

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KURU KAYISILARIN ŞEKER, AMİNOASİT, HİDROKSİMETİLFURFURAL
VE FUROSİN İÇERİĞİNDE DEPOLAMA BOYUNCA MEYDANA GELEN
DEĞİŞİM ÜZERİNE SO₂ KONSANTRASYONUNUN ETKİSİ**

Fatmagül HAMZAOĞLU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2016**

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi sırasında etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

24.05.2016

Fatmagül HAMZAOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KURU KAYISILARIN ŞEKER, AMİNO ASİT, HİDROKSİMETİLFURFURAL VE FUROSİN İÇERİĞİNDE DEPOLAMA BOYUNCA MEYDANA GELEN DEĞİŞİM ÜZERİNE SO₂ KONSANTRASYONUNUN ETKİSİ

Fatmagül HAMZAOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ÖZKAN

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren (0, 451, 832, 1 594, 2 112 ve 3 241 mg/kg) ve farklı sıcaklıklarda (4°, 20° ve 30°C) 379 gün depolanan kuru kayısların (Hacıhaliloğlu çeşidi), fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Furosin, HMF, şeker ve aminoasit analizleri HPLC ile yapılmıştır. SO₂ içeren kuru kayıslarda, SO₂ konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, esmerleşme (r=-0.930), toplam şeker (r=-0.897), sorbitol (r=-0.961), pH (r=-0.867) ve furosin (r=-0.893) miktarı azalırken; titrasyon asitliği (r=0.993), glutamik asit (r=0.916), fruktoz (r=0.893) ve glukoz (r=0.716) miktarı artmıştır. Bu bulgular, SO₂ konsantrasyonunun, kurutulmuş kayıslarda şeker miktarına etki ettiğini açık bir şekilde göstermektedir.

Depolama süresince; kayısı bileşiminin, esmerleşme düzeyi üzerine etkisi günkurusu ve kükürtlü kayıslarda farklıdır. Günkurusu kayıslardaki esmerleşme üzerine şeker (fruktoz, sakaroz ve toplam şeker miktarı) ve aminoasitlerin (glutamik asit, alanin, valin ve toplam aminoasit miktarı) “kuvvetli-çok kuvvetli” düzeyde (r=0.739-0.917) etkili olduğu belirlendiği için; bu iki bileşen grubunun birbirleriyle korelasyonları incelenmiştir. Fruktoz miktarı ile aspartik asit, glutamik asit, valin, alanin ve glisin miktarındaki değişimler arasında “kuvvetli” bir korelasyon olduğu belirlenmiştir (r=0.681-0.927). HMF oluşumu ile esmerleşme düzeyi arasındaki “kuvvetli” (r=0.962) korelasyon da dikkate alındığında; günkurusu kayıslarda meydana gelen esmerleşme üzerine Maillard reaksiyonun “kuvvetli” düzeyde etkili olduğu görülmektedir.

Günkurusu kayıslardan farklı olarak; kükürtlü kuru kayıslardaki esmer renk oluşumunu, şekerlerden sadece glukoz (r=0.666); aminoasitlerden sadece valin (r=0.684) “orta” düzeyde etki etmiştir. Bu örneklerdeki; şeker ve aminoasit miktarlarındaki değişim arasında “kuvvetli” bir ilişki (r=0.000-0.562) bulunamamıştır. HMF ile esmer renk oluşumu arasında da “kuvvetli” bir ilişki bulunamaması (r=0.618) nedeniyle; Maillard reaksiyonunun, kükürtlenmiş kuru kayıslardaki esmer renk oluşumu üzerine “orta” düzeyde etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Mayıs 2016, 137 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kuru kayısı, kükürt dioksit, esmerleşme, depolama, şeker, aminoasit, HMF, furosin, Maillard reaksiyonu

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF SO₂ CONCENTRATION ON THE CHANGES OF SUGAR, AMINO ACID, HMF AND FUROSIONE CONTENTS IN DRIED APRICOTS DURING STORAGE

Fatmagül HAMZAOĞLU

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

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ÖZKAN

In this study, the changes in physical and chemical properties of dried apricots (Hacıhaliloğlu cultivar) containing different SO₂ concentrations (0, 451, 832, 1 594, 2 112 ve 3 241 mg/kg) and stored at different temperatures (4°, 20° ve 30°C) for 379 days were investigated. Furocine, HMF, sugar and amino acid analyses were carried out by HPLC. Depending on the increase in SO₂ concentration, total sugar ($r=-0.897$), sorbitol ($r=-0.961$), and furosine ($r=-0.893$) contents, and browning ($r=-0.930$) and pH ($r=-0.867$) decreased, while glutamic acid ($r=0.916$), glucose ($r=0.716$) and fructose contents ($r=0.893$), and titratable acidity ($r=0.993$) increased in SO₂ containing dried apricots. These findings clearly showed that SO₂ concentration had significant effect on sugars in dried apricots.

During storage, the effects of apricot composition on the browning of non-sulfitted and sulfitted dried apricots were different. Since it was determined that sugar (fructose, sucrose and total sugar) and amino acid (glutamic acid, alanine, valine ve total amino acid) contents had “strong-very strong” impact on the browning of non-sulfitted dried apricots ($r=0.739-0.917$), the corelations among these two component groups were examined. “Strong” corelations ($r=0.681-0.927$) were determined between fructose and amino acid contents (aspartic acid, glutamic acid, valine, alanine and glycine contents). Considering the strong corelation between the HMF and browning in non-sulfitted dried apricots ($r=0.962$); it was easily seen that Maillard reaction had a “strong” effect on the browning in non-sulfitted dried apricots.

Unlike non-sulfitted dried apricots; only glucose ($r=0.666$) among sugars and only valine ($r=0.684$) among amino acids affected brown color formation at an “intermediate” level in sulfitted-dried apricots. In these samples; a “strong” corelation ($r=0.000-0.562$) could not have been found between the change in sugar and amino acid contents. Since the strong corelation could not also have been found between HMF and brown color formations, it was concluded that Maillard reaction affected brown color formation in sulfitted-dried apricots at an “intermediate” level.

May 2016, 137 pages

Key Words: Dried apricot, sulfur dioxide, browning, storage, sugar, amino acid, HMF, furosine, Maillard reaction.

TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca bilgi ve tecrübesini hiç esirgemeyen, saygıdeğer danışmanım ve hocam Prof. Dr. Mehmet ÖZKAN'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilimdalı) bizlere verdiği emek ve gösterdiği anlayış için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Akademik yaşamımın ilk aşaması olan yüksek lisans çalışmalarına başlarken, mesleğimin en önemli aşamasını oluşturan laboratuvar analizleri konusunda beni yetiştiren, önemli bilgi birikimi gerektiren ve tezimin temeli olan HPLC analiz metodları konusunda beni eğiten ve bu analizlere ait metodları geliştiren ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyen Doç. Dr. Meltem TÜRKYILMAZ' a tüm içtenliğimle çok teşekkür ederim. Ayrıca, University of Massachusetts Department of Food Science bölümünden Prof. Dr. Micha PELEG'e kayısıların kükürt dioksit absorpsiyonunun modellenmesi konusunda, bizi tanımamasına karşın, yaptığı çok değerli katkı için, kendisine içtenlikle teşekkür ediyorum.

Projemize destek veren TÜBİTAK'a (Proje No: 1130456) içtenlikle teşekkür ederim. Yıllardır dostluğunu benden esirgemeyen ve çalışmam, hayatım, başarılarım ve başarısızlıklarım da hep yanımda ve destek olan arkadaşım Ayşenur CAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım. Sadece yüksek lisans çalışmam sırasında değil, hayatımın her aşamasında, desteklerini sevgi ve güvenlerini eksik etmeyen, aldığım her kararda her zaman arkamda duran sevgili annem Havva HAMZAOĞLU ve babam Mehmet HAMZAOĞLU'na sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Fatmagül HAMZAOĞLU

Ankara, Mayıs 2016

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 Ülkemiz Yaş ve Kuru Kayısı Üretimi.....	3
2.2 Depolama Süresince Kuru Kayıslarda Gerçekleşen Esmerleşme Reaksiyonları	6
2.2.1 Enzimatik esmerleşme	6
2.2.2 Enzimatik olmayan esmerleşme	7
2.3 Kükürt Dioksit ve Kullanım Alanları	10
2.4 Kuru Kayıslarda Kükürt Dioksitin Esmerleşme Üzerine Etkisi.....	11
2.5 Esmerleşme Reaksiyonlarına Etki Eden Faktörler	13
2.5.1 pH	13
2.5.2 Sıcaklık.....	14
2.5.3 Su aktivitesi (a_w)	15
2.5.4 Gıda bileşenleri.....	15
2.6 Yasal Düzenlemeler.....	18
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1 Materyal.....	19
3.1.1 Kayısı.....	19
3.1.2 Kimyasallar.....	19
3.2 Yöntem	20

3.2.1 Materyalin hazırlanması	20
3.2.2 Fiziksel analizler	23
3.2.2.1 Nem tayini	23
3.2.2.2 Su aktivitesi tayini	25
3.2.2.3 pH tayini	25
3.2.3 Kimyasal analizler	26
3.2.3.1 Titrasyon asitliği	26
3.2.3.2 Esmerleşme düzeyinin belirlenmesi	26
3.2.3.2 Kükürt dioksit miktarının belirlenmesi	28
3.2.3.3 Hidroksimetil furfural (HMF) miktarının belirlenmesi	30
3.2.3.4 Şeker miktarının belirlenmesi	32
3.2.3.5 Aminoasit miktarının belirlenmesi	36
3.2.3.6 Furosin miktarının belirlenmesi	40
3.2.4 Kinetik parametrelerin hesaplanması	42
3.2.4.1 Reaksiyon hız sabitinin (k) hesaplanması	43
3.2.4.2 Yarılanma süresinin hesaplanması	44
3.2.4.3 Q_{10} değerinin hesaplanması	44
3.2.5 İstatistik değerlendirme	45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	46
4.1 Kuru Kayısı Örneklerinin Depolama Başlangıcındaki SO_2 İçerikleri	46
4.2 Nem Düzeyindeki Azalma	48
4.3 Su Aktivitesi (a_w) Düzeyindeki Değişim	50
4.4 pH ve Titrasyon Asitliğindeki Değişmeler	51
4.5 Esmerleşme Düzeyindeki Değişmeler	55
4.6 Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarındaki Değişim	63
4.7 Furosin Miktarındaki Değişim	70
4.8 Şeker Dağılımı ve Miktarındaki Değişim	73
4.9 Aminoasit Dağılımı ve Miktarındaki Değişim	84
4.10. Kuru Kayısların SO_2 İçeriğindeki Azalma	94
4.11 İncelenen Parametrelerin Birbirleri ve Esmerleşme Değerleri Arasındaki İlişkiler	100

5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	104
KAYNAKLAR	106
EKLER.....	115
EK 1 Depolama başlangıcında kuru kayıpların kimyasal özellikleri üzerine kükürt dioksit içeriğinin etkisine ilişkin varyans analiz çizelgeleri.....	116
EK 2 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince nem düzeyindeki değişim	120
EK 3 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince su aktivitesi düzeyindeki değişim.....	121
EK 4 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince pH düzeyindeki değişim	122
EK 5 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince titrasyon asitliği (g/100gkuru ağırlık) düzeyindeki değişim.....	123
EK 6 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince esmerleşme düzeyindeki değişim	124
EK 7 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince şeker düzeyindeki değişim	125
EK 8 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince aminoasit düzeyindeki değişim.....	130
EK 9 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince SO₂ düzeyindeki değişim.....	136
ÖZGEÇMİŞ.....	137

SİMGELER DİZİNİ

a_w	Su aktivitesi
Briks ($^{\circ}\text{Bx}$)	Suda çözüner kuru madde
h	Saat
HCl	Hidroklorik asit
H_2SO_4	Sülfürik asit
k	Reaksiyon hız sabiti
KCl	Potasyum klorür
NaOH	Sodyum Hidroksit
O	Orto
Q_{10}	Sıcaklığın 10°C arttırılmasıyla reaksiyon hızının artış katsayısı
r	Korelasyon katsayısı
R^2	Determinasyon katsayısı
SO_2	Kükürt dioksit

Kısaltmalar

dak.	Dakika
GRAS	Generally Recognized as Safe (Genel Olarak Güvenilir Gıda Katkısı)
HMF	Hidroksi metal furfural
HPLC	High performance liquid chromatography (Yüksek performanslı sıvı kromatografisi)
PDA	Photodiode dedector (Fotodioderey dedektör)
PG	Poligalaktronaz
PME	Pektin metil esteraz
PVDF	Polyvinylidene fluoride (Poliviniliden florür)
PPO	Polifenol oksidaz
TGK	Türk Gıda Kodeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Dünyadaki önemli kayısı üreticisi ülkelerin kayısı üretim miktarları ve dünya kayısı üretimindeki payları	3
Şekil 2.2 Enzimatik esmerleşme sonucu kahverengi pigment oluşumu	6
Şekil 2.3 Amadori dönüşüm ürünleri	9
Şekil 2.4 SO ₂ ve sülfidlerin miktarına göre pH değerindeki değişim	11
Şekil 3.1 Kerevetlere dizilmiş bir sıra kayısı	21
Şekil 3.2 Kerevetlerin vagon halinde iklim odasına yerleştirilmesi	21
Şekil 3.3 Kayısların sergen yerlerine serilmesi	22
Şekil 3.4 Kuru kayısı üretim ve depolamasına ilişkin akış diyagramı	24
Şekil 3.5 SO ₂ analiz düzeneği	29
Şekil 3.6 HMF standart eğrisi	32
Şekil 3.7 Sakaroz standart eğrisi	34
Şekil 3.8 Glukoz standart eğrisi	34
Şekil 3.9 Fruktoz standart eğrisi	35
Şekil 3.10 Sorbitol standart eğrisi	35
Şekil 3.11 Aspartik asit standart eğrisi	38
Şekil 3.12 Glutamik asit standart eğrisi	38
Şekil 3.13 Glisin standart eğrisi	39
Şekil 3.14 Alanin standart eğrisi	39
Şekil 3.15 Valin standart eğrisi	40
Şekil 3.16 Furosin standart eğrisi	42
Şekil 4.1 Hacıhaliloğlu çeşidi taze kayısların kükürtlenme süresine bağlı olarak SO ₂ konsantrasyonu	47
Şekil 4.2 Kuru kayısların içerdiği SO ₂ konsantrasyonu ile pH arasındaki ilişki	53
Şekil 4.3 Kuru kayısların içerdiği SO ₂ konsantrasyonu ile titrasyon asitliği arasındaki ilişki	53
Şekil 4.4 451 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişim	56

Şekil 4.5 Günkurusu kayısı örneklerinin farklı sıcaklıklarda 379 gün depolanması sonucunda esmerleşme düzeyindeki artış	59
Şekil 4.6 3 241 mg/ kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısıların HMF içeriğine ait HPLC kromatogramı	64
Şekil 4.7 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısıların 30°C’de depolanması süresince HMF miktarlarındaki değişimler	67
Şekil 4.8 3 241 mg/ kg düzeyinde SO ₂ içeren furosün içeriğine ait HPLC kromatogramı	71
Şekil 4.9 Günkurusu kayısıların şeker dağılımına ait örnek bir HPLC kromatogramı	74
Şekil 4.10 Kuru kayısı model sistemlerinin 30°C’de 12 gün depolanması süresince SO ₂ ’in sakaroz üzerine etkisi	77
Şekil 4.11 Lewis asidi ve Lewis bazı ile kompleks oluşumu.....	78
Şekil 4.12 30°C’de 315 gün depolanan kuru kayısıların SO ₂ miktarlarındaki değişim ile şeker içeriği arasındaki ilişki	81
Şekil 4.13 832 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısıların,30°C’de depolanması süresince sakaroz miktarı ile esmerleşme değeri arasındaki ilişki	83
Şekil 4.14 3 241 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısıların aminoasit dağılımına ait örnek bir HPLC kromatogramı	85
Şekil 4.15 Aspartik asit, glutamik asit, glisin, alanin ve valinin kimyasal yapısı.....	94
Şekil 4.16 832 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısı örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması süresince SO ₂ düzeylerindeki azalmalar.....	95
Şekil 4.17 1 594 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısı örneklerinin farklı sıcaklıklarda 379 gün depolanması sonucunda SO ₂ düzeylerindeki azalma (%).....	97
Şekil 4.18 Kuru kayısıların içerdiği SO ₂ konsantrasyonu ile titrasyon asitliği arasındaki ilişki	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Ülkelerin kuru kayısı üretimi	4
Çizelge 2.2 Bazı gıdalarda bulunan polifenoller	17
Çizelge 3.1 Aminoasit için uygulanan elüsyon profili	37
Çizelge 3.2 Furosin için uygulanan elüsyon profili.....	42
Çizelge 4.1 Taze kayısların kükürtlenmesinde kullanılan SO ₂ gaz miktarı, kükürtleme süresi ve son ürünlerdeki SO ₂ konsantrasyonu	46
Çizelge 4.2 Farklı düzeyde SO ₂ içeren kuru kayısların depolama başlangıcında belirlenen nem içeriği.....	48
Çizelge 4.3 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların 30°C'de depolanması süresince nem miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler.....	49
Çizelge 4.4 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısı örneklerinin depolama başlangıcındaki su aktivitesi değerleri	51
Çizelge 4.5 Farklı düzeylerde kükürtlenen kuru kayısların depolama başlangıcındaki pH ve titrasyon asitliği değerleri.....	52
Çizelge 4.6 2 112 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda 379 gün depolanması süresince pH ve titrasyon asitliğindeki değişimler	54
Çizelge 4.7 Farklı konsantrasyonlarda SO ₂ içeren kuru kayısların depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişimi gösteren eşitlikler	57
Çizelge 4.8 Farklı konsantrasyonlarda SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince esmerleşme değişimine ilişkin kinetik veriler	60
Çizelge 4.9 3 241 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısların renginde meydana gelen esmerleşme üzerine SO ₂ miktarının etkisi	61
Çizelge 4.10 3 241 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısların renginde meydana gelen esmerleşme üzerine bazı faktörlerin etki düzeyleri.....	62
Çizelge 4.11 Farklı düzeyde SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince HMF değerlerindeki (mg/kg km) değişimler	67
Çizelge 4.12 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların depolama süresince HMF düzeyindeki değişimi gösteren eşitlikler	69

Çizelge 4.13 Farklı konsantrasyonlarda SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince HMF oluşumuna ilişkin k değerleri.....	70
Çizelge 4.14 Farklı düzeyde SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince furosın değerlerindeki (mg/kg km) değişimler	72
Çizelge 4.15 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların depolama başlangıcındaki şeker dağımı ve miktarları.....	74
Çizelge 4.16 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların 30°C'de depolanması süresince sakaroz miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler.....	75
Çizelge 4.17 Farklı konsantrasyonlarda SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince sakaroz kaybına ilişkin kinetik veriler	80
Çizelge 4.18 Farklı konsantrasyonlarda SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda 379 gün depolanması sonucunda esmerleşme ve SO ₂ konsantrasyonları arasındaki ilişki	82
Çizelge 4.19 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların depolama başlangıcındaki aminoasit dağımı ve miktarları.....	85
Çizelge 4.20 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların 20° ve 30°C'de depolanması süresince toplam aminoasit miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler	87
Çizelge 4.21 Farklı konsantrasyonlarda SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince toplam aminoasit kaybına ilişkin kinetik veriler	88
Çizelge 4.22 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların 20° ve 30°C'de depolanması süresince aspartik asit miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler	90
Çizelge 4.23 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların 20° ve 30°C'de depolanması süresince glutamik asit miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler	91
Çizelge 4.24 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların 30°C'de depolanması süresince glisin miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler.....	92
Çizelge 4.25 Farklı düzeylerde SO ₂ içeren kuru kayısların 30°C'de depolanması süresince SO ₂ miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler.....	96

Çizelge 4.26 Farklı konsantrasyonlarda SO ₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince SO ₂ kaybına ilişkin kinetik veriler	99
Çizelge 4.27 832 mg/kg düzeyinde SO ₂ içeren kuru kayısların renginde meydana gelen esmerleşme üzerine bazı faktörlerin etki düzeyleri.....	101

1. GİRİŞ

Ülkemiz, dünya kayısı ve kuru kayısı üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Ancak, bazı yıllarda ilkbahar aylarında yaşanan don olayları sonunda, gerek yaş gerekse kuru kayısı üretimimizde önemli düşüşler yaşanmaktadır. Örneğin, 29–31 Mart 2014 tarihlerinde yaşanan üç günlük don olayı sonunda, yaş ve kuru kayısı üretimimizin önemli bölümünün gerçekleştirildiği Malatya ilimizde, yaş ve buna bağlı olarak kuru kayısı üretiminde önemli bir düşüş yaşanmıştır. 2013 yılında 811 bin ton olan kayısı üretimi, 2014 yılında 270 bin tona düşmüş ve bu düşüş ülkemiz ve dolayısı ile dünya kuru kayısı üretimini önemli düzeyde etkilemiştir. 2013 yılında 170.945 ton olan dünya kuru kayısı üretimi, 2014 yılında Malatya ilimizde yaşanan don olayı ile birlikte, 68.810 tona düşmüştür.

Malatya ilimizde kuru madde oranı çok yüksek yaş kayısı üretilmekte ve dolayısı ile kuru maddesi yüksek kayıslardan yüksek randımanlı kuru kayısı üretilmektedir. Ancak, kuru kayısı üretimin en önemli aşaması olan kükürtleme işlemi, bizzat kayısı üretimini yapan çiftçi tarafından yapılmakta ve çiftçilerimizin yeterli bilgi ve olanakları olmadığı için de, kayıslar aşırı düzeyde kükürtlenmektedir. Bu durum kuru kayısı ihracatımızda önemli sorunlara neden olmaktadır. Bunun sonucunda da, bu değerli ürünümüzü üreten başta çiftçimiz olmak üzere, ülke ekonomimiz yeterli geliri sağlayamamaktadır.

Kükürtleme, tüketicinin arzu ettiği altın sarısı rengin korunması, kükürdün antioksidan ve antimikrobiyel etkileri, ucuz oluşu, etkin koruma sağlaması ve kullanımının kolay olması gibi nedenlerle; başta kuru meyveler olmak üzere, birçok gıda ürününde geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Bütün bu olumlu etkilerinin yanında, kükürt dioksidin (SO_2) bilinen en önemli olumsuzluğu, astım hastalarında neden olduğu alerjik reaksiyonlardır. Bunun yanında sülfite oksidaz eksikliği de sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Sağlıklı bir insan metabolizması, yüksek konsantrasyonlarda (750 mg/kg) SO_2 'yi metabolize edebilir ve bu da mitokondride bulunan sülfite oksidazın SO_2 'yi parçalanmasıyla sağlanır. Sülfite oksidaz eksikliği nadir görülsede; nörolojik

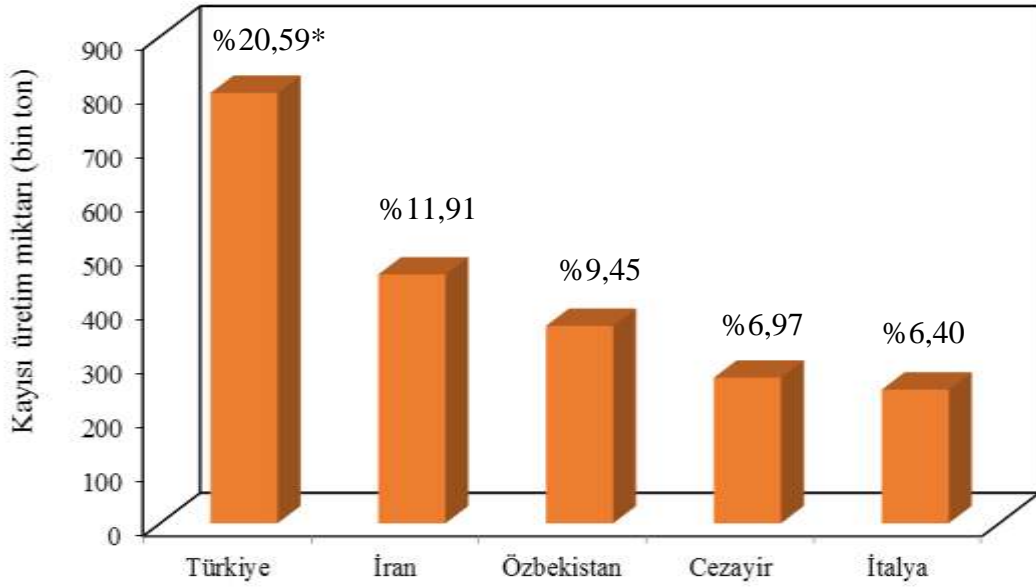
bozukluklara, zeka geriliğine, fiziksel deformitelere ve ölüme neden olabilir (Anonymous 1966, Anonymous 2016). Bununla birlikte, gerek SO₂'nin yol açtığı sağlık sorunları gerek ihracat yaptığımız ülkelerin kayısılarda belirli düzeyin altında SO₂'ye izin vermesi ve ülkemizde kuru kayısıların gereksiz bir şekilde aşırı düzeyde kükürtlenmesi nedenleriyle, üretilen kuru kayısıların seçilen depolama sıcaklığında başta altın sarısı rengi olmak üzere; fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini kaybetmeden muhafaza edilebilmesi için gereken minimum SO₂ miktarının belirlenmesi ve üretimin bu doğrultuda yapılması gerekmektedir.

Kuru kayısıların en önemli kalite kriteri olan altın sarısı renginin depolama süresince SO₂ kaybına bağlı olarak hangi reaksiyon/reaksiyonlarla kaybedildiği tam olarak ortaya konulmamıştır. Bu konuda ileri sürülen en önemli reaksiyon, Maillard reaksiyonu olmasına karşın, bu reaksiyonun da kuru kayısılardaki mekanizması açıklanamamıştır. Yapılan bu çalışmayla SO₂'nin Maillard reaksiyonunun substratlarından hangisi/hangileri üzerine hangi düzeyde etki göstererek Maillard reaksiyonunu yavaşlattığı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla çalışmamızda, farklı düzeylerde SO₂ içeren (0, 451, 832, 1 594, 2 112 ve 3 241 mg/kg) kuru kayısı örnekleri farklı sıcaklıklarda (4°, 20° ve 30°C) depolanması süresince Maillard reaksiyonunun substrat (indirgen şekerler ve aminoasitler) ve indikatörleri (HMF ve furosin) olan maddelerin değişimleri incelenmiştir. Bu çalışma ile kuru kayısıların seçilen depolama sıcaklığında hangi sürede hangi SO₂ konsantrasyonunda kalite özelliklerini (başta altın sarısı rengi) kaybetmeden depolanabileceği ortaya konmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Ülkemiz Yaş ve Kuru Kayısı Üretimi

Ülkemiz, dünya yaş kayısı üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Ülkemiz dışında, dünyada yaş kayısı üretiminin en fazla yapıldığı diğer ülkeler ise; İran, Özbekistan, Cezayir ve İtalya'dır (Anonymous 2013) (Şekil 2.1). 2013 verilerine göre, dünya yaş kayısı üretimi yaklaşık 4 milyon tondur. Ülkemiz, bu miktarın %20.59'sini karşılarken, üretim miktarı ülkemize en yakın olan İran, bu miktarın %11.91'nü karşılamaktadır (Anonymous 2013).



Şekil 2.1 Dünyadaki önemli kayısı üreticisi ülkelerin kayısı üretim miktarları ve dünya kayısı üretimindeki payları (Anonymous, 2013)

*Grafik üzerinde verilen % değerler, ülkelerin dünyadaki kayısı üretim oranlarını göstermektedir

**2014 değerleri henüz yayınlanmamıştır.

Ülkemizde Karadeniz bölgesi hariç, tüm bölgelerde kayısı üretilebilmektedir. Sofralık ve kurutmalık olarak üretimi yapılan kayısı, ülkemize 6 ayrı bölgede üretilmektedir (Asma 2011). Ülkemizde kayısı üretimi; Malatya-Erzincan-Elazığ Bölgesi, Kars-Iğdır

gibi Doğu Anadolu Bölgeleri; Ege; Marmara; Akdeniz ve İç Anadolu Bölgelerinde yapılmaktadır. Üretilen kayısının önemli bir bölümü (%13) kurutulup ihraç edilirken; geri kalan kısmı ise, büyük oranda sofralık olarak veya meyve suyu endüstrisinde değerlendirilmektedir. TÜİK verilerine göre 2013 yılında yaklaşık 14 milyon meyve veren kayısı ağacından 811 bin ton yaş kayısı elde edilmiştir. Bu ağaçların yaklaşık 8 milyonu Malatya'da bulunmaktadır. Malatya, ülkemiz yaş kayısı üretiminin %55'ini, kuru kayısı üretiminin ise, %85'ini karşılamaktadır. Malatya İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2013 Çalışma Raporuna göre, Malatya'da yaklaşık 412 bin ton yaş kayısı üretilmiştir. Ancak 2014 yılı Mart ayında yaşanan don olayları nedeniyle kayısı ve buna bağlı kuru kayısı üretiminde büyük bir düşüş yaşanmıştır. TÜİK verilerine göre; 2013 yılında, 811 bin ton olan kayısı üretim miktarı, 2014 yılında 270 bine düşmüştür. Malatya'daki don nedeniyle düşen yaş kayısı üretimi nedeniyle, 2014 yılında dünya kuru kayısı üretiminde de 2013 yılında göre %60 oranında bir düşüş yaşanmıştır. 2013 yılında 170 945 ton olan dünya kuru kayısı üretimi, 2014 yılında Malatya ilinde yaşanan ilkbahar donu sonucu, 68 810 tona düşmüştür.

