretim aşamasında hem de depolama sırasında aflatoksin riski açısından güvenli olduğunu göstermektedir. Üretimlerde kullanılan TB'nin aflatoksin içermemesi ve bununla birlikte kurutma ve/veya üretimlerin beton zeminde yapılması, baharatlarda aflatoksin oluşumunun düşük olmasında kilit rollere sahip olduğu düşünülmektedir.

Renk özellikleriyle ilgili analiz sonuçları, üretimler sırasında biberlerin renk kalitelerini belirleyen parametrelerin üretimler sırasında önemli değişimlere uğradığını; farklı üretim metotları ile elde edilen pul biberlerin renk kalitesi bakımından birbirinden farklı olduğu; depolama sırasında da biberlerin bu renk özelliklerinde çeşitli düzeylerde değişimler meydana geldiğini göstermiştir.

Gİ ve PKB'nin üretimleri sırasında toplam karotenoid içeriklerinde bazı artışlar olsa da hem bu iki baharatın hem de Eİ'nin üretimleri sonunda toplam karotenoid miktarlarının oksidasyon veya ısıya bağlı bozunmalardan ötürü azaldığı belirlenmiştir. Toplam karotenoid miktarı ile ilgili sonuçlar, isot çeşitlerine ait üretim metotlarının PKB'deki üretime oranla daha fazla miktarda karotenoidin bozunduğunu ve buna bağlı olarak PKB'nin Eİ'ye nazaran yaklaşık iki kat daha fazla miktarda karotenoid içerdiğini ortaya koymuştur. Üretim sırasında sıcaklık-süre rejiminin toplam karotenoid içeriği zerinde belirleyici etkiye sahip olduğu, özellikle yüksek sıcaklık uygulamalarının bu içeriğin azalmasındaki başlıca nedenlerden olduğu saptanmıştır. Depolama sırasında ise her üç baharatın toplam karotenoid miktarlarının azalmaya devam ettiği ve bir yıllık depolama sonunda bu içeriklerin yarısından fazla miktarlarda azaldığı; bu azalmanın yine isot baharatlarında daha fazla miktarlarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Depolama başında olduğu gibi, depolama sonunda da en yüksek ve en düşük karotenoid içeriği sırasıyla PKB ve Eİ'de bulunmuştur.

Kırmızıbiberlerde renk kalitesinin diğer bir ölçüsü olan ekstrakte edilebilir renk (ASTA) ile ilgili bulguların genel olarak toplam karotenoidlere ilişkin sonuçlarla paralellik arz ettiği belirlenmiştir. Gİ ve PKB üretimleri esnasında ASTA değerlerinde bazı artışlar olduğu, ancak her üç pul biber örneğinde ASTA değerlerinin üretimler sonunda ilk değerine göre azaldığı; bu azalmaların en çok ve en az oranda meydana geldiği baharatların sırasıyla Eİ ve PKB olduğu tespit edilmiştir. Depolama sırasında da ASTA değerleri azalmış; 12 aylık depolama sonunda isot biberlerindeki ASTA'lar birbirine yakın oranlarda azalmış; ASTA değeri açısından depolama sonunda en az renk kayıplarının meydana geldiği baharat PKB olmuştur.

Ektrakte edilebilen rengin başka bir parametresi olan kırmızılık/sarılık (k/s) oranının üretimler sırasında azaldığı; bu oran bakımından Gİ ve PKB örnekleri arasında istatistiksel olarak bir farkın bulunmadığı; ancak, Eİ biberinin bu iki örneğe göre daha düşük k/s değerine sahip olduğu saptanmıştır. Kırmızılık/sarılık oranının Gİ ve PKB depolama sonunda düştüğü, Eİ'nin ise depolama sonundaki k/s oranının başlangıç değerine göre önemli bir fark oluşturmadığı belirlenmiştir.

Taze kırmızıbiberlerin baharat çeşitlerine dönüşümlerin yüzey renk özelliklerinin de bir takım değişimlere uğradığı ve bu değişimlerin niteliğinin üretim metoduna göre farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Her üç pul biberin üretimleri sonunda beyazlığın artmasına bağlı olarak biberlerin renkleri açıldığı, ancak isot biberlerinin PKB'ye göre daha koyu görünüme sahip olduğu ve Eİ'nin de Gİ'ye oranla daha siyah bir renk yansıttığı tespit edilmiştir. Depolama sonunda ise isotlarda siyahlık-beyazlık parametresi anlamlı bir değişim sergilememiş, buna karşın PKB'deki siyah görünüm artmış ve buna bağlı olarak PKB bu renk parametresi açısından Gİ ile yakın bir ton kazanmıştır.

Yüzey renk özelliklerinden kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerlerinin PKB ve Gİ üretimleri sırasında benzer olarak önce artma sonra da azalma şeklinde değişimler sergilemiştir. Üretim sonunda ise kırmızı renk açısından Gİ'nin taze kırmızıbibere yakın görünümde olduğu, ancak PKB'nin yaklaşık % 32 oranında daha fazla koyuluğa

sahip bir kırmızı renge sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte sarılık değerinin hem Gİ hem de PKB’de taze örneğe göre daha fazla olduğu ve PKB örneğinin de sarılık yönünden Gİ’den daha koyu bir görünüme sahip olduğu saptanmıştır. Eİ biberi ise hem sarılık hem de kırmızılık parametresi açısından en düşük değere sahip baharat olduğu tespit edilmiştir. Bu örnekteki kırmızılık ve sarılık parametreleri PKB’deki değerlerine oranla yaklaşık 4 kat daha düşük olmuştur. Pul biberlerin kırmızılık ve sarılık tonları depolama sırasında azalmıştır.

Renk doygunluğunu ifade eden C* değeriyle ilgili sonuçlar kırmızılık ve sarılık parametrelerindeki bulgularla paralellik göstermiştir. C* ile ilgili sonuçlar PKB ve Gİ’nin taze bibere göre daha doygun veya parlak bir görünümde olduğu ve aynı zamanda PKB’nin renk yoğunluğu olarak en parlak görünüme sahip baharat olduğu saptanmıştır. Eİ’nin ise en donuk görünümlü baharat olduğu tespit edilmiştir. Depolama sırasında her üç baharatta da C* değerinin azalmış ve % 38 oranında en büyük azalma PKB örneğinde bulunmuştur. Baharatların renk açısı (h°) dağılımlarına ilişkin sonuçlar, her üç baharatın birbirine yakın renk açılara (kırmızı bölge) sahip olduğu göstermiştir. Depolama sırasında Gİ’nin renk açısının sarıya doğru bir artış gösterdiği, diğer iki pul biberde de bu parametrenin önemli bir değişim sergilemediği belirlenmiştir.

Kırmızıbiber baharatlarında renk kalitesi açısından bir kayıp olarak değerlendirilen esmerleşme düzeyi üretimler sırasında yükselmiştir. Üretim sonunda isotların esmerleşme indeksinin PKB’den daha yüksek olmuş ve en yüksek esmerleşme indeksine sahip biber olan Eİ ile en düşük esmerleşme indeksinin bulunduğu baharat olan PKB arasında bu indeks yönünden yaklaşık 5 katlık bir fark bulunmuştur. Eİ’nin esmerleşme indeksinin Gİ’deki değerden de 2.73 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Depolama sırasında da baharatların esmerleşme indekslerinin artış gösterdiği, özellikle PKB’de esmerleşme indeksinin depolama sonunda beklenmeyen biçimde artarak Gİ’nin esmerleşme düzeyine yakın bir değere ulaştığı saptanmıştır. Depolama sonunda esmerleşme indeksinde en düşük artış oranı Gİ’de bulunmuştur. Eİ biberinde ise depolama sonunda esmerleşme indeksinin % 50 civarında artış yaptığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada üretilen pul biberlerin renk kalitesiyle ilgili genel bir değerlendirme yapılacak olursa; renk üzerinde en kritik öneme sahip toplam karotenoid içeriğine bağlı olarak PKB'nin en iyi renk özelliklerine sahip olduğu ve en düşük renk kalitesine sahip baharatın da Eİ olduğu tespit edilmiştir. İso çeşitlerinde karakteristik renk açısından belli bir seviye kadar gerçekleşmesi arzu edilen esmerleşmenin artmasıyla birlikte renk kalitesinde de kayıpların meydana geldiği belirlenmiştir. Ancak Gİ biberinde bu esmerleşmenin yanında diğer renk özelliklerinin belli bir düzeyde korunduğu saptanmıştır. Depolamanın da pul biberlerin renk kalitelerinde önemli kayıplar meydana getirebileceği ortaya konulmuştur.

Renk özellikleriyle ilgili korelasyon sonuçları, bir çok parametrenin birbiriyle ilişkili olduğunu göstermiştir. Üretim ve depolama sırasında toplam karotenoid içeriği ve ASTA değeri arasında pozitif yönde çeşitli düzeylerde korelasyonların bulunduğu ve bu iki özellik ile esmerleşme indeksi arasında da zıt yönlü korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Ancak, PKB üretiminde ASTA değeri ile toplam karotenoid içeriği arasındaki korelasyon beklenen durumun aksine istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu durumun da PKB üretimindeki örneklem sayısının yetersizliğiyle ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Korelasyon analizleri, yüzey renk parametreleri ile toplam karotenoid miktarı, ASTA değeri ve esmerleşme indeksi arasında da bir takım korelasyonların bulunduğunu ortaya koymuştur. Esmerleşme indeksi ile L^* değeri arasındaki korelasyonlar üretimler esnasında pozitif yönlü iken, depolama sırasında bu korelasyon yön değiştirerek negatif olmuştur. Çelişkili gibi görünen bu durumun, üretim sırasında L^* değeri ve esmerleşme indeksindeki değişimlerin tesadüfi ilişkileriyle açıklanabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, üretim sırasında L^* değerindeki değişimlerin başka bir faktöre bağlı olarak değiştiği veya esmerleşme indeksindeki artışlardan ya da değişimlerinden bağımsız olarak değiştiği tahmin edilmektedir. Ayrıca, depolama sırasında esmerleşme indeksi ile a^* , b^* ve C^* değerleri arasında negatif yönlü ve yüksek düzeyli korelasyonlar bulunmuştur. Bunun dışında, ASTA değeri ve toplam karotenoid miktarlarının da depolama sırasında yüzey renk parametreleri ile (h° hariç) düzeyi farklı ama yönü pozitif olan çeşitli korelasyonlar

gösterdiği tespit edilmiştir. PKB ve Gİ üretimlerinde ise esmerleşme indeksi, toplam karotenoid içeriği ve ASTA ile a^* , b^* C^* ve h^o arasında korelasyonların üretime göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Korelasyon analizinde sonuçların güvenilirliği örneklem çokluğuna bağlı olarak artmaktadır. Bu durumda, depolama sırasındaki korelasyonların dikkate alınmasının daha tutarlı bir değerlendirme olacağı kabul edilmektedir.

Biberlerde acılık oluşturan kapsaisinoidlerin toplam içeriklerinin büyük oranda kapsaisin ve dihidrokapsaisin bileşiklerinden oluştuğu belirlenmiştir. Toplam karotenoid içeriklerinde olduğu gibi, kapsaisinoid bileşiklerine ait miktarların da Gİ ve PKB üretimleri sırasında artma ve azalma şeklinde değişimler sergilediği saptanmıştır. Üretim sonunda isot baharatlarında acılık bileşiklerinin toplam miktarlar TB örneğine göre yükselmiş ve Gİ biberinde bu miktar daha fazla oranda artmıştır. Buna karşın, PKB üretiminde toplam kapsaisinoid içerikleri TB'deki içeriğe göre daha da azalmıştır. Ayrıca, başlıca kapsaisinoidlerden kapsaisin bileşiğinin TB'deki miktarı bu örnekteki diğer önemli kapsaisin olan dihidrokapsaisin miktarından fazla iken, baharatlarda bu durumun tersine dihidrokapsaisin içeriğinin kapsaisine göre daha fazla olmuştur. Depolama sırasında acılık bileşiklerine ait toplam içerik Gİ örneğinde ilk altı ay azalmış ve daha sonra tekrar artmıştır. PKB biberinde depolama sırasında bu içerik yükselmiş, Eİ örneğinde ise acılık bileşiklerinin toplam miktarında anlamlı bir değişim olmamıştır. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan Urfa çeşidi taze kırmızıbiber ve elde edilen baharatlarının Scoville acılık skalasına göre orta acılıkta oldukları belirlenmiştir.

Üretimler sırasında biberlerin antioksidan kapasitelerinin artış gösterdiği, en yüksek ve en düşük antioksidan kapasiteye sırasıyla PKB ve Eİ'nin sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, antioksidan kapasiteyle ilgili verilerimiz, kırmızıbibere uygulanan işlemlerde yüksek sıcaklığın antioksidan kapasiteyi de arttırdığını göstermiştir. Diğer taraftan, depolama baharat tipine göre antioksidan kapasiteyi farklı şekillerde etkilemiştir. Gİ biberinde depolama sırasında antioksidan kapasite artarken, PKB ve Eİ örneklerinde antioksidan kapasite azalmıştır. Depolama sırasındaki bu değişimlere bağlı olarak 12 aylık depolama sonunda baharatların antioksidan

kapasitelerindeki dağılım, depolamanın başındaki durumdan farklı olarak $G\dot{I} > E\dot{I} > PKB$ olarak bulunmuştur.

İsot biberlerinin üretim metotlarının C vitaminini olumsuz etkiledikleri ve buna bağlı olarak iki isot çeşidinde de C vitaminin bulunmadığı saptanmıştır. Ancak, PKB’de taze biberin yaklaşık yarısı kadar C vitamini bulunmuştur. Bu baharattaki C vitaminini içeriğinin de depolama sırasında azalarak tamamen bittiği tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan TB’nin uçucu bileşiklerinin hem kompozisyon olarak hem de bileşiklerin içerikleri yönünden değiştiği saptanmıştır. Üretimler sırasında bazı uçucu bileşiklerin kaybolurken, yeni bazı uçucu bileşikler de oluşmuştur. Her üç baharatta da üretim sonunda uçucu bileşik sayısının TB’ye göre arttığı belirlenmiştir. $G\dot{I}$ üretiminde daha fazla sayıda uçucu bileşik oluştuğu ve ayrıca bu baharattaki toplam uçucu bileşik içeriğinin de diğer iki baharata göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Uçucu bileşik sayılarındaki artışlara rağmen PKB örneğinde toplam uçucu bileşik içeriği TB’ye göre daha da azalmış, $E\dot{I}$ biberinde ise bu içerik taze bibere göre önemli bir değişime uğramamıştır. Uçucu bileşiklerle ilgili yapılan TBA analizi de baharatlar içerisinde $G\dot{I}$ biberinin uçucu aroma profili yönünden diğer iki pul biber tipine göre daha farklı karakterde olduğu, taze bibere en yakın uçucu aroma özelliklerine sahip baharatın da PKB olduğu belirlenmiştir.

Uçucu bileşik sonuçlarıyla ilgili dikkat çekici noktalar olarak, terletme işlemine dayalı olarak $G\dot{I}$ biberinin uçucu bileşik profilinin geniş bir çeşitlilik kazandığı; bu işlemdeki uzun süreye bağlı olarak bu baharattaki uçucu bileşik içeriklerinin genel olarak diğer örneklerdeki içeriklere göre daha fazla miktarda yükseldiği; α -limonen gibi belirli bazı uçucu bileşiklerin de $G\dot{I}$ ’deki toplam uçucu bileşik miktarının yüksek olmasında önemli paylara sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, uçucu bir asit olan asetik asitle ilgili çalışmamızdan elde edilen sonuçlar, $G\dot{I}$ üretimi başta olmak üzere kırmızıbiberlerin geleneksel olarak güneşte kurutulmaya bırakılması veya bu metotla baharata dönüştürülmesi esnasında mikrobiyal faaliyete olarak fermentasyonun da bir miktar gerçekleştiğine işaret etmiştir.

Bu çalışmayla, pul biberlerde depolama sırasında da uçucu aroma bileşiklerinin hem kalitatif hem de kantitatif olarak azalabildiği saptanmıştır. Depolama sırasında isot biberlerinde kaybolan uçucu bileşik sayısının PKB'deki kayıplara nazaran daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ancak, bu azalmalara rağmen bir yıllık depolama sonunda en fazla uçucu bileşik sayısı yine Gİ biberinde bulunmuştur. Bu depolama süresi sonunda Eİ'nin toplam uçucu bileşik sayısı da PKB'deki bileşiklerden daha düşük sayıya azalmıştır. Depolama sırasında uçucu bileşiklere ait içerikler bileşikler bazında çoğunlukla azalmıştır. Ancak, PKB ve Eİ örneklerinde depolama sırasında asetik asit miktarlarındaki artışların bu örneklerin toplam uçucu bileşik içeriklerinin depolama sonunda yükselmesine neden olduğu belirlenmiştir. Gİ örneğinde ise toplam uçucu bileşiklerde meydana gelen azalmanın büyük oranda depolamanın ilk üç ayında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, taze kırmızıbiberin renk ve uçucu aroma profilinde en az değişimin gerçekleştiği üretimin PKB baharatına ait olduğu ve buna bağlı olarak bu örneğin renk kalitesinin daha yüksek olduğu ve uçucu aroma kompozisyonun da taze biberinkine daha yakın olduğu saptanmıştır. İso üretimlerinde ise biberlerin koyulaşmasına veya karartılmasına yönelik işlemlerin bu baharatlarda renk kalitesini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Özellikle Eİ üretimindeki ısı işleminin daha fazla oranda renk kaybına neden olduğu tespit edilmiştir. Gİ üretimindeki terletme işleminin bu baharatın karakteristik renginin yanı sıra, geniş aralıktaki uçucu bileşik içeriği açısından da kritik bir öneme sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, depolamanın pul biberin baharatlık kalitesinde önemli kayıplar oluşturduğu belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

Bu çalışma sonuçları, üretim ve depolama şartlarının pul biber baharatlarında kaliteyi belirleyen birçok özellik üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu göstermiştir.

Renk, kapsaisinoid ve aroma açısından daha kaliteli pul biber üretebilmek için öncelikle yeterli olgunluğa ulaşmış taze kırmızıbiberler kullanılmalıdır.

Aflatoksin açısından güvenilir pul biber üretebilmek için, üretime başlamadan önce, zedelenmiş, parçalanmış özellikle de çürümüş taze biberlerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Ayrıca, taze biberlerin büyük yığınlar halinde ve çuvallar içerisinde uzun süre bekletilmemesi, kurutmada mümkün olduğunca biberlerin küçük parçalara ayrılması ve ince serilmesi, biberlerin kurutulması sırasında toprakla temaslarının kesinlikle engellenmesi ve kurutmanın temizliği sağlanmış beton zeminlerde (mesela damlarda) yapılması gerekmektedir.

Pul biberlerin kaliteli ve raf ömürlerinin uzun olması için, kurutmanın yeterli düzeyde gerçekleşmesi sağlanmalıdır. Kurutma işlemi, nem oranı Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliğinde (Anonim, 2013) belirtilen yasal limitin (%15) altına düşünceye kadar devam etmeli ve depolama sırasında bu nem oranı korunmalıdır.

Pul biberlerin üretilmesi sırasında yüksek sıcaklık uygulamalarından kaçınılması gerekmektedir. Pul kırmızıbiber üretimlerinde rengin muhafaza edilmesinde doğal kurutma şartlarındaki sıcaklık dereceleri daha uygundur. Bu baharatların daha mat veya soluk bir görünümde olmamaları için kurutma ve/veya üretim sırasında fazladan güneşte bekletilmemeleri gerekmektedir. İso üretimlerinde ise karakteristik koyu-kırmızı rengin oluşmasında geleneksel üretimdeki sıcaklık değerleri daha etkilidir. İso üretimi endüstriyel yöntemlerle gerçekleştirilmesi durumunda sıcaklık-süre ayarlanması gerekmektedir.

Taze kırmızıbiberlerden elde pul biberlerin kalitesini belirleyen özelliklerin muhafaza edilebilmesinde paketleme materyalinin nem, ışık ve oksijen dış etmenlere karşı minimum geçirgenliğe sahip olması gerekmektedir. Ayrıca, paketlemede kullanılan malzeme baharat içeriklerine veya bileşenlerine karşı inert olmalı ve çözücü yapıda olmamalıdır. Bunlara ilaveten, vakumlu paketlemenin de kalitenin muhafaza edilmesinde hayati bir öneme sahip olabileceği düşünülmektedir.

Geleneksel baharatların üretim metotları dikkat alındığında, bu ürünlerin mikrobiyal yüklerinin yasal limitlerden fazla olabileceği ve/veya patojen mikroorganizmalar içerebileceğine yönelik risklerin hem üreticiler hem tüketiciler

tarafından gözden uzak tutulmaması gerekmektedir. Diğer taraftan, bu baharatlarda üretim prosesleri ile birlikte karakteristik özelliklerin oluşmasında mikrobiyal floranın veya mikroorganizma faaliyetlerine dayalı etkilerin de araştırılması gerektiği düşünülmektedir

Son olarak, Ülkemizde isot, kırmızıbiber ve/veya pul kırmızıbiberlerin baharatlık kalitesiyle ilgili standart yeterli değildir. Bu nedenle, bu baharatlar arasındaki farkı net olarak koyan standart değerlerin belirlenmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- ADEGOKE, G. O., ALLAMU, A. E., AKINGBALA, J. O., and AKANNI, A. O., 1996. Influence of sun drying on the chemical composition, aflatoxin content and fungal counts of two pepper Varieties-*Capsicum annum* and *Capsicum frutescens*. Plant Foods for Human Nutrition, 49(2): 113-117.
- ADDALA, R. VASAVADA, M., DONG, J., and SUBRAMANIAN, S., 2015. Effect of storage conditions on rate of color degradation of paprika based products. Food Processing & Technology, 6(3): 1-6.
- AĞAOĞLU, S., 1999. Van ilinde açıkta satılan kırmızı pul biberlerde aflatoksin B₁ varlığının araştırılması. Van Tıp Dergisi, 6(4): 28-30.
- AL OTHMAN, Z. A., AHMED, Y. B. H., HABILA, M., A., and GHAFAR, A., B., 2011. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum* fruit samples using high performance liquid chromatography. Molecules, 16: 8919-8929.
- ALVAREZ-PARRILLA, E., DE LA ROSA, L. A., AMAROWICZ, R., and SHAHIDI, F., 2011. Antioxidant activity of fresh and processed Jalapeno and Serrano peppers. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59: 163-173.
- AMERINE, M. A., PANGBORN, R. M., and ROESSLER, E. B., 1965. Principles of Sensory Evaluation of Food, Academic Press, New York and London, 612p.
- AMRANI-HEMAIMI, M. CERNY, C., and FAY, L. B., 1995. Mechanisms of formation of alkylpyrazines in the maillard reaction. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 2818-2822.
- ANONİM, 2013. Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği, Türk Gıda Kodeksi, Tebliğ No: 2013/12, Ankara.
- ANONİM, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, T. C. Resmi Gazete, 29 Aralık 2011, Mükerrer sayı: 28157.
- ANONİM, 2015. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim tarihi: 10.09.2015.
- ANONYMOUS, 2010. Amending Regulation (EC) No 1881/2006 Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs as Regards Aflatoxins. COMMISSION REGULATION (EU) No 165/2010, Official Journal of the European Union, 53, 27.02.2010
- ANONYMOUS, 2013. <http://faostat3.fao.org/wds/rest/exporter/streamexcel>, Erişim Tarihi: 29.11.2015.
- ANONYMOUS, 2014a. National Institute of Standard and Technology (NIST), U.S. Department of Commerce, <http://webbook.nist.gov>, Erişim tarihi: 25.12.2014.
- ANONYMOUS, 2014b. <http://faostat3.fao.org/wds/rest/exporter/streamexcel>. Erişim Tarihi: 15.08.2016
- AOAC, 2000. Aflatoxin B₁ and Total Aflatoxins in Peanut Butter, Pistachio Paste, Fig Paste, and Paprika Powder. AOAC Official Method 999.07.
- AOAC, 2005a. Official Methods of Analysis, 18th edition, Association of Official Analytical Chemists. Arlington VA, USA.
- AOAC, 2005b. Official Methods of Analysis, 19th edition, Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA

- ARAGON, M. C. V., LOZANO, M., and DE ESPINOSA V. M., 2005. Evolution of the aromatic fraction in red pepper for paprika during La Vera region traditional drying process. *Journal of Food Quality*, 28: 211–221.
- ARDIC, M., KARAKAYA, Y., ATASEVER, M. and DURMAZ, H., 2008. determination of aflatoxin B₁ levels in deep-red ground pepper (isot) using immunoaffinity column combined with ELISA. *Food and Chemical Toxicology*, 46:1596–1599.
- ARSLAN, D., and OZCAN, M., M., 2011. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioproducts Processing*, 89: 504-513.
- ATASOY, A. F., AYDOĞDU, M. H., KORKMAZ, A., ve KARA, E., 2016. Urfa İsoot Biberinin Özelliklerinin Belirlenerek Pazar Potansiyelinin Artırılması, T. C. Kalkınma Bakanlığı Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Tarımsal Araştırma Destekleri Proje Sonuç Raporu, Şanlıurfa, 270s.
- AYCICEK, H., AKSOY, A. and SAYGI, S., 2005. Determination of aflatoxin levels in some dairy and food products which consumed in Ankara, Turkey, *Food Control* 16: 263–266.
- AYUSO, M. C., BERNALTE, M. J., LOZANO, M., BERNALTE, M. I. G. V. M., PEREZ, M. M., and SOMOGYI, M. T. H. N., 2008. Quality characteristics of different red pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) for hot paprika production. *European Food Research and Technology*, 227: 557–563.
- AZCARATE, C., 2010. Effect of enzyme activity and frozen storage on jalapeño pepper volatiles by selected ion flow tube – mass spectrometry. The Ohio State University, The Graduate School, Degree Master of Science, Ohio. p70.
- BADEKA, A., GOULAS, A. E., ADAMANTIADI, A. and KONTOMINAS, M.G., 2003. Physicochemical and mechanical properties of experimental coextruded food-packaging films containing a buried layer of recycled low-density polyethylene. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 2426-2431.
- BAE, H., JAYAPRAKASHA, G. K., JIFON, J., and PATIL, B., S., 2012. Variation of antioxidant activity and the levels of bioactive compounds in lipophilic and hydrophilic extracts from hot pepper (*Capsicum* Spp.) Cultivars. *Food Chemistry*, 134: 1912-1918.
- BASU, S. K., and KRISHNA DE, A., Historical and Botanical Perspectives, 2004. In KRISHNA DE, A., (ed), *Capsicum: The genus Capsicum*, Taylor & Francis e-Library, London and New York, 1-15p.
- BELOVIC, M. M., MASTILOVIC, J. S., and KEVRESAN, Z. S., 2014. Change of surface colour parameters during storage of paprika (*Capsicum annuum* L.). *Food and Feed Research*, 41(2): 85-92.
- BIACS, P. A., CZINKOTAI, B., and HOSCHKE, A., 1992. Factors affecting stability of colored substances in paprika powders. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(3): 363-367.
- BIANCHI, F., CARERA, M., MANGIA, A., and MUSCÌ, M., 2007. Retention indices in the analysis of food aroma volatile compounds in temperature-programmed gas chromatography: Database creation and evaluation of precision and robustness. *Journal of Separation Science*, 30(4): 563-572.

- BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., RINALDI, M., and CORRADINI, C., 2016. Correlation between different markers for the assessment of red chilli pepper powders stability during shelf-life. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 67(4): 391-399.
- BOSLAND, P. W., 2010. An American In Spain. Proceedings of the XIVth UCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum* & Eggplant, 30 Agustos-1 Eylül, Valencia-Spain, 21-25p.
- BRAMLEY, P. M., 2000. Is lycopene beneficial to human health?. *Phytochemistry*, 54: 233–236.
- BURDOCK, G. A., 2016. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients, Sixth Edition, CRC Press, Boca Raton, FL, 2159p.
- BUTTERY, R. G., SEIFERT, R. M., GUADAGNI, D. G., and LING, L. C., 1969. Characterization of some volatile constituents of bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 17: 1322-1327.
- CAJA, M. M., and HERRAIZ, M., 2009. Rapid screening of volatile compounds in edible plants by direct chromatographic analysis. *Food Chemistry*, 117(1): 456-460.
- CAPORASO, N., PADUANO, A., NICOLETTI, A. and SACCHI, R., 2013. Capsaicinoids, antioxidant activity, and volatile compounds in olive oil flavored with dried chili pepper (*Capsicum annuum*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115: 1434-1442.
- CARVAJAL, M., REMEDIOS MARTINEZ, M., MARTINEZ-SANCHEZ, F., and ALCARAZ, C. F., 1997. Effect of ascorbic acid addition to peppers on paprika quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75: 442-446.
- CAYOT, N., 2007. Sensory quality of traditional foods. *Food Chemistry*, 102: 445-453.
- CERVANTES-PAZ, B., YAHIA, E. M., ORNELAS-PAZ, J. J., VICTORIA-CAMPOS, C. I., IBARRA-JUNQUERA, V., PEREZ-MARTINEZ, J. D., and ESCALANTE-INAKATA, P., 2014. Antioxidant activity and content of chlorophylls and carotenoids in raw and heat-processed Jalapeno peppers at intermediate stages of ripening. *Food Chemistry*, 146:188-196.
- CHAIROTE, E. O., and INTACHUM, S., 2016. Volatile aroma compounds of Green Chili Pepper treated with different heat drying processes. *International Journal of Applied Chemistry*, 12(2): 129-138.
- CHO, I. H., LEE, H. J., and KIM, Y-S., 2012. Differences in the volatile compositions of ginseng species (*Panax* sp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 7616-7622.
- CHO, S-H., LEE, C-H., JANG, M-R., SON, Y-W., LEE, S-M., CHOI, I-S., KIM, S-H. and KIM, D-B., 2008. Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea. *Food Chemistry*, 107: 1283–1288.
- CHOI, S-H., SUH, B-S., KOZUKUE, E., KOZUKUE, N., LEVIN, C. E., and FRIEDMAN, M., 2006. Analysis of the contents of pungent compounds in fresh Korean red peppers and in pepper-containing foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 9024-9031.
- CISNEROS-PINEDA, O., TORRES-TAPIA, L. W., GUTIERREZ-PACHECO, L. C., CONTRERAS-MARTIN, F., GONZALEZ-ESTRADA, T., and PERAZA-SANCHEZ, S. R., 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*. 104: 1755-1760.

- COLLINS, M. D., WASMUND, L. M., and BOSLAND, P. W., 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high performance liquid chromatography. *Hort Science*, 30(1): 137-139.
- CONTRERAS-PADILLA, M., and YAHIA, E., M., 1998. Changes in capsaicinoids during development, maturation, and senescence of chilli peppers and relation with peroxidase activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2075-2079.
- CREMER, D. R., and EICHNER, K., 2000. Formation of volatile compounds during heating of spice paprika (*Capsicum annuum*) powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 2454-2460.
- CSEHATI, T. FORGACS, E., MORAIS, H., and MOTA, T., 2000. Classification of chili powders by thin-layer chromatography and principal component analysis. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 45: 221-229.
- DA COSTA, N. C., and ERI, S., 2005. Identification of aroma chemical. In ROWE, D. J., (ed), *Chemistry and Technology of Flavor and Fragrance*. Oxford, 12-31p.
- DAOOD H. G., KAPITANY, J., BIACS, P., and ALBRECHT, K., 2006. Drying temperature, endogenous antioxidants and capsaicinoids affect carotenoid stability in paprika (red pepper spice). *Journal of Science of Food and Agriculture*, 86: 2450-2457.
- DAOOD, H. G., GNAYFED, I. V., MESZAROS, M. H., HORVATH, G., and BIACS, P. A., 2002. Extraction of pungent spice paprika by supercritical carbon dioxide and sub critical propane. *Journal of Supercritical Fluids*, 23: 143-152.
- DAOOD, H. G., PALOTAS, G., PALOTAS, G., SOMOGYI, G., PEK, Z., and HELYES, L., 2014. Carotenoid and antioxidant content of paprika from indoor-cultivated traditional varieties and new hybrids of spice red peppers. *Food Research International*, 65: 231-237.
- DEEPA, N., KAUR, C., GEORGE, B., SINGH, B., and KAPOOR, H., C., 2007. Antioxidants Constituents in Some Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes During Maturity. *LWT- Food Science and Technology*, 40: 121-129.
- DEMIR, N., YILDIZ, O., ALPASLAN, M., and HAYALOGLU, A. A., 2014. Evaluation of Volatiles, Phenolic compounds and antioxidant activities of Rose Hip (*Rosa* L.) fruits in Turkey. *LWT- Food Science and Technology*, 57: 126-133.
- DI SCALA, K., CRAPISTE, G., 2008. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper, *LWT-Food Science and Technology*, 41: 789-795.
- DONG, X., LI, X., DING, L., CUI, F., TANG, Z., and LIU, Z., 2014. Stage extraction of capsaicinoids and red pigments from fresh red pepper (*Capsicum*) fruits with ethanol as solvent. *LWT - Food Science and Technology*, 59: 396-402.
- DOYMAZ, İ., 1998. Üzüm ve Kahramanmaraş Biberinin Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul, 127s.
- DUAN, H., and BARRINGER, S., A., 2015. Changes in furan and other volatile compounds in sliced carrot during air-drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36:46-54.

- DUMAN, A. D., 2010. Storage of red chili pepper under hermetically sealed or vacuum conditions for preservation of its quality and prevention of mycotoxin occurrence. *Journal of Stored Products Research*, 46:155-160.
- EL HADI, M., A., M., ZHANG, F.-J., WU, F.-F., ZHOU, C.-H., and TAO, J., 2013. Advances in Fruit Aroma Volatile Research. *Molecules*, 18:8200-8229.
- ELDEN TAYDAŞ, E. ve AŞKIN, O., 1995. Kırmızıbiberlerde aflatoxin oluşumu, *Gıda*, 20(1): 3-8.
- ERDOĞAN, A., 2004. The aflatoxin contamination of some pepper types sold in Turkey. *Chemosphere*, 56: 321–325.
- FORERO, M. D., QUIJANO, C. E., and PINO, J. A., 2009. Volatile compounds of chile pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) at two ripening Stages. *Flavour and Fragrance Journal*, 24: 25-30.
- GALLARDO-GUERRERO, L., PEREZ-GALVEZ, A., ARANDA, E., MINGUEZ-MOSQUERA, M., I., and HORNERO-MENDEZ, D., 2010. Physicochemical and microbiological characterization of dehydration processing of red pepper fruits for paprika production. *LWT-Food Science and Technology*, 43: 1359-1367.
- GAO, X., OHLANDER, M., JEPSSON, N., BJORK, L., and TRAJKOVSKI, V., 2000. Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 1485-1490.
- GARRUTI, D. S., PINTO, N. O. F., ALVES, V. C. C., PENHA, M. F. A., TOBARUELA, E. C., and ARAUJO, I. M. S., 2013. Volatile profile and sensory quality of new varieties of *Capsicum chinense* pepper. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 33(1): 102-108.
- GIUFFRIDA, D., DUGO, P., TORRE, G., BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., CORRADINI, C., and DUGO, G., 2013. Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chemistry*, 140: 794-802.
- GOGUS, F., OZEL, M. Z., KESKIN, H., YANIK, D., K., and LEWIS, A. C., 2015. Volatiles of fresh and commercial sweet red pepper pastes: processing methods and microwave assisted extraction. *International Journal of Food Properties*, 18: 1625-1634.
- GOLGE, O., HEPSAG, F. and KABAK, B., 2013. Incidence and level of aflatoxin contamination in chilli commercialised in Turkey. *Food Control*, 33: 514-520.
- GOMEZ-LADRON, R., and PARDO-GONZALEZ, J., E., 1996. Evolution of Color during the Ripening of Selected Varieties of Paprika Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44:2049-2052.
- GONZALEZ-ZAMORA, A., SIERRA-CAMPOS, E., LUNA-ORTEGA, J. G., PEREZ-MORALES, R., ORTIZ, J. C. R., and GARCIA-HERNANDEZ, J. L., 2013. Characterization of different *Capsicum* varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance Liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules*, 18: 13471-13486.
- GOULA, A. M., and ADAMOPOULOS, K. A., 2006. Retention of ascorbic acid during drying of tomato halves and tomato pulp. *Drying Technology*, 24: 57-64.

- GOVINDARAJAN, V. S. and SALZER, U. J., 1985. *Capsicum* production, technology, chemistry, and quality. Part 1. History and primary processing. C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 22(2): 109-175.
- GOVINDARAJAN, V., S., 1986. Capsicum-Production, technology, chemistry, and quality. III. Chemistry of the color, aroma, and pungency stimuli. C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 24(3): 245-355.
- GÖGÜS, F., and EREN, S., 1998. Effect of Temperature and pH on nonenzymic browning in minced dried pepper during storage. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 22: 33-38.
- GREEN, B. G., 1996. Chemesthesis: Pungency as a component of flavor. Trends in Food Science & Technology, 7(12): 415-420.
- GUADAYOL, J., M., CAIXACH, J., RIBE, J., CABANAS, J., and RIVERA, J., 1997. Extraction, separation and identification of volatile organic compounds from paprika oleoresin (Spanish type). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: 1868-1872.
- HARRIS, J. R. 1996. Subcellular biochemistry, ascorbic acid: biochemistry and biomedical cell biology (Vol. 25). Plenum Press, London, New York, 464p.
- HAYALOGLU, A. D. and DEMIR, N., 2015. Phenolic compounds, volatiles, and sensory characteristics of twelve sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Turkey. Journal of Food Science, 8(1): 7-18.
- HAYOGLU, I., DIDIN, M., TURKOGLU, H., and FENERCIOGLU, H., 2005. The effects of processing methods on some properties of hot red and red-blackish ground peppers. Pakistan Journal of Biological Sciences, 8: 1420–1423.
- HENDERSON, D. E., and HENDERSON, S. K., 1992. Thermal decomposition of capsaicin. 1. interactions with oleic acid at high temperatures. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 2263-2268.
- HERVERT-HERNANDEZ, D., SAYAGO-AGERDI, S. G., and GONI, I., 2010. Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.), antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 3393–3406.
- HIERRO, J. M. H., GARCIA-VILLANOVA, R. J., TORRERO, P. R., and FONSECA, I. M. T., 2008. Aflatoxins and ochratoxin a in red paprika for retail sale in Spain: occurrence and evaluation of a simultaneous analytical method. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 751-756.
- IBRAHIM, H. M. A., RAGAB, G. H., and MOHARRAM, H. A., 1997. Paprika color quality: effect of air and natural drying treatments. Grasas y Aceites, 48: 200-206
- IQBAL, Q., AMJAD, M., RAFIQUE, M., ARINO, A. ZIAF, K., NAWAZ, A., and AHMAD, T., 2015. Stability of Capsaicinoids and antioxidants in dry hot peppers under different packaging and storage temperatures. Foods, 4: 51-64.
- JALILI, M., and JINAP, S., 2012. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial dried chili. Food Control 24: 160-164.
- JIA, M., ZHANG, Q. H., and MIN, D. B., 1998. Optimization of solid-phase micro extraction analysis for headspace flavor compounds of orange juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 2744-2747.
- JUNG, K., SONG, M-S., KIM, M. J., MOON, B-G., GO, S-M., KIM, J-K., LEE, Y-L., and PARK, J-H., 2015. Effect of X-ray, gamma ray, and electron beam