Çizelge 2.1 Ülkelerin kuru kayısı üretimi (ton) (Anonim, 2015)

Ülke	2012	2013	2014*
Türkiye	176 712	110 345	8 210
İran	24 000	22 400	20 000
Çin	6 000	5 700	6 000
Amerika	1 500	1 600	2 000
Güney Afrika	1 600	1 500	2 000
Dünya	239 018	170 945	68 810

* Gerçekleştiği tahmin edilen üretim miktarlarını göstermektedir.

Kükürtleme işlemi kayısının rengini korumak ve bazen de açmak, mikrobiyel gelişimi ve depolamada böcek gelişimini önlemek amacıyla yapılmaktadır. Ülkemizde kükürtleme işleminin temeli, elementer kükürdün islim odalarında yakılmasıyla açığa çıkan SO₂ gazının kayısı tarafından absorbe edilmesine dayanır. Ancak bu işlemin kontrolü, gerek kayısının fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle, gerekse de kükürtleme işleminin kontrolsüz koşullarda yapılması nedeniyle zordur. Bu nedenle

ülkemizde üretilen kükürtlenmiş kuru kayısılar genellikle yönetmeliklerde (Anonymous 1981, Anonim 2008) belirtilen düzeyin çok üzerinde SO₂ içermektedir.

Bunun yanında kuru kayısı ithal eden ülkeler farklı oranlarda SO₂ içeren kuru kayısı talep edebilmektedirler. Almanya ve İngiltere 2000 mg/kg, Fransa ve Danimarka 1000 mg/kg, İtalya 600 mg/kg ve Avusturya 300 mg/kg düzeyinde SO₂'ye izin vermektedir (Sobutay 2003). Bunların yanında; A.B.D., Kanada, Yeni Zelanda ve Avustralya'da kükürtlü kuru kayısı için bir limit bulunmasa da 3000 mg/kg'e kadar SO₂ içeren kuru kayısıların ithal edilmesine izin verilmektedir. Türk Gıda Kodeksinde (2013) ise; kükürtlü kuru kayısının en çok 2000 mg/kg düzeyinde SO₂ içerebileceği belirtilmiştir. Ancak genellikle kükürtleme işleminin kontrolsüz şartlarda yapılması nedeniyle bu sınır çoğunlukla aşılmakta ve uygun olmayan yöntemlerle aşırı kükürtlenmiş kuru kayısılarından, SO₂ uzaklaştırılmaya çalışılmaktadır.

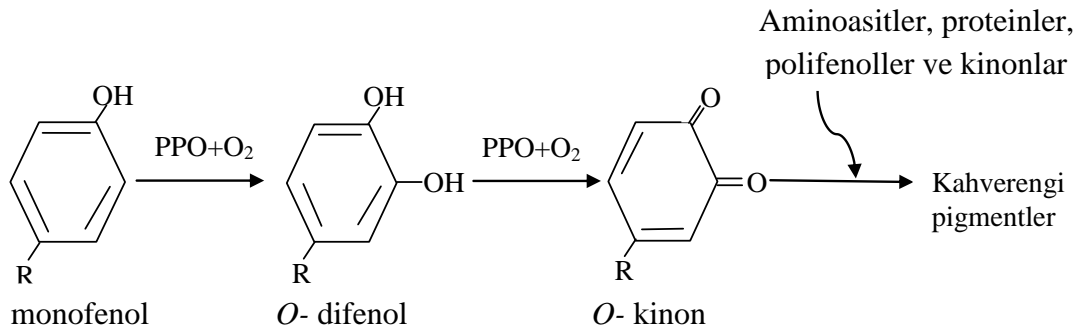
Malatya ilimizde yetiştirilen başlıca önemli kurutmalık kayısı çeşitleri; Hacihaliloğlu, Kabaası, Soğancı, Çataloğlu ve Çöloğludur. Bunların arasında Hacihaliloğlu çeşidi, ağaçların kuvvetli olması, çabuk büyümesi ve her yıl ürün vermesi, meyve kabuğunun ince, meyvelerin dayanıklı olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ayrıca orta irilikte olması, et renginin sarı olması ve suda çözünen kuru madde (briks) miktarının yüksek olması (%23.1–25.2) gibi nedenlerle kükürtleme işlemine de uygundur. Bilindiği gibi briks değeri yüksek olan kayısı çeşitleri, hem kükürtleme ve kurutma işlemi için hem de taşıma ve işleme için oldukça dayanıklı çeşitlerdir. Son yıllarda Hacihaliloğlu çeşidinin yanında, ilkbahar donlarına ve çil hastalığına daha dayanıklı olan ve daha iri boylardaki Kabaası çeşidi de yetiştirilmeye başlanmıştır. Kabaası çeşidinin, toplam kayısı üretimindeki payı, %30–35'tir.

2.2 Depolama Süresince Kuru Kayıslarda Gerçekleşen Esmerleşme Reaksiyonları

Kuru kayıslar, karakteristik altın sarısı renklerini korumak için kükürtlenmektedirler. Bu amaçla yapılan kükürtleme işlemi ile kurutma ve özellikle de depolama sırasında gerçekleşen esmerleşme reaksiyonları önlenmektedir. Esmerleşme reaksiyonları; enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme olmak üzere iki ana başlık altında incelenir. Bu reaksiyonlar ve bu reaksiyonlara etki eden faktörler aşağıda açıklanmıştır.

2.2.1 Enzimatik esmerleşme

Enzimatik esmerleşme, özellikle açık renkli meyve ve sebzelerde önemli olup, polifenoloksidaz (PPO) enzimleri tarafından katalize edilmektedir. Bu enzimlerin prostetik grubu bakır, substratı ise, fenolik (polifenol) maddelerdir. Enzimatik esmerleşme reaksiyonları iki aşamada gerçekleşmektedir (Korbel vd. 2013). Birinci aşamada, kresolaz olarak adlandırılan monofenolaz enziminin katalizasyonu sonucunda monofenoller, O-difenollere hidroksile edilirken, ikinci aşamada; kateşol oksidaz olarak adlandırılan difenolaz enziminin katalizasyonu ile O-difenoller, O-kinonlara okside olurlar (Şekil 2.2). Monofenoller ve O-difenoller renksizken, O-kinonlar genellikle kırmızı renktedir. Oluşan bu kinonların reaktivitesi yüksek olup, polimerize olarak kahverengi pigmentleri oluştururlar.



Şekil 2.2 Enzimatik esmerleşme sonucu kahverengi pigment oluşumu (Hidalgo ve Zamora 2000)

Enzimatik esmerleşme reaksiyonunun hızını; sıcaklık, pH, oksijen konsantrasyonu ve su aktivitesi (a_w) gibi faktörlerin dışında, hem gıdada bulunan PPO çeşidi hem de substratın, yani polifenolün, cinsi etkiler. Erdoğan vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, Kabaşçi çeşidi kayısıda; rutin, kateşin, epikateşin, klorojenik asit, kafeik asit, quersetin, epigallokateşingallat başta olmak üzere birçok polifenol belirlenmiştir. Başka bir çalışmada (Madrau vd. 2009) ise; kayısılarda klorojenik asit, neoklorojenik asit, kateşin, epikateşin ve rutin olmak üzere 5 temel polifenol belirlenmiştir. Bu polifenollerin, kuru kayısılarda, enzimatik esmerleşme reaksiyonları için en uygun substrat olduğunu göstermiştir.

2.2.2 Enzimatik olmayan esmerleşme

Enzimatik olmayan esmerleşmenin birçok tipi olup, bu reaksiyonlar aşağıda açıklanmıştır.

Maillard Reaksiyonu; Fransız kimyacı Louis Camille Maillard tarafından keşfedilen bu reaksiyon sonucu oluşan ara ürünler (furosin ve HMF), ısıtma ve depolama sırasında ürünün maruz kaldığı yüksek sıcaklık ve/veya uzun süre depolamanın indikatörü olarak kullanılmaktadır. Maillard reaksiyonu, özellikle meyvelerin kurutulması ve depolanması sırasında gerçekleşmektedir. Meyvenin bileşimi, pH'sı, a_w 'si ve yüksek depolama sıcaklıkları gibi faktörler bu reaksiyonun gerçekleşmesi için zemin hazırlar. Bu reaksiyonun optimum a_w 'si, 0.6–0.7; optimum pH'sı ise, 10'dur.

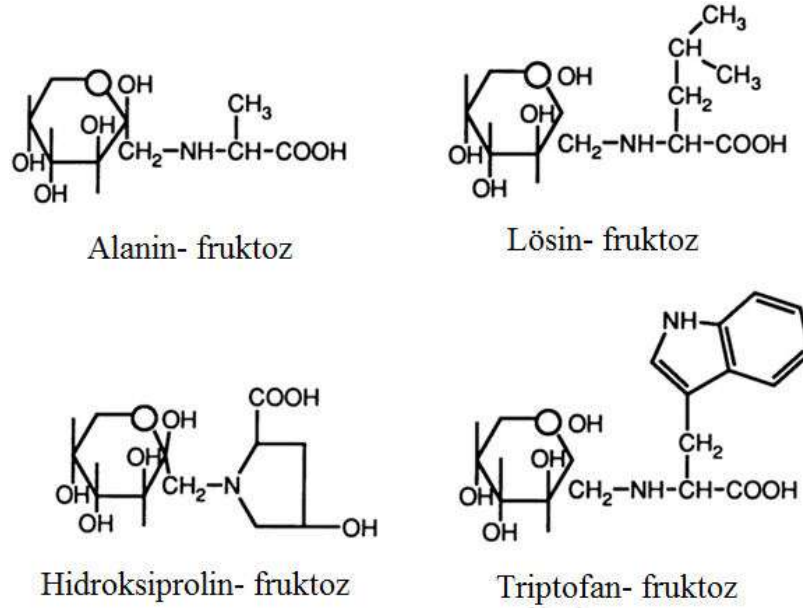
Gıdalarda kalite kaybına neden olan reaksiyonlarda sıcaklığın her 10°C'lik artışında reaksiyon yaklaşık 2 kat ($Q_{10}=2$) hızlanırken, Maillard reaksiyonunda sıcaklıktaki 10°C'lik artış, reaksiyonun 4–8 kat ($Q_{10}=4–8$) hızlanmasına neden olmaktadır. Maillard reaksiyonu, özellikle orta nemli meyve ve sebzeler ile, turuncu ürünlerinde istenmeyen esmerleşmelere neden olmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz 2002). Kurutma ve depolama sırasında, kurutulmuş gıdalarda oluşan Maillard reaksiyonu, aminoasit ve indirgen şekerlerin substrat olarak kullanılması nedeniyle besin değerinde, oluşan esmerleşme ürünleri (melanoidin, piroller, akrilamid) nedeniyle de duyusal kalitede azalmaya neden

olduğu için önemlidir (Leite vd. 2007). Maillard reaksiyonu, gıdalardaki indirgen şekerlerin aldehit ya da keton gruplarıyla, aminoasitlerin α -amino grubundaki azotun reaksiyonu ile oluşmaktadır (Lambers vd. 2008, Eskin 2012). Maillard reaksiyonunun başlıca basamakları aşağıda verilmiştir.

- *Karbonilamino reaksiyonu*; gıdalardaki indirgen şekerlerin yapısında bulunan aldehit ya da keton gruplarındaki karbonil grubu ile aminoasitlerin amino grubundaki azot su kaybederek reaksiyona girer ve bu reaksiyon sonucu Schiff bazı açığa çıkmaktadır. Bu reaksiyon geri dönüşümlüdür. Bu reaksiyonun ardından Schiff bazı halka yapı kazanarak N-substituted glukozilamin oluşturmaktadır.
- *Amadori dönüşümü*; N-substituted glukozilamin stabil bir bileşik olmadığı için bir çok değişime uğrar. Bu değişimlerden bir tanesi de, N-substituted glukozilaminin 1-amino-1-deoksi-2-ketoza dönüşmesidir. Amadori dönüşümü aldozun ketoza dönüştüğü reaksiyondur. Ancak; ortamda aldoz değil de ketoz varsa, ketozilamin oluşur ve oluşan bu bileşik de Heyns düzenlemesiyle 2-amino-2-deoksi aldoz'a dönüşür. Amadori reaksiyonu ürünlerinin gıdanın rengi ve tadı üzerine bir etkisi yoktur. Ancak; α -amino grupları bağlı formda oldukları için, vücut bu bağlı aminoasitlerden besin olarak yararlanamaz, bu da gıdanın besin değerinin düşmesine neden olur (Sanz vd. 2001).
- *Pigment oluşumu*;
Amadori bileşikleri yolu üzerinden pigment oluşumu; ortam pH'sının düşük ya da yüksek olmasına göre iki yolla gerçekleşir. Ortam pH'sı yüksekse (pH>7); 1-amino-1-deoksi-2-ketoz'dan 2,3-enediol ve ardından da birinci karbon atomundan amin grubunun ayrılmasıyla metildikarbonil bileşiği oluşmaktadır. Bu bileşiğin parçalanmasıyla α -dikarbonil bileşikleri oluşmaktadır. Ortam pH'sı düşük (pH<7) ise, 1-amino-1-deoksi-2-ketoz'dan 1,2-eneaminol oluşur. Oluşan bu bileşikler, daha sonra polimerize olarak, kahverengi bileşikler oluşur.

Strecker degradasyonu; Amadori bileşiklerinden oluşan α -dikarboniller ile diğer konjuge dikarbonil bileşikler, aminoasitlerle reaksiyona girerek kahverengi pigment oluşumu için gerekli indirgen bileşikleri oluştururlar. Strecker degradasyonu sonucu oluşan aldehitler, tat üzerine etkilidir. Bağdatlıoğlu ve Hışıl (1993) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı Strecker aldehitleri; küf, yanmış hindi aroması gibi aromalarla tanımlanırken; bazıları hoş ekmek aroması ve çiçek aromalarıyla tanımlanmıştır. Oluşan ara ürünlerin kondenzasyonu sonucu pirazinler ve piroller gibi heterosiklik bileşikler de oluşur. Piroller, etlerde istenmeyen aromaya (kokuya) neden olurken, pirazinler ise, hoş ve istenen gıda aroması verirler. Ayrıca; Strecker degradasyonu sonucunda, CO_2 ve NH_3 de oluşmaktadır.

- Maillard reaksiyonunun son aşamasında şekerlerin parçalanması ile furfural bileşikleri oluşur. Bu bileşikler de aldol kondenzasyonu ve polimerizasyonla kahverengi melanoidin pigmentlerine dönüşür.



Şekil 2.3 Amadori dönüşüm ürünleri (Eskin 2012)

2.3 Kükürt Dioksit ve Kullanım Alanları

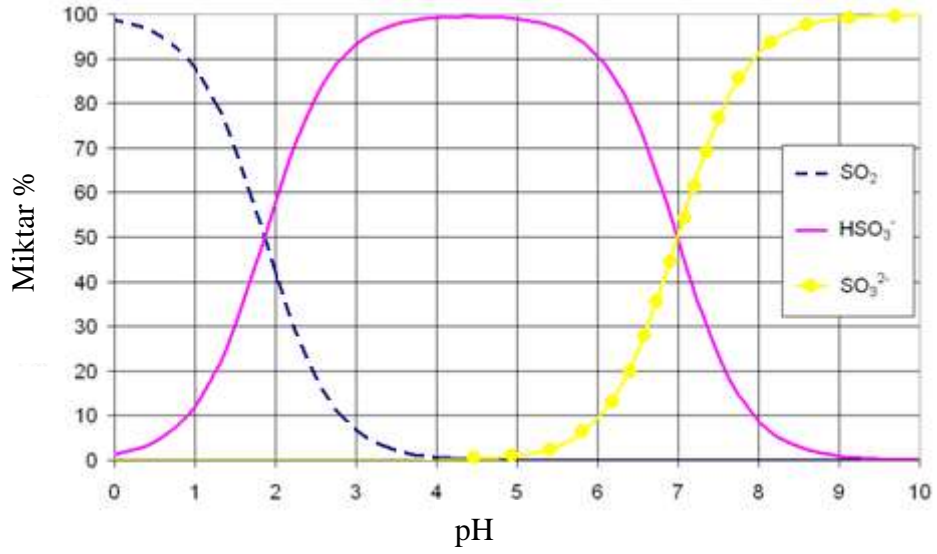
Kükürt dioksit (SO_2) ve parçalandığı zaman SO_2 veren kükürt tuzları (sülfidler) günümüzde en çok kullanılan katkı maddeleridir. Türk Gıda Kodeksinde izin verilen maksimum SO_2 miktarı; kurutulmuş kayısı, şeftali, üzüm, incir ve erik için 2000 mg/kg'dır. SO_2 , başta meyve ve sebzelerin parlak renklerini korumak için kullanılmaktadır. Bunun dışında, mikrobiyal gelişimi önlemek, rengi açmak ve fumigasyon gibi nedenlerle taze, kuru ve dondurulmuş bitkisel ürünlerde kullanılmaktadır. Tahıl ürünlerinde bisküvilik unun kalitesini arttırmak ve aflatoxin parçalanması gibi özel amaçlarla da SO_2 kullanılmaktadır. Ancak et ürünlerinde, tiyamini hızla parçaladığı için kullanımına izin verilmemektedir.

Gıda ürünleri, SO_2 ile muamele edildiğinde, gıdadaki su ile SO_2 reaksiyona girerek sülfüroz asidi (H_2SO_3) oluştururlar (2.1 No'lu eşitlik).



Sülfüroz asit, hidrojen iyonu vererek hidrojen sülfid (HSO_3^-) ve sülfid (SO_3^{-2}) iyonlarını oluşturur. Böylece, SO_2 , ortamda H_2SO_3 , HSO_3^- ve SO_3^{-2} formlarında bulunur. H_2SO_3 'in HSO_3^- ve SO_3^{-2} 'e indirgenmesiyle ortamdaki H^+ iyonu konsantrasyonu artar ve böylece pH düşer (2.2 ve 2.3 No'lu eşitlik) (Anonymous 2012).





Şekil 2.4 SO₂ ve sülfid (HSO₃⁻ ve SO₃²⁻) miktarlarına göre pH değerindeki değişim (Anonymous 2012)

SO₂ ve sülfidlerin; E kodları, E220–228'dir. Her iki kükürt bileşiği için de, ADI değeri (0–0.7 mg/kg yaş ağırlık) mevcuttur (Anonymous 2010). Ayrıca SO₂, GRAS listesinde 2. statüde yer almaktadır. Bu statüde, gıda katkı maddesi, halihazırda kullanılan ve geçerli olan miktarlarda tehlikeli olup olmadığına karşı herhangi bir veri bulunmayan katkı maddeleridir. Ayrıca; bu statüdeki katkı maddesi, tüketimde önemli bir artışın diyetle bir tehlike teşkil edip etmeyeceğini ek veriler olmadan tespit edilmesi mümkün olmayan katkı maddeleridir.

2.4 Kuru Kayıslarda Kükürt Dioksitin Esmerleşme Üzerine Etkisi

SO₂ ve sülfidler, gerek esmerleşmeyi önlemekte gerekse de esmerleşme sonucu oluşan esmer rengi açmakta kullanılan bilinen en etkili katkı maddeleridir. Bununla birlikte, kükürdün esmerleşmeyi hangi mekanizma ile inhibe ettiği tam olarak aydınlatılmamıştır (Lindsay 1985). Farklı esmerleşme reaksiyonları için farklı inhibisyon teorileri bulunmaktadır.

Kuru kayısılarda meydana gelen esmerleşmeye, PPO katalizörlüğünde gerçekleşen enzimatik esmerleşmenin ya da enzimatik olmayan Maillard reaksiyonunun neden olduğu düşünülmektedir. Bilindiği gibi enzimatik esmerleşme zarar görmemiş bitki hücrelerinde gerçekleşmemektedir. Zira PPO sitoplazmada bulunurken, polifenoller vakuollerde bulunurlar. Ancak; SO₂ gazına maruz bırakılan kayısıda hücre yapısı bozulmakta ve böylece PPO ve polifenoller karşılaşma olanağı bulmaktadırlar. Enzimatik esmerleşmenin, kükürdün; ya PPO enzimini inhibe ederek ya da O-kinonu daha stabil olan 1,2-dihidroksibenzene indirgenmesiyle önlendiği ileri sürülmektedir (Isaac vd. 2006).

Kükürtleme işlemi sonunda kayısılar yaklaşık 6 667–10 000 mg/kg düzeyinde SO₂ içermektedir. Buna karşın, kurutma işlemi tamamlandığında, kükürtlenmiş kayısılar içerdikleri SO₂ konsantrasyonunun yaklaşık %70–80'nini kaybetmektedirler (Özkan vd. 2009). Kurutulmuş meyve ve sebzelerde, 1600 mg/kg düzeyinde SO₂'nin PPO aktivitesini durdurduğu ortaya konulmuştur (Türkyılmaz 2011). Bu durumda, kükürtleme işlemi sonunda, kayısıların yüksek SO₂ içeriği nedeniyle PPO aktivitesi tamamen duracaktır. Bilindiği üzere, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan O-kinonlardan esmer renkli melanoidin pigmentleri oluşmaktadır. Ancak, Özkan vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, kükürtleme sonrasında 4 062 mg/kg, kurutma sonrasında ise, 1 081 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren Hacihaliloğlu çeşidi kayısıların, bu prosesler sonunda 2 904 mg/kg düzeyinde polifenol kaybettiği saptanmıştır. Bu miktarın tamamı PPO tarafından O-kinonlara dönüştürülse dahi, kükürtlemeden hemen sonra kayısıların sahip olduğu yüksek SO₂ konsantrasyonunun O-kinonları bağlamaya yeterli olacağı ve enzimatik esmerleşmenin otokatalitik olarak ilerlemesinin duracağı açıktır. Ayrıca bilindiği gibi; ortamın suda çözünür kuru madde ve pH değeri de, PPO aktivitesini etkilemektedir. PPO aktivitesi, %50 oranında glukoz, fruktoz ya da maltoz varlığında %80 oranında azalmaktadır (Türkyılmaz 2011). Suda çözünür kuru madde oranı %70–75 arasında olan kuru kayısılarda, yüksek şeker konsantrasyonu nedeniyle PPO aktivitesinin önemli düzeyde düşeceği açıktır. Ayrıca, kuru kayısıların pH değeri, içerdikleri SO₂ konsantrasyonuna bağlı olarak, 3.80–4.58 arasında değişmektedir (Voi vd. 1995). PPO enziminin optimum aktivite gösterdiği pH değeri 6–7 ve kayısıların da pH değeri 4.5'in altında olduğu için, enzimatik esmerleşme

kayısıllarda önemli ölçüde kontrol altına alınabilmektedir. Bu durumda, özellikle SO₂ içeren kuru kayısıllarda pH değeri, PPO aktivitesi için uygun değildir.

SO₂ içeren kuru kayısıllarda, kükürdün, Maillard reaksiyonunu, bu reaksiyonun substratı olan indirgen şekerlere nükleofilik olarak bağlanarak önlediği düşünülmektedir. Ancak bu teoriye göre; kuru kayısıllarda bulunan SO₂ uzaklaştıkça, indirgen şekerler Maillard reaksiyonuna uygun hale gelecektir. Bu durumda kayısıda gerçekleşen esmerleşme hızı ile SO₂ kayıp hızının birbirine yakın olması gerekirdi. Bu konuda yapılan bir çalışmada, farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısılların SO₂ kaybına ve esmerleşme düzeyine ilişkin Q₁₀ değerleri karşılaştırılmış ve depolama sıcaklığındaki 10°C'lik artışın esmerleşme hızını, SO₂ kayıp hızından 1.4 kat daha fazla arttırdığı belirlenmiştir (Türkyılmaz 2011). Bu sonuçlar esmerleşmenin sadece Maillard reaksiyonundan kaynaklanmadığı göstermektedir.

2.5 Esmerleşme Reaksiyonlarına Etki Eden Faktörler

2.5.1 pH

SO₂ ve sülfidler, sulu çözeltilerde ya da gıdadaki suyla reaksiyona girdiğinde iyonlarına ayrışarak, ortama H⁺ iyonu vermektedir. Böylece ortamın ya da gıdanın pH değeri düşmektedir. “**2.3 Kükürt Dioksit ve Kullanım Alanları**” bölümünde de belirtildiği gibi SO₂ ilave edilmiş bir ortamda, kükürt; H₂SO₃, HSO₃ ya da SO₃⁻² formlarında bulunur. H₂SO₃'in HSO₃⁻'e indirgenmesiyle ortamdaki H⁺ iyonu konsantrasyonu artar ve böylece pH'da azalma meydana gelir.

Maillard reaksiyonu, alkali ortamda hızlı gerçekleşen bir reaksiyon olup, optimum pH'sı 10'dur (Eskin, 2012). Düşük pH'larda amino grubunun protonlanmasıyla glukozilamin oluşması önlenir (Burdurlu ve Karadeniz 2002). Böylece ortam pH'sı düşürülerek esmerleşme reaksiyonu kontrol altına alınabilir. Maillard reaksiyonunun her

bir aşamasının hızı, ortam pH'sına göre değişir. Reaksiyon aşamaları, “**2.2.2 Enzimatik olmayan esmerleşme**” bölümünde açıklanmıştır.

Enzimatik esmerleşme ise, enzimatik olmayan Maillard esmerleşmesine göre, nötr pH'da gerçekleşmekte olup, bu reaksiyonun optimum pH'sı, 5–7'dir. Ortama malik asit, sitrik asit gibi organik asitlerin ilavesiyle ortam pH'sı düşürülerek enzimatik esmerleşme reaksiyonu kontrol altına alınabilir.

2.5.2 Sıcaklık

Birçok kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonda olduğu gibi esmerleşme reaksiyonları da sıcaklığın artmasıyla artar. Maillard reaksiyonu sonucu oluşan esmer pigmentler, ürünün uzun süre yüksek sıcaklıkta proses edildiğini ya da depolandığını göstermektedir. Sıcaklığın her 10°C'lik artışında, Maillard reaksiyonu 4–8 kat artar (Buldurlu ve Karadeniz 2002). Vega-Galvez vd. (2009) tarafında kurutulmuş biberlele yapılan bir çalışmada sıcaklığın 50°C'den 90°C'ye arttırılmasıyla Maillard reaksiyonu 4 kat hızlandığı belirlenmiştir. Depolama sıcaklığı da pH gibi düşürülerek, Maillard reaksiyonunun kontrol altında tutulması sağlanabilir.

Enzimatik esmerleşmede ise, reaksiyon hızı 40°C'ye kadar artar 40°C'den sonra, PPO enziminin inaktive olmasıyla azalmaya başlar. 50°C'de yapılan kurutma işleminde PPO enzimi inaktif hale gelse de enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu devam etmektedir (Hidalgo vd. 1999, McCord ve Kilara 2006). Raynal vd. (1989) tarafından kuru erik üzerinde yapılan bir çalışmada farklı sıcaklıklarda kurutulan eriklerin PPO aktiviteleri incelenmiş, kurutma sıcaklığı arttıkça PPO'nun daha hızlı inaktive olduğu kaydedilmiştir. 55°C'de kurutulan erikler PPO aktivitesini 8h'de kaybederken, 75°C'de kurutulan erikler 4h'te kaybetmektedir.

2.5.3 Su aktivitesi (a_w)

Özellikle kurutulmuş gıdalarda, su aktivitesinin düşmesi gıdayı hem mikrobiyal bozulmalardan hem de esmerleşme reaksiyonlardan korur. Maillard reaksiyonu için optimum a_w , 0.6–0.7 arasında iken, enzimatik esmerleşme reaksiyonu için optimum a_w , 1 olup, a_w arttıkça enzimatik esmerleşme reaksiyon hızı artar (Koskinen and Klivanov, 1996). Türkyılmaz (2011) tarafından kuru kayısılar üzerine yapılan bir çalışmada kuru kayısı örneklerinin a_w değerleri 45 gün gibi çok kısa sürede düşmüş Maillard reaksiyonu için optimum olan aralıktan uzaklaşmıştır ($a_w=0.386–0.499$). Coşkun (2010) tarafından yine kuru kayısılarda yapılan bir çalışmada örneklerin a_w değeri genel olarak 0.6–0.7 aralığında kalmış ve 30°C’de 12 ay depolanan örneklerde 1.20–8.12 mg/kg düzeyinde HMF’ye rastlanmıştır.

2.5.4 Gıda bileşenleri

Şekerler: Özellikle meyvelerde bol miktarda bulunan şekerler gıdalardaki enzimatik olmayan esmerleşmenin nedenlerinden biridir. Gıdadaki şekerin miktarı, karbon sayısı, çeşidi, gıda kompozisyonundaki dağılımı, gerçekleşen esmerleşme reaksiyonun hızını etkilemektedir (Wolfrom vd. 1974, Korbel vd. 2013). Öncelikle Maillard reaksiyonunun gerçekleşebilmesi için, gıdadaki şekerin mutlaka indirgen şeker olması gerekir. Bunun dışında, Maillard reaksiyonuna; aldozlar, ketozlardan; pentozlar, heksozlardan daha kolay girerler (Hodge 1953, Lambets vd. 2008). Korbel vd. (2013) tarafından kurutulmuş mangolarla yapılan bir çalışmada, indirgen olmayan sakarozun esmerleşme reaksiyonuna girmeyip; ancak fruktoz ve glukozu parçalandıktan sonra esmerleşme reaksiyonuna girebildiği saptanmıştır. İndirgen şekerler arasında ise, glukozun, fruktoza göre daha kolay reaksiyona girdiği saptanmıştır (Korbel vd. 2013).