- irradiation on the hygienic and physicochemical qualities of red pepper powder. *LWT-Food Science and Technology*, 63: 846-851.
- JUNIOR, S. B., De MELO, A. M. T., ZINI, C. A., and GODOY, H. T., 2011. Optimization of the extraction conditions of the volatile compounds from chili peppers by headspace solid phase micro-extraction. *Journal of Chromatography A*, 1218: 3345-3350.
- JUNIOR, S. B., TAVARES, A. M., FILHO, J. T., ZINI, C. A., and GODOY, H. T., 2012. Analysis of The Volatile Compounds of Brazilian Chilli Peppers (*Capsicum* Spp.) at Two Stages of Maturity by Solid Phase Micro-extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Food Research International*, 48: 98-107.
- JUNIOR, S. B., MARÇO, P. H., VALDERREMA, P., DAMASCENO, F. C., ARANDA, M. S., ZINI, C. A., CARAMAO, E. B., MELO, A. M. T., FILHO, J. T., and GODOY, H. T., 2015. Analysis of volatile Compounds in *Capsicum* spp. By headspace solid-phase microextraction and GC x GC-TOFMS. *Royal Society of Chemistry*, 7: 521-529.
- KANG, K-M., and BAEK, H-H., 2014. Aroma quality assessment of Korean fermented red pepper paste (gochujang) by aroma extract dilution analysis and headspace solid-phase microextraction-gas Chromatography-olfactometry. *Food Chemistry*, 145: 488-495.
- KANNER, J., and MENDEL, H., 1976. Carotene oxidizing factors in red pepper fruits (*C. annuum* L.): ascorbic acid. *Journal of Food Science*, 41: 183-185.
- KARAASLAN, M., and ARSLANĞRAY, Y., 2015. Aflatoxins B₁, B₂, G₁, and G₂ contamination in ground red peppers commercialized in Sanliurfa, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(187): 2-9.
- KEBEDE, B. T., GRAUWET, T., ABILO-MUNIZAGA, G., PALMERS, S., VERVOORT, L., HENDRICKX, M., and LOEY, A. V., 2013. Headspace components that discriminate between thermal and high pressure high temperature treated green vegetables: identification and linkage to possible process-induced chemical changes. *Food Chemistry*, 14: 1603-1613.
- KEVRESAN, Z. S., MASTILOVIC, J. S., SINADINOVIC-FISER, S., HRABOVSKI, N. C., and RADUSIN, T. I., 2013. Spice paprika volatiles as affected by different postharvest ripening treatments of red pepper (*Capsicum annuum* L.) variety aleva NK. *Acta Periodica Technologica*, 44: 75-86.
- KIM, I-K., ABD EL-ATY, A. M., SHIN, H-C., LEE, H. B., KIM, I-S., and SHIM, J-H., 2007. Analysis of volatile compounds in fresh healthy and diseased peppers (*Capsicum annuum* L.) using solvent free solid injection coupled with gas chromatography-flame ionization detector and confirmation with mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 45: 487-494.
- KIM, S., LEE, K. W., PARK, J. LEE, H. J., and HWANG, I. K., 2006. Effect of drying in antioxidant activity and changes of ascorbic acid and colour by different drying and storage in Korean red pepper (*Capsicum annuum*, L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1): 90-95.
- KIM, S., PARK, J-B., and HWANG, K., 2002. Quality Attributes of Various Varieties of Korean Red Pepper Powders (*Capsicum annuum* L.) and Color Stability During Sunlight Exposure. *Food Chemistry and Toxicology*, 67:2957-2961.

- KIRSCHBAUM-TITZE, P., HIEPLER, C., MUELLER-SEITZ, E., and PETZ, M., 2002. Pungency in Paprika (*Capsicum annuum*). 1. Decrease of capsaicinoid content following cellular disruption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 1260-1263.
- KO, A-Y., RAHMAN, M. M., EL-ATY, A. M. A., JANG, J., CHOI, J. H., MAMUN, M. I. R., and SHIM, J. H., 2014. Identification of volatile organic compounds generated from healthy and infected powdered chili using solvent-free solid injection coupled with GC/MS: Application to adulteration. *Food Chemistry*, 156: 326-332.
- KOCSIS, N., AMTNANN, M., MEDNYANSZKY, Z., and KORANY, K., 2002. GC-MS Investigation of the aroma compounds of Hungarian red paprika (*Capsicum annuum*) cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15:195-203.
- KOOLI, S., FADHEL, A., FARHAT, A., and BELGHITH, A., 2007. Drying of red pepper in open sun and greenhouse conditions.: Mathematical modeling and experimental validation. *Journal of Food Engineering*, 79(3): 1094–1103.
- KU, K-H., LEE, K-A. and PARK, J-B., 2012. Physicochemical properties and sensory evaluation for the heat level (hot taste) of Korean red pepper powder. *Preventive Nutrition and Food Science*, 17: 29-35.
- LANDAUD, S., HELINCK, S., and BONNARME, P., 2008. Formation of volatile sulfur compounds and metabolism of methionine and other sulfur compounds in fermented food. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 77: 1191-1205.
- LECHTANSKA, J. M., SZADZINSKA, J. and KOWALSKI S. J., 2015. Microwave- and infrared-assisted convective drying of green pepper: Quality and energy considerations. *Chemical Engineering and Processing* 98: 155–164.
- LEE, D. S., CHUNG, S. K. and YAM, K. L., 1992. Carotenoid loss in dried red pepper products. *International Journal of Food Science & Technology*, 27(2): 179-185.
- LEE, D. S., CHUNG, S. K., KIM, H. K., and YAM, K. L., 1991. Nonenzymatic browning in dried red pepper products. *Journal of Food Quality*, 14: 153-163.
- LEE, D. S., YAM, K.L. and PIERGIOVANNI, L., 2008. *Food Packaging Science and Technology*. CRC Press, Boca Raton, 656p.
- LEE, J. H., SUNG, T. H., LEE, K. T., and KIM, M. R., 2004. Effect of Gamma-irradiation on color, pungency, and volatiles of Korean red pepper powder. *Journal of Food Science*, 69(8): 585-592.
- LEWINSOHN, E., SITRIT, Y., BAR, E., AZULAY, Y., IBDAH, M., MEIR, A., YOSEF, E., ZAMIR, D., and ADMOR, Y., 2005. Not Just colors-carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. *Trends in Food Science & Technology* 16: 407–415.
- LOZANO, P. R, DRAKE, M., BENITEZ, D., and CADWALLADER, K., 2007. Instrumental and sensory characterization of heat-induced odorants in aseptically packaged soy milk. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 55(8): 3018-3026.
- LUNING, P. A., CAREY, A. T., ROOZEN, J. P., and WICHERS, H. J., 1995a. Characterization and occurrence of lipoxygenase in bell peppers at different ripening stages in relation to the formation of volatile flavor compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43:1493-1500.
- LUNING, P. A., DE RIJK, T., WICHERS, H. J., and ROOZEN, J. P., 1994. Gas chromatography, mass spectrometry, and sniffing port analyses of volatile

- compounds of fresh bell peppers (*Capsicum annuum*) at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42: 977-983.
- LUNING, P. A., EBBENHORST-SELLER, T., and DERIJK, T., 1995b. Effect of hot-air drying on flavour compounds of bell pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68: 355-365.
- MAIKHUNTHOD, B., and MARRIOTT, P. J., 2013. Aroma-impact compounds in dried spice as a quality index using solid phase microextraction with olfactometry and comprehensive two-dimensional gas chromatography. *Food Chemistry*, 141: 4324-4332.
- MANGARAJ, S., SINGH, A., SAMUEL, D. V. K., and SINGHAL, O. P., 2001. Comparative performance evaluation of different drying methods for chillies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 38: 296-299.
- MANZOCCO, L., CALLIGARIS, S., MASTROCOLA, D., NICOLI, M., and LERICI, C., 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science and Technology*, 11: 340-346.
- MARIN, S., COLOM, C., SANCHIS, V. and RAMOS, A. J., 2009. Modelling of growth of aflatoxigenic *A. flavus* isolates from red chilli powder as a function of water availability. *International Journal of Food Microbiology* 128: 491-496.
- MARKUS, F., DAOOD, H. G., KAPITANY, J., and BIACS, P. A., 1999. Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 100-107
- MATEO, J., AGUIRREZABAL, M., DOMINGUEZ, C., and ZUMALACARREGUI, J., M., 1997. Volatile Compounds in Spanish Paprika. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10: 225-232.
- MENICHINI, F. C, TUNDIS, R., BONESI, M., LOIZZO, M. R., CONFORTI, F., STATTI, G., DE CINDIO, B., HOUGHTON, P. J., and MENICHINI, F., 2009. The Influence of Fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum Chinense* Jacq. cv Habanero, *Food Chemistry*, 114: 553–560.
- MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., and HORNERO-MENDEZ, D., 1993. Separation and quantification of the carotenoid pigments in red peppers (*Capsicum annuum* L.), paprika, and oleoresin by reversed phase HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41: 1616–1620.
- MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., and HORNERO-MENDEZ, D., 1994. Formation and transformation of pigments during the fruit ripening of *Capsicum annuum* Cv. Bola and Agridulce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(1): 38-44.
- MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., JAREN-GALAN, M., and GARRIDO-FERNANDEZ, J., 1993. Effect of processing of paprika on the main carotenes and esterified xanthophylls present in the fresh fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41: 2120-2124.
- MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., and PEREZ-GALVEZ, A., 1998. Color quality in paprika oleoresins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 5124-7.
- MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., JAREN-GALAN, M., and GARRIDO-FERNANDEZ, J., 1994. Influence of the industrial drying processes of pepper

- fruits (*Capsicum annuum* Cv. Bola) for paprika on the carotenoid content. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42: 1190-1193.
- MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., PEREREZ-GALVEZ, A., and GARRIDO-FERNANDEZ, J., 2000. Carotenoid content of the varieties Jaranda and Jariza (*Capsicum annuum* L.) and response during the industrial slow drying and grinding steps in paprika processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:2972-2976.
- MONTOYA-BALLESTEROS, L. C., GONZALEZ-LEON, A., GARCIA-ALVARADO, M. A., and RODRIGUEZ-JIMENES, G. C., 2014. Bioactive compounds during drying of chili peppers. Drying Technology: An International Journal, 32: 1486-1499.
- MORAIS, H., RAMOS, A. C., CSERHATI, T. and FORGACS, E., 2001. Effects of fluorescent light and vacuum packaging on the rate of decomposition of pigments in paprika (*Capsicum annuum*) poder determined by reversed-phase high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography A, 93:139-144.
- MORALES-SOTO A., GARCIA-SALAS, P., RODRIGUEZ-PEREZ, C., JIMENEZ-SANCHEZ, C., CADIZ-GUERRA, M. L., SEGURA-CARRETERO, A., and FERNANDEZ-GUTIERREZ, A., 2014. Antioxidant capacity of 44 cultivars of fruits and vegetables grown in Andalusia (Spain). Food Research International, 58: 35-46.
- MOSS, M. O., 2002. Risk assessment for aflatoxins in foodstuffs. International Biodeterioration & Biodegradation, 50: 137-142.
- NAMIKI, M., 1990. Antioxidants/antimutagens in food. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 29: 273-300.
- NAVARRO, J., M., FLORES, P., GARRIDO, C., and MARTINEZ, V., 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. Food Chemistry, 96: 66-73.
- NIETO-SANDOVAL, J. M., FERNANDEZ-LOPEZ, J. A., ALMELA, L., and MUNOZ, J. A., 1999. Dependence between apparent color and extractable color in paprika. Color Research & Application, 24(2): 93-97.
- ORDONEZ-SANTOS, L. E., PASTUR-GARCIA, B., ROERO-RODRIGUEZ, A., and VAZQUEZ-ODERIZ, L., 2014. Colour of hot paprika from the La Vera and Murcia Regions packaged in different atmospheres during storage. International Journal of Food Science and Technology, 49: 217-223.
- ORNELAS-PAZ, J. J., MARTINEZ-BURROLA, J. M., RUIZ-CRUZ, S., SANTANA-RODRIGUEZ, V., IBARRA-JUNQUERA, V., OLIVAS, G. I., and PEREZ-MARTINEZ, J. D., 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. Food Chemistry, 119:1619-1625.
- ORUNA-CONCHA, M., J., LOPEZ-HERNANDEZ, J., SIMAL-LOZANO, J., A., SIMAL-GANDARA, J., GONZALEZ-CASTRO, M. J., and GARCIA, C., 1998. Determination of volatile components in fresh, frozen, and freeze-dried Padron-type peppers by gas chromatography-mass spectrometry using dynamic headspace sampling and microwave desorption. Journal of Chromatographic Science, 36:583-588.
- OSUNA-GARCIA, J. A., and WALL, M. M., 1997. Prestorage moisture content affects color loss of ground paprika (*Capsicum annuum* L.) under storage. Journal of Food Quality, 21: 251-259.

- OZGUR, M., OZCAN, A., AKPINAR-BEYAZIT, A., and ERSAN-YILMAZ, L., 2011. Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers. *African Journal of Agricultural Research*, 6(25): 5638-5644.
- ÖZAY, G., PALA, M., ve SAYGI, B., 1993. Bazı gıdaların su aktivitesi yönünden incelenmesi, *Gıda*, 18(6): 377-383.
- ÖZKAN, A., BİNDİK, R. and ERKMEN, O., 2015. Aflatoxin B1 and aflatoxins in ground red chilli pepper after drying. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 8(3): 227-233.
- ÖZTEKİN, S., BAŞÇETİNCİLİK, A. ve SOYSAL, Y., 1999. Crop drying programme in Turkey. *Renewable Energy*, 16: 789-794.
- PALACIOS-MORILLO, A., JURADO, J. M., ALCAZAR, A., and PABLOS, F., 2016. Differentiation of Spanish paprika from Protected Designation of Origin based on color measurements and pattern recognition. *Food Control*, 62: 243-249.
- PANDEY, J., SINGH, J., KUMAR, R., SRIVASTAVA, K., KUMAR, S., SINGH, M., and SINGH B., 2010. Effect of stability of capsaicin and colour content in chilli (*Capsicum annuum* L.). Proceedings of the XIVth UCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum* & Eggplant, 30 August-1 September, Valencia-Spain, 267-272p.
- PEREZ-GALVEZ, A., and MINGUEZ-MOSQUERA, I., 2001. Structure-reactivity relationship in the oxidation of carotenoid pigments of the pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4864-4869.
- PEREZ-GALVEZ, A., HORNERO-MENDEZ, D. and MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., 2009. Stability of paprika without supplementary antioxidants during storage under industrial controlled conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57:4718-4723.
- PEREZ-GALVEZ, A., HORNERO-MENDEZ, D., and MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., 2005. Dependence of carotenoid content and temperature-time regimes during the traditional slow drying of red pepper for paprika production at La Vera county. *European Food Research and Technology*, 221: 645-652.
- PERLA, P., NIMMAKAYALA, P., NADIMI, M., ALAPARTHI, S., HANKINS, G. R., EBERT, A. W., and REDDY, U. K., 2016. Vitamin C and reducing sugars in the world collection of *Capsicum baccatum* L. Genotypes. *Food Chemistry*, 202: 189-198.
- PERRY, L., DICKAU, R., ZARRILLO, S., HOLST, I., PEARSALL, D. M., PIPERNO, D. R., BERMAN, M. J., COOKE, R. G., RADEMAKER, K., RANERE, A. J., RAYMOND, J. S., SANDWEISS, D. H., SCARAMELLI, F., TARBLE, K., and ZEIDLER, A. J., 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum spp.* L.) in the Americas. *Science*, 315(5814): 986-988.
- PHIMCHAN, P., CHANTHAI, S., BOSLAND, P. W., and TECHAWONGSTIEN, S., 2014. Enzymatic changes in phenylalanine ammonia-lyase, cinnamic-4hydroxylase, capsaicin synthase, and peroxidase activities in *capsicum* under drought stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 7057-7062.
- PINO, J., FUENTES, V., and BARRIOS O., 2011. Volatile constituents of cachucha peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) grown in Cuba. *Food Chemistry*, 125: 860-864.

- PINO, J., GONZALEZ, M., CEBALLOS, L., CENTURION-YAH, A., R., TRUJILLO-AGUIRRE, J., LATOURNERIE-MORENO, L., SAURI-DUCH, E., 2007. Characterization of Total capsaicinoids, colour and volatile compounds of Habanero chilli pepper (*Capsicum Chinense* Jack.) cultivars grown in Yucatan. Food Chemistry, 104: 1682-1686.
- PINO, J., SAURI-DUCH, E., AND MARBOT, R., 2006. Changes in volatile compounds of Habanero chile pepper (*Capsicum chinense* Jack. cv. Habanero) at two ripening stages. Food Chemistry, 94: 394-398.
- QUE, F., MAO, L., FANG, X., and WU, T., 2008. Comparison of hot air-drying and freeze drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. International Journal of Food Science and Technology, 43(7): 1195-1201.
- RAMESH, M. N., WOLF, W., TEVINI, D., and JUNG, G., 2001. Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. Journal of Food Engineering, 49: 63-72.
- REIS, R. C., CASTRO, V. C., DEVILLA, I. A., OLIVEIRA, C. A., BARBOSA, L. S., and RODOVALHO, R., 2013. Effect of drying temperature on the nutritional and antioxidant qualities of Cumari peppers pron Para (*Capsicum chinense* Jacqui). Brazilian Journal of Chemical Engineering, 30(2): 337-343.
- RHIM, J-W., and HONG, S-I., 2011. Effect of water activity and temperature on the color change of red pepper (*Capsicum annuum* L.) powder. Food Science and Biotechnology, 20: 215-222.
- RICO, C., W., KIM, G-R., AHN, J-J., KIM H-K., FURUTA, M., and KWON, J-H., 2010. The comparative effect of steaming and irradiation on the physicochemical and microbiological properties of dried red pepper (*Capsicum annuum* L.), Food Chemistry, 119: 1012-1016.
- RIJKE, E., FELLNER, C., WESTERVELD, J., LOPATKA, M., CERLI, C., KALBITZ, K., and KOSTER, C. G., 2015. Determination of n-alkanes in *C. annuum* (bell pepper) fruit and seed using GC-MS: comparison of extraction methods and application to samples of different geographical origin. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 407: 5729-5738.
- RIOS, J., FERNANDEZ-GARCIA, E., MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., and PEREZ-GALVEZ, A., 2008. Description of volatile compounds generated by the degradation of carotenoids in paprika, tomato and marigold oleoresins. Food Chemistry, 106: 1145-1153.
- ROCHA, T., LEBART, A., and MARTY-AUDOUIN, C., 1993. Effect of pre-treatments and drying conditions on drying rate and color retention in basil. LWT - Food Science and Technology, 26: 456-463.
- RODRIGUEZ-BURRUEZO, A., KOLLMANNSEBERGER, H., GONZALEZ-MAS, M. C., NITZ, S., and NUEZ, F., 2010. HS-SPME Comparative Analysis of Genotypic Diversity in the Volatile Fraction and Aroma-Contributing Compounds of *Capsicum* Fruits from the *C. annuum-chinense-frutescens* Complex. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 4388–4400.
- ROSAS-CONTRERAS, C., CARVAJAL-MORENO, M., ROJO-CALLEJAS, F. and RUIZ-VELASCO, S., 2016. Identification and HPLC quantification of aflatoxins in dried chili peppers (*Capsicum annuum* L.) in Mexico and other countries. Drug Metabolism & Toxicology, 7(1): 1-11.

- ROTSATCHAKUL, P., CHAISERI, S., and CADWALLADER, K., R., 2008. Identification of Characteristic Aroma Components of Thai Fried Chili Paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 528-536.
- RUFIAN-HENARES, J. A., GUERA-HERNANDEZ, E., and GARCIA-VILLANOVA, B., 2013. Effect of red sweet pepper dehydration conditions on Maillard reaction, ascorbic acid and antioxidant activity. *Journal of Food Engineering*, 118(1):150-156.
- SANTOS, P. H. S., and SILVA, M. A., 2008. Retention of Vitamin C in Drying Processes of Fruits and Vegetables-A Review. *Drying Technology*, 26: 1421-1437.
- SCHWAB, W., DAVIDOVICH-RIKANATI, R., and LEWINSOHN, E., 2008. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *The Plant Journal*, 54: 712-732.
- SCHWEIGGERT, U., SCHIEBER, A., and CARLE, R., 2006. Effects of blanching and storage on capsaicinoid stability and peroxidase activity of hot chili peppers (*Capsicum frutescens* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7:217-224.
- SCHWEIGGERT, U., KURZ, C., SCHIEBER, A., and CARLE, R., 2007. Effects of processing and storage on the stability of free and esterified carotenoids of red peppers (*Capsicum annuum* L.) and hot chilli peppers (*Capsicum frutescens* L.). *European Food Research and Technology*, 225: 261-270.
- SCHWEIGGERT, U., MIX, K., SCHIEBER, A., and CARLE, R., 2005. An innovative process for the production of spices through immediate thermal treatment of the plant material. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6: 143-153.
- SERRANO, M., ZAPATA, P. J., CASTILLO, S., GUILLEN, F., MARTINEZ-ROMERO, D., and VALERO, D., 2010. Antioxidant and nutritive constituents during sweet pepper development and ripening are enhanced by nitrophenolate treatments. *Food Chemistry*, 118: 497-503.
- SET, E. and ERKMEN, O., 2010. The aflatoxin contamination of ground red pepper and pistachio nuts sold in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 2532-2537.
- SHOTORBANI, N. Y., JAMEI, R., and HEIDARI, R., 2012. Antioxidant activities of two sweet pepper *Capsicum annuum* L. varieties phenolic extracts and the effects of thermal treatment. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 3: 25-34.
- SIGGE, G. O., HANSMANN, C. F. and JOUBERT, E., 2001. Effect of storage conditions, packaging material and metabisulphite treatment on the color of dehydrated green bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Quality*, 24: 205-218.
- SOUSA, E. T., RODRIGUES, F. M., MARTINS, C. C., OLIVERA, F. S., PEREIRA, P. A. P., and ANDRADE, J. B., 2006. Multivariate optimization and HS-SPME/GC-MS analysis of VOCs in red, yellow and purple varieties of *Capsicum chinense* sp. Peppers. *Microchemical Journal*, 82:142-149.
- SRISAJJALERTWAJA, S., APICHARTSRANGKOON, A., CHAIKHAM, P., CHAKRABANDHU, Y., PATHOMRUNGSIYOUNGGUL, P., LEKSAWASDI, N., SUPRADITAREPORN, W., and HIRUN, S., 2012. Color, Capsaicin and Volatile Components of Baked Thai Green Chili

- (*Capsicum annuum* Linn. var. *Jak Ka Pat*). Journal of Agricultural Science, 4(12): 75-84.
- SRINIVASAN, K., 2005. Role of spices beyond food flavoring: nutraceuticals with multiple health effects. Food Reviews International, 21: 167-188.
- SWAIN, S., SAMUEL, D. V. K., and ABHIJIT, K., 2013. Effect of packaging materials on quality characteristics of osmotically pretreated microwave assisted dried sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Food Processing & Technology, 4(9): 1-7.
- TEPIC, A. N., and VUJICIC, B. L., 2004. Colour change in pepper (*Capsicum annuum*) during storage. Acta Periodica Technologica, 35: 59-65.
- TODD, P. H., BENSINGER, M. G., and BIFTU, T., 1977. Determination of Pungency due to Capsicum by Gas-liquid-chromatography. Journal of Food Science, 42: 660-665.
- TOONTOM, N., MEENUNE, M., POSRI, W., and LERTSIRI, S., 2012. Effect of drying on physical and chemical quality, hotness and volatile flavour characteristics of dried chilli. International Food Research Journal, 19(3): 1023-1031.
- TOONTOM, N., POSRI, W., and MEENUNE, M., 2016. Effect of drying methods on Thai dried chilli's hotness and pungent odour characteristics and consumer liking. International Food Research Journal 23(1): 289-299.
- TOPUZ, A. and OZDEMİR, F., 2004. Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika. Food Chemistry, 2004, 86(4): 509-515.
- TOPUZ, A., 2002. Farklı Gamma Işınlama Dozlarının ve Depolamanın Kırmızı Pul Biberin (*Capsicum annuum* L.) Bazı Kimyasal Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri, Akdeniz Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Antalya, 149s.
- TOPUZ, A., 2008. A novel approach for color degradation kinetics of paprika as a function of water activity. LWT-Food Science and Technology, 41: 1672-1677.
- TOPUZ, A., and OZDEMİR, F., 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in turkey. Journal of Food Composition and Analysis, 20: 596-602.
- TOPUZ, A., and OZDEMİR, F., 2003. Influences of γ -irradiation and storage on the carotenoids of sun-dried and dehydrated paprika. Journal of Agricultural and Food chemistry, 51: 4972-4977.
- TOPUZ, A., DINCER, C., OZDEMİR, K. S., FENG, H., and KUSHAD, M., 2011. influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv., Jalapeno). Food Chemistry, 129: 860-865.
- TOPUZ, A., FENG, H., and KUSHAD, M., 2009. The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. LWT-Food Science and Technology, 42: 1667-1673.
- VALAZQUEZ, R., HERNANDEZ, A., MARTIN, A., ARANDA, E., GALLARDO, G., BARTOLOME, T., and CORDOBA, M. G., 2014. Quality assessment of commercial paprika. International Journal of Food Science and Technology, 49: 830-839.