Farklı olgunluk düzeylerindeki, yani farklı miktarlarda şeker içeren, muzların kurutulması süresince gerçekleşen esmerleşme düzeyi belirlenmiştir (Baini ve Langrish 2009). Taze muzların şeker miktarları; ham muz için 0.06 g şeker/g muz; olgun muz için 0.15 g şeker/g muz ve aşırı olgun muz için 0.16 g şeker/g muz olarak saptanmıştır. Şeker oranı önemli düzeyde fazla olan olgun ve aşırı olgun muzlar, şeker oranı çok daha az olan ham muzlara göre daha hızlı bir şekilde esmerleşmiştir.

Aminoasitler: Aminoasitler de şekerler gibi Maillard reaksiyonuna katılmakta ve esmerleşmeye neden olmaktadır. Aminoasitlerin çeşidi ve kaynağının Maillard reaksiyonu üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. Aminoasit ve şekerlerin Maillard reaksiyonu üzerine etkilerinin belirlendiği bir çalışmada (Lambers vd. 2008), aminoasitler esmerleşme reaktivitelerine göre üç gruba ayrılmıştır. Lizin, trozin, triptofan ve glisin hızlı; alanin, lösin, izölösün, valin ve fenilalanin orta ve histidin, arjinin, serin, treonin, aspartik asit, glutamik asit ve sistein en az düzeyde esmerleşmeye neden olmaktadır. Armutlar üzerine yapılan bir çalışmada (Coimbra vd. 2011), örnekler dört farklı yöntemle kurutulmuş, serbest ve bağlı aminoasit dağılımı incelenmiştir. Kurutma işlemi sonucu serbest prolin miktarında bir artış görülürken, serbest aspartik asit ve glutamik asit miktarında ise, azalma saptanmıştır. Ancak; bağlı aminoasitlerde böyle bir azalışa rastlanmamıştır. Bağlı aminoasit içeriğinde sadece lizin miktarı kayda değer bir şekilde azalmış ve bu durum furosin artışı ile ilişkilendirilmiştir. Sanz vd. (2001) tarafından kurutulmuş üzümde yapılan bir çalışmada ise, aminoasitlerin depolama sırasında sürekli azaldığı ve bu aminoasitlerin amadori bileşiklerinin oluşumunda kullanıldığı kaydedilmiştir.

Polifenoller: Enzimatik esmerleşmenin substratı olan polifenoller; meyve, sebze ve deniz ürünlerinde sıklıkla bu reaksiyonların gerçekleşmesine neden olmaktadır. PPO enzimleri, hidroksilasyon ve oksidasyon olmak üzere iki ayrı reaksiyonu katalize ederler. Enzimatik esmerleşme reaksiyonunun hızını; sıcaklık, pH, oksijen konsantrasyonu ve su aktivitesi gibi faktörlerin dışında, hem gıdada bulunan PPO çeşidi hem de substratın yani polifenolün cinsi etkiler. Muz, patates gibi gıdalarda bulunan PPO'lar sadece O-difenollere etki ederek oksidasyon reaksiyonunu katalizlerken, monofenollere etki etmezler. Elma, üzüm gibi gıdalarda hem hidroksilasyon hem de oksidasyon

reaksiyonlarının katalize eden PPO'lar bulunur (Pekyardımcı 1992). Çizelge 2.2'de bazı gıdalarda önemli düzeyde bulunan polifenoller verilmiştir.

Çizelge 2.2 Bazı gıdalarda bulunan polifenoller

Meyve	Fenolik bileşikler
Elma	klorojenik asit, epikateşin, kafeik asit, p-kumarik asit,
Kayısı	kuersetin, kafeik asit, ferulik asit, klorojenik asit, kateşin, epikateşin, p-kumarik asit türevleri, rutin
Muz	kateşol, kateşin, gallik, kafeik, klorojenik, ferulik, ve sinamik asit
Üzüm	Kateşin, epikateşin, epikateşingallat, kuersetin
Mango	dopamin-HCl, 4-metil kateşol, kafeik asit, kateşol, kateşin, klorojenik asit, tirozin, DOPA, p-kresol
Armut	klorojenik asit, kafeik asit,
Çay	flavanoller, kateşinler, taninler

Ülkemizde en fazla yetiştirilen kurutmalık kayısı çeşitlerinden Kabaası çeşidi kayısılarda, kurutma işlemi sonucunda %26'lık, Hacihaliloğlu çeşidi kayısılarda ise, %11'lik bir azalma görülmüştür (Türkyılmaz vd. 2014). İki kayısı çeşidinin fenolik madde dağılımı incelendiğinde, ikisinde de klorojenik asit başat fenolik madde olduğu, buna karşın Kabaası çeşidinde ferulik asit, kafeik asit ve epikateşin; hacihaliloğlundaki ise, rutin ve kuersetinin daha fazla bulunduğu saptanmıştır. Bu durum Kabaası cinsi kayısıda bulunan polifenollerin enzimatik esmerleşme için daha uygun olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Coşkun vd. 2013)

Organik Asitler: Meyve ve sebzelerde en çok bulunan organik asitler, malik ve sitrik asittir. Organik asitler hem enzimatik hem de enzimatik olmayan reaksiyonlarda rol oynarlar. Fumarik ve sitrik gibi organik asitler meyvelerin pH'sını düşürerek, enzimatik reaksiyonların özellikle meyvelerde gerçekleşmesini engellerler. Böylece PPO aktivitesi azalmış olur (Altunkaya 2014). Diğer yandan malik, okzalik, tartarik ve süksinik asit gibi organik asitler enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının bir ara ürünü olan HMF oluşumuna da katkı sağlamaktadır (Burdurlu ve Karadeniz 2002).

Kuru kayısılar üzerine yapılan bir çalışmada, esmerleşme ile organik asit miktarı arasında yüksek düzeyde bir korelasyon ($r=0.833$) bulunmuştur (Türkyılmaz vd. 2014).

2.6 Yasal Düzenlemeler

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne (2013) göre, SO₂ ve sülfidlerinin birçok gıdada kullanımına izin verilmektedir. Bu gıdalar; kurutulmuş mantar, zencefil, meyve ve sebzelerdir. Söz konusu bu gıdalarda izin verilen maksimum SO₂ miktarı 50 ile 2 000 mg/kg (veya mg/L) arasında değişmektedir. Kuru kayısılarda bu miktar, 2 000 mg/kg'dır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Kayısı

Bu çalışmada, Malatya ilimizde yetiştirilen birçok kurutmalık kayısı çeşidi arasından (Hacıhaliloğlu, Kabaası, Çataloğlu, Çöloğlu), ülkemiz ticari kayısı üretiminin %65'ini oluşturan Hacıhaliloğlu çeşidi kayısılar seçilmiştir. Kayısların hasadı, kükürtlenmesi ve kurutulması amacıyla, 21–23/06/2014 tarihleri arasında bizzat Malatya'ya gidilerek “3.2 Yöntem” bölümünde belirtildiği şekilde kükürtleme ve kurutma işlemleri yapılmıştır. Araştırmamızda kullanılan kayısılar, çalışmamızı gerçekleştirdiğimiz 2014 yılında ilkbaharda yaşanan ve %95 oranında kayıpla sonuçlanan don olayı sonucunda kayısı hasatının yapılabildiği tek bölge olan Malatya'nın Boğaz Mevkiinden temin edilmiştir.

3.1.2 Kimyasallar

Kuru kayısılardaki şeker ve aminoasitlerin HPLC yöntemleriyle tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi amacıyla kullanılan standartlar, Sigma firmasından (St. Louis, MO, A.B.D) temin edilmiştir. Şeker standartları olarak, “sakaroz, glukoz, fruktoz ve sorbitol standartları,” aminoasit standardı olarak ise, “aspartik asit, glutamik asit, glisin, alanin ve valin standartları” kullanılmıştır. Furosin standardı, PolyPeptide Group (Strasbourg, Fransa), HMF standardı ise, Merck (Darmstad, Almanya) firmasından temin edilmiştir. HPLC analizlerinin ekstraksiyon aşamalarında kullanılan tüm solventler, HPLC saflığında (HPLC grade) olup, Merck firmasından temin edilmiştir. Kuru kayısılarda yapılan diğer analizlerde; analitik ya da yüksek saflıkta (Merck) kimyasallar kullanılmıştır. Tüm analizlerde, ultra saflıkta su (özdirenci: 18.2 MΩ-cm) kullanılmıştır (Millipore Simplicity UV, Molsheim, Fransa).

3.2 Yöntem

3.2.1 Materyalin hazırlanması

Materyalin kükürtlenmesi: Yaş kayısılar hasat edilir edilmez, kükürtleme işleminin yapılacağı Yaka Köyü'ndeki bir kayısı bahçesine getirilmiştir. Öncelikle çürük, zedelenmiş, aşırı olgun ve ham kayısılar ayıklanmış, olabildiğince homojen bir kitle elde edilmiştir. Yaş kayısılar tek sıra halinde plastik kerevetlere (60 x 80 x 10 cm, genişlik x uzunluk x yükseklik) dizilmiş ve her bir kerevete yaklaşık 8.5 kg yaş kayısı konulmuştur (Şekil 3.1). Kerevetler (12 adet) üst üste tekerlekli bir vagona dizilerek, kükürtleme odasına alınmıştır (Şekil 3.2). Bu amaçla, SO₂ sızdırmazlığı sağlanmış, 130 x 167 x 267 cm (genişlik x uzunluk x yükseklik) ebatlarında ve birbirleriyle aynı özelliklere sahip olan iki farklı kükürtleme odasında sıvılaştırılmış SO₂ gazından yararlanılarak kükürtlenme işlemi yapılmıştır. SO₂ gazının odalara eşit dağılımını sağlamak için odaya bir fan yerleştirilmiştir. Ayrıca odanın sıcaklığı da dijital bir gösterge ile oda dışından takip edilmiştir. Odaya verilen kükürt miktarı, bir kantar üzerindeki sıvı SO₂ tüpünün ağırlığındaki azalma izlenerek kontrol edilmiştir. Kükürtleme odasına hedeflenen düzeyde (300 ya da 500 g) SO₂ gazının verilmesinden sonra SO₂ tüpünün vanası kapatılmış ve kayısılar farklı sürelerde SO₂ gazı atmosferinde tutularak kükürtleme işlemi tamamlanmıştır. Böylece, yaş kayısılar 300 g SO₂ gazı atmosferinde 30, 45, 180 ve 360 dak. tutularak, kurutma işlemi sonunda; kuru kayısıların sırasıyla 451, 832, 1 594 ve 2 112 mg/kg düzeyinde SO₂ içermeleri sağlanmıştır. Benzer şekilde, yaş kayısılar 500 g SO₂ gazı atmosferinde 14 h tutularak, kurutma işlemi sonunda; kuru kayısıların 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içermesi sağlanmıştır. Bu SO₂ değerlerine ulaşmak için 20 tane farklı kükürtleme işlemi yapılmıştır.

Materyalin kurutulması: Kükürtlenen yaş kayısılar “sergen” olarak adlandırılan sergi yerleri (kurutma alanı) üzerine alınarak güneşte kurutulmuştur (Şekil 3.3). Halen Malatya'da kayısı kurutulmasında uygulandığı şekilde, 3. gün sonunda kısmen kurumuş kayısıların çekirdekleri tek tek el ile çıkarılmış (pıtlatma), şekil verilmiş (patikleme) ve

şekil verilen kayıların nem içeriği yaklaşık olarak %20'ye dūşene kadar tekrar sergi alanında 2–3 gün daha güneşte kurutmaya bırakılmıştır.



Şekil 3.1 Kerevetlere dizilmiş bir sıra kayısı



Şekil 3.2 Kerevetlerin vagon halinde islim odasına yerleştirilmesi



Şekil 3.3 Kayısıların sergen yerlerine serilmesi

Örneklerin ambalajlanıp depolanması: Farklı miktarlarda SO₂ içeren kuru kayısılar, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne getirilmiştir. Olabildiğince homojen bir örnek kitlesi elde etmek için, kurutulmuş kayısılar ikinci kez seçme işlemine tabi tutulmuş ve böylece çürük, zedelenmiş, aşırı nemli ve aşırı kuru kayısılar ile örnek kitlesinden farklı renkteki (açık ya da koyu renkli) kuru kayısılar ayıklanmıştır. Nemin dengeye gelmesi için 50 L'lik ağzı tam olarak kapanabilen plastik kaplar içerisine kükürtlenip, güneşte kurutulan kayısılar yerleştirilmiş ve 20°C'de 1 ay süreyle bekletilmiştir. Denge nemine getirilen örneklerde SO₂ analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre, hedeflenen SO₂ konsantrasyonlarına (500, 1 000, 1 500, 2 000 ve 3 000 mg/kg) en yakın düzeyde SO₂ içeren örnekler (451, 832, 1 594, 2 112 ve 3 241 mg/kg) tespit edilmiştir. Bu örnekler; Malatya'da yaygın olarak kullanılan plastik ambalajlara konularak, ağızları sıcak kapama yöntemi ile kapatıldıktan sonra, 5°, 20° ve 30°C'de sıcaklık kontrollü inkübatörlerde (Sanyo MIR 253, Osaka, Japonya) 1 yıl süresince depolamaya bırakılmıştır. Kayısıların kükürtlenmesi, kurutulması ve üretilen kuru kayısıların ambalajlanıp depolanmasına ilişkin akış diyagramı şekil 3.4'de verilmiştir. Denge nemine getirilen kayısılarda depolamadan önce nem analizi yapılmış, depolama dönemlerinde bu nem miktarlarına (başlangıç nem miktarları) göre, nem miktarları hesaplama yolu ile belirlenmiştir.

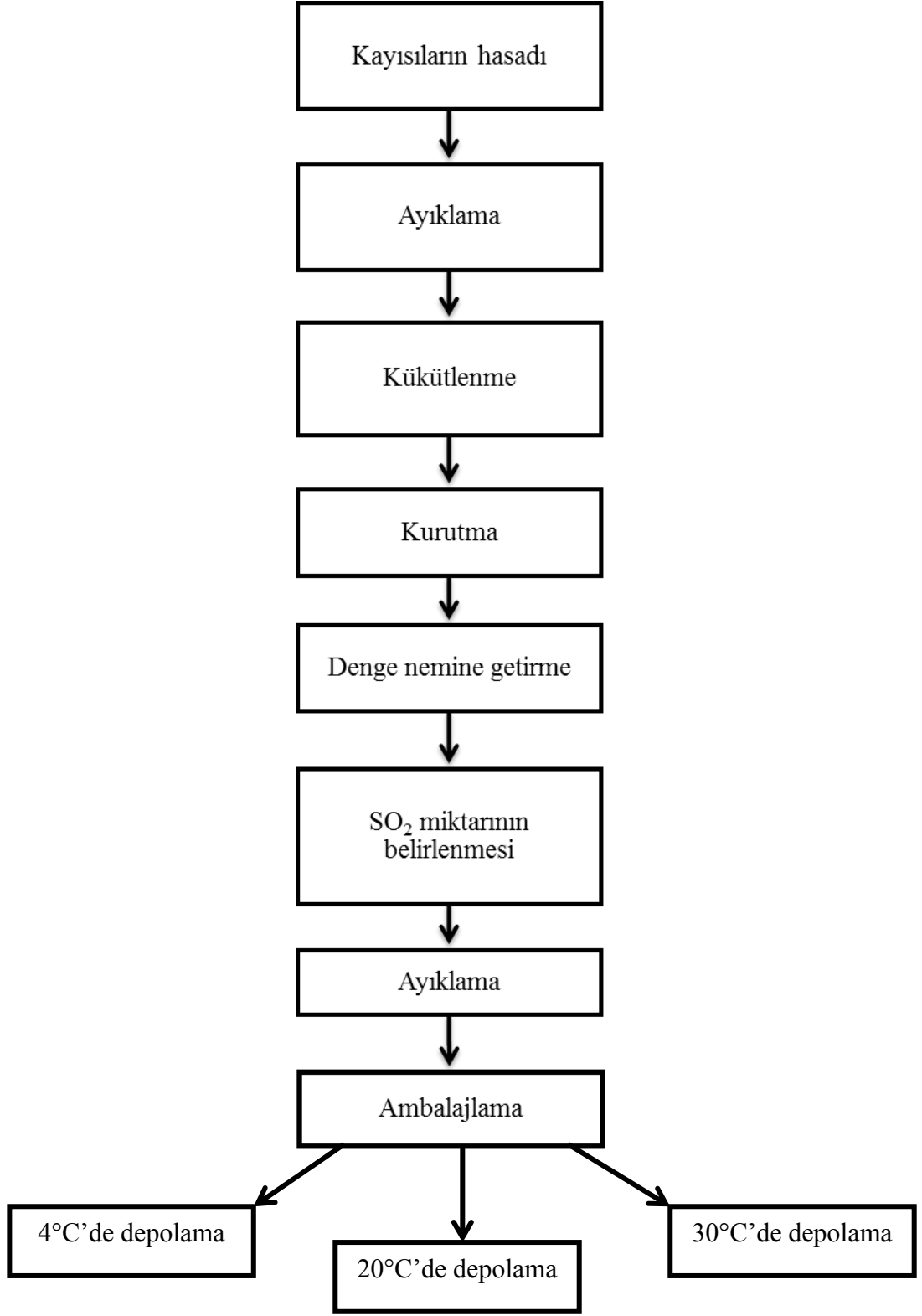
3.2.2 Fiziksel analizler

3.2.2.1 Nem tayini

A.O.A.C (2000) tarafından önerilen 920-149 No'lu gravimetrik yonteme göre yapılmıştır. Bu amaçla kuru kayısı örnekleri 4 mm çapında delikleri bulunan ayna kullanılan kıyma makinesinden (Tefal Maxi Power 1800 W, Fransa) geçirilmiş, kitlenin homojenliğini sağlamak için her çekimden sonra kitle, plastik tek kullanımlık eldiven giyilerek elle yoğrulmuştur. Tüm analizlerde kıyma makinasından geçirilerek homojen hale getirilen kuru kayısı kitlesi, örnek materyali olarak kullanılmıştır.

Nem tayininde; 85 mm çapında alüminyum tartım kaplarına 2'şer g yıkanmış ve yakılmış deniz kumu tartılmıştır (Mettler Toledo XS 205, Greinfensee, İsviçre). Tartım kapları, kapakları açık bir şekilde $110^{\circ}\pm 1^{\circ}$ 'deki etüvde (Memmert ULM 500, Schwabach, Almanya) 2 h süreyle kurutulmuştur. Bu süre sonunda kapların kapakları kapatılarak desikatörde soğutulmuş, ardından deniz kumu içeren kapların daraları kaydedilmiştir.

Darası alınan tartım kaplarına hassas terazi (Mettler Toledo XS 205) yardımıyla homojen hale getirilmiş kuru kayısı kitlesinden $5\text{ g}\pm 0.001\text{ g}$ tartılmış ve üzerine bir miktar ılık damıtık su ilave edilmiştir. Bir cam baget yardımıyla deniz kumu ve örnek bulamaç haline getirilmiş ve böylece örneğin yüzey alanında artış sağlanmıştır. Cam bagetler yeteri kadar damıtık su ile tartım kabına yıkanarak örnek kaybı nlenmiştir. Kurutma kapları öncelikle 95°C 'lik su banyosunda (Memmert WB 14, Schwabach, Almanya) yüzeyindeki su buharlaşana kadar, daha sonra vakumlu etüvde (Heraeus VT 6025, Hanau, Almanya) $70^{\circ}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 100 mm Hg basınç altında sabit ağırlığa gelene kadar 16 h süreyle kurutulmuştur.



Şekil 3.4 Kuru kayısı üretim ve depolamasına ilişkin akış diyagramı

Kurutma sırasında etüve nemi azaltılmış hava sürekli olarak verilmiştir. Bu amaçla dış ortam havası, içerisinde nem tutucu olarak sülfürik asit (H_2SO_4) bulunan bir şişeden saniyede 2 kabarcık oluşturacak şekilde geçirildikten sonra vakumlu etüve verilmiştir. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra tartım kapları desikatörde soğutulup, hassas terazide tartılmıştır. İlk ve son tartım arasındaki farktan, örneğin nem miktarı “%” olarak hesaplanmıştır. Nem analizleri, 2 paralel olarak yürütülmüştür.

3.2.2.2 Su aktivitesi tayini

Örneklerin su aktivitesi değerleri, su aktivitesi ölçüm cihazı (Aqualab 4TE, Pullman, WA, A.B.D.) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümlerden 1 gün önce, homojen haldeki kuru kayısı örnekleri sıcaklık kontrollü bir inkübatöre (Sanyo MIR 253) yerleştirilerek sıcaklıklarının $25^{\circ}C$ 'ye gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra, kuru kayısı örnekleri, plastik kaplara konulduktan sonra, cihaza yerleştirilmiş ve sıcaklığın dengeye ulaşılması için bir süre beklenmiştir. Dengeye ulaşıldıktan sonra, örneklerin su aktivitesi belirlenmiştir.

3.2.2.3 pH tayini

pH değeri, potansiyometrik olarak pH-metre (Mettler Toledo Seven Compact, Schwerzenbach, İsviçre) ile Cemeroğlu (2010) tarafından önerilen yöntemle belirlenmiştir. Bu amaçla homojen haldeki kayısı kitlesinden yaklaşık 10 ± 0.001 g örnek hassas terazide tartılarak (Mettler Toledo XS 205), 90 mL damıtık su içinde 24 h süre ile $+4^{\circ}C$ 'de rehidrasyona bırakılmıştır. Bu karışım, daha sonra yüksek devirli bir blenderda (Waring Commercial, Torrington, CT, A.B.D.) 3 dak. homojenize edilmiş ve ardından elde edilen homojenat kaba filtre kağıdından filtre edilmiştir. Elde edilen filtrat, hem pH hem de titrasyon asitliği tayinlerinde kullanılmıştır.

3.2.3 Kimyasal analizler

3.2.3.1 Titrasyon asitliği

Titrasyon asitliği, pH-metre ile izlenerek yürütülen elektrometrik titrasyon ile saptanmış ve bu analizde Cemeroğlu (2010) tarafından önerilen işlemler uygulanmıştır. Bu amaçla; “**3.2.2.3 pH Tayini**” nde kullanılan filtrattan 25 mL alınarak, ayarlı 0.1 N NaOH zeltisi ile pH 8.1’e gelene kadar titre edilmiştir. Titrasyon asitliği, kuru ağırlık bazında susuz sitrik asit cinsinden “g/100 g” olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.2 Esmerleşme düzeyinin belirlenmesi

Bu amaçla Baloch vd. (1973) tarafından önerilen ve zkan (2001) tarafından modifiye edilen yöntem kullanılmıştır. Yöntem; esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan kahverengi pigmentlerin %1 formaldehit içeren %2’lik asetik asit çözeltisi ile ekstraksiyonu ve ekstraktta bulunan ve sonuca etki eden karotenoid pigmentlerinin kurşun asetat ve etil alkolle çöktürülmesi esasına dayanmaktadır.

Daha önce tarif edildiği gibi hazırlanarak homojen hale getirilen kayısı kitlesinden 5 g±0.001 g hassas terazide tartılarak, 65 mL %1 formaldehit içeren %2’lik asetik asit çözeltisinin içerisinde 4°C’de bir gece rehidrasyona bırakılmıştır. Rehidrasyon sonucu karışım yüksek devirli blenderde (Waring Commercial) 3 dak. süreyle homojenize edilmiştir. Blender, asetik asit çözeltisiyle iyice yıkandıktan sonra ekstrakt sođutmalđ bir santrifüjde (Sigma 3K 15, Postfach, Almanya) 7 012xg’de 15 dak. süreyle +4°C’de santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen supernatanta 5 mL %10’luk kurşun asetat çözeltisi eklenmiş ve karışım asetik asit çözeltisiyle 100 mL’ye tamamlanmıştır. Karışıma, bir kez daha aynı süre ve devirde santrifüjleme işlemi uygulanmıştır.

Santrifüj sonucunda elde edilen supernatanttan 25 mL alınarak, 50 mL’lik ölçü balonuna aktarılmış ve etil alkol ile hacmine tamamlanmıştır. Bulanıklık ğeleri

7 012xg'de 15 dak. santrifüjlenerek, berrak bir süpernetant elde edilmiş ve kuru kayısı örneklerindeki esmer pigmentleri içeren bu süpernetantta, esmerleşme düzeyi spektrofotometrede belirlenmiştir.

Örnek ekstraktlarının absorbans değeri örnek ve şahidin aynı anda konulabildiği çift hüzmeli bir spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution 201, Cambridge, İngiltere) belirlenmiştir. Absorbans ölçümleri, örneklerdeki esmerleşme düzeyinin belirlenmesi için 420 nm'de, düşük düzeydeki bulanıklığın belirlenmesi için ise, 600 nm'de yapılmıştır. Bu iki dalga boyundaki absorbans ölçümleri, asetik asit şahit çözeltilisine karşı yapılmıştır. Ölçümlerde tabaka kalınlığı 1 cm olan tek kullanımlık küvetler (Brand Gmbh, Postfach, Almanya) kullanılmıştır.

Esmerleşme düzeyi 420 ve 600 nm dalga boylarında okunan absorbans değerleri arasındaki farkın seyreltme faktörü ile çarpılmasıyla, aşağıda verilen 3.1 No'lu eşitlikten hesaplanmıştır.

$$A_{420/g} = \frac{(A_{420} - A_{600}) (S_{f1}) (S_{f2})}{W} \quad (3.1)$$

Yöntemde verilen ölçülere göre, S_{f1} ve S_{f2} değerleri aşağıda verilen eşitliklerle (3.2 ve 3.3) hesaplanmıştır.

$$S_{f1} = \frac{100}{W} \quad (3.2)$$

$$S_{f2} = \frac{50}{W} \quad (3.3)$$

Burada:

S_{f1} ve S_{f2} : Seyreltme faktörleri,

W: Kuru madde bazında örnek miktarı (g)

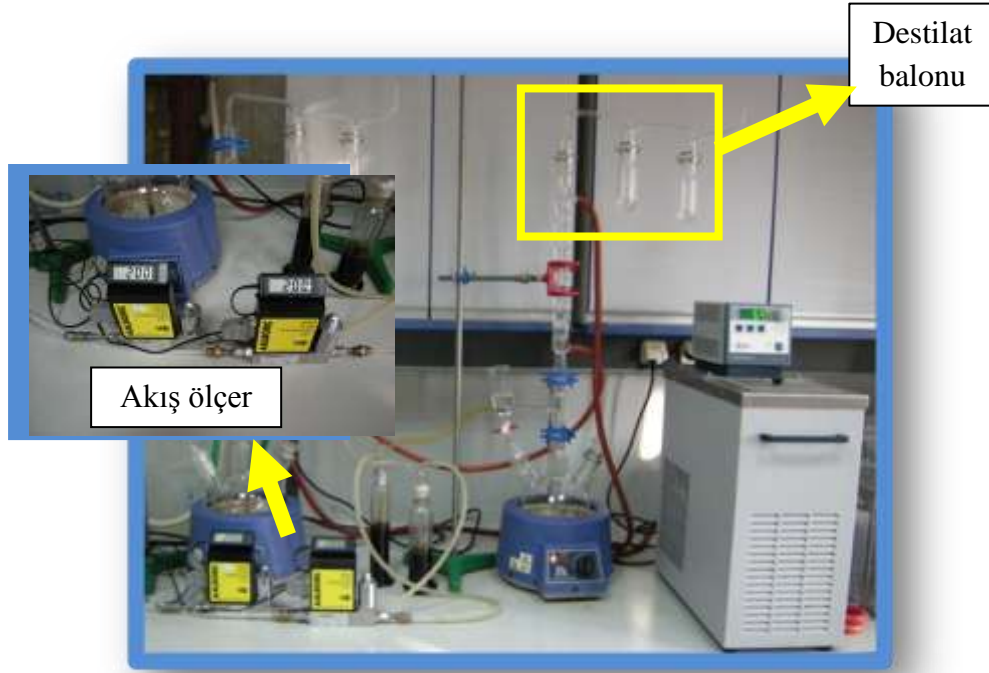
3.2.3.2 Kükürt dioksit miktarının belirlenmesi

Kükürt dioksit (SO_2) analizinde Monier Williams (1927) tarafından ortaya konulan ve Reith ve Willems tarafından 1958 yılında modifiye edilen destilasyon yöntemi uygulanmıştır (Gökçe 1966). Yöntem, kuru kayısındaki SO_2 'nin hidroklorik asit (HCL) ile serbest hale geçirilerek inert azot gazı (N_2) atmosferinde destile edilmesi, destilat bölümündeki hidrojen peroksit (H_2O_2) ile H_2SO_4 'e dönüştürülmesi ve bu asidin ayarlı NaOH ile titre edilerek harcanan baz miktarından SO_2 miktarının hesaplanması ilkesine dayanır.