- VAN DEN DOOL, H., and KRATZ, P. D., 1963. A Generalization of the retention index system including Linear Temperature Programmed Gas-liquid Partition Chromatography. *Journal of Chromatography A*, 11: 463-471.
- VAN RUTH, S. M., and ROOZEN, J. P., 1994. Gas chromatography/sniffing port analysis and sensory evaluation of commercially dried bell peppers (*Capsicum annuum*) after rehydration. *Food Chemistry*, 51:165-70.
- VAN RUTH, S., BOSCAINI, E., MAYR, D., PUGH, J., and POSTHUMUS, M., 2003. Evaluation of three gas chromatography and two direct mass spectrometry techniques for aroma analysis of dried red bell peppers. *International Journal of Mass Spectrometry*, 223: 55-65.
- VAN RUTH, S., ROOZEN, J. P., and COZIJSSEN, J. L., 1995a. Volatile compounds of rehydrated French beans, bell peppers and leeks. Part 1. Flavour release in the mouth and in three mouth model systems. *Food Chemistry* 53: 15-22.
- VAN RUTH, S. M., ROOZEN, J. P., COZIJSSEN, J. L., and POSTHUMUS, M. A., 1995b. Volatile compounds of rehydrated French beans, bell peppers and leeks. Part II. Gas Chromatography/sniffing port analysis and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 54, 1-7.
- VAN RUTH, S. M., ROOZEN, J. P., and COZIJSSEN, J. L., 1995c. Changes in flavour release from rehydrated diced bell peppers (*Capsicum annuum*) by artificial saliva components in three mouth model systems. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 67: 189–196.
- 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, colour and total phenolic content of red pepper. *Food Chemistry*, 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 bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering* 85: 42-50.
- WANG, D., and BOSLAND, P. W., 2006. The Genes of *Capsicum*. *HortScience*, 41(5): 1169-1187.
- WILKINS, K., and MADSEN, J. O., 1989. Paprika Headspace constituents. In Charalambous, G., (ed), *Flavors and off-flavors*, Proceedings of 6th International Flavor Conference, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1989; 293-297s.
- WU, C., and LIOU, S., 1986. Effect of tissue disruption on volatile constituents of bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34: 770-772.
- YALDIZ, G., OZGUVEN, M., SEKEROGLU, N., 2010. Variation in capsaicin contents of different *Capsicum* species and lines by varying drying parameters. *Industrial Crops and Products*, 32: 434-438.
- YANG, X., and PEPPARD, T., 1994. Solid-phase microextraction for flavor analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42: 1925-1930.
- ZAKI, N., HASIP, A., HAKMAOUI, A., DEHBI, F., and OUATMANE, A., 2013. Assessment of color, capsaicinoids, carotenoids and fatty acids composition of paprika produced from moroccan pepper cultivars (*Capsicum Annuum* L.). *Journal of Natural Sciences Research*, 3(7): 111-118.
- ZHUANG, Y., CHEN, L., SUN, L., and CAO, J., 2012. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine Peppers, *Journal of functional Foods* 4: 331-338.

ZIMMERMANN, M., and SCHIEBERLE, P., 2000. Important odorants of sweet bell pepper powder (*Capsicum annuum* cv. *annuum*): differences between samples of Hungarian and Moroccan origin. *European Food Research and Technology*, 211: 175-180.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Aziz KORKMAZ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Viranşehir, 01.01.1978
Telefon : 0544 698 74 63
Faks : 0414 471 43 20
e-mail : Aziz.korkmaz@tarim.gov.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İl, İlçe	Bitirme Yılı
Lise	Viranşehir Lisesi	1995
Üniversite	Mersin Üniversitesi	2001
Yüksek Lisans	Harran Üniversitesi	2005
Doktora	Harran Üniversitesi	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2002-2003	Atılım Gıda San. Ve Tic. Ltd. Şti	Üretim Müdürü
2003-2004	Mahmutoğlu Taş. Gıda. San ve Tic. Ltd. Şti	Gıda Mühendisi
2004-...	Ceylanpınar Gıda Tarım ve Hayv. Müdürlüğü	Gıda Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Türk Gıda Mevzuatı, Uçucu Aroma Bileşikleri, Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi,

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

SCI, SSCI, AHCI İndekslerine Giren Dergilerde Yayımlanan Makaleler

Akın M. B. , Akın, M. S., **Korkmaz, A.** “Influence Of Different Exopolysaccharide-Producing Strains on The Physicochemical, Sensory And Syneresis Characteristics Of Reduced-Fat Stirred Yoghurt”, *Int. J. Dairy Technology*, 62 (3):422-430 (2009).

Aydogdu, M. H., Atasoy, A. F., Eren, M. E., Mutlu, N., **Korkmaz, A.** The Evaluation of the Producers' View towards a Local Agricultural Food Product for Marketing; Isot Pepper of Şanlıurfa-GAP, Turkey. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, basımda, (2016).

Ulusal Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

Korkmaz, A., M. H. Aydoğdu, N. Mutlu ve A. F. Atasoy. Geleneksel ve Fabrikasyon Yöntemiyle Üretilen İso Baharatlarının Bazı Fizikokimyasal ve Renk Özelliklerinin Belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, basımda. (2016).

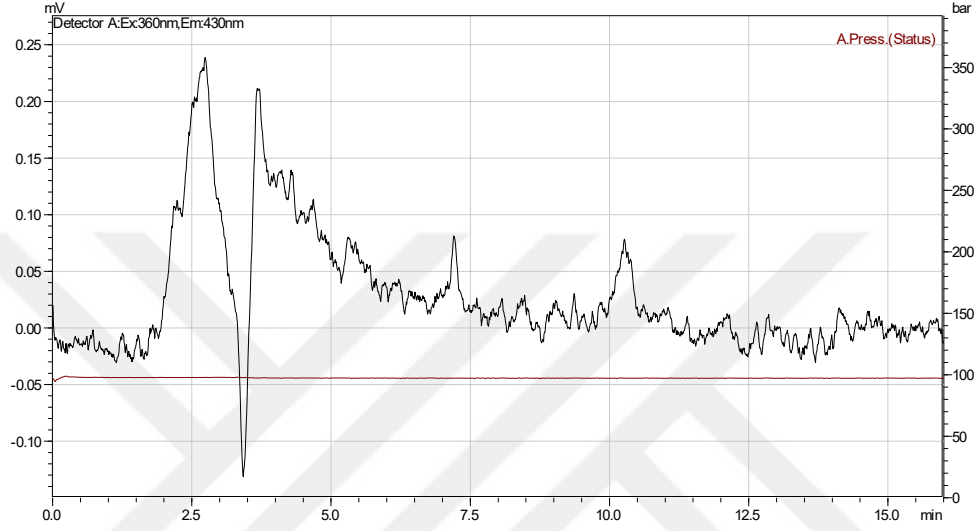
Ulusal Kongre, Sempozyum, Seminer ve Bilimsel Toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

Korkmaz, A. ve A. F. Atasoy, “Bisfenol A Maddesinin Süt ve Süt ürünlerinin Ambalajında Kullanımı”, Süt Endüstrisinde Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu, Denizli, 15-16 Kasım 2012.

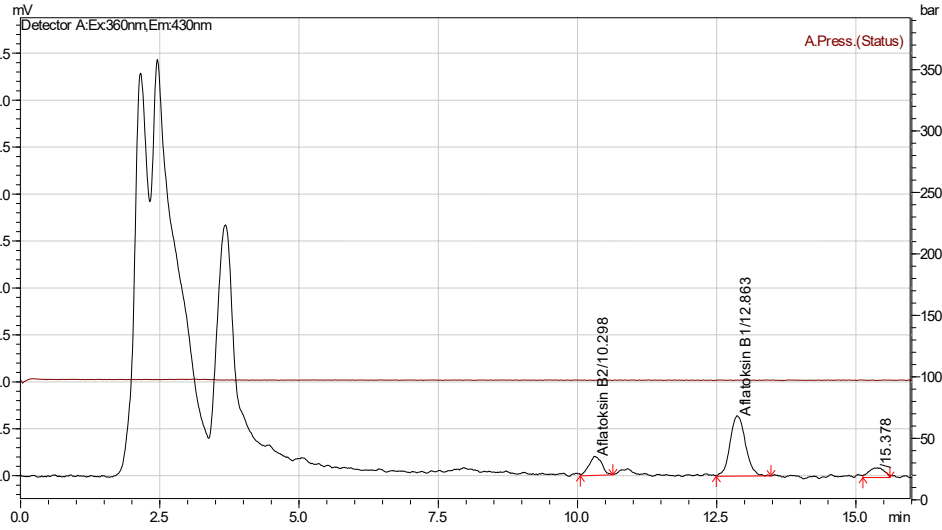
EKLER

EK-1. Aflatoksin analizine ait kromatogramlar

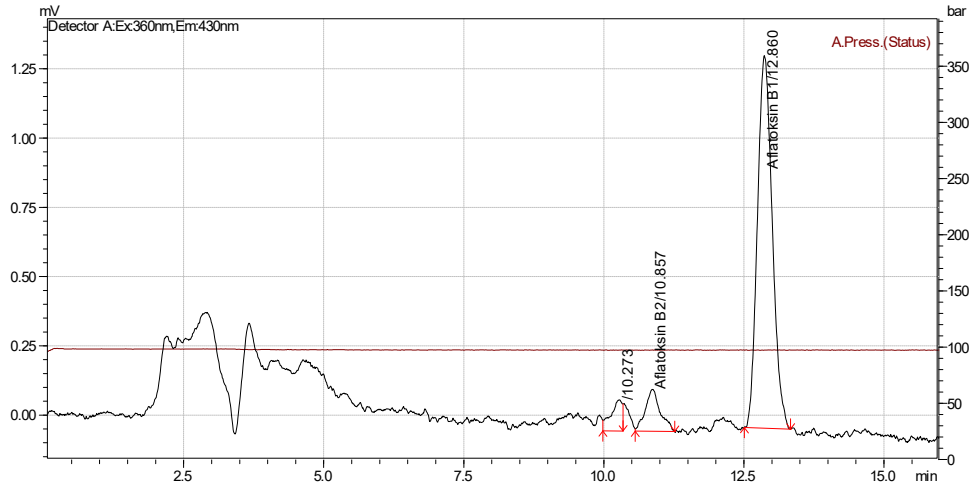
Taze biberin aflatoksin analizine ait HPLC kromatogramı



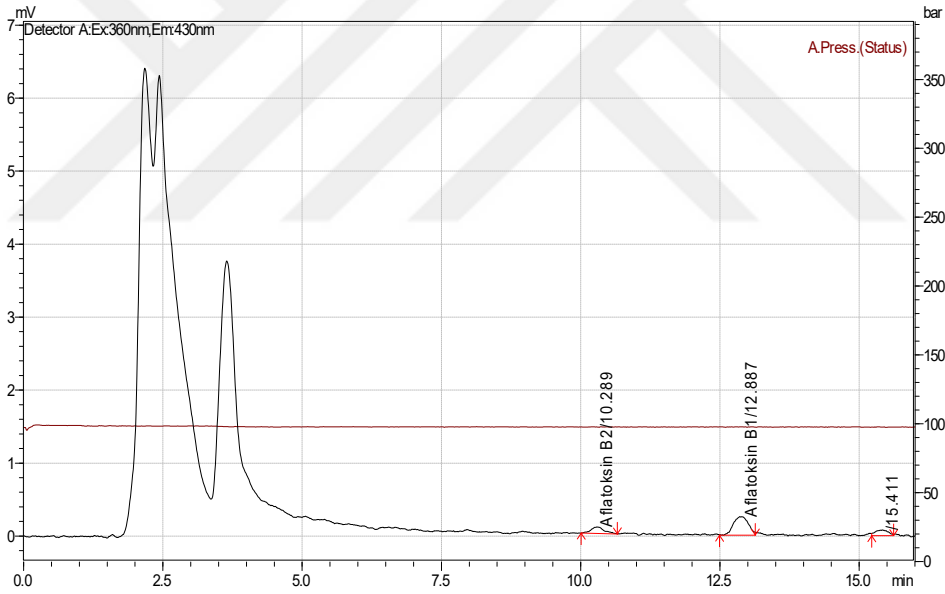
Gİ biberinin aflatoksin analizine ait HPLC kromatogramı



KPB'nin aflatoksin analizine ait HPLC kromatogramı

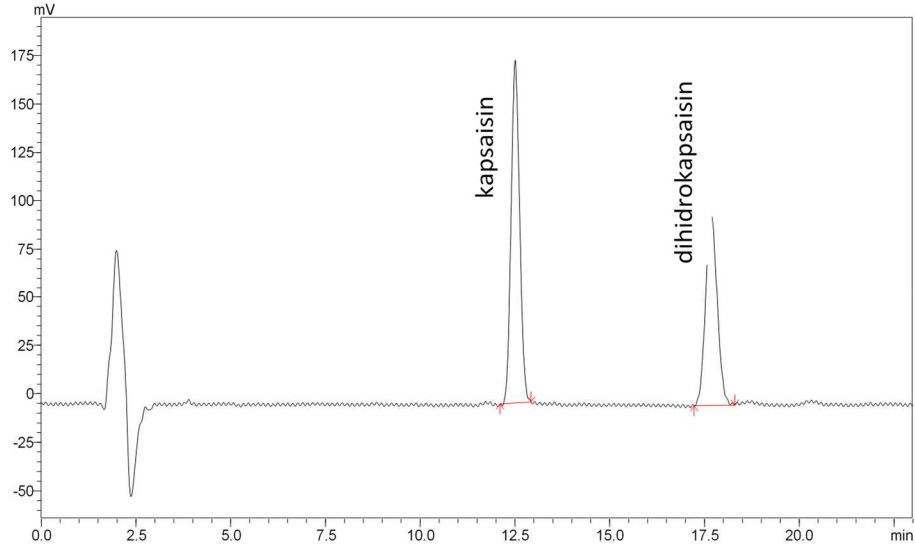


Fİ biberinin aflatoksin analizine ait HPLC kromatogramı

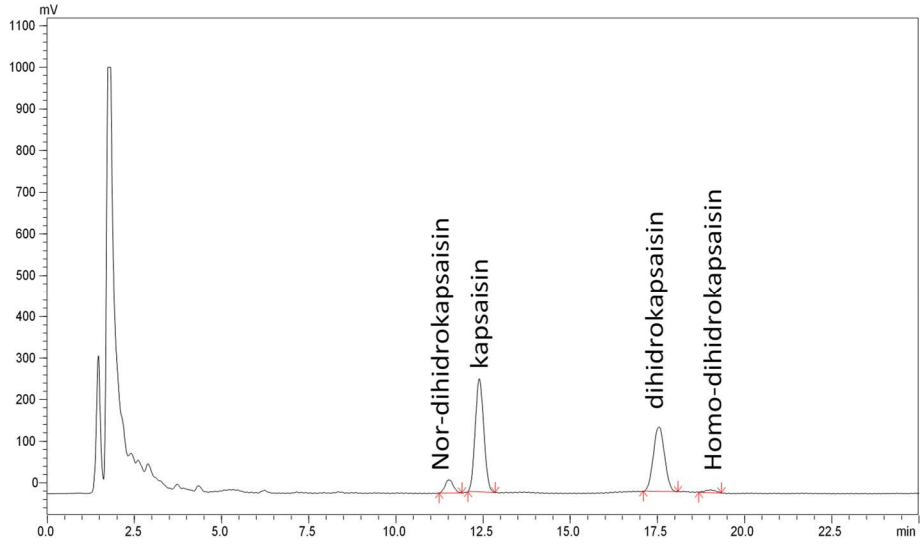


EK-2. Kapsaisinoid analizinde elde edilen kromatogrmalar

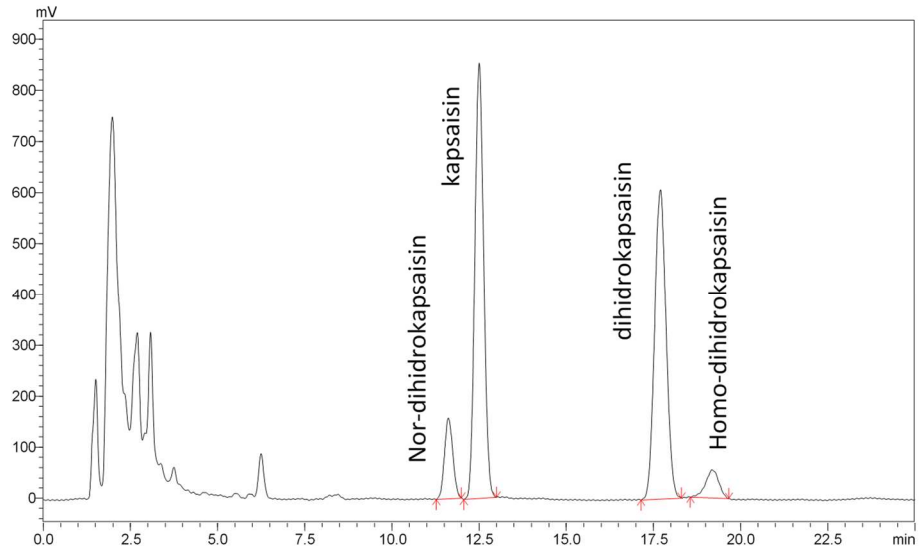
Kapsaisin ve dihidrokapsaisin standartlarına ait HPLC kromatogramı



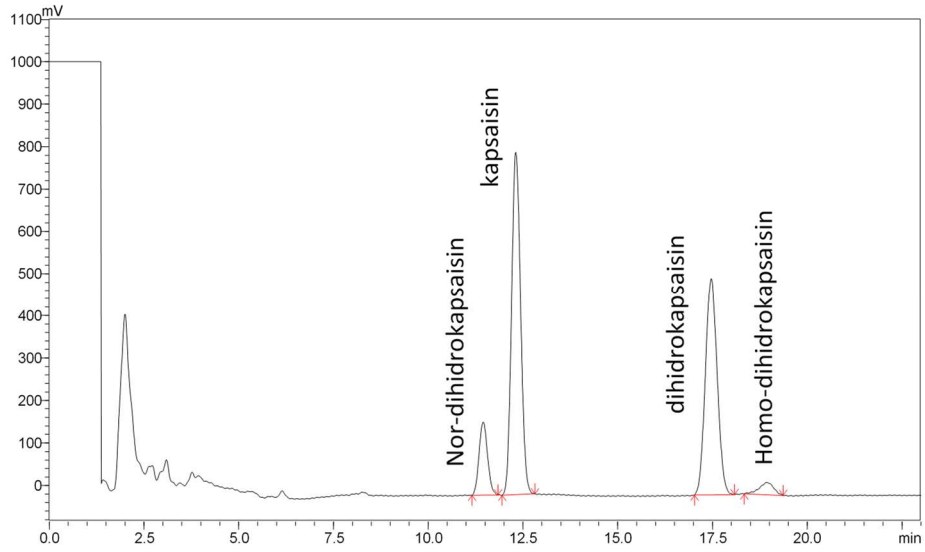
Taze kırmızıbiberin kapsaisinoid içeriğine ilişkin HPLC kromatogramı



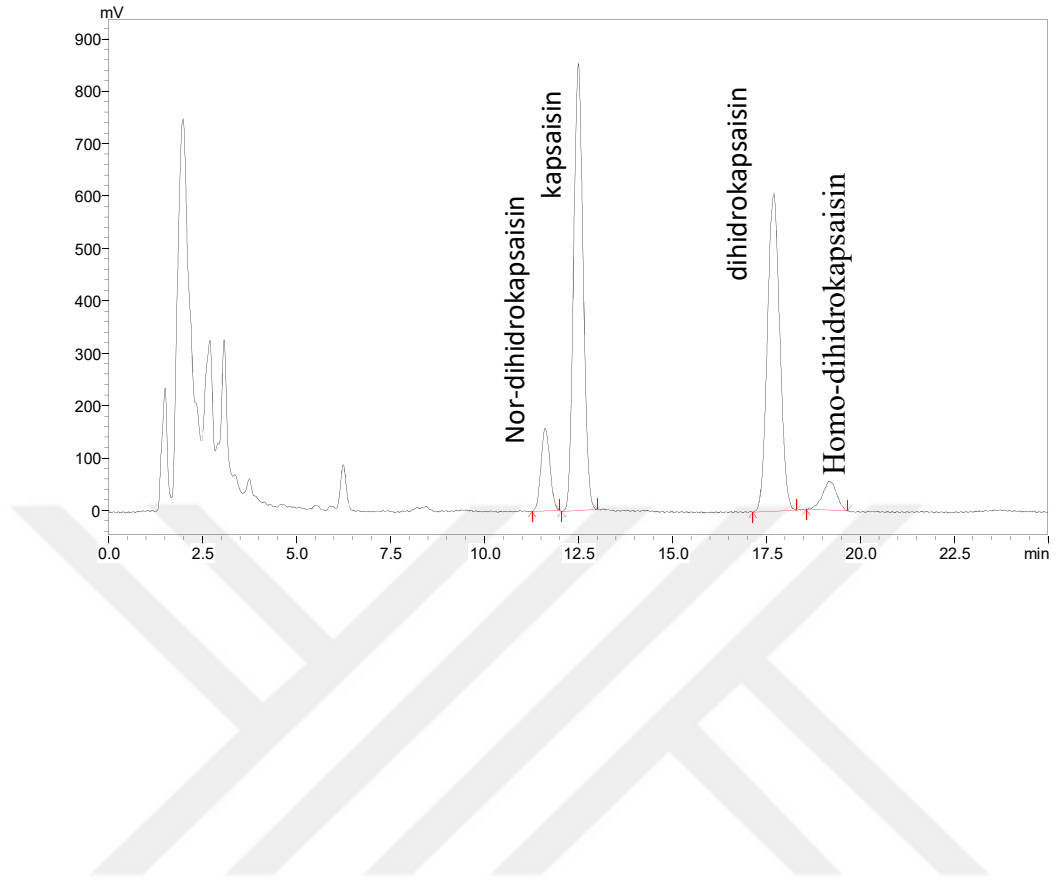
Gİ biberinin kapsaisonid içeriğine ilişkin HPLC kromatogramı