Bu amaçla Franzke vd. (1968) tarafından önerilen SO_2 tayinine özgü bir destilasyon düzeneği kullanılmıştır. Bu destilasyon sisteminde, destile edilen SO_2 gazının destilat balonunda tutulmasını sağlamak için 1 yerine 2 tane destilat toplama balonu kullanılmıştır (Şekil 3.5). N_2 gazının akış hızı, analizin en kritik noktasıdır. Bu amaçla elektronik bir akış ölçerden (Aalborg GFC Mass Flow Controller, New York, NY, A.B.D.) yararlanılmış olup, analiz süresince, sistemden 200 mL/dak. düzeyinde N_2 geçişi sağlanmıştır.

Bu deney başlangıcında, destilasyondan önce 1 L'lik destilasyon balonuna 150 mL damıtık su konulmuş ve sisteme dakikada 200 mL N_2 gazı geçecek şekilde 15 dak. boyunca N_2 gazı verilmiş ve böylece ortamdaki SO_2 'nin, sülfata (SO_4^{-2}) oksidasyonuna neden olan oksijenin ortamdaki uzaklaştırılması sağlanmıştır. Bu süre sonunda; daha önce belirtildiği şekilde hazırlanan homojen örnek kitlesinden hassas terazide yaklaşık 5 g±0.001 g örnek tartılmış ve bu örnek destilasyon balonuna aktararak ortamdaki 5 dak. süreyle N_2 gazı akışına devam edilmiştir. Daha sonra balona 40 mL %15'lik HCl çözeltisi eklenerek balondaki karışım 45 dak. kaynamaya bırakılmıştır. Kaynama sonunda elde edilen destilat, az miktarda damıtık su (yaklaşık 20 mL) ile yıkanarak bir

erlenmayere aktarılmış ve bu destilat bunzen bekinde 15 dak. süreyle kaynatılıp soğutulduktan sonra ayarlı NaOH çözeltisi ile bromfenol mavisi indikatörünün mor renk verdiği pH 4.6 değerine gelene titre edilmiştir. Analizler en az 2 paralelli olarak yürütülmüş ve gerektiğinde paralel sayısı artırılmıştır.



Şekil 3.5 SO₂ analiz düzeneği

Yönetmeliklerde (Codex Alimentarius Commission 1981, Türk Gıda Kodeksi 1997) kuru kayısıların 2000 mg/kg'ı geçmeyecek düzeyde SO₂ içerebileceği belirtilmektedir. Bu oran verilirken, kuru kayısıların nem miktarı açık bir şekilde belirtilmiştir. Codex Alimentarius'a (1981) göre SO₂ içermeyen kuru kayısılar %20'den, SO₂ içeren kuru kayısılar ise, %25'ten fazla nem içermemelidir (Özkan 2001). TSE tarafından ortaya konulan kuru kayısı standardında (TS 485) da bu değerler kabul edilmektedir (TSE 2008). Kuru kayısıların SO₂ içerikleri hesaplanırken, ülkemizden ihraç edilen kuru kayısıların %24–26 nem içerdiği ve bu kayısıların SO₂ içeriklerinin belirlenirken bu nem oranına göre sonuçların verildiği de göz önüne alınmıştır. Örnekler arasında kıyaslama yapılabilmesi için, kuru kayısı örneklerinin SO₂ içerikleri, %25 nem içeriği temel alınarak aşağıda verilen 3.4 No'lu eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{SO}_2 \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{F}) (\text{V}) (3200)}{100} \quad (3.4)$$

Burada:

F: 0.1 N NaOH'in faktörü,

V: Harcanan NaOH miktarı (mL),

3200: SO₂'nin molekül ağırlığı ile birim çevirisinden kaynaklanan sabit değer,

W: Örnek miktarı (g).

3.2.3.3 Hidroksimetil furfural (HMF) miktarının belirlenmesi

Kuru kayısıda HMF miktarının belirlenmesinde 3 aşamadan oluşan (ekstraksiyon, tanımlama ve hesaplama) HPLC yöntemi kullanılmıştır.

Ekstraksiyon: Bu amaçla Zappala vd. (2005) tarafından ortaya konan yöntem uygulanmış, ancak örnek hazırlama kısmında tarafımızca bazı değişiklikler yapılmıştır. Homojen haldeki kuru kayısı kitesinden 10 g±0.001 g örnek hassas terazide tartılmış ve bu örnek üzerine 30 mL damıtık su eklenerek bir gece 4°C'de rehidrasyona bırakılmıştır. Rehidrasyon işlemi tamamlanan bu karışım yüksek devirli bir homojenizatörde (Heidolph SlientCrusher M) 13 500 rpm'de 3 dak. boyunca homojenize edilmiştir. Santrifüj tüplerine elde edilen homojenizattan 5 g±0.001 g tartılmıştır. Tartılan örneğin üzerine 10 mL damıtık su eklenerek 9 390xg 10 dak. santrifüjlenmiştir. Supernatantın bir bölümü 0.45 µm gözenek çaplı PVDF (polyvinylidene fluoride) filtreden (Millipore, Bedford, MA, A.B.D) filtre edilerek HPLC'in oto-örnekleme ünitesinde kullanılan amber renkli 2 mL'lik cam şişelere (vial) alınmış ve bekletilmeden HPLC'ye enjekte edilmiştir.

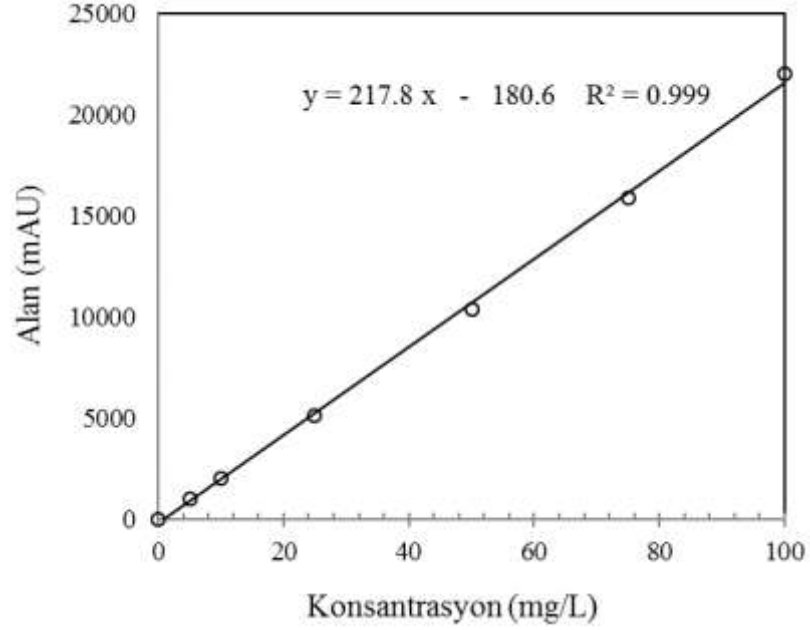
Tanımlama ve hesaplama: Kuru kayısı örneklerinde HMF'nin tanımlanması ve miktarının hesaplanmasında "yüksek performanslı sıvı kromatografi" cihazından (HPLC, Agilent 1200 serisi, Waldbronn, Almanya) yararlanılmıştır. HPLC sistemi ikili

(binary) pompa, foto dioderey dedektör (PDA, photo diodarray dedector), +4°C'ye kadar örnekleri soğutabilen termostatlı oto örnekleyici (thermostatted auto-sampler), gaz giderici (degasser) ve kolon fırınından (thermostatted colon compartment) oluşmaktadır. Elde edilen kromatogramlar "ChemStation rev.B.02.01" yazılım programı ile değerlendirilmiştir.

Kromatografi koşulları:

- **Kolon:** Ters faz C₁₈ kolonu (250 x 4.6 mm, 5 µm) (Phenomenex Inc., Los Angeles, CA, A.B.D.)
- **Akış hızı:** 0.7 mL dak.⁻¹
- **Elüsyon süresi:** 30 dak.
- **Enjeksiyon hacmi:** 50 µL
- **Dalga boyu:** 285 nm
- **Mobil faz:** Metanol:su (10:90, v/v) karışımı. Su, %1 asetik asit içerecek şekilde hazırlanmıştır. İzokratik akış söz konusudur.
- **Kolon sıcaklığı:** 25°C

Kromatogramda saptanan HMF piki, standart maddenin geliş süresi (retention time) ve PDA dedektörü yardımıyla elde edilen UV spektrumlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Kuru kayısı örneklerindeki HMF miktarı ise, HMF standardı ile oluşturulan standart eğriden (Şekil 3.6), örneğin seyreltme faktörü dikkate alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.6 HMF standart eğrisi

3.2.3.4 Şeker miktarının belirlenmesi

Kuru kayıslarda şeker miktarının belirlenmesinde, 3 aşamadan (ekstraksiyon, tanımlama ve hesaplama) oluşan HPLC yöntemi kullanılmıştır.

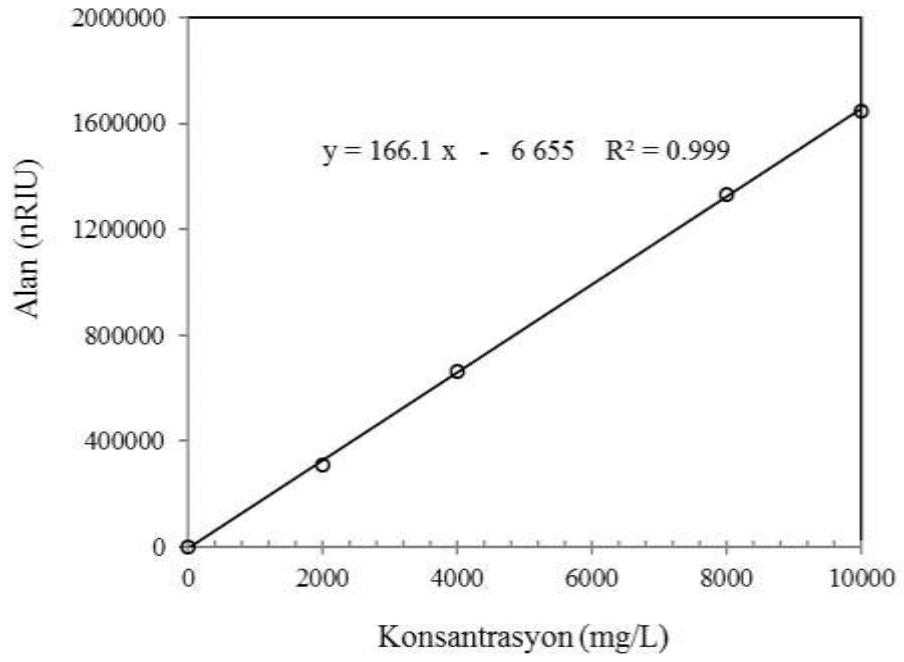
Ekstraksiyon: Homojen haldeki kuru kayısı kitlesinden 2 g±0.001 g hassas terazide tartılarak, üzerine 28 mL damıtık su eklenmiştir. Karışım, 1 gece 4°C’de rehidrasyona bırakılmıştır. Rehidre olan örnek yüksek devirli bir homojenizatörde (Heidolph SlientCrusher M) 15 000 rpm’de 3 dak. boyunca homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenizat Whatman No:1 filtre kağıdından filtre edilmiş ve elde edilen filtrat 1:3 oranında damıtık su ile seyreltilmiştir. Hazırlanan bu örnek 0.45 µm gözenek çaplı PVDF filtreden (Millipore) filtre edilerek HPLC’in oto-örnekleme ünitesinde kullanılan amber renkli 2 mL’lik viallere alınmış ve 1 gece 4°C’ de bekletildikten sonra HPLC’ ye enjekte edilmiştir.

Tanımlama ve hesaplama: Kuru kayısı örneklerinde şekerlerin tanımlanması ve miktarlarının hesaplanmasında “**3.2.3.3 Hidroksimetil furfural (HMF) miktarının belirlenmesi**” bölümünde ayrıntıları verilen HPLC cihazından (Agilent 1200 serisi) yararlanılmıştır. Bu analizde, HMF analizinden farklı olarak, refraktif indeks dedektör kullanılmıştır.

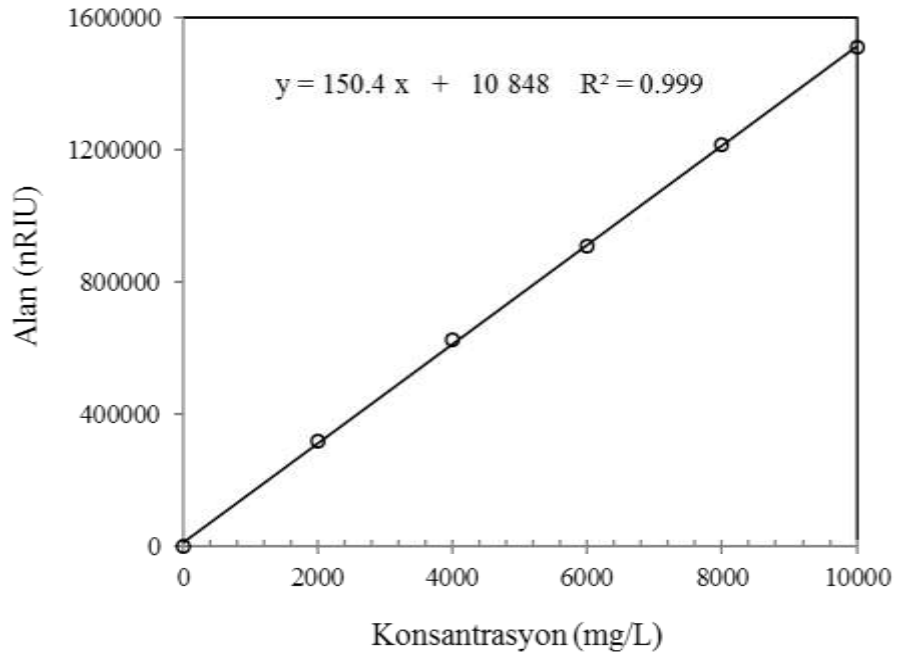
Kromatografi koşulları;

- **Kolon:** RCM-Monosaccharide karbohidrat kolonu (300 x 7.8 mm, 8 µm), (Phenomenex Inc.)
- **Koruyucu kolon:** Mikro koruyucu kolon (50 x 7.8 mm, 8 µm) (Phenomenex Inc.)
- **Akış hızı:** 0.6 mL dak.⁻¹
- **Elüsyon süresi:** 30 dak.
- **Enjeksiyon hacmi:** 10 µL
- **Mobil faz:** Su. İzokratik akış söz konusudur.
- **Kolon sıcaklığı:** 80°C

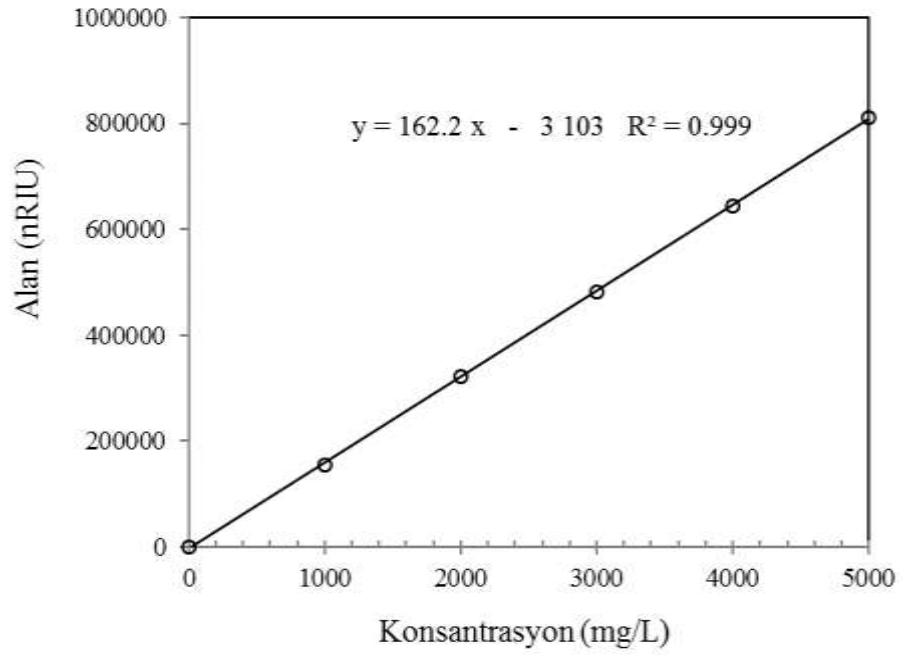
Kromatogramlarda elde edilen şeker pikleri, standart maddelerin kolondaki geliş süreleri ile tanımlanmıştır. Kuru kayısı örneklerindeki şeker miktarları, şeker standartlarının (sakaroz, glukoz, fruktoz ve sorbitol) her biriyle hazırlanan, 6 noktadan oluşan standart eğrilerden (Şekil 3.7–3.10), örneğin seyreltme faktörü dikkate alınarak hesaplanmıştır.



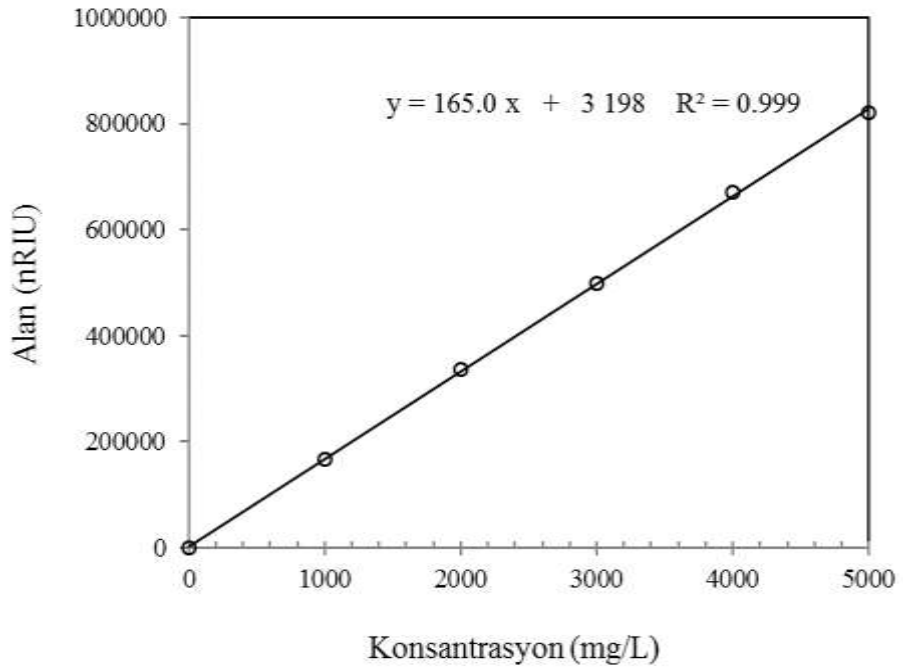
Şekil 3.7 Sakaroz standart eğrisi



Şekil 3.8 Glukoz standart eğrisi



Şekil 3.9 Fruktöz standart eğrisi



Şekil 3.10 Sorbitol standart eğrisi

3.2.3.5 Aminoasit miktarının belirlenmesi

Kuru kayıslarda aminoasit miktarının belirlenmesinde, 3 aşamadan (ekstraksiyon, tanımlama ve hesaplama) oluşan HPLC yöntemi kullanılmıştır.

Ekstraksiyon: Bu amaçla; Hermosin vd. (2003) tarafından uygulanan yöntem, tarafımızca modifiye edilerek kullanılmıştır. Homojen haldeki kuru kayısı kitlesinden $1 \text{ g} \pm 0.001 \text{ g}$ hassas terazide tartılmış ve üzerine 9 mL 6 M HCL eklenmiştir. Karışım hiç bekletilmeden yüksek devirli bir homojenizatörde (Heidolph SilentCrusher M) 15 000 rpm'de 3 dak. süreyle homojenize edilmiştir. Elde edilen bu homojenizattan $5 \text{ g} \pm 0.001 \text{ g}$ cam bir şişeye tartılıp, üzerine internal standart olarak 375 μL γ -aminobütirik asit çözeltisi (1 g γ -aminobütirik asit/1 L 0.1 N HCL) eklenmiştir. İnternal standart günlük hazırlanmıştır. Karışım bekletilmeden 2 dak. boyunca N_2 gazına tutulmuştur. Bu süre sonunda ağzları alüminyum flakonla kapatılan şişeler 110°C 'deki yağ banyosunda (Heto, IBN 18, Lillerod, Danimarka) 2.5 h boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonla asit hidrolizi tamamlanmış, örnekler Whatman No:1 filtre kağıdından filtre edilmiş ve elde edilen fitrattan 2 mL alınarak, bu sıvının, vakum altında döner evaporatörde (Heidolph Laborota 4003, Schwabach, Almanya) 40°C 'de 15 dak.'da uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen konsantre örnek borat tamponuyla (Sodyum tetraborat-HCl, pH 9.00) 10 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan karışıma 20 μL dietil etoksümetilenmalonat (DEMM) eklenerek 50°C 'de 50 dak. süreyle türevlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda hazırlanan örnek 0.45 μm gözenek çaplı PVDF filtreden (Millipore) filtre edilerek HPLC'in oto-örnekleme ünitesinde kullanılan amber renkli 2 mL'lik viallere alınmış ve 4°C 'de 2 gün bekletildikten sonra HPLC'ye enjekte edilmiştir.

Tanımlama ve hesaplama:

Kuru kayısı örneklerinde aminoasitlerin tanımlanması ve miktarlarının hesaplanmasında “**3.2.3.3 Hidroksimetil furfural (HMF) miktarının belirlenmesi**” bölümünde ayrıntıları verilen HPLC cihazından (Agilent 1200 serisi) yararlanılmıştır.

Kromatografi koşulları;

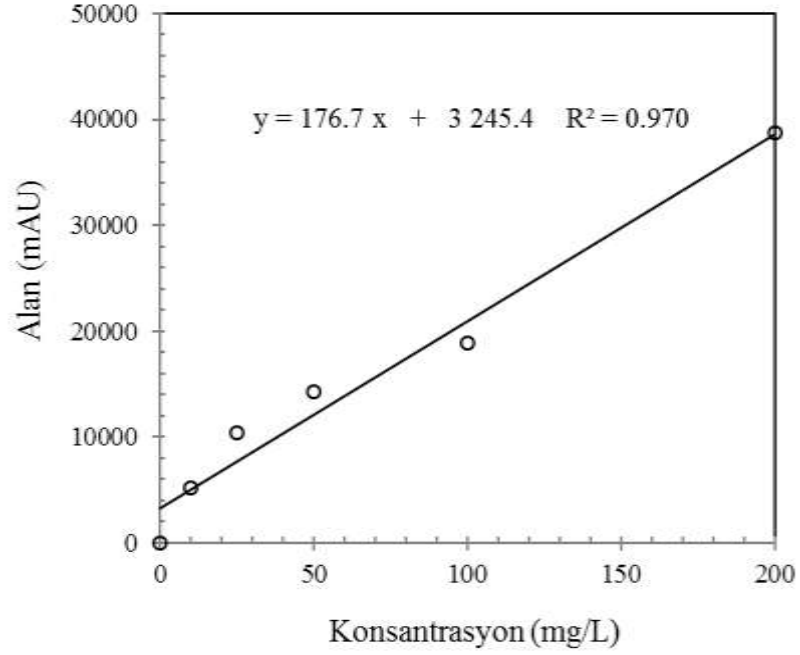
- **Kolon:** Ters faz C₁₈ kolonu (250 x 4.6mm, 5 µm) (Water Co., X-Bridge Columns, Wexford, İrlanda)
- **Koruyucu kolon:** C₁₈ koruyucu kolon (20 x 4.6 mm, 5 µm) (Water Co., X-Bridge Columns)
- **Akış hızı:** 0.9 mL dak.⁻¹
- **Elüsyon süresi:** 50 dak.
- **Enjeksiyon hacmi:** 50 µL
- **Dalga boyu:** 280 nm
- **Mobil faz:** Asetonitril (A): Asetat tamponu (25 mM, pH 5.8) (B), (6:94, v/v) karışımı. Gradyent akış söz konusu olup, Hermosin vd. (2003) tarafından önerilen elüsyon profili tarafımızdan modifiye edilerek uygulanmıştır (Çizelge 3.1).
- **Kolon sıcaklığı:** 16°C

Çizelge 3.1 Aminoasitler için uygulanan elüsyon profili

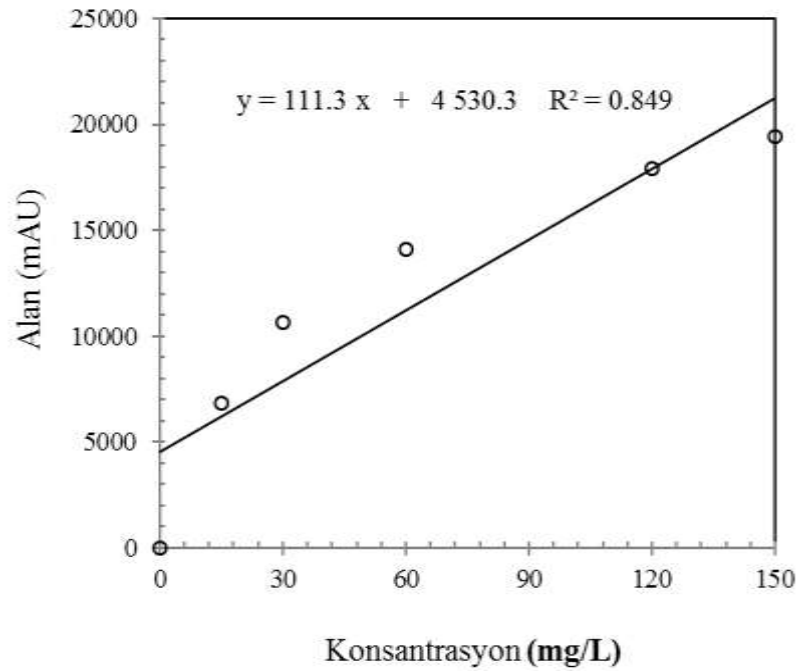
Süre (dak.)	%A	%B
0.0	1	99
8.0	1	99
13.0	16	84
13.5	18	82
17.0	18	82
20.0	22	78
32.0	32	68
39.0	32	68
50.0	1	99

Kromatogramlarda elde edilen aminoasit pikleri, standart maddelerin geliş süreleri ve PDA dedektöründe elde edilen UV spektrumlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Kuru kayısı örneklerindeki aminoasit miktarları, aminoasit standartlarının (aspartik asit,

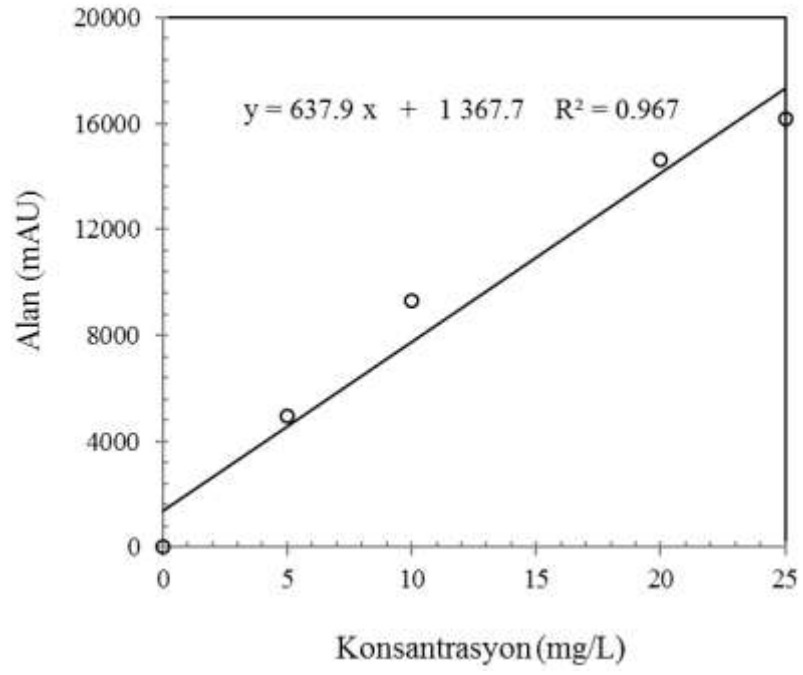
glutamik asit, glisin, alanin ve valin) her biriyle hazırlanan, en az 5 noktadan oluşan standart eğrilerden (Şekil 3.11–3.15), örneğin seyreltme faktörü dikkate alınarak hesaplanmıştır.