KPB'nin kapsaisonid içeriğine ilişkin HPLC kromatogramı

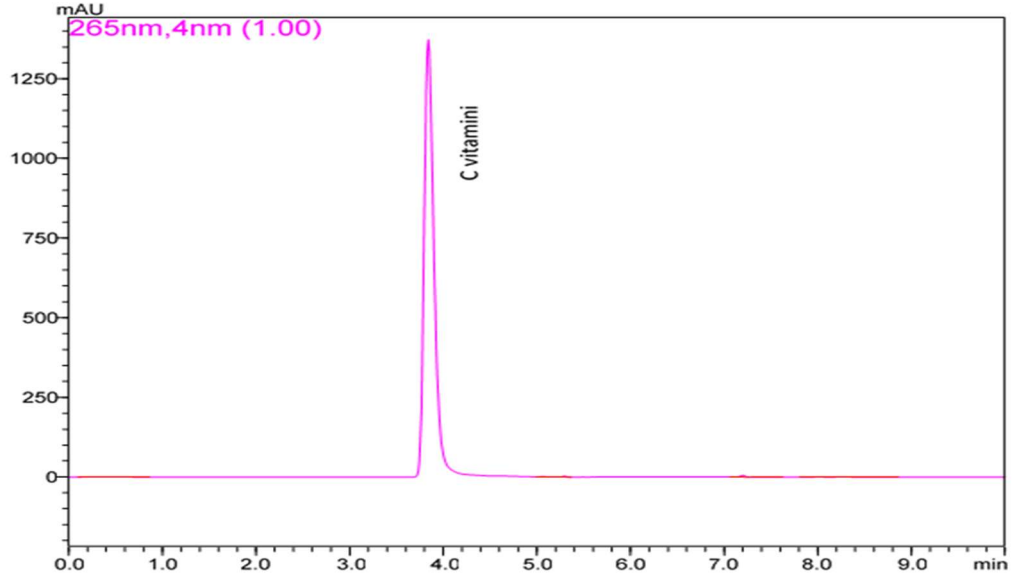


Fİ biberinin kapsaisonid içeriğine ilişkin HPLC kromatogramı

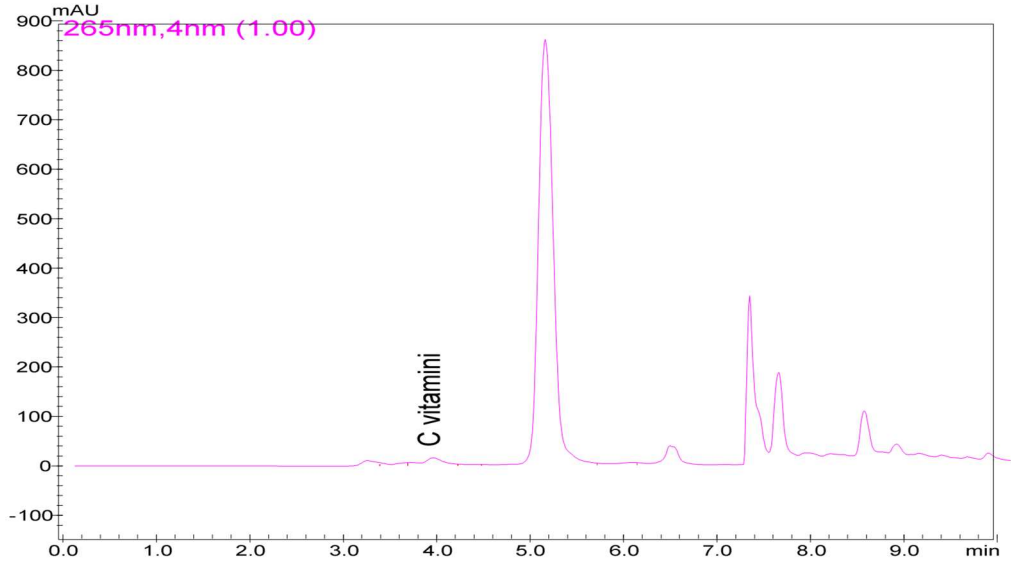


EK-3. C vitamini analizine ait kromatogramlar

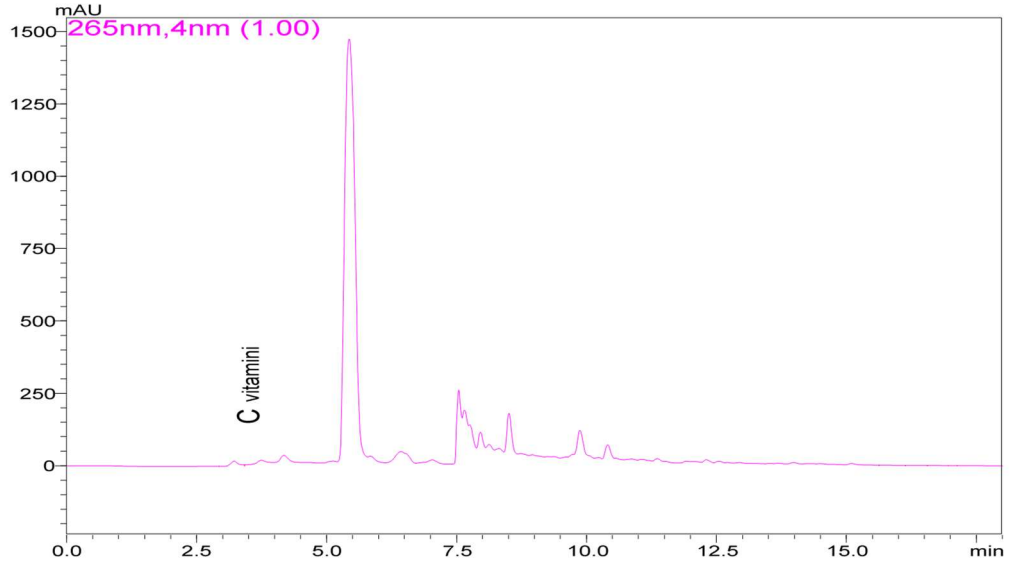
C vitamini standardına ait HPLC kromatogramı



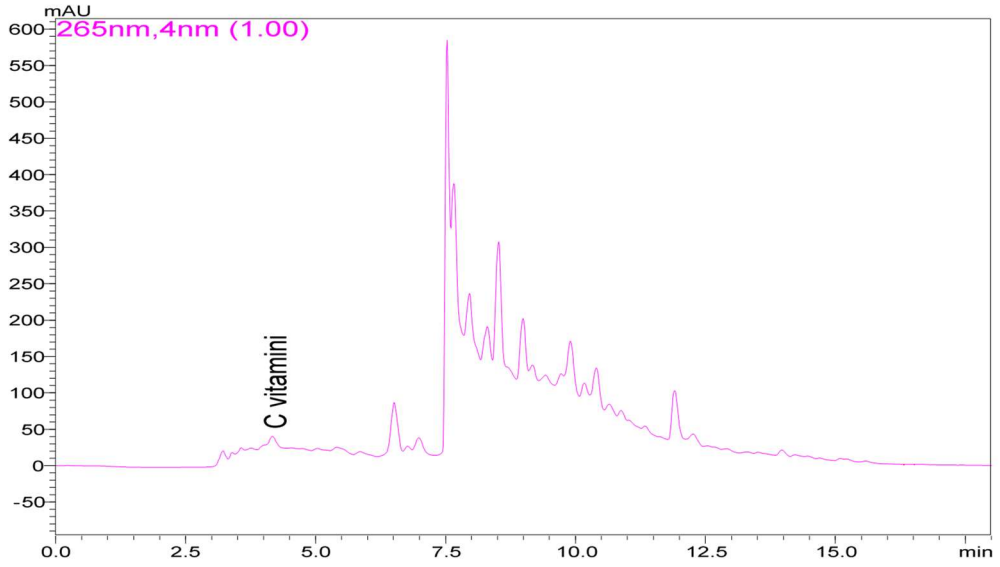
Taze biberin C vitamini içeriğine ilişkin HPLC kromatogramı



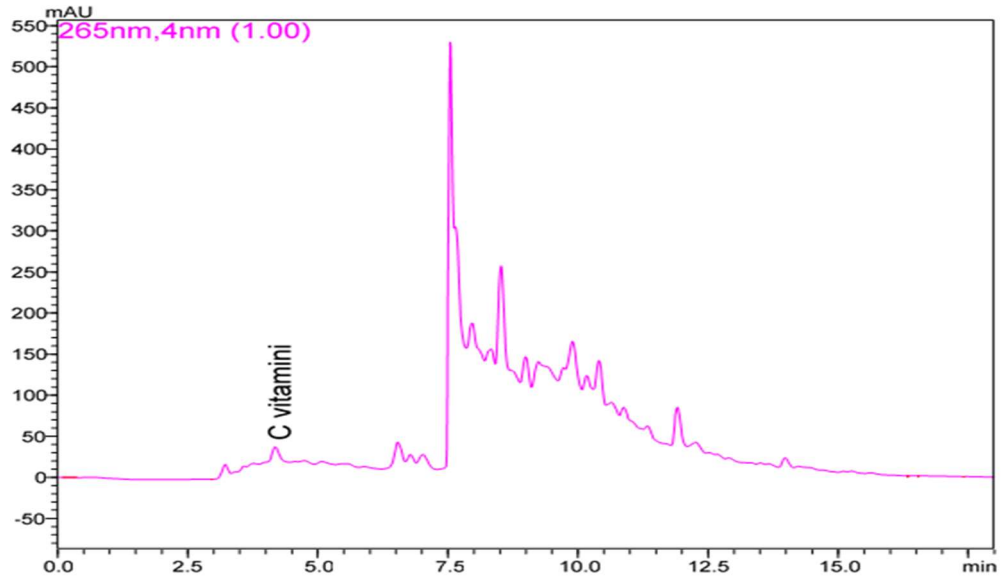
Gİ biberinin C vitamini içeriğine ilişkin HPLC kromatogramı



KPB baharatını C vitamini içeriğine ilişkin HPLC kromatogramı

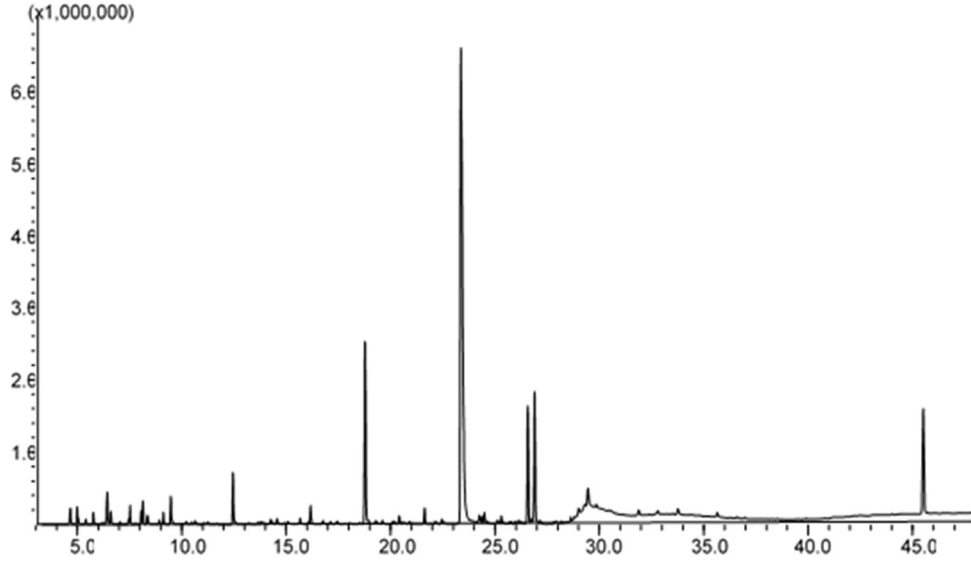


Fİ biberinin C vitamini içeriğine ilişkin HPLC kromatogramı

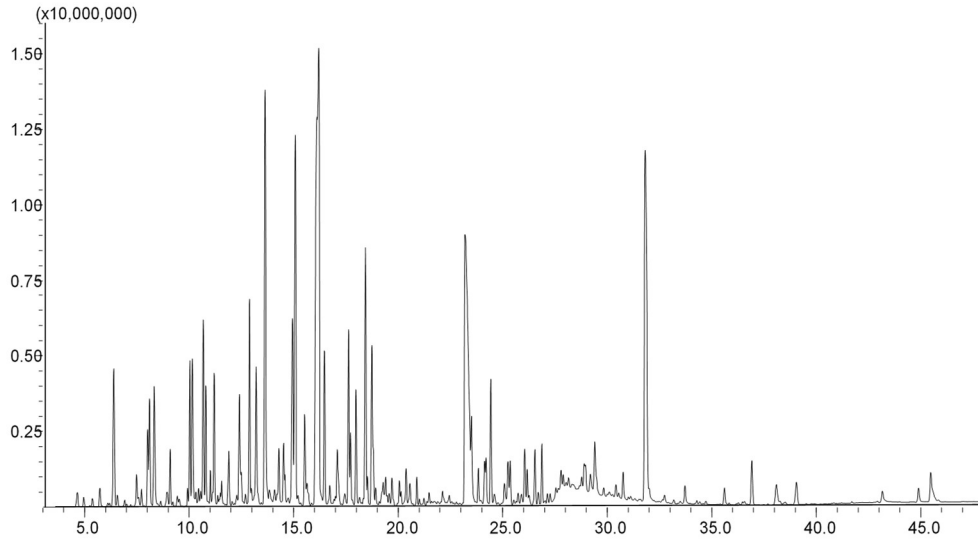


EK-4. Uçucu bileşik analizine ait kromatogramlar

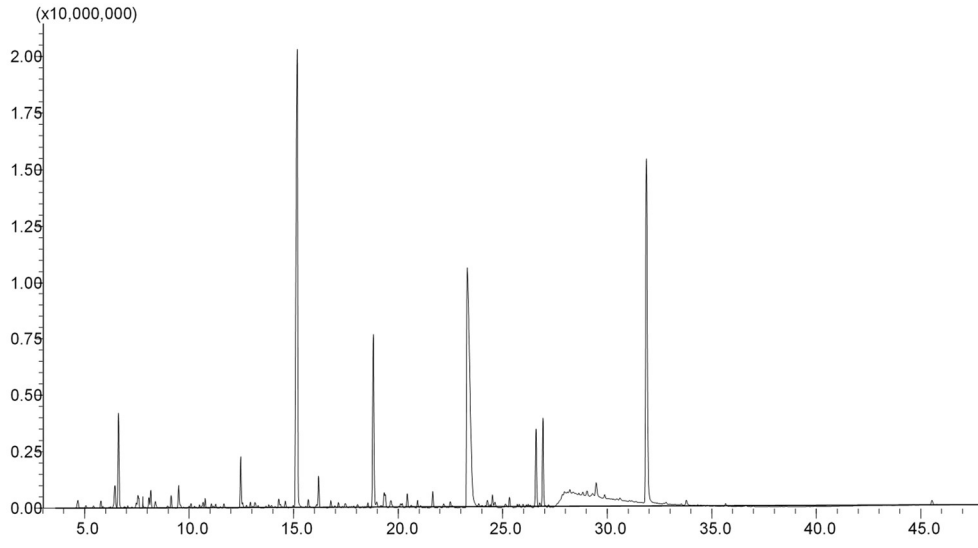
Taze biberin uçucu bileşik analizine ait GC-MS kromatogramı



Gİ biberinin uçucu bileşik analizine ait GC-MS kromatogramı



KPB'nin uçucu bileşik analizine ait GC-MS kromatogramı



KPB'nin uçucu bileşik analizine ait GC-MS kromatogramı