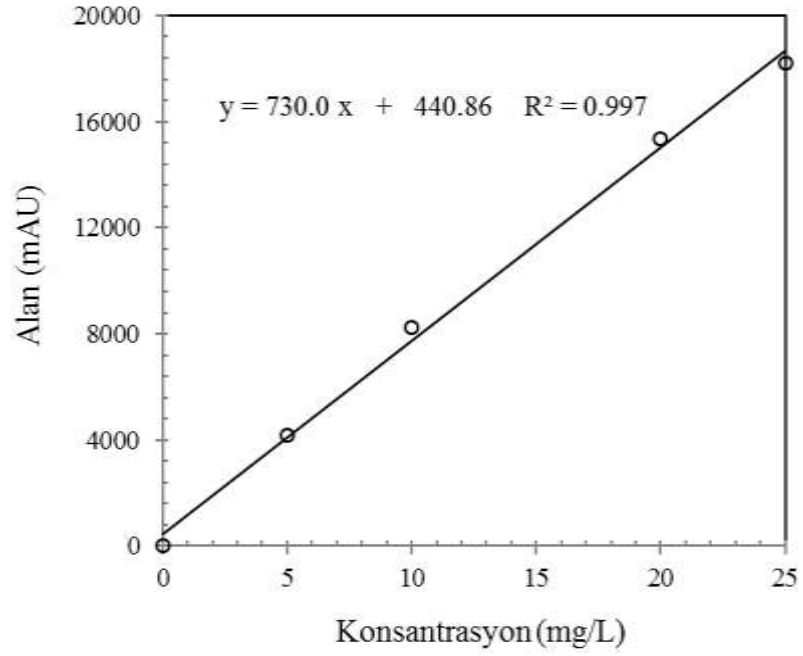
Şekil 3.11 Aspartik asit standart eğrisi



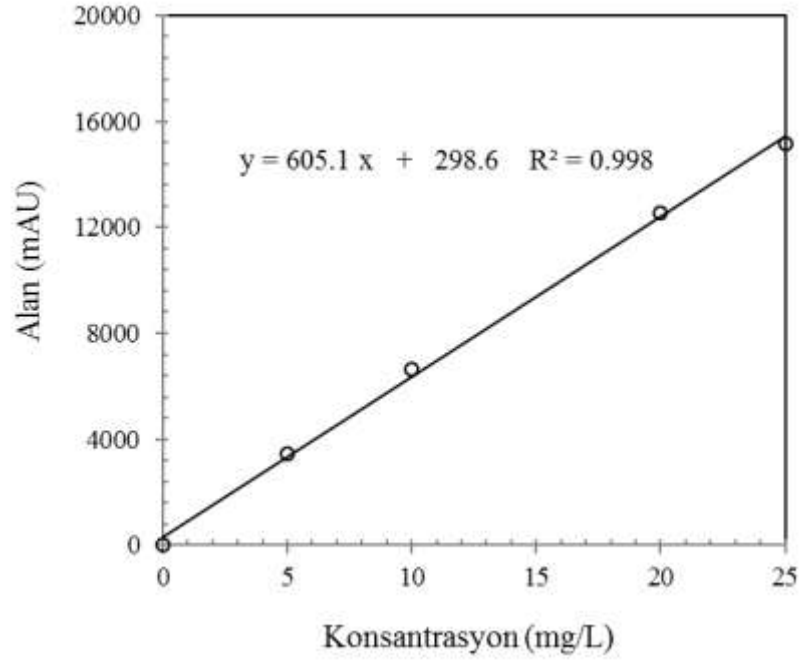
Şekil 3.12 Glutamik asit standart eğrisi



Şekil 3.13 Glisin standart eğrisi



Şekil 3.14 Alanin standart eğrisi



Şekil 3.15 Valin standart eğrisi

3.2.3.6 Furosin miktarının belirlenmesi

Kuru kayıslarda furosin miktarının belirlenmesinde, 3 aşamadan (saflaştırma, tanımlama ve hesaplama) oluşan HPLC yöntemi kullanılmıştır.

Saflaştırma: Bu amaçla, Messia vd. (2005) tarafından ortaya konulan yöntem uygulanmıştır. Saflaştırma işleminden önce, cam şişelere homojen hale getirilmiş örnek kitlesinden 1 ± 0.001 g hassas terazide tartılmış ve üzerine 8 mL 8 M HCL eklenmiştir. Şişeler, 110°C 'deki yağ banyosunda (Heto, IBN 18) 23 h süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda asit hidrolizi tamamlanan örnekler, Whatman No:40 filtre kağıdından filtre edilerek berrak bir sıvı elde edilmiştir. Saflaştırma işleminin ilk aşamasında C-18 Sep-Pak (Millipore) kolonlarındaki dolgu maddelerinin furosinle reaksiyona girebilmesi için şartlandırma işlemi yapılmıştır. Bu amaçla kartuştan sırasıyla, 5 mL metanol ve 10 mL damıtık su geçirilmiştir. Ekstraksiyona hazır hale getirilmiş kartuşa 0.5 mL örnek yüklenmiş, ardından 3 mL 3 M HCL ile elüe edilmiştir. İşlem sonunda hazırlanan bu elüant $0.45 \mu\text{m}$ gözenek çaplı PVDF filtreden (Millipore)

filtre edilerek HPLC'in oto-örnekleme ünitesinde kullanılan amber renkli 2 mL'lik viallere alınmış ve bekletilmeden HPLC'ye enjekte edilmiştir.

Tanımlama ve hesaplama: Kuru kayısı örneklerinde furosinin tanımlanması ve miktarlarının hesaplanmasında “**3.2.3.3 Hidroksimetil furfural (HMF) miktarının belirlenmesi**” bölümünde ayrıntıları verilen HPLC cihazından (Agilent 1200 serisi) yararlanılmıştır.

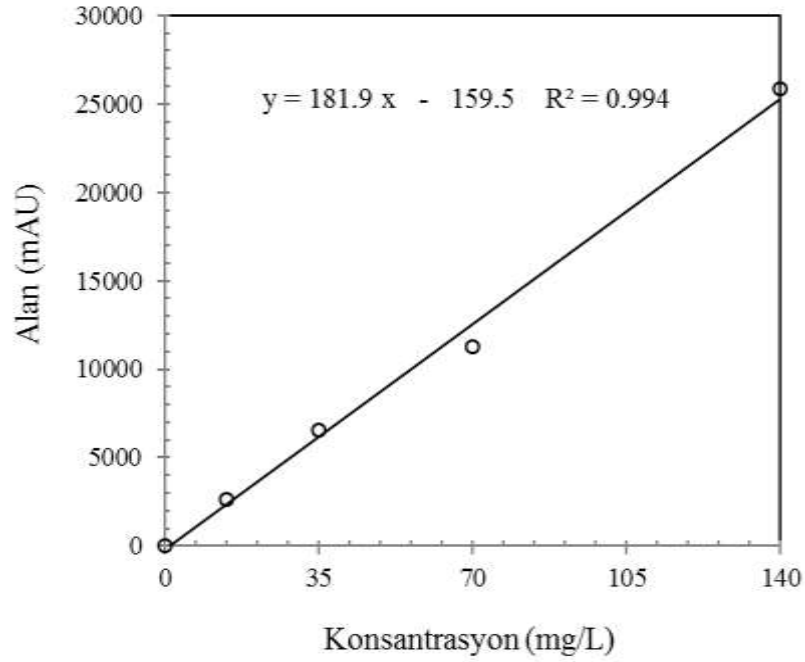
Kromatografi koşulları;

- **Kolon:** Alltech Econosphere ters faz C₈ furosin kolonu (250 x 4.6 mm, 5 µm) (Grace, Columbia, MD, A.B.D.)
- **Koruyucu kolon:** Alltech Econosphere C₈ koruyucu kolon (7.5 x 4.6 mm, 5 µm) (Grace)
- **Akış hızı:** 1.2 mL dak.⁻¹
- **Elüsyon süresi:** 32 dak.
- **Enjeksiyon hacmi:** 100 µL
- **Dalga boyu:** 280 nm
- **Mobil faz:** %0.4 asetik asit (A): %0.34 KCL (%0.4 asetik asitle hazırlanmış) (B). Gradyent akış söz konusu olup, çizelge 3.2'de verilen elüsyon profili uygulanmıştır.
- **Kolon sıcaklığı:** 34°C

Kromatogramlarda elde edilen furosin piki, standart maddenin geliş süresi ve PDA dedektörü yardımıyla elde edilen UV spektrumlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Kuru kayısı örneklerindeki furosin miktarı, furosin standartıyla hazırlanan, 5 noktadan oluşan standart eğriden (Şekil 3.16), örneğin seyreltme faktörü dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2 Furosin için uygulanan elüsyon profili

Süre (dak.)	%A	%B
0.0	100	0
10.5	100	0
12.5	0	100
21.0	0	100
23.0	100	0
25.0	100	0
32.0	100	0



Şekil 3.16 Furosin standart eğrisi

3.2.4 Kinetik parametrelerin hesaplanması

Depolama boyunca; kükürt dioksit, nem, şeker ve aminoasit kaybı ile; HMF, furosin ve esmer renk oluşum kinetiği incelenmiştir. Depolama süresince HMF oluşumu, sıfırıncı derece kinetik modele uygun olarak geliştiği belirlenmiştir. Buna karşın; nem, sakaroz,

aminoasit ve SO₂ kaybı ile esmer renk oluşumu ise, birinci derece kinetik modele uygun olarak geliştiği saptanmıştır. Hesaplamalarda, sıfırıncı derece kinetik modeli tanımlayan 3.5 No'lu differansiyel eşitliğin integrali alınarak elde edilen eşitlik kullanılırken, birinci derece kinetik model için ise, 3.6 No'lu differansiyel eşitliğin integrali alınarak kullanılmıştır.

$$+ \frac{dC}{dt} = k_0 \text{ (oluşum)} \quad (3.5)$$

$$- \frac{dC}{dt} = k_0 C_0 \text{ (kayıp)} \quad \text{veya} \quad + \frac{dC}{dt} = k_0 C_0 \text{ (oluşum)} \quad (3.6)$$

Burada;

C₀: İncelenen bileşenin veya özelliğin başlangıç konsantrasyonu,

C: İncelenen bileşenin veya özelliğin t süre sonundaki konsantrasyonu,

k: Reaksiyon hız sabiti,

t: Süre

Kinetik parametrelerin hesaplanmasında Özkan vd. (2010) tarafından verilen hesaplama yöntemlerinden yararlanılmıştır.

3.2.4.1 Reaksiyon hız sabitinin (k) hesaplanması

Nem, sakaroz, aminoasit ve SO₂ kaybı, ile esmer renk ve HMF oluşumuna ilişkin veriler, aritmetik ve yarı-logaritmik grafik kağıdının “y” eksenine, depolama süresi ise “x” eksenine yerleştirilerek doğrusal eğriler elde edilmiştir. Elde edilen bu eğrilere regresyon analizi uygulanarak, eğrileri tanımlayan eşitlikler hesaplanmıştır. Bu eğrilerin determinasyon katsayıları (R²), karşılaştırılarak reaksiyon dereceleri belirlenmiştir.

Aritmetik regrasyon analizinden elde edilen R^2 değeri büyükse, reaksiyon sıfırncı dereceden, eğer yarı-logaritmik regresyon eşitliğinden hesaplanan R^2 değeri büyük ise, reaksiyon birinci dereceden olduğu kabul edilmiştir (Labuza 1984). Bu eşitliklerin eğim değerleri kullanılarak sıfırncı derece kinetik model için, 3.7; birinci derece kinetik model için, 3.8 Nolu eşitlikler kullanılarak reaksiyon hız sabitleri hesaplanmıştır.

$$k_0 = \text{eğim (Sıfırncı derece için)} \quad (3.7)$$

$$k_1 = \text{eğim (2.303) (Birinci derece için)} \quad (3.8)$$

3.2.4.2 Yarılanma süresinin hesaplanması,

Yarılanma süresi, incelenen kalite kriterinin %50'sini kaybetmesi için geçen süredir. Birinci dereceden kinetik modele uyan reaksiyonlar için yarılanma süresi ($t_{1/2}$), aşağıda verilen 3.9 No'lu eşitlikten hesaplanmıştır.

(3.9)

$$t_{1/2} = \ln(0.5)/k$$

3.2.4.3 Q_{10} değerinin hesaplanması

Reaksiyon hızının, sıcaklığın her 10°C 'lik artışında kaç kat arttığını tanımlayan Q_{10} değeri, 3.10 nolu eşitlikten hesaplanmıştır.

$$Q_{10} = (k_2/k_1)^{10/(T_2 - T_1)} \quad (3.10)$$

3.2.5 İstatistik değerlendirme

Farklı düzeylerde kükürtlenen kuru kayısıların içerdikleri SO₂ konsantrasyonunun çeşitli kalite kriterleri (SO₂, furosin, şeker ve aminoasit kaybı ile esmer renk ve HMF oluşumu) üzerine etkisi ile ilgili veriler, faktöriyel düzende varyans analiz tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Varyans analiz sonucuna göre, Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gruplar arası farklılıklar kontrol edilmiştir.

Kuru kayısı örneklerinin her bir depolama sıcaklığında depolanması süresince, yukarıda belirtilen kalite kriterlerine ilişkin elde edilen verilere, iki tekerrürlü faktöriyel düzende varyans analiz tekniği uygulanmıştır. Varyans analiz sonucuna göre gerekli görüldüğü durumlarda Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak, faktörlerin hangi seviyeleri arasındaki farklılığın önemli olduğu araştırılmıştır. İstatistik testler için "Pasw Statistics 18 (ver. 18.0.0, 2009)" paket programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Kuru Kayısı Örneklerinin Depolama Başlangıcındaki SO₂ İçerikleri

Ülkemizin önemli tarımsal ihraç ürünlerinden biri olan kuru kayısının, kalite standartlarından biri, Codex Alimentarius Commission (1981) tarafından belirlenmiş olan ve Türk Gıda Kodeksi'nde de (2013) benimsenen, SO₂ miktarıdır. Araştırmamız için gerekli olan örneklerin kükürtlenmesi “**3.2.1 Materyalin hazırlanması**” kısmında açıklanmıştır. Kuru kayısı örneklerindeki SO₂ miktarı %25 nem oranı esas alınarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

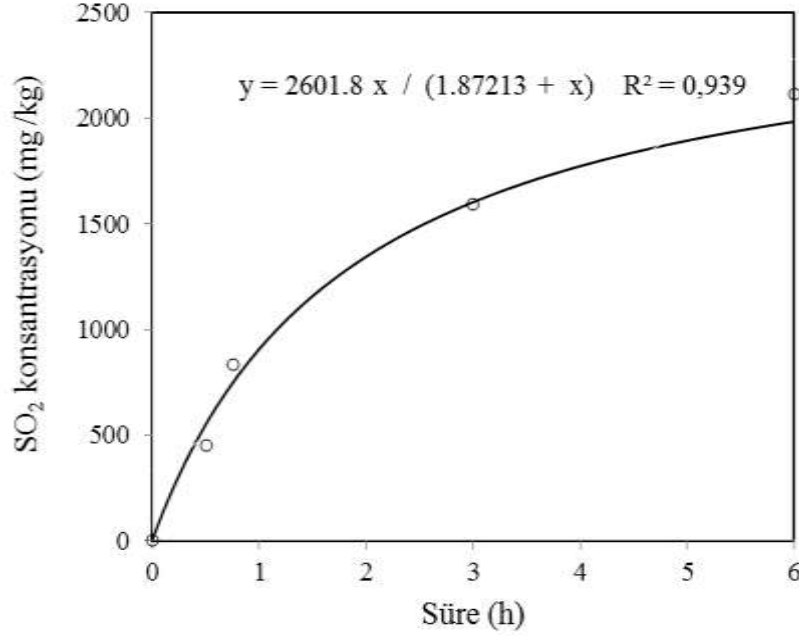
Çizelge 4.1 Taze kayısıların kükürtlenmesinde kullanılan SO₂ gaz miktarı, kükürtleme süresi ve son ürünlerdeki SO₂ konsantrasyonu

SO ₂ gaz miktarı (g)	Kükürtleme süresi (dak)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)*
300	30	451
300	45	832
300	180	1 594
300	360	2 112
500*	840	3 241

*Çalışmamızda öngörülen SO₂ konsantrasyonlarından 3000 mg/kg düzeyine 300 g SO₂ gazı ile ulaşılabilmiştir. Bu nedenle, bu SO₂ konsantrasyonuna ulaşmak için, 500 g SO₂ gazı kullanılmıştır.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi elde ettiğimiz SO₂ konsantrasyonları (452, 832, 1 594, 2 112 ve 3 241 mg/kg) hedeflediğimiz 500, 1 000, 1 500, 2 000 ve 3 000 mg/kg değerlerine oldukça yakındır. Tarafımızca tasarlanan gaz sızdırmazlığı sağlanmış olan kükürtleme odalarında yürüttüğümüz kükürtleme işlemleri sonucunda; Hacıhaliloğlu çeşidi taze kayısıların aynı miktar SO₂ gazına farklı sürelerde maruz bırakılmaları süresince SO₂ absorpsiyon kinetiği incelenmiştir. Bu amaçla, SO₂ konsantrasyonu değerleri “y” eksenine, süreler “x” eksenine yerleştirilerek polinomal bir eğri elde edilmiştir (Şekil 4.1). Elde edilen verilerle SO₂ absorpsiyonunu zamanla değişim

denklemini belirlemek için, Mathematica Trial (ver. 10.4.1, 2016) paket programı kullanılmıştır.



Şekil 4.1 Hacıhaliloğlu çeşidi taze kayısıların kükürtlenme süresine bağlı olarak SO₂ konsantrasyonu

Hacıhaliloğlu çeşidi kayısılar için elde edilen SO₂ absorpsiyon denklemi incelendiğinde, kayısıların absorbe ettiği SO₂ miktarının zamanla arttığı görülmektedir. Ancak; bu artış kükürtleme işleminin ilk saatinden sonra konsantrasyon farkının azalmasıyla yavaşlamaya başlamıştır (Şekil 4.1). Ayrıca; elde edilen denklem 300 g sıvılaştırılmış SO₂ kullanılarak 125 kg kuru kayısının SO₂ içeriğinin en fazla 2601.8 mg/kg düzeyine kadar yaklaştırılabileceğini de göstermiştir. “**3.2.1 Materyalin hazırlanması**” kısmında da belirtildiği gibi yaptığımız denemelerde 300 g sıvılaştırılmış SO₂ gazı ile 3000 mg/kg düzeyine ulaşamamıştır. Bu nedenle; bu düzeyde SO₂ içeren kuru kayısı elde etmek için 500 g sıvılaştırılmış SO₂ kullanılmıştır. Bu durum da şekil 4.1’de elde edilen denklemi desteklemektedir.

4.2 Nem Düzeyindeki Azalma

Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların depolama başlangıcında belirlenen nem değerleri çizelge 4.2’de verilmiştir. Kuru kayısı örneklerinin başlangıçtaki nem miktarları için yapılan varyans analizi sonuçları (EK 1); çalışmamızda kullanılan kuru kayısların nem miktarları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğunu (p<0.05) göstermiştir. Bu nedenle, elde edilen verilere Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmış, hangi örneklerin nem miktarları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Farklı düzeyde SO₂ içeren kuru kayısların depolama başlangıcında belirlenen nem içeriği

SO ₂ miktarı (mg/kg)	Nem miktarı* (%)
0	20.84 ± 0.029C
451	21.07 ± 0.202C
832	26.04 ± 0.242A
1 594	20.06 ± 0.079C
2 112	21.88 ± 0.488B
3 241	20.53 ± 0.159C

*Nem değerleri, ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

A–C: Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Farklı sıcaklıklarda 379 gün depolama süresince, nem miktarındaki değişim incelenmiştir. Bu amaçla; depolama süresince nem içeriğindeki değişimi gösteren grafikler çizilmiştir. Bu grafiklerden elde edilen verilere regresyon analizi uygulanmış ve elde edilen regresyon denklemleri ve R² değerleri çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3’de verilen aritmetik (0.704–0.962) ve yarı logaritmik (0.721–0.963) grafiklerden elde edilen R² değerleri karşılaştırıldığında, nem değişiminin hem sıfıncı hem de birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısuların 30°C’de depolanması süresince nem miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler

Sıcaklık (°C)	SO ₂ miktarı (mg/kg)	Eşitlik	R ²
Sıfırıncı derece			
30	0	$y = -0.009x + 20.61$	0.856
	451	$y = -0.007x + 21.04$	0.962
	832	$y = -0.011x + 25.69$	0.939
	1 594	$y = -0.006x + 20.07$	0.840
	2 112	$y = -0.008x + 21.67$	0.919
	3 241	$y = -0.006x + 19.49$	0.704
Birinci derece			
30	0	$\log y = -0.0002x + 1.3144$	0.863
	451	$\log y = -0.0002x + 1.3235$	0.963
	832	$\log y = -0.0002x + 1.4104$	0.949
	1 594	$\log y = -0.0001x + 1.3028$	0.851
	2 112	$\log y = -0.0002x + 1.3362$	0.927
	3 241	$\log y = -0.0001x + 1.2896$	0.721

Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısuların farklı sıcaklıklarda depolanması sonucunda elde edilen nem değerleri, EK 2’de verilmiştir. 30°C’de depolanan kuru kayısuların nem değerlerinde %16.24 ile %11.70 arasında; 20°C’de %19.79 ile %1.15 arasında bir azalma görülürken 4°C’de depolanan kuru kayısulardan 832, 1 594 ve 2 112 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren örneklerin nem düzeyinde %9.46 ile %6.03 oranında bir azalma olmuştur. Gün kurusu, 451 ve 3 241mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısuların nem düzeylerinde ise, %1.07 ile %5.81 arasında bir artış gözlenmiştir. Coşkun (2010) ve Sağırılı vd. (2008) tarafından yapılan iki farklı çalışmada nem miktarı üzerine depolama sıcaklığının (5°, 20° ve 30°C) etkisi incelenmiş ve beklendiği üzere

20° ve 30°C’de depolanan örneklerin nem miktarlarında azalma olduğu belirlenmiştir. 8 ay boyunca muhafaza edilen orta nemli kayısıların, nem miktarının nem geçirgenliği düşük poliamid/polietilen ambalajlarda; 5°C’de %2.3, 20°C’de %8.8 ve 30°C’de %22.8 düzeyinde azaldığı saptanmıştır (Sağırılı vd. 2008). Coşkun (2010) tarafından yapılan çalışmada ise, poliamid/polietilen ambalajlardan daha yüksek nem geçirgenliğine sahip olan polietilen ambalajlarda, 1 yıl muhafaza edilen kuru kayısıların nem miktarının; 20°C’de %14 ve 30°C’de ise %63.4 düzeyinde azaldığı saptanmıştır. Türkyılmaz (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise, yığın halinde 351 gün depolanan 2 899 mg/kg SO₂ içeren kuru kayısıların nem içeriklerinin; 20°C’de %43.4 ve 30°C’de %72.8 oranında azaldığı; 5°C’de ise, %23.2 oranında arttığı gözlenmiştir. Ancak; yaptığımız bu çalışmada kullanılan ambalajlama materyalinin nem geçirgenliğinin düşük olması nedeniyle nem kaybının %19.79–1.15 arasında gerçekleştiği düşünülmektedir.

Elde edilen bu bilgiler ışığında, tüketici tarafında tercih edilen daha yumuşak ve çiğnenmesi kolay bir ürün elde etmek için, ürünün nem seviyesini koruması, dolayısı ile nem geçirgenliği oldukça düşük bir ambalaj materyali ile depolanması gerektiği ortaya konulmuştur.

4.3 Su Aktivitesi (a_w) Düzeyindeki Değişim

Su aktivitesi; mikrobiyal gelişim, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşebilmesi için, gıdalardaki kullanılabilir suyu (serbest su) göstermesi nedeniyle, kurutulmuş meyvelerin, dolayısı ile kurutulmuş kayısıların, depolama stabilitesi hakkında fikir veren önemli bir parametredir. Bu nedenle, farklı konsantrasyonlarda kükürtlenen kuru kayısıların; depolama süresince a_w değerleri belirlenmiş olup (EK 3), depolama başlangıcındaki a_w değerleri çizelge 4.4’te verilmiştir. Farklı konsantrasyonda SO₂ içeren kuru kayısıların, depolama başlangıcındaki a_w değerleri birbirinden farklı ($a_w=0.616–0.705$) olup, kuru kayısıların başlangıçta içerdiği SO₂ konsantrasyonu ile a_w değerleri arasında sistematik bir ilişki bulunmamaktadır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinin depolama başlangıcındaki su aktivitesi değerleri

SO ₂ miktarı (mg/kg)	a _w *
0	0.650 ± 0.001B
451	0.640 ± 0.003D
832	0.705 ± 0.001A
1 594	0.616 ± 0.001F
2 112	0.646 ± 0.001C
3 241	0.625 ± 0.001E

*Su aktivitesi değerleri, ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

A–F : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p < 0.05).

Araştırma sonuçları, depolama süresince a_w değerlerinde önemli bir değişim olmadığını göstermiştir. 30°C’de 379 gün depolama sonunda, kuru kayısıların a_w değerlerinde sadece %1.55–6.33 düzeyinde azalma gerçekleşirken, 20°C’de %0.85–1.28 düzeyinde bir azalma görülmüştür. Kuru kayısıların 4°C’de 379 gün depolanması sonunda a_w değerlerinde ise, sadece %0.60–2.01 düzeyinde bir artış meydana gelmiştir.

Kuru kayısı örneklerinin a_w değerleri; depolama süresince enzimatik olmayan Maillard esmerleşmesinin maksimum düzeyde gerçekleştiği, a_w=0.5827–0.7127 aralığında kalmıştır. Özellikle 20° ve 30°C’de depolanan kuru kayısı örneklerinde meydana gelen esmerleşmenin, SO₂’nin kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4 pH ve Titrasyon Asitliğindeki Değişmeler

Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısıların; depolama başlangıcındaki, pH ve titrasyon asitliği değerleri çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Farklı düzeylerde kükürtlü kuru kayısıların depolama başlangıcındaki pH ve titrasyon asitliği değerleri

SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)	pH*	Titrasyon asitliği*, ** (g/100 g kuru ağırlık)
0	5.37±0.007A	0.9570±0.008F
451	4.59±0.000B	1.7370±0.009E
832	4.51±0.000C	1.8084±0.005D
1 594	4.25±0.007D	2.3431±0.126C
2 112	4.09±0.007E	2.5021±0.005B
3 241	3.95±0.007F	3.0328±0.006A

*pH ve titrasyon asitliği değerleri, ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

**Titrasyon asitliği değerleri, susuz sitrik asit cinsinden ifade edilmiştir.

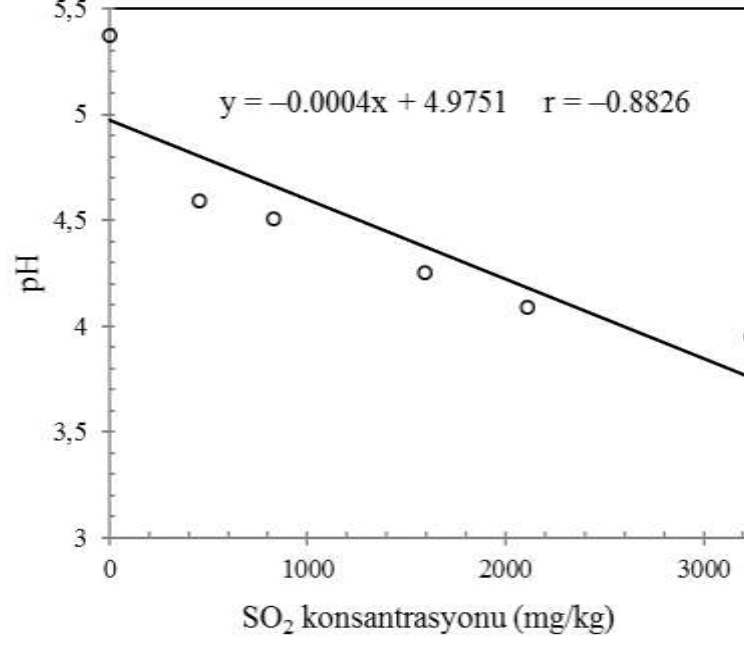
A–F : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.5 incelendiğinde; SO₂ konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak pH değerlerinde azalış ve titrasyon asitliği değerlerinde ise artış görülmektedir. SO₂ konsantrasyonu ile pH (r=-0.882) ve titrasyon asitliği (r=0.965) arasında önemli bir korelasyon olduğu saptanmıştır (Şekil 4.2 ve 4.3). SO₂, gıdada bulunan su ile reaksiyona girerek, sülfüroz asit (H₂SO₃) oluşmakta, böylece kuru kayısıların titrasyon asitliği değerleri artmaktadır. Kuru kayısılar ne kadar yüksek konsantrasyonda SO₂ içerirse, o kadar çok H₂SO₃ oluşmaktadır.

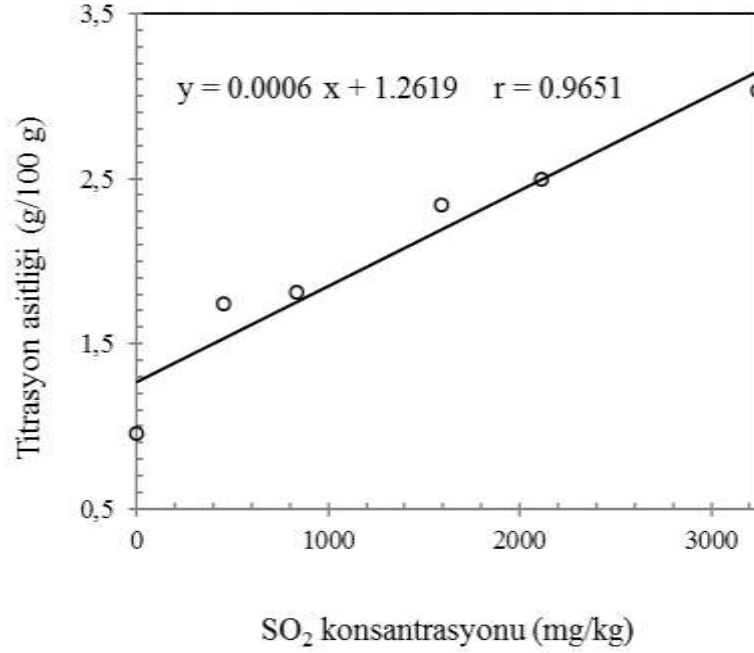
Bu reaksiyon, 4.1 No'lu eşitlikte verilmiştir.



Sülfüroz asitin, hidrojen sülfid (HSO₃⁻) ve sülfid (SO₃⁻²) iyonları olmak üzere iki ayrı dissosiyasyon basamağı bulunur. Yani; SO₂ ilave edilmiş gıdada H₂SO₃, HSO₃⁻ ve SO₃⁻² denge halinde bulunmaktadır (4.2 ve 4.3 No'lu eşitlik). H₂SO₃, HSO₃⁻'e ve SO₃⁻²'ye dissosiyasyon olduğunda (4.2 No'lu eşitlik), ortamdaki H⁺ iyonu konsantrasyonu artar ve böylece kuru kayısıların pH'sında azalma meydana gelir.



Şekil 4.2 Kuru kayısların içerdiği SO₂ konsantrasyonu ile pH arasındaki ilişki



Şekil 4.3 Kuru kayısların içerdiği SO₂ konsantrasyonu ile titrasyon asitliği arasındaki ilişki

4°, 20° ve 30°C sıcaklıklarda 379 gün depolama süresi boyunca, pH ve titrasyon asitliği değerlerindeki değişim EK 4 ve EK 5’de verilmiştir. Örnek olarak, 2 112 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinde, depolama süresince pH ve titrasyon asitliği değerlerindeki değişim ise çizelge 4.6’de verilmiştir.

Çizelge 4.6 incelendiğinde, depolama süresince kuru kayısıların pH ve titrasyon asitliği düzeyinde bir miktar değişim olduğu görülmektedir. Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak; 2 112 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinin titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde; 30°C’de depolanan kuru kayısıların titrasyon asitliği değeri %15.3 oranında artarken, 20°C’de depolanan örneklerin titrasyon asitliği değeri %3.3 oranında artmıştır. 4°C’de depolanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerinde ise, %3.1 oranında bir düşüş görülmüştür. Benzer şekilde; Sağırılı vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, 8 ay depolama süresi sonunda titrasyon asitliği değerleri 20°C’de %18.9; 30°C’de ise %24.7 oranında artmıştır.

Çizelge 4.6 2 112 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda 379 gün depolanması süresince pH ve titrasyon asitliğindeki değişimler

Sıcaklığı (°C)	Süre (gün)	pH	Titrasyon asitliği (g/100 g kuru ağırlık)
4	0	4.09	2.5021
	180	4.10	2.3352
	379	4.08	2.4251
20	0	4.09	2.5021
	90	4.11	2.5213
	180	4.06	2.5488
	270	4.05	2.6019
	379	4.03	2.5836
30	0	4.09	2.5021
	45	4.13	2.5171
	90	4.10	2.5282
	135	4.14	2.5421
	180	4.15	2.6443
	225	4.10	2.7444
	270	4.00	2.7950
	315	3.98	2.8613
	379	3.89	2.8839

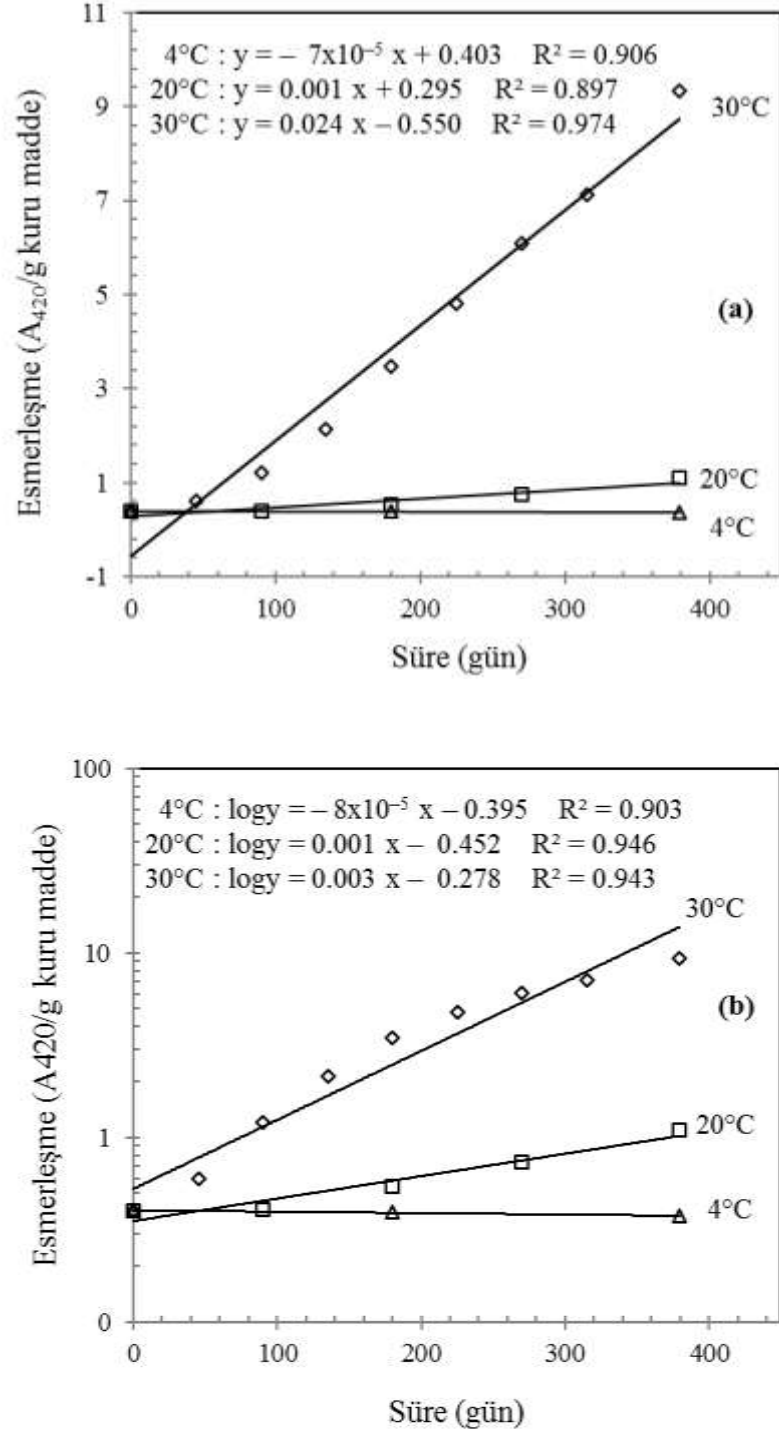
Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak titrasyon asitliği değerlerinde gözlenen artışın; özellikle, pektinin hidrolizi ile oluşan galaktronik asidin titrasyon asitliğini artırıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi, meyvelerin hücre duvarında; pektin, selüloz ve hemiselüloz gibi polisakkaritler bulunmaktadır. Meyve henüz hamken; hücre duvarında protopektin olarak bulunan ve suda çözünmeyen nitelikteki pektin; meyvenin olgunlaşmasıyla suda çözünür nitelik kazanmaktadır. Bu dönüşüm; meyvelerde bulunan pektinmetilesteraz (PME) enziminin pektini demetilize ederek, onu parçalanmayı gerçekleştirecek olan poligalakturonaz (PG) enziminin substratı haline getirmesinden kaynaklanır. PG enzimi, pektinleri oluşturan poligalakturonik asit üniteleri veya pektinin esterleşmemiş kısımlarındaki α -1,4 bağıını hidrolitik olarak parçalar ve titrasyon asitliğini artırır (Cemeroğlu vd. 2009).

Levi vd. (1988) tarafından yapılan bir çalışmada; şeftalilerdeki pektin miktarının 509 mg/100 g'dan, kükürtleme işleminden hemen sonra 430 mg/100 g'a, kurutulduktan sonra 381 mg/100g'a ve 15°C'de 1 yıl depolama sonunda ise; 358 mg/100 g'a düştüğü belirlenmiştir. Bu çalışmayla elde edilen sonuçlar, uygulanan kükürtleme, kurutma ve depolama nedeniyle; pektinin parçalandığını göstermektedir. Ancak, depolama sıcaklığı da PME aktivitesi, ve dolayısı ile pektinlerin parçalanması üzerine son derece etkilidir. Artes vd. (1996) tarafından yapılan bir çalışmada; 8°C'de depolanan şeftalilerde, PME'in aktif, ancak PG'in inaktif olduğunu ortaya konmuştur. Çalışmamızda elde edilen titrasyon asitliği değerlerinde; 20°C'de düşük miktarda, 30°C'de yüksek miktarda artış saptanmışken; 4°C'de ise % 3.18 oranında bir düşüş olması, Artes vd. (1996)'nin bulduğu sonuçla örtüşmektedir.

4.5 Esmerleşme Düzeyindeki Değişmeler

Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıların farklı sıcaklıklarda (4°, 20° ve 30°C) 379 gün depolanması süresince gerçekleşen esmerleşme düzeyindeki değişim EK 6'da verilmiştir. Kuru kayıların esmerleşme düzeyleri, depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça artmış; SO₂ konsantrasyonu arttıkça azalmıştır. Farklı sıcaklıklarda depolanan

451 mg/kg SO₂ içeren kuru kayısların depolama süresince esmerleşme düzeyindeki değişimi gösteren grafikler şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 451 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişim

a. Aritmetik **b.** Yarı-logaritmik

Çalışmamızda kuru kayısların depolama süresince esmerleşme düzeyindeki değişim grafiğe aktarılmış, elde edilen verilere regresyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen regresyon denklemleri ve R^2 değerleri çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge 4.7’ de verilen aritmetik ve yarı-logaritmik grafiklere ait R^2 değerleri incelendiğinde, farklı düzeylerde SO_2 içeren kuru kayısların depolama süresince esmerleşme değerindeki değişimin birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.7 Farklı konsantrasyonlarda SO_2 içeren kuru kayısların depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişimi gösteren eşitlikler

Sıcaklık (°C)	SO_2 miktarı (mg/kg)	Eşitlik	R^2
Sıfıncı derece			
30	0	$y = 0.013x + 0.105$	0.987
	451	$y = 0.024x - 0.550$	0.974
	832	$y = 0.019x - 0.441$	0.968
	1 594	$y = 0.013x - 0.592$	0.885
	2 112	$y = 0.015x - 0.798$	0.877
	3 241	$y = 0.012x - 0.706$	0.836
Birinci derece			
30	0	$\log y = 0.002x - 0.223$	0.947
	451	$\log y = 0.003x - 0.278$	0.943
	832	$\log y = 0.003x - 0.364$	0.947
	1 594	$\log y = 0.004x - 0.698$	0.975
	2 112	$\log y = 0.004x - 0.690$	0.969
	3 241	$\log y = 0.004x - 0.777$	0.955

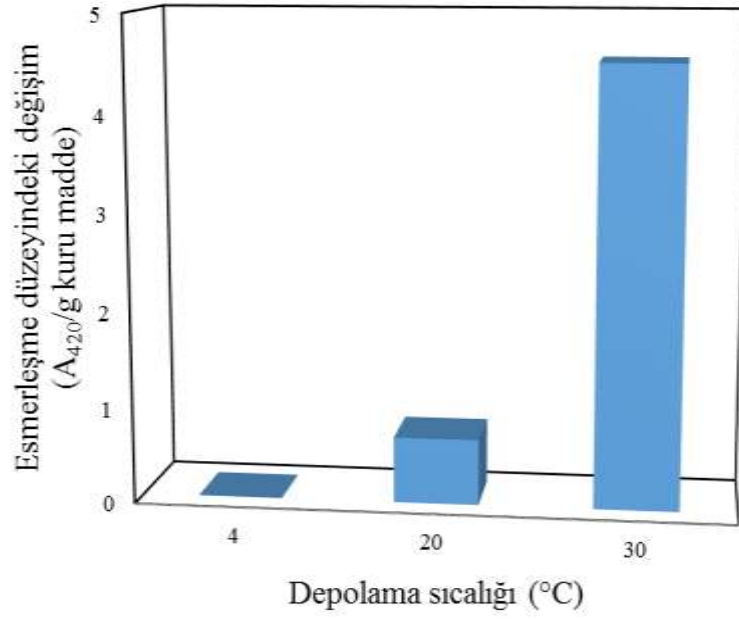
Çalışmamıza benzer olarak; farklı yöntemlerle kükürlenen (toz elementer, SO_2 gazı ve sodyum metabisülfid çözeltisi ile) kuru kayısların, farklı sıcaklıklarda (5° , 20° ve

30°C’de) 1 yıl depolanması (Coşkun 2010) ve düşük düzeylerde kükürtlünen kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasındaki (Türkyılmaz 2011) esmer renkli pigment oluşumu da birinci derece kinetik modelle tanımlanmıştır.

Literatürde bulunan bazı çalışmalarda ise, esmerleşme reaksiyonları sıfırinci dereceden kinetik modelle tanımlanmıştır. Singh vd. (1983) tarafından orta nemli elmalarla yapılan bir çalışmada; 25°–55°C depolama sıcaklığında ve 2 ay depolama sonunda, esmerleşme reaksiyonunun sıfırinci dereceden kinetik modele uyduğu saptanmıştır. Ayrıca, Chutintrasri ve Noomhorm (2007) tarafından ananas püresi ile yapılan bir çalışma da: ananas püresinde gerçekleşen esmerleşme reaksiyonu sıfırinci dereceden kinetik modelle tanımlanmıştır.

Şekil 4.4’de görüldüğü gibi, kuru kayısılar depolama süresince, 4°C’de esmerleşmezken, 20°C’de sınırlı, 30°C’de ise, önemli düzeyde esmerleşmektedir ($p<0.05$). Esmerleşme düzeyindeki değişimin üzerine depolama sıcaklığının etkisini daha iyi açıklayabilmek için; güncurusu kayısıların 4°, 20° ve 30°C’de 379 gün depolanması sonucu meydana gelen esmerleşme düzeyindeki artış şekil 4.5’de verilmiştir. Görüldüğü gibi 4°C’de depolanan örneklerin esmerleşme düzeyinde önemli bir değişim saptanmamışken, 30°C’de depolanan örneklerin esmerleşme düzeyi 9.8 kat artmıştır.

Çalışmamıza benzer olarak; Burdurlu ve Karadeniz (2003) tarafından elma suyu konsantresi ile yapılan bir çalışmada, 5°C’de 16 hafta depolanan örneklerin esmerleşme düzeyinde önemli bir değişim saptanmamışken, 37°C’de depolanan örneklerin esmerleşme düzeyi 9.1 kat artmıştır. Ayrıca; düşük düzeyde SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince meydana gelen esmerleşme düzeyinin incelendiği bir çalışmada da, çalışmamıza benzer şekilde depolama sıcaklık ve süresi arttıkça esmerleşme düzeyini arttırdığı saptanmıştır (Türkyılmaz 2011).



Şekil 4.5 Günkurusu kayısı örneklerinin farklı sıcaklıklarda 379 gün depolanması sonucunda esmerleşme düzeyindeki artış

Özellikle yüksek konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinde gerçekleşen yüksek orandaki esmerleşmenin, depolama süresince meydana gelebilecek 4 farklı esmerleşme reaksiyonundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kuru kayıslarda meydana gelen esmerleşmeye, Maillard reaksiyonunun neden olduğu genel bir kanıdır. Ancak yapılan çalışmalar; kuru kayıslarda meydana gelen esmerleşmenin sadece (1) Maillard reaksiyonundan kaynaklanmadığı; bununla birlikte, (2) şekerlerin organik asitlerle (Livingston 1953), (3) organik asitlerin azotlu maddelerle ve (4) organik asitlerin birbirleriyle olan reaksiyonlarının da esmerleşmenin gerçekleşebileceği bildirilmektedir (Haas ve Stadtman 1949).

Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması sonucunda; 4°C’de depolanan örneklerin esmerleşme düzeylerinde depolama boyunca önemli bir değişim saptanamadığı için, esmerleşme reaksiyonlarına ilişkin kinetik veriler sadece 20° ve 30°C için hesaplanmış ve çizelge 4.8’de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde; kuru kayıslardaki esmerleşme reaksiyonuna ait Q₁₀ değerinin 2.63–6.84 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer olarak; Türkyılmaz (2011) tarafından kuru kayıslarla yapılan bir çalışmada, esmerleşme reaksiyonuna ait Q₁₀

değeri 1.85–5.85 aralığında bulunmuştur. Ayrıca; Tsai vd. (1991) tarafından model sistemlerle yapılan bir çalışmada; farklı depolama sıcaklığı (5°–45°C) ve a_w değerlerinde (0.60–0.85), örneklerin esmerleşme hızları incelenmiş, esmerleşme reaksiyona ait Q_{10} değerinin, a_w değerine bağlı olarak 2–6 arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu durum, depolama sıcaklığındaki her 10°C’lik artışın esmerleşme reaksiyon hızını önemli ölçüde arttırdığını göstermektedir.

Çizelge 4.8 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince esmerleşme değişimine ilişkin kinetik veriler

SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)	Sıcaklık (°C)	$k \times 10^3$ (1/gün)	Q_{10} (4°–30°C)	E_a (kJ/mol)
0	20	2.529	2.63	71.39
	30	6.622		
451	20	2.797	3.08	83.07
	30	8.611		
832	20	2.452	3.46	91.62
	30	8.473		
1 594	20	1.332	6.84	142.09
	30	9.113		
2 112	20	–	–	–
	30	9.460		
3 241	20	–	–	–
	30	9.260		

Depolama boyunca SO₂ azalışının, esmerleşme düzeyini üzerine etkisini incelemek amacıyla; elde edilen SO₂ ve esmerleşme düzeyindeki değişim değerleri aritmetik ve yarı-logaritmik ölçekli grafiklere aktarılmıştır. Elde edilen korelasyon katsayıları (r) incelendiğinde, SO₂ miktarındaki azalışla esmerleşme düzeyindeki artış arasında yarı-logaritmik bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi SO₂ konsantrasyonu ile esmerleşme düzeyi arasındaki ilişkinin “kuvvetli” ve “çok kuvvetli” düzeyde olduğu saptanmıştır. Ancak literatürde yapılan bazı çalışmalar esmerleşme değerinde meydana gelen değişimin, sadece örneklerin SO₂ konsantrasyonu ile ilgili olmadığını; bunun yanısıra esmerleşme reaksiyonları üzerine bazı faktörlerin (su

aktivitesi, nem, pH ve titrasyon asitliği) de etkili olduğu belirtilmiştir (Peterson vd. 1994).

Çizelge 4.9 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların renginde meydana gelen esmerleşme üzerine SO₂ miktarının etkisi

Sıcaklık (°C)	SO ₂ miktarı (mg/kg)	Eşitlik	r
Sıfıncı derece			
30	451	$y = -34.81x + 271$	0.721
	832	$y = -84.96x + 521$	0.729
	1 594	$y = -255.70x + 1054$	0.731
	2 112	$y = -285.60x + 1413$	0.726
	3 241	$y = -472.56x + 2093$	0.754
Birinci derece			
30	451	$\log y = -0.111x + 2.358$	0.823
	832	$\log y = -0.147x + 2.651$	0.836
	1 594	$\log y = -0.237x + 2.932$	0.782
	2 112	$\log y = -0.205x + 3.098$	0.858
	3 241	$\log y = -0.225x + 3.317$	0.916

Depolama boyunca; kuru kayısılarda meydana gelen esmerleşme üzerine, bazı faktörlerin etkisini belirlemek amacıyla, 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların 30°C’da depolanmaları süresince esmerleşme değerlerindeki değişim “x” eksenine, su aktivitesi, nem, pH, titrasyon asitliği ve SO₂ değerleri ise “y” eksenine yerleştirilmiş ve doğrusal, yarı logaritmik ve logaritmik ölçekli grafikler çizilmiştir. Elde edilen verilere regresyon analizi uygulanmış ve bu analiz sonucunda elde edilen, regresyon denklemleri, r değerleri ve korelasyon düzeyleri çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısılarda meydana gelen esmerleşme üzerine bazı faktörlerin etki düzeyleri

Parametre	Eşitlik	r	Korelasyon düzeyi
pH			
Aritmetik ilişki	$y = -0.021 x + 3.918$	-0.705	Kuvvetli
Yarı logaritmik ilişki	$\log y = -0.002 x + 0.593$	-0.707	Kuvvetli
Logaritmik ilişki	$\log y = -0.006 \log x + 0.588$	-0.582	Orta
SO₂			
Aritmetik ilişki	$y = -472.56 x + 2.093$	-0.754	Kuvvetli
Yarı logaritmik ilişki	$\log y = -0.225 x + 3.317$	-0.916	Çok kuvvetli
Logaritmik ilişki	$\log y = -1.946 \log x + 1.234$	-0.912	Çok kuvvetli
Nem			
Aritmetik ilişki	$y = -0.302 x + 18.88$	-0.590	Orta
Yarı logaritmik ilişki	$\log y = -0.007 x + 1.275$	-0.602	Orta
Logaritmik ilişki	$\log y = -0.031 \log x + 1.262$	-0.797	Kuvvetli
Titrasyon asitliği			
Aritmetik ilişki	$y = 0.021 x + 3.024$	0.878	Kuvvetli
Yarı logaritmik ilişki	$\log y = 0.003 x + 0.480$	0.875	Kuvvetli
Logaritmik ilişki	$\log y = 0.008 \log x + 0.486$	0.742	Kuvvetli
Su aktivitesi			
Aritmetik ilişki	$y = -0.003 x + 0.619$	-0.527	Orta
Yarı logaritmik ilişki	$\log y = -0.002 x - 0.208$	-0.524	Orta
Logaritmik ilişki	$\log y = -0.010 \log x - 0.212$	-0.676	Orta

Kuru kayısıların renginde meydana gelen esmerleşme ile yukarıda belirtilen faktörlerin aralarındaki korelasyon düzeyi; r değerinin 0–0.49 aralığında olması durumunda “zayıf,” 0.50–0.69 aralığında olması durumunda “orta,” 0.70–0.89 aralığında olması durumunda “kuvvetli” ve 0.90–1.00 aralığında olması durumunda ise “çok kuvvetli” olarak değerlendirilmiştir.

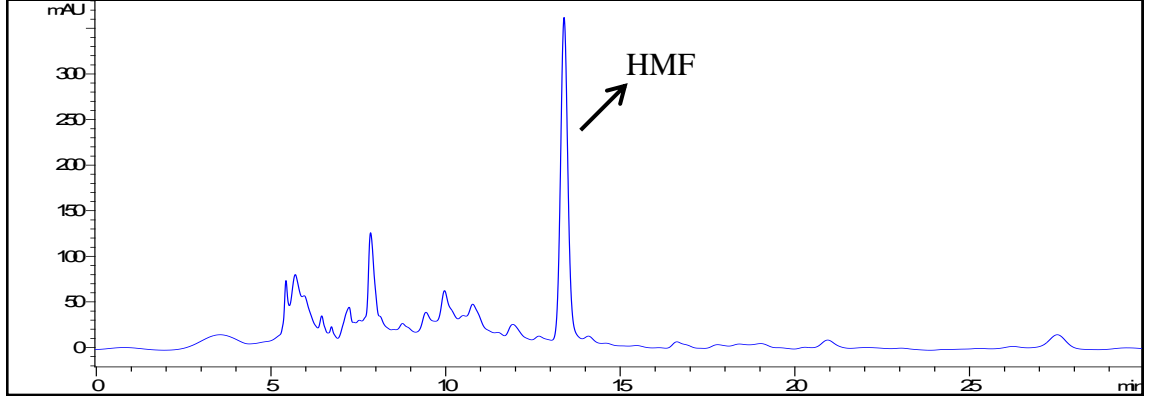
Çizelge 4.10’da elde edilen veriler incelendiğinde SO₂ miktarındaki değişim ile kuru kayısıların esmerleşme düzeyleri (r=–0.916) arasında “çok kuvvetli; pH (r=–0.707), titrasyon asitliği (r=0.878) ve nem (r=–0.797) miktarındaki değişim ile “kuvvetli”, a_w değerinin (r=–0,676) değişimiyle ise, “orta” düzeyde bir ilişki olduğu görülmektedir.

Bilindiği gibi a_w düzeyinin esmerleşme üzerine önemli bir etkisi vardır. “4.3 Su Aktivitesi (a_w) Düzeyindeki Değişim” bölümünde de belirtildiği gibi depolama süresince, a_w düzeyinde önemli bir değişim meydana gelmemiş ve kuru kayısların a_w değeri enzimatik olmayan esmerleşmenin gerçekleştiği $a_w=0.6-0.7$ arasında kalmıştır. Bu nedenle, depolama süresince Maillard esmerleşmesinin optimum a_w düzeyinde olan örneklerin esmerleşme düzeyleri, düzenli olarak artmıştır.

4.6 Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarındaki Değişim

Farklı düzeylerde SO_2 içeren kuru kayısların depolama boyunca HMF içeriklerindeki değişimler çizelge 4.11’de verilmiştir. Kuru kayıslarda HMF belirlenmesi amacıyla uygulanan HPLC analizi sonucunda elde edilen örnek bir kromatogram 3 241 mg/kg düzeyinde SO_2 içeren kuru kayıslar için şekil 4.6’da verilmiştir.

Depolama başlangıcında gün kurusu ve SO_2 içeren kuru kayısı örneklerinin hiçbirinde HMF’ye rastlanmamıştır. Bilindiği gibi; furosin ve HMF Maillard reaksiyonunun ara ürünleridir. Maillard reaksiyonunun birinci aşamasında furosin, ilerleyen aşamalarında ise, HMF oluşmaktadır. Günkurusu kayıslarda, depolama başlangıcında furosin saptanmasına karşın, HMF saptanamamıştır. Bu sonuç, depolama başlangıcında günkurusu kayıslarda Maillard reaksiyonunun birinci aşamasının gerçekleştiğini, yani furosin oluştuğunu, buna karşın, bu reaksiyonun ikinci aşamasında oluşan HMF’nin ise, henüz oluşmadığını göstermektedir. Kükürtlenmiş kuru kayıslarda ise, HMF’nin yanında furosinin de belirlenememesi nedeniyle, bu örneklerde depolama başlangıcında Maillard reaksiyonu gerçekleşmemiştir. Benzer şekilde, Coşkun (2010) ve Türkyılmaz (2011) tarafından Hacıhaliloğlu çeşidi kükürtlenmiş kuru kayıslarda yapılan çalışmalarda da, HMF belirlenememiştir.



Şekil 4.6 3 241 mg/ kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların HMF içeriğine ait HPLC kromatogramı

Bilindiği gibi HMF, karbonhidratların ısıl degradasyonu, L-askorbik asidin parçalanması ya da Maillard reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Kuru kayısı örnekleri, karbonhidratların degradasyona uğrayacağı yüksek sıcaklıkta depolanmamıştır. Bu nedenle; oluşan HMF karbonhidratların ısıl degradasyonu yoluyla oluşmuş olamaz. L-askorbik asidin parçalanması sonucu HMF oluşumunun gerçekleşmesi için ise; yüksek sıcaklık ve asidik ortamda askorbik asidin anaerobik degradasyonunun gerçekleşmesi gerekmektedir (Yuan ve Chen 1998, Kırca ve Cemeroglu 2001). Madrau vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada kuru kayısıların askorbik asit miktarı, 2.32–3.57 mg/100 g gibi çok düşük düzeyde bulunmuştur. Çalışmamızda oluşan yüksek HMF miktarı göz önüne alındığında, kuru kayısı örneklerinde bulunan L-askorbik asidin HMF oluşturacak miktarda olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.11 Farklı düzeyde SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince HMF değerlerindeki (mg/kg KM) değişimler

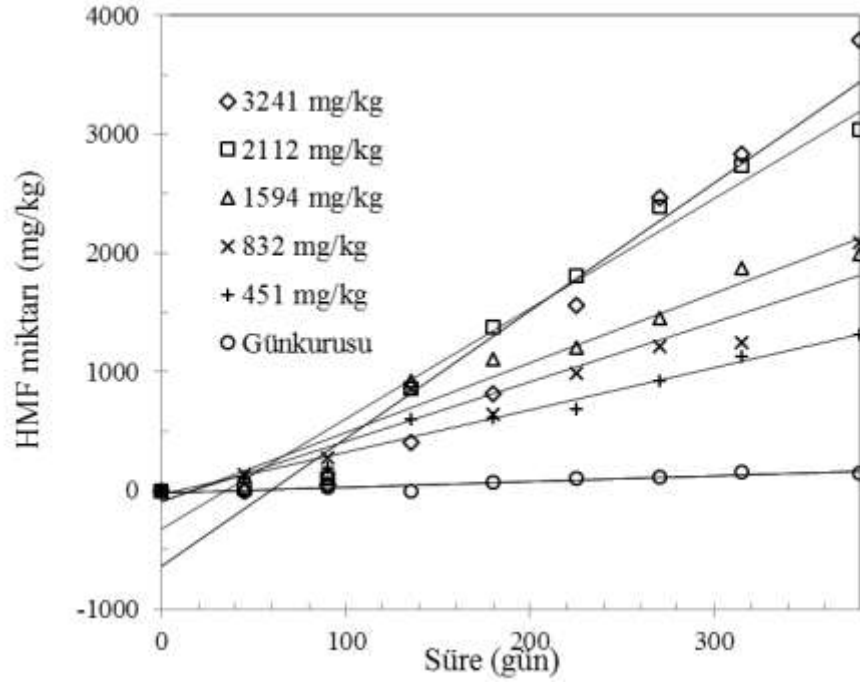
Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
30	0	–	–	–	–	–	–
	45	–	102.0±0.37Gb	131.0±0.01Ha	31.53±0.14Hc	19.14±0.57Hd	–
	90	26.72±0.55Ff	190.0±0.89Fb	271.0±0.31Ga	153.0±0.43Gc	102.0±3.75Gd	43.44±0.22Ge
	135	–	603.0±18.03Eb	863.0±28.64Eb	927.0±10.5Fa	860.0±24.18Fc	400.0±17.4Fd
	180	69.65±0.01Ef	608.0±0.09Ee	638.0±0.39Fd	1 106±0.09Eb	1 377±0.15Ea	819.0±0.34Ec
	225	107.00±0.04Df	685.0±0.00De	992.0±0.00Dd	1 202±0.11Dc	1 810±0.59Da	1 557±0.47Db
	270	117.00±0.01Cf	921.0±0.54Ce	1 219±0.11Cd	1 452±0.49Cc	2 391±0.18Cb	2 463±1.42Ca
	315	151.00±0.03Af	1 125±0.18Be	1 250±0.10Bd	1 867±0.16Bc	2 739±0.35Bb	2 835±0.54Ba
	379	145.00±0.04Bf	1 315±0.13Ae	2 093±1.17Ad	1 995±0.47Ac	3 037±2.22Ab	3 789±2.50Aa
20	0	–	–	–	–	–	–
	90	–	53.57±0.04Da	52.86±0.01Da	16.61±0.02Db	–	–
	180	19.80±0.01f	115.00±0.01Bb	145.00±0.00Ca	59.48±0.02Cc	47.80±0.04Bd	20.13±0.04Ce
	270	–	140.00±0.05Ab	189.00±0.05Ba	83.57±0.01Bc	38.42±0.02Cd	26.03±0.02Be
	379	23.24±0.02f	110.00±0.02Cc	211.00±0.02Aa	123.00±0.13Ab	83.10±0.03Ad	41.94±0.05Ae
4	0	–	–	–	–	–	–
	180	–	–	–	–	–	–
	379	–	41.57±0.01	32.17±0.01	–	–	–

HMF değerleri, ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

A–H: Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a–f: Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Maillard reaksiyonunun HMF oluşumu üzerine etkisi incelendiğinde ise; çizelge 4.11’de görüldüğü gibi, gün kurusu kayıslarda depolama başlangıcında HMF oluşumu gözlenmezken; depolama boyunca HMF oluşumu çok yavaş gerçekleşmiştir. Reaksiyon hızının en yüksek olduğu 30°C’de depolanan örneklerde dahi, 379 gün depolama sonunda, 145 mg/kg düzeyinde HMF oluşmuştur. Kükürtlenmiş kayıslarda ise, HMF özellikle 30°C’de depolanan örneklerde çok hızlı oluşmuş ve SO₂ konsantrasyonu arttıkça HMF miktarı da artmıştır (Şekil 4.7). Bu durum, SO₂’nin HMF oluşumunu hızlandırdığını göstermektedir. Ancak, bilindiği gibi, SO₂’nin Maillard reaksiyonunu önleyici etkisi vardır. Bu nedenle SO₂ konsantrasyonu arttıkça HMF oluşumunun azalması ya da önlenmesi beklenmekte idi. Bununla birlikte, hem furosin hem de HMF’nin kuru kayıslarda saptanması, depolama sürecinde Maillard reaksiyonunun gerçekleştiğini göstermektedir. Farklı SO₂ konsantrasyonlarındaki kuru kayısı örneklerinin, 30°C’de 45 gün depolanması sonucu, örneklerin furosin değerleri incelendiğinde, SO₂ konsantrasyonu arttıkça furosin miktarının azaldığı, en yüksek furosin miktarının ise, günkurusu kayıslarda olduğu görülmüştür. Aynı sıcaklık ve sürede depolanan kuru kayısı örneklerinin HMF içerikleri incelendiğinde ise, SO₂ konsantrasyonu arttıkça HMF miktarının azaldığı görülmüştür. Ancak, beklenenin aksine, günkurusu kayıslarda HMF oluşumu gözlenmemiştir. Eğer, SO₂, indirgen şekerlere bağlanarak Maillard reaksiyonunu engellese idi, o durumda yüksek SO₂ konsantrasyonunda Maillard reaksiyonu gerçekleşemez ve HMF de oluşamazdı. Bu durum SO₂ içeren örneklerdeki HMF oluşumu üzerine Maillard reaksiyonu dışında başka faktör/faktörlerin de etkili olduğunu göstermektedir. Depolama süresince HMF oluşumu incelendiğinde ise, SO₂ konsantrasyonu arttıkça HMF oluşum hızının arttığı görülmektedir. Bilindiği gibi; Maillard reaksiyonunda furosin, reaksiyonun başlangıç aşamalarından olan Amadori dönüşüm ürünlerinin, asit hidrolizi yoluyla, HMF ise, Maillard reaksiyonunun ilerleyen basamaklarında oluşmaktadır (Rada-Mendoza vd. 2004). SO₂ içeren örneklerde saptanan HMF, sadece Maillard reaksiyonundan kaynaklanmış olsaydı, bu durumda, furosin oluşumu azalırken, HMF oluşumunun artması beklenirdi. Ancak, depolama süresince furosin miktarı genel olarak azalırken, HMF miktarı özellikle 30°C’de çok hızlı artmıştır ve aralarında düzenli bir ilişki belirlenememiştir.



Şekil 4.7 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısuların 30°C’de depolanması süresince HMF miktarlarındaki değişimler

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi, özellikle 30°C’de depolama süresince SO₂ konsantrasyonu arttıkça, oluşan HMF miktarı da artmaktadır. “**2.3 Kükürt Dioksit ve Kullanım Alanları**” bölümünde de belirtildiği gibi; SO₂, gıda ürünlerindeki su ile reaksiyona girerek sülfüroz asit oluşmasına ve böylece H⁺ iyonu konsantrasyonunu da arttırarak, kuru kayısuların pH’sının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yüksek SO₂ konsantrasyonlarında gerçekleşen HMF oluşumunun, pH’daki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer olarak, günkurusu ve kükürtlenmiş kuru kayısularla yapılan bir çalışmada da (Alasalvar ve Shahidi 2012), kükürtlenmiş kayıslarda, HMF miktarının günkurusu kayıslardan 18 kat daha fazla olduğu, bu durumun ise; sülfüroz asit nedeniyle ortam pH’sının düşmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Asghari ve Yoshida (2007) tarafından model sistemlerde yapılan bir çalışmada, pH’sı HCl ile ayarlanan fruktoz çözeltileri hazırlanmış ve HMF oluşumu izlenmiştir. En yüksek HMF oluşumu; pH 2.3’de gözlenmiş, sistem pH’sı yükseldikçe HMF oluşumunun azaldığı kaydedilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise, fruktoz ve organik asit (%4’lük fruktoz ve 0.15 N organik asit) model sistemlerinde, 14.02–25.94 mg/kg düzeyinde HMF oluştuğu gözlenmiştir (Oral vd. 2013).

Depolama süresince, kuru kayısı örneklerinde HMF oluşumuna ait grafikler incelenmiş ve grafiklerden elde edilen verilere regresyon analizi uygulanmıştır. Bu analiz sonucu elde edilen regresyon denklemleri ve R^2 değerleri çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelge 4.12’da verilen aritmetik (0.452–0.987) ve yarı-logaritmik (0.483–0.870) grafiklerden elde edilen R^2 değerleri karşılaştırıldığında, kuru kayısılarda depolama süresince HMF oluşumunun sıfıncı derece kinetik modele uyduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, domates ve kuşburnu üzerinde yapılan çalışmalarda da, HMF oluşumuna ilişkin reaksiyonun sıfıncı dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (Giovanelli ve Lavelli 2002, Duru vd. 2012).

Farklı düzeylerde SO_2 içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması boyunca HMF oluşumuna ilişkin k değeri çizelge 4.13’da verilmiştir. Çizelge 4.13’da görüldüğü gibi, 20° ve $30^\circ C$ ’de HMF oluşumuna ilişkin k değeri hesaplanırken, $4^\circ C$ ’de depolanan örneklerde HMF oluşumu gözlenmediği için, bu sıcaklıktaki k değerleri hesaplanamamıştır. Elde edilen k değerleri incelendiğinde, depolama sıcaklığı arttıkça k değerlerinin arttığı, yani HMF oluşum hızının arttığı gözlenmiştir. Örneğin, 3 241 mg/kg düzeyinde SO_2 içeren kuru kayısıların $20^\circ C$ ’de depolanması sonucu hesaplanan k değeri, 0.117 mg/(kg gün) iken, $30^\circ C$ ’de depolanması hesaplanan sonucu k değeri, 10.730’a mg/(kg gün) yükselmiştir. Benzer şekilde, Duru vd. tarafından (2012) kuşburnu nektarı ile yapılan bir çalışmada, sıcaklığın $20^\circ C$ (25° – $45^\circ C$) arttırılmasıyla HMF oluşumuna ilişkin k değerinin 4.76 ($k_{25}=1.9287 \text{ ay}^{-1}$ ve $k_{55}=9.1865 \text{ ay}^{-1}$) katına çıktığı görülmüştür.

Çizelge 4.12 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların depolama süresince HMF düzeyindeki değişimi gösteren eşitlikler

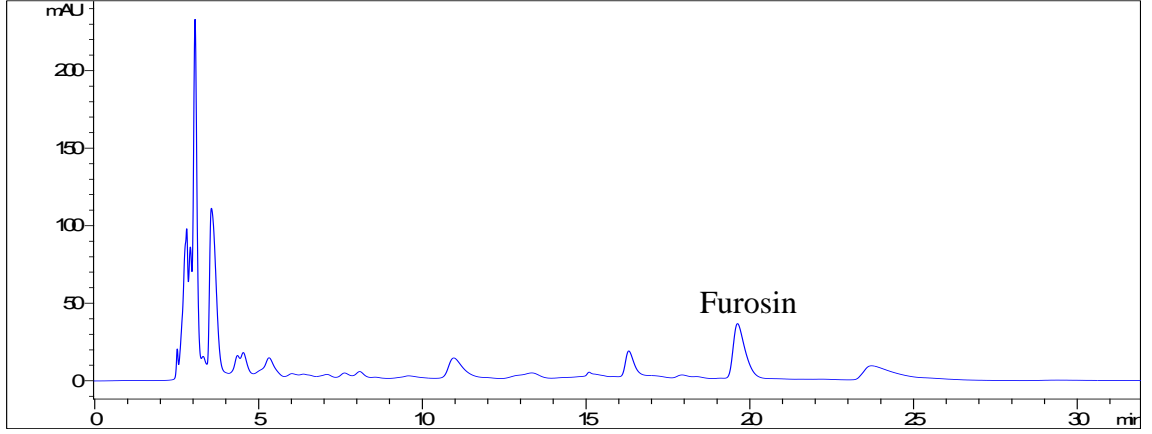
Sıcaklık (°C)	SO ₂ miktarı (mg/kg)	Eşitlik	R ²
Sıfıncı derece			
20	0	$y = 0.050 x - 1.321$	0.452
	451	$y = 0.320 x + 25.05$	0.703
	832	$y = 0.591 x + 11.09$	0.941
	1 594	$y = 0.335 x - 5.061$	0.987
	2 112	$y = 0.219 x - 6.494$	0.861
	3 241	$y = 0.117 x - 3.974$	0.943
	30	0	$y = 0.4734 x - 17.74$
451		$y = 3.5558 x - 30.92$	0.973
832		$y = 4.9977 x - 81.56$	0.924
1 594		$y = 5.8734 x - 99.13$	0.954
2 112		$y = 9.2808 x - 319.5$	0.967
3 241		$y = 10.7376 x - 632.4$	0.929
Birinci derece			
20	0	–	–
	451	$\log y = 0.0010 x + 1.7584$	0.483
	832	$\log y = 0.0020 x + 1.6695$	0.787
	1 594	$\log y = 0.0029 x + 1.0936$	0.870
	2 112	$\log y = 0.0013 x + 1.3764$	0.538
	3 241	$\log y = 0.0016 x + 1.0018$	0.986
30	0	$\log y = 0.0026 x + 1.3263$	0.854
	451	$\log y = 0.0031 x + 2.0942$	0.834
	832	$\log y = 0.0032 x + 2.2033$	0.838
	1 594	$\log y = 0.0047 x + 1.8509$	0.710
	2 112	$\log y = 0.0060 x + 1.6277$	0.749
	3 241	$\log y = 0.0060 x + 1.6048$	0.810

Çizelge 4.13 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince HMF oluşumuna ilişkin k değerleri

SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)	Sıcaklık (°C)	k [mg/(kg gün)]
0 (Günkurusu)	4	–
	20	0.050
	30	0.473
451	4	–
	20	0.320
	30	3.555
832	4	–
	20	0.591
	30	4.997
1 594	4	–
	20	0.335
	30	5.873
2 112	4	–
	20	0.219
	30	9.280
3 241	4	–
	20	0.117
	30	10.730

4.7 Furosin Miktarındaki Değişim

Farklı düzeylerde kükürtlenmiş kuru kayısların depolama boyunca furosin içeriklerindeki değişimler çizelge 4.14’de verilmiştir. Kuru kayıslarda furosin belirlenmesi amacıyla uygulanan HPLC analizi sonucunda elde edilen örnek bir kromatogram 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayıslar için şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren furosine içeriğine ait HPLC kromatogramı

Depolama başlangıcında, günkurusu kayısılarında furosine rastlanmasına rağmen, SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinin hiçbirinde furosine tespit edilememiştir. “**4.6 Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarındaki Değişim**” kısmında bahsedildiği gibi; furosine, HMF gibi Maillard reaksiyonunun ara ürünüdür. SO₂ içeren kuru kayısılarında furosine belirlenememesi henüz Maillard reaksiyonunun gerçekleşmediğini göstermektedir. Depolamanın ilerleyen günlerinde, örneklerin tamamında furosine belirlenmiştir. Çizelge 4.14’de de görüldüğü gibi SO₂ konsantrasyonu arttıkça, oluşan furosine miktarı azalmış ($r=0.920$); depolama sıcaklığı arttıkça, genel olarak artmıştır. Örneğin; 30°C’de, 180 gün boyunca depolama sonunda, 451 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinin furosine içeriği 216 mg/kg düzeyinde iken, 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinde bu değer, 123 mg/kg’dır. Aynı sürede depolanan 451 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren örneklerde ise, 20°C’de bu değer 112 mg/kg iken, 4°C’de bu değer 98 mg/kg düzeyindedir.

Çizelge 4.14’de de görülebileceği gibi, kuru kayısı örneklerinin furosine değerlerinde depolama süresince sistematik bir değişim gözlenmemiştir. Bilindiği gibi, furosine Maillard reaksiyonunun indikatörü ve Amadori dönüşüm ürünüdür. Dolayısıyla, Maillard reaksiyonunun ara ürünü olan furosine zamanla, başka ürünlere dönüşmek üzere parçalanmaktadır. Caboni vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada da kurutulmuş yumurtalardaki furosine miktarı incelenmiş ve depolama süresince düzenli bir değişim belirlenmemiştir.

Çizelge 4.14 Farklı düzeyde SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince furosın değerlerindeki (mg/kg km) değişimler

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
30	0	233±8.02D	–	–	–	–	–
	45	329±4.86Ba	292±8.54Bb	215±2.11CCc	174±4.30BCd	153±1.71Ce	136±2.25Df
	90	404±29.96Aa	361±11.81Ab	300±13.47Ac	235±1.48Ad	197±0.64Ae	124±1.72Ef
	135	201±1.13Ea	185±1.00Eb	153±1.70Dc	124±2.59Fd	105±0.24Ee	107±1.26Fe
	180	242±7.03Da	216±13.93Db	166±1.00Dc	153±1.88Ec	133±2.52Dd	123±2.12Ed
	225	244±1.27Da	232±7.67Db	215±5.65Cc	161±1.27Dd	152±1.72Cde	149±4.61Ce
	270	241±0.56Da	224±1.37Db	207±2.04Cc	168±0.82Cd	152±3.94Ce	148±5.21Ce
	315	289±3.58Ca	266±7.49Cb	255±7.06Bb	179±2.67Bc	183±3.87Bc	186±0.79Bc
	379	252±2.90Da	221±0.49Dc	210±2.67Cc	176±4.56Bc	177±6.92Bd	206±3.87Ad
20	0	233±8.01B	–	–	–	–	–
	90	276±3.63Aa	241±0.21Ab	158±3.09Ac	169±6.61Ac	118±0.28Ad	124±1.45Ad
	180	157±1.11Da	112±0.39Db	110±0.91Cc	81.71±1.24Cd	70.83±0.59De	69.00±0.81Ce
	270	206±0.42Ca	149±1.13Cb	128±0.28Bc	99.73±1.12Cd	84.44±0.92Ce	70.68±0.80Cf
	379	213±6.90Ca	184±4.65Bb	160±2.40Ac	129±0.13Bd	101±0.73Be	91.49±0.52Bf
4	0	233±8.01A	–	–	–	–	–
	180	121±0.27Ba	98.06±0.30b	66.48±0.03c	65.28±0.54d	48.79±0.55f	49.76±0.11e
	379	127±5.63Ba	102±2.10b	70.00±2.08c	71.05±1.82c	53.40±1.18d	53.26±0.79d

Furosın değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-F : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

4.8 Şeker Dağılımı ve Miktarındaki Değişim

Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların; depolama başlangıcındaki şeker dağılım ve miktarları çizelge 4.15’de verilmiştir. Kuru kayısların şeker dağılımını gösteren örnek bir HPLC kromatogramı ise şekil 4.9’da verilmiştir.

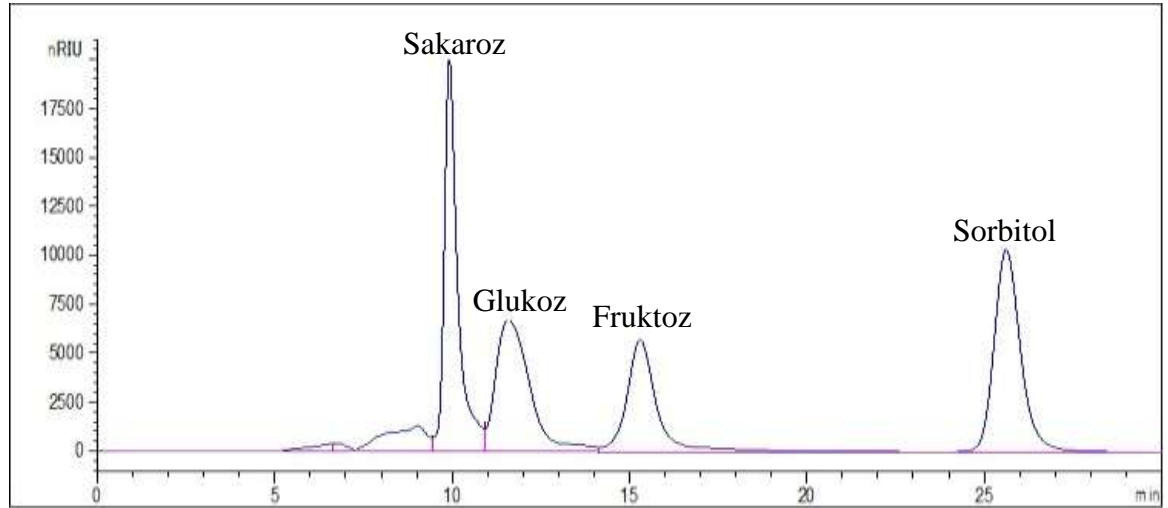
Hacıhaliloğlu çeşidi günkurusu kayısların başat şekeri, “sakaroz” (256 g/kg) olarak bulunmuş, bunu da sırasıyla; sorbitol (237 g/kg), glukoz (209 g/kg) ve fruktoz (134 g/kg) izlemiştir (Çizelge 4.15). Günkurusu kayıslarda bulduğumuz sonuçlara benzer şekilde; yaş kayıslarda başat şekerin “sakaroz” olduğu ortaya konulmuştur (Voi vd. 1995, Drogoudi vd. 2008). Ancak, yapılan bu çalışmalarda, sakaroz dışında yaş kayıslarda bulunan şekerlerin sıralaması konusunda farklılıklar bulunmaktadır. Bir çalışmada (Drogoudi vd. 2008), glukoz>sorbitol>fruktoz saptanırken; diğer bir çalışmada (Voi vd. 1995), glukoz>fruktoz>sorbitol saptanmıştır. Bu durumun, çeşit farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum ülkemizde yapılan bir çalışmada ortaya konulmuş ve elde edilen sonuçlar, 11 farklı kayısı çeşidinin şeker dağılımları arasında farklılıklar olduğunu göstermiştir (Akın vd. 2008). Örneğin Hacıkız çeşidi kayıslarda; sakaroz>glukoz>sorbitol>fruktoz saptanırken, Alyanak çeşidi kayıslarda sakaroz>glukoz>fruktoz>sorbitol olduğu bulunmuştur.

Günkurusu kayıslardan farklı olarak, kükürtlenmiş kayıslarda başat şekerin, glukoz (230–290 g/kg) olduğu, bunu sırasıyla; sorbitol (196–246 g/kg), fruktoz (168–230 g/kg) ve sakarozun (62.97–170 g/kg) izlediği saptanmıştır. Günkurusu ve kükürtlenmiş kuru kayısların başat şekerleri arasındaki bu farklılığın, SO₂ varlığında, sakarozun; glukoz ve fruktoza parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 4.11). Benzer şekilde, Draudt ve Huang (1966) tarafından yapılan çalışmada da; SO₂ uygulanmış kurutulmuş şeftali ve muzda sakaroz miktarının azaldığı; glukoz ve fruktoz miktarının ise, arttığı belirlenmiştir. Bu bulguyu destekleyebilmek için; laboratuvarımızda kükürtlenmiş ve kükürtlenmemiş kuru kayısı örneklerine model olacak şekilde 2 farklı çözelti hazırlanmıştır. Birinci çözelti, sadece sakaroz ile hazırlanırken; diğeri çözelti ise, sakaroz ve sodyum metabisülfid (Na₂S₂O₅) ile hazırlanmıştır. Sakaroz çözeltisine,

Na₂S₂O₅ eklenir eklenmez, sakaroz miktarında %14.6 oranında azalma belirlenmiştir. Benzer şekilde, kükürtlenmiş kuru kayısların depolama başlangıcında SO₂ konsantrasyonundaki artış, sakaroz miktarında azalmaya; glukoz ve fruktoz miktarında ise, artışa neden olmuştur (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların depolama başlangıcındaki şeker dağılımı ve miktarları

Şeker (g/kg)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
	0	451	832	1 594	2 112	3 241
Sakaroz	256±4.61	146±1.13	145±1.49	170±1.33	130±0.04	111±0.22
Glukoz	209±0.40	267±2.09	268±2.06	260±3.40	273±2.82	280±1.57
Fruktoz	134±4.32	171±5.47	170±4.69	168±2.82	176±0.16	184±1.28
Sorbitol	237±0.16	242±1.88	239±1.63	229±2.71	231±0.78	221±1.48



Şekil 4.9 Günkurusu kayısların şeker dağılımına ait örnek bir HPLC kromatogramı

Depolama başlangıcı dışında, kuru kayısların farklı sıcaklıklarda 379 gün depolama süresince de, sakaroz miktarındaki değişim incelenmiştir. Bu amaçla; depolama süresince sakaroz içeriğindeki değişimi gösteren grafikler çizilmiş, bu grafiklerden elde

edilen verilere regresyon analizi uygulanmış ve elde edilen regresyon denklemleri ve R^2 değerleri çizelge 4.16'da verilmiştir. Aritmetik (0.754–0.948) ve yarı logaritmik (0.757–0.943) grafiklerden elde edilen R^2 değerleri karşılaştırıldığında (Çizelge 4.16), sakarozun parçalanma reaksiyonunun hem sıfırinci hem de birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, daha yüksek R^2 değerleri nedeniyle, kuru kayıslarda sakarozun parçalanmasının birinci derece reaksiyon kinetiğine daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde, model sistemlerde (Quintas vd. 2007, Eggleston ve Vercellotti 2000) yapılan çalışmalarda da sakarozun parçalanmasına ilişkin reaksiyonun birinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği belirtilmiştir.

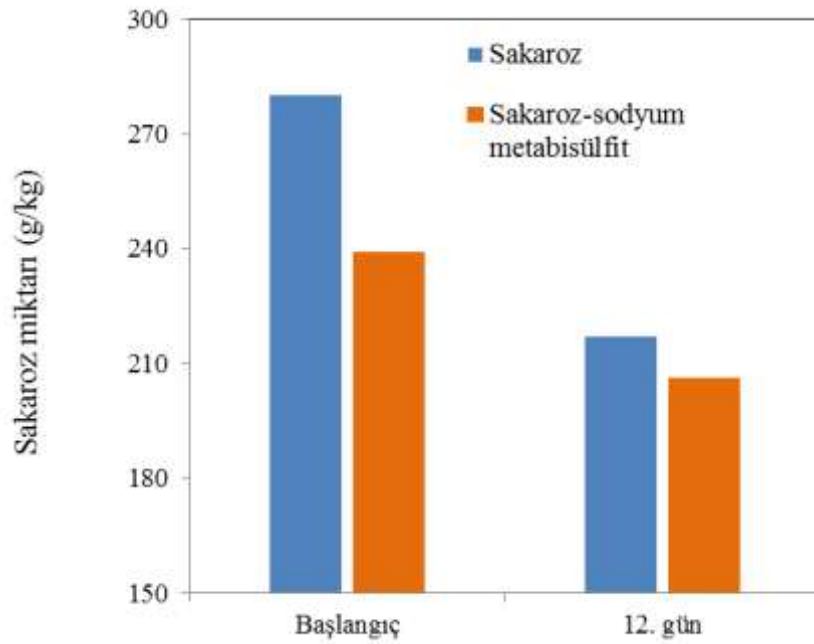
Çizelge 4.16 Farklı düzeylerde SO_2 içeren kuru kayısların $30^\circ C$ 'de depolanması süresince sakaroz miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler

Sıcaklık ($^\circ C$)	SO_2 miktarı(mg/kg)	Eşitlik	R^2
Sıfırinci derece			
30	0	$y = -0.111x + 247.5$	0.754
	451	$y = -0.073x + 146.0$	0.870
	832	$y = -0.147x + 146.5$	0.948
	1 594	$y = -0.110x + 165.7$	0.756
	2 112	$y = -0.138x + 133.9$	0.913
	3 241	$y = -0.112x + 108.6$	0.913
Birinci derece			
30	0	$\log y = -0.000x + 2.393$	0.759
	451	$\log y = -0.000x + 2.165$	0.873
	832	$\log y = -0.000x + 2.172$	0.943
	1 594	$\log y = -0.000x + 2.220$	0.757
	2 112	$\log y = -0.000x + 2.132$	0.925
	3 241	$\log y = -0.000x + 2.042$	0.909

Bilindiği gibi, sakaroz indirgen bir şeker olmadığı için herhangi bir reaksiyona girme eğiliminde değildir. Bu nedenle depolama boyunca kuru kayısılardaki sakaroz miktarındaki azalmanın tek nedeni, onun parçalanması olabilir. Sakaroz parçalanması; (1) invertaz enzimi aktivitesi (Sturm 1999), (2) yüksek asidik ortamda yüksek sıcaklığa maruz bırakma (Moreau vd. 2000) veya (3) Lewis asidi varlığında dehidratasyona uğrama durumunda (Huang ve Fu 2013) gerçekleşebilir. Örneklerimizdeki sakaroz parçalanmasını depolama sıcaklığı açısından değerlendirdiğimizde, 4°C’de depolanan örneklerimizde dahi sakaroz parçalanması (%3.60–11.72) gözlenmektedir. Örneklerimiz 40°C’nin üzerindeki bir sıcaklığa maruz bırakılmadığı için (Wang vd. 2006) sakaroz parçalanmasının nedeni yüksek sıcaklık olamaz. Ancak, kayısıların invertaz içermesi (MeiXia vd. 2009) nedeniyle, günkurusu ve kükürtlü kayıslarda sakarozun parçalanması üzerine kayısıların yapısında doğal olarak bulunan invertaz enzimi etkili olabilir. Bununla birlikte, SO₂’nin invertaz üzerine etkisi olduğunu gösteren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, bilindiği üzere invertaz aktivitesi pH 5.0’de ve 60°C sıcaklıkta optimum düzeyde, 20°–60°C arasında da, stabildir (Bergamasco vd. 2000). Bu nedenle sakarozun en hızlı olarak, günkurusu kayıslarda parçalanması ve depolama sıcaklığına bağlı olarak parçalanma hızında önemli bir değişim olmaması beklenirdi. Ancak günkurusu (pH 5.37) kayıslara kıyasla daha düşük pH’ya sahip SO₂ içeren kuru kayıslarda (pH 3.95–4.59), sakaroz daha hızlı parçalanmıştır. Bu durum sakaroz parçalanmasında invertaz aktivitesinin yanında, SO₂ kullanımından kaynaklanan başka faktörlerin etkili olduğunu göstermektedir.

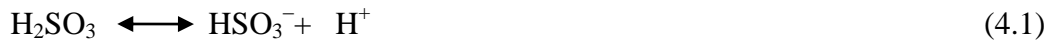
Kükürtlenmiş kuru kayıslarda, gerek SO₂ konsantrasyonu arttıkça ve gerekse de depolama sıcaklığı arttıkça sakaroz konsantrasyonunda bir azalma görülmüştür (EK–7). Örneğin, depolama başlangıcında günkurusu kayısıların sakaroz miktarı 256 g/kg iken; 3 241 mg/kg SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinde, bu değer, 111 g/kg’dır. Benzer şekilde, depolama sıcaklığı arttıkça da, sakaroz miktarında azalma saptanmıştır. Örneğin, 180 gün depolama sonunda, sakaroz miktarları; 4°C’de 240 g/kg, 20°C’de 234 g/kg ve 30°C’de 223 g/kg olarak belirlenmiştir. Bu durumun nedenini belirlemek için, daha önce belirtildiği gibi laboratuvarımızda yapılan bir denemede, depolama boyunca sakarozun parçalanması üzerine SO₂ varlığının etkisi incelenmiştir (Şekil 4.10). Sakaroz

çözeltisine, Na₂S₂O₅ eklenir eklenmez, sakaroz miktarındaki azalmaya benzer şekilde, bu model çözeltinin 30°C’de 12 gün depolanması sonunda da, SO₂ içermeyen model çözeltinin sakaroz miktarı %23, SO₂ içeren model çözeltinin sakaroz miktarı ise, %27 oranında azalmıştır. Model sistemlerde yapılan bu çalışma ile, SO₂ varlığında sakarozun daha hızlı bir şekilde parçalandığı sonucuna ulaşılmıştır. Model sistemde gözlenen bu durumun benzeri, kuru kayıslarda da gözlenmiştir. Örneğin, günkurusu kayıslarda 379 günlük depolama sonunda, sakarozun %17.2’si parçalanmışken, 3 241 mg/kg SO₂ içeren kuru kayıslarda sakarozun %43.2’si parçalanmıştır. Benzer şekilde, kükürtlenip kurutulmuş muzlarda; sakaroz miktarı, 28°C’de 177 gün depolama sonunda %15.8 azalırken, kükürtlenmemiş muzların aynı sıcaklıkta 175 gün depolanması sonunda, %11.4 oranında azalma saptanmıştır (Draudt ve Huang 1966). Gerek laboratuvarımızda yaptığımız çalışma gerekse de diğer araştırmacıların yaptıkları çalışmalar, SO₂ içeren kuru meyvelerde sakarozun daha hızlı parçalandığını göstermiştir.

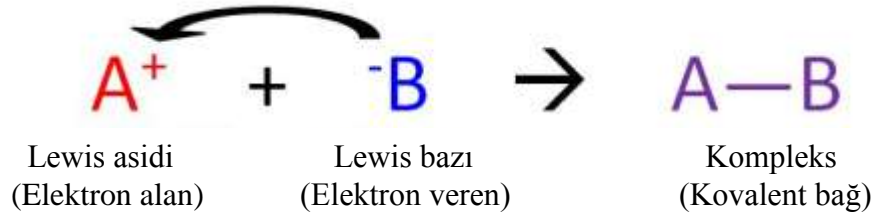


Şekil 4.10 Kuru kayısı model sistemlerinin 30°C’de 12 gün depolanması süresince SO₂’nin sakaroz üzerine etkisi

“3.2.1 Materyalin hazırlanması” bölümünde belirtildiği gibi, kayısı örneklerimizin tamamı aynı muameleye maruz bırakılmış olup, aralarındaki tek fark, SO₂ konsantrasyonlarıdır. “2.3 Kükürtdioksit ve Kullanım Alanları” bölümünde değinildiği gibi; SO₂, kayısı yapısında bulunan serbest suda çözünerek, sülfüroz asit oluşmakta, ve ortamın pH’sına bağlı olarak da hidrojen sülfid ve sülfid ile birlikte denge halinde bulunmaktadır. Kayısların maruz kaldığı SO₂ konsantrasyonu arttıkça da SO₂’in tuz formları olan hidrojen sülfid (HSO₃⁻) ve sülfid (SO₃⁻²) miktarı artmaktadır.



Yukarıda verilen eşitliklerden (4.1 ve 4.2) de görülebileceği gibi, üzerinde fazla elektron bulunan hidrojen sülfid (HSO₃⁻) ve sülfid (SO₃⁻²) Lewis bazı, H⁺ iyonları ise, Lewis asididir. O halde; kuru kayısların SO₂ konsantrasyonunun artışına bağlı olarak sakaroz konsantrasyonundaki azalmanın nedeni; H⁺ iyonunun Lewis asidi gibi davranarak sakarozun dehidratasyonunu sağlaması olabilir.



Şekil 4.11 Lewis asidi ve Lewis bazı ile kompleks oluşumu (Abudra ve Badial 2015)

Sakarozun parçalanmasına ilişkin kinetik veriler çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelge 4.17’de görüldüğü gibi; genel olarak, 20° ve 30°C’de SO₂ konsantrasyonu arttıkça sakarozun parçalanma hızı da artmıştır. Bu durum t_{1/2} değerlerinin kıyaslanması ile kolaylıkla izlenebilir. Örneğin, 30°C’de günkurusu kayıslarda sakarozun parçalanmasına ilişkin t_{1/2} değeri, 47.8 ay iken; 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayıslarda, t_{1/2} değeri azalarak, yani sakarozun parçalanma hızı artarak, 17.6 ay

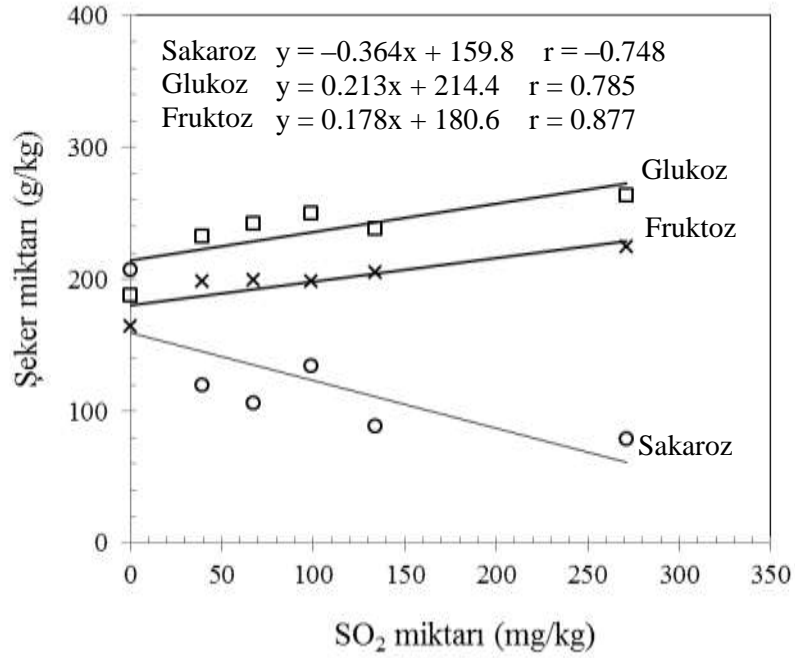
değerine ulaşmıştır. Daha önce belirtildiği gibi, SO₂, ortamda bulunan su ile reaksiyona girdiğinde, sülfüroz asit (H₂SO₃) oluşmakta ve sülfüroz asit, hidrojen iyonu vererek hidrojen sülfid (HSO₃⁻) ve sülfid (SO₃⁻²) iyonlarını oluşturmaktadır. Böylece kuru kayısların titrasyon asitliği değerleri ve ortamın H⁺ iyonu konsantrasyonu artmaktadır. Bu nedenle, sakarozun sabit sıcaklıkta parçalanma nedeninin ortam asitliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda sakaroz konsantrasyonu ile titrasyon asitliği arasında [r=(-0.840)-(-0.959)] ve sakaroz konsantrasyonu ile pH arasında (r=0.935-0.964) güçlü bir korelasyon gözlenmiştir. Çalışmamıza benzer olarak model sistemlerde yapılan bir çalışmada, sakarozun parçalanma hızının; nötral pH'dan asidik pH'ya gittikçe arttığı ortaya konulmuştur (Eggleston ve Vercellotti 2000). Bu çalışmada, sakarozun parçalanma hızının, pH 6.45'ten 4.4'e düştüğünde 4.7 kat arttığı belirlenmiştir .

Sakarozun parçalanma hızı; pH'nın yanısıra, depolama sıcaklığından da etkilenmektedir. Çizelge 4.17'de görüldüğü gibi, depolama sıcaklığı arttıkça sakarozun parçalanma hızı da artmaktadır. 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısların, 4°C'de depolanması sonucu, sakarozun parçalanmasına ait t_{1/2} değeri, 250.8 ay iken, 30°C'de depolanması sonucu, bu değer azalarak, 17.6 ay değerine ulaşmıştır. Benzer şekilde, farklı sakaroz konsantrasyonlarında (%70-96.4) hazırlanan model sistemlerde yapılan bir çalışmada, sıcaklık arttıkça sakarozun parçalanma hızının da arttığı belirlenmiştir (Quintas vd. 2007). Sakaroz konsantrasyonu %70 olan model sistemin sıcaklığı 60°C arttırılınca, sakarozun parçalanma hızı da, 74 kat artmıştır. Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada da, sıcaklığın 15°C artması, sakarozun %56'sının parçalanmasına neden olmuştur (Wolf vd. 1982).

Çizelge 4.17 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince sakaroz kaybına ilişkin kinetik veriler

SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)	Sıcaklık (°C)	k x 10 ³ (gün ⁻¹)	t _{1/2} (ay)	Q ₁₀		E _a (kJ/mol)
				4°–20°C	20°–30°C	
0	4	0.32	71.7			
	20	0.21	111.5	0.76	2.33	9.48
	30	0.48	47.8			
451	4	0.16	143.3			
	20	0.16	143.3	1.00	3.43	33.47
	30	0.55	41.8			
832	4	0.25	91.2			
	20	0.35	66.9	1.21	3.67	38.56
	30	1.27	18.2			
1 594	4	0.28	83.6			
	20	0.28	83.6	1.00	2.75	24.62
	30	0.76	30.4			
2 112	4	0.18	125.4			
	20	0.30	77.2	1.35	4.31	49.33
	30	1.29	17.9			
3 241	4	0.09	250.8			
	20	0.30	77.2	2.09	4.38	67.74
	30	1.31	17.6			

Sıcaklık değişimlerinin sakarozun parçalanması üzerine etkisini ortaya koymak için Q₁₀ ve E_a değerleri hesaplanmıştır. Genel olarak, sakarozun parçalanma hızı üzerine; depolama sıcaklığının 20°C'den 30°C'ye çıkarılması, depolama sıcaklığının 4°C'den 20°C'ye çıkarılmasından daha etkili olmuştur. Örneğin 4°–20°C arasında Q₁₀ değeri, 0.76 iken, 20°–30°C arasında bu değer, 2.33 olarak bulunmuştur. Bu da, kuru kayıslarda sakarozun parçalanma hızının, sıcaklık değişimlerine bağlı olduğunu ve 4°–20°C ile kıyaslandığında, 20°–30°C arasında sıcaklık değişimlerinden daha fazla etkilendiğini göstermiştir.



Şekil 4.12 30°C’de 315 gün depolanan kuru kayısıların SO₂ miktarlarındaki değişim ile şeker içeriği arasındaki ilişki

Sakarozun parçalanmasına ilişkin E_a değerleri kıyaslandığında ise, günküsu kayıslarda çok düşük E_a değeri (9.61 kJ/mol) saptanırken, kükürtlenmiş kuru kayıslarda ise, çok daha yüksek E_a değerleri (24.62–67.74 kJ/mol) bulunmuştur. Genel olarak, kuru kayısların SO₂ içerikleri arttıkça, sakarozun parçalanmasına ilişkin E_a değeri de artmıştır. Bulunan bu E_a değerleri, gün kuruşu kayıslarda sakarozun parçalanmasının sıcaklık değişimlerinden çok etkilenmediğini, buna karşın kükürtlenmiş kuru kayıslarda, sakarozun parçalanmasının SO₂ konsantrasyonundaki artışla birlikte sıcaklık değişimlerinden çok daha fazla etkilendiğini göstermiştir.

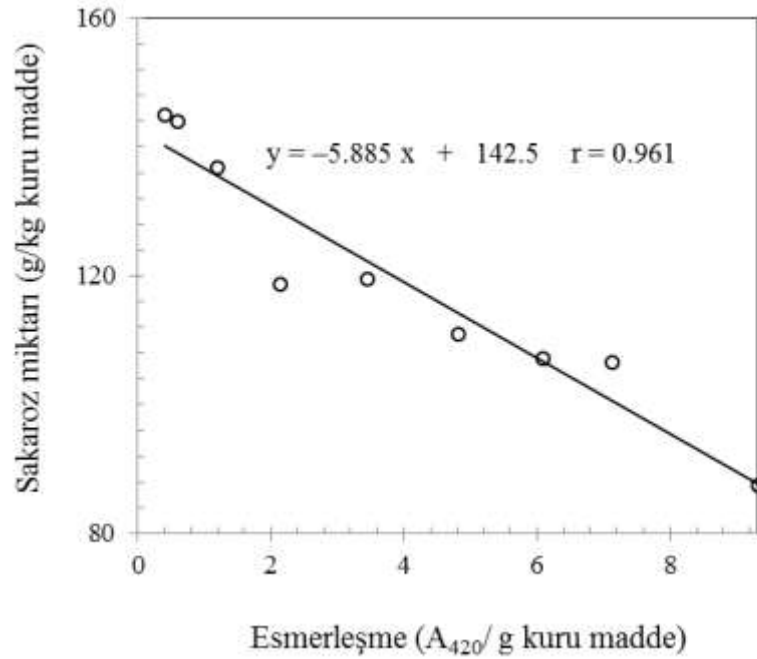
Depolama boyunca sakarozdan farklı olarak; glukoz ve fruktoz miktarında düzenli bir değişim gözlenmemiştir. Bilindiği gibi kuru kayısı örneklerinde glukoz ve fruktoz miktarını etkileyen 2 mekanizma söz konusudur. Bunlardan bir tanesi, esmerleşme reaksiyonları iken, diğeri sakarozun parçalanmasıdır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında substrat olarak kullanılan glukoz ve fruktoz miktarı, reaksiyon ilerledikçe azalırken, sakarozun parçalanması sonucunda bu şekerlerin miktarı artmaktadır (Şekil 4.12). Görüldüğü gibi, bu mekanizmalar glukoz ve fruktoz miktarı üzerine tam ters yönde etki göstermektedir. Bu nedenle de; glukoz ve fruktoz

miktarında depolama boyunca salınım görülmektedir. Glukoz ve fruktoz miktarında gerçekleşen bu salınım nedeniyle, glukoz ve fruktoz ile esmerleşme ya da SO₂ konsantrasyonu arasında güçlü bir ilişki bulunamamıştır. Buna karşın, esmerleşme ile sakaroz miktarı arasında güçlü bir korelasyon (r=0.961) bulunmuştur. SO₂ konsantrasyonu, sakaroz miktarını ve esmerleşme değerini doğru oranda azaltmaktadır. Bu azalmanın esmerleşme ve sakaroz konsantrasyonu arasındaki güçlü ilişkinin asıl nedeni olduğu düşünülmektedir. SO₂ konsantrasyonu ile, sakaroz miktarı (r=-0.807) ve esmerleşme (r=-0.900) (Çizelge 4.18) arasında güçlü negatif korelasyonlar tespit edilmiştir. SO₂ konsantrasyonu gerek sakaroz miktarı gerekse de esmerleşme üzerine benzer etki gösterdiği için esmerleşme ve sakaroz miktarı arasında sanki doğrudan bir ilişki varmış gibi düşünülebilir. Ancak, esmerleşme reaksiyonlarına sadece indirgen şekerlerin katıldığı ve sakarozun bir indirgen şeker olmadığı dikkate alındığında; sakaroz ve esmerleşme arasında dolaylı olarak ilişki bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.13).

Çizelge 4.18 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda 379 gün depolanması sonucunda esmerleşme ve SO₂ konsantrasyonları arasındaki ilişki

Sıcaklık (°C)	Eşitlik	r
4	$y = -11\,451x + 4\,392$	0.900
20	$y = -1\,608x + 1\,659$	0.893
30	$y = -29.16x + 307.2$	0.792

Kuru kayısı örneklerinde, sorbitol miktarında düzenli bir değişiminin olmadığı belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer olarak, taze ve kuru eriklerde yapılan bir çalışmada da, sorbitol miktarında bir değişim gözlenmemiştir (Cinquanta vd. 2002). Ayrıca, çalışmamızda kullanılan Hacihaliloğlu çeşidi kuru kayısıların sorbitol miktarı (248–196 g/kg), literatürde bulunan diğer kayısı örneklerindeki sorbitol miktarlarına (24.7–50.5 mg/kg) kıyasla çok yüksektir. Ülkemizin farklı bölgelerinde hasat edilmiş yaş kayısılarla yapılan bir çalışmada, Malatya ilimizden elde edilen kayısıların sorbitol içeriğinin, ülkemizin diğer bölgelerinden elde edilen kayısıların sorbitol içeriğinden 1.65–9.87 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir (Akin vd. 2008).



Şekil 4.13 832 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların, 30°C’de depolanması süresince sakaroz miktarı ile esmerleşme değeri arasındaki ilişki

Kuru kayısı örneklerinde bulunan toplam şeker miktarları incelendiğinde, toplam şeker miktarı, depolama sıcaklık-süresi ve SO₂ konsantrasyonu arttıkça azalmıştır (EK 7). Kuru kayısı örnekleri arasında en yüksek toplam şeker miktarının (835 g/kg kuru madde) günkurusu kayıslarda; en düşük toplam şeker miktarının (796 g/kg kuru madde) ise, 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayıslarda belirlendiği görülmektedir. SO₂ konsantrasyonu ile örneklerdeki toplam şeker miktarı arasında çok güçlü negatif korelasyon ($r=-0.929$) tespit edilmiştir. SO₂ konsantrasyonu arttıkça, örneklerin toplam şeker miktarı azalmıştır. Örneğin; 452 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren örneğin toplam şeker miktarı 826 g/kg kuru madde iken; 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren örneğin toplam şeker miktarı 796 g/kg kuru maddedir. Depolama boyunca; depolama sıcaklığının, toplam şeker içeriği üzerine etkisi incelendiğinde ise, 2 112 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların 30°C’de 379 gün depolanması sonucu toplam şeker miktarını %6.43 oranında azalırken, 20°C’de bu oran %0.24’dür. Benzer şekilde, patateslerde depolama sıcaklığı arttıkça toplam şeker miktarının azaldığı belirlenmiştir (Boe vd. 2009). Bu durumun patatesteki bulunan indirgen şekerlerin esmerleşme reaksiyonuna katılmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Çalışmamızda; farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların 30°C’de depolanması boyunca

toplam şeker miktarındaki azalma ile sakaroz konsantrasyonu arasındaki ilişki incelendiğinde; orta-yüksek düzeyde ($r=0.643-0.861$) bir korelasyon bulunmuştur. Bu nedenle, toplam şeker miktarındaki azalmanın kayısının başat şekeri olan sakaroz miktarındaki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanında; depolama boyunca kuru kayısların devam eden solunumu sırasında şekerlerin substrat olarak kullanılması da toplam şeker miktarındaki azalmanın diğer bir nedeni olabilir (Salama vd. 1990, Pelayo vd. 2003).

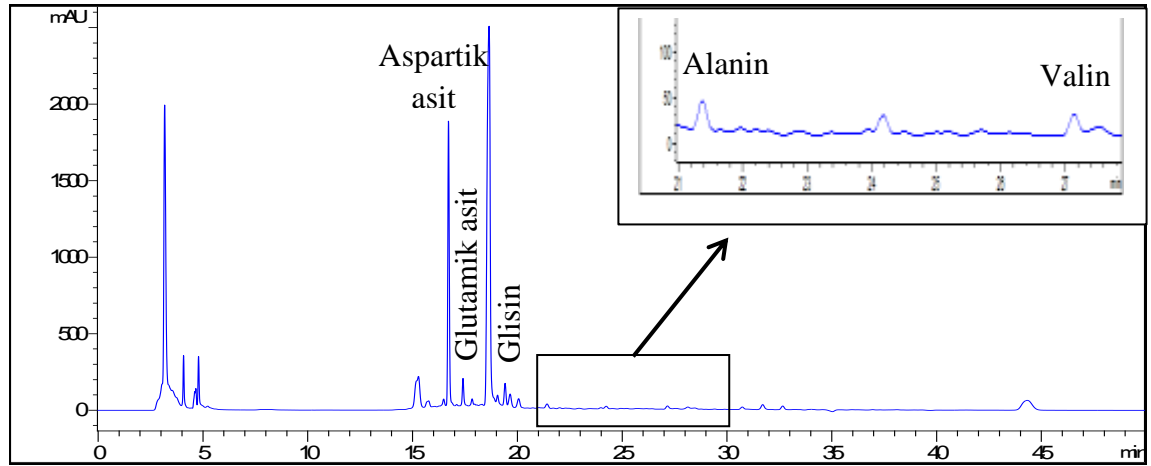
4.9 Aminoasit Dağılımı ve Miktarındaki Değişim

Farklı düzeylerde SO_2 içeren kuru kayısların; depolama başlangıcındaki aminoasit dağılım ve miktarları çizelge 4.19’da verilmiştir. Kuru kayısların aminoasit dağılımını gösteren örnek bir HPLC kromatogramı ise şekil 4.14’de verilmiştir. Kuru kayısı örneklerinde, aminoasitlerin HPLC analizi sonucu elde edilen kromatogramlarda aspartik asit, glutamik asit, glisin, alanin ve valin tanımlanmıştır (Şekil 4.14).

Hacıhaliloğlu çeşidi günkurusu kayısların başat aminoasidi, “aspartik asit” (5692 mg/kg) olarak bulunmuş, bunu da sırasıyla; glutamik asit (989 mg/kg), glisin (144 mg/kg), alanin (34.61 mg/kg) ve valin (28.94 mg/kg) izlemiştir (Çizelge 4.19). Ancak, yapılan bazı çalışmalarda, yaş kayıslarda bulunan aminoasitlerin sıralaması konusunda farklılıklar bulunmaktadır. Bir çalışmada (Femenia vd. 1995), glutamik asit>aspartik asit>alanin>valin>glisin saptanırken; diğer bir çalışmada (Kamel vd. 1992), glutamik asit>aspartik asit> glisin >valin> alanin saptanmıştır. Bu durumun, çeşit farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.19 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların depolama başlangıcındaki aminoasit dağılımı ve miktarları

Aminoasit (mg/kg)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
	0	451	832	1 594	2 112	3 241
Aspartik asit	2872±9.7	3702±53.4	5162±114	3447±80.4	3886±128	5692±17.6
Glutamik asit	886±19.5	695±7.7	799±13.9	842±20.0	806±1.9	989±26.4
Glisin	142±0.2	93.69±1.5	133±2.3	130±1.8	89.68±2.5	144±4.0
Alanin	34.61±0.3	24.05±0.2	30.93±0.9	26.81±0.5	16.40±0.2	26.71±0.3
Valin	28.94±0.3	17.05±0.1	26.47±0.7	24.54±0.1	21.22±0.5	20.09±0.2



Şekil 4.14 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısların aminoasit dağılımına ait örnek bir HPLC kromatogramı

Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların, depolama başlangıcında toplam aminoasit miktarları incelendiğinde (EK 8) en yüksek toplam aminoasit içeriğinin 3 241 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinde (6872 mg/kg) belirlendiği görülmüştür. Ayrıca SO₂ konsantrasyonu azaldıkça, toplam aminoasit içeriği genel olarak azalmıştır. Örneğin; günkurusu kayısı örnekleri 3964 mg/kg düzeyinde toplam aminoasit içerirken, 2 112 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısların toplam aminoasit miktarı 4820 mg/kg'dır. SO₂ konsantrasyonuna paralel olarak toplam aminoasit miktarının artması, SO₂'nin, aminoasitlerin esmerleşme ya da diğer

reaksiyonlara katılmasını engellemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde; çam ağacı fidanlarında yapılan bir çalışmada da, örnekler, farklı konsantrasyonlarda SO₂'ye maruz bırakılmış ve SO₂'nin aminoasit içeriğini koruduğu saptanmıştır (Malhorta ve Sarkar 1979). Çalışmada, 0.89 mg/m³ düzeyinde SO₂ içeren örneklerin toplam aminoasit miktarı, kontrol örneğinden 1.50 kat, 1.34 mg/m³ düzeyinde SO₂ içeren örneklerin toplam aminoasit miktarı ise, 1.55 kat daha fazla bulunmuştur.

Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısının, depolama süresince toplam aminoasit değişimi incelenmiş, bu amaçla toplam aminoasit değişimini gösteren grafikler çizilmiş ve regresyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen regresyon denklemleri ve R² değerleri çizelge 4.20'de verilmiştir. Aritmetik ve yarı logaritmik grafiklerden elde edilen R² değerleri karşılaştırıldığında, toplam aminoasidin parçalanma reaksiyonunun birinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği görülmüştür.

Depolama süresince toplam aminoasit miktarı incelendiğinde, depolama sıcaklık ve süresine bağlı olarak, toplam aminoasit miktarının azaldığı görülmüştür. Ancak, çizelge 4.21'de verilen kinetik parametreler incelendiğinde, bazı örneklerde 20°C'de toplam aminoasidin parçalanmasına ilişkin reaksiyon hız sabiti, 30°C'dekin daha fazladır. Bilindiği gibi, Maillard reaksiyonu, kuru meyvelerde görülen esmerleşmenin temel nedenlerinden biridir. Bu reaksiyon; indirgen şekerlerin, aminoasitlerle reaksiyona girmesi yoluyla gerçekleşmekte ve reaksiyon hızı sıcaklık arttıkça artmaktadır. Kuru kayıslarda meydana gelen esmerleşme sadece Maillard reaksiyonundan kaynaklanmış olsaydı, 30°C'de aminoasit miktarının daha hızlı azalması beklenirdi. Bu durum, daha öncede belirttiğimiz, kuru kayıslarda gerçekleşen esmerleşmenin sadece Maillard reaksiyonundan kaynaklanamayacağı hipotezini desteklemektedir.

Çizelge 4.20 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların 20° ve 30°C’de depolanması süresince toplam aminoasit miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler

Sıcaklık (°C)	SO ₂ miktarı (mg/kg)	Eşitlik	R ²
Sıfırıncı derece			
20	0	$y = -7.3325 x + 3975$	0.9991
	451	$y = -7.5286 x + 4262$	0.8946
	832	$y = -11.466 x + 6265$	0.9644
	1 594	$y = -4.4613 x + 4401$	0.9198
	2 112	$y = -9.2000 x + 4808$	0.9998
	3 241	$y = -13.460 x + 7125$	0.8845
	30	0	$y = -5.5876 x + 3579$
451		$y = -4.6314 x + 4494$	0.8695
832		$y = -7.2741 x + 5524$	0.8602
1 594		$y = -10.688 x + 4666$	0.8451
2 112		$y = -5.7538 x + 4548$	0.7173
3 241		$y = -15.011 x + 6338$	0.8677
Birinci derece			
20	0	$\log y = -0.0011 x + 3.6053$	0.9844
	451	$\log y = -0.0010 x + 3.6308$	0.9435
	832	$\log y = -0.0011 x + 3.8065$	0.9165
	1 594	$\log y = -0.0005 x + 3.6429$	0.9237
	2 112	$\log y = -0.0012 x + 3.6917$	0.9951
	3 241	$\log y = -0.0012 x + 3.8674$	0.8159
	30	0	$\log y = -0.0009 x + 3.5549$
451		$\log y = -0.0006 x + 3.6604$	0.8146
832		$\log y = -0.0007 x + 3.7444$	0.9036
1 594		$\log y = -0.0017 x + 3.6987$	0.8116
2 112		$\log y = -0.0007 x + 3.6566$	0.7186
3 241		$\log y = -0.0015 x + 3.8112$	0.8936

Depolama sıcaklık ve süresine ek olarak, pH değeri de Maillard reaksiyonu üzerine etkilidir. Kuru kayısı örneklerindeki pH değerlerinin, SO₂ konsantrasyonuna bağlı

olarak değişmesi nedeniyle, toplam aminoasit miktarındaki değişimi, SO₂ konsantrasyonuna bağlı olarak da değerlendirmek gerekmektedir. Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi, SO₂ konsantrasyonu arttıkça aminoasit kaybı da genel olarak hızlanmaktadır. Bu durum pH değerindeki düşüşün toplam aminoasit kaybını hızlandırdığı şeklinde yorumlanabilir. Ancak bilindiğı gibi, Maillard reaksiyonunun optimum pH’sı 10’dur ve reaksiyon hızı, pH düşükçe azalmaktadır. Bu nedenle, pH değeri düşük olan SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinde gerçekleşen aminoasit kaybının sadece Maillard reaksiyonundan kaynaklanamayacağı anlaşılmaktadır. Ajandouz ve Puigserver (1999) tarafından model sistemlerde yapılan bir çalışmada, pH 4–12 arasında glukoz ve esansiyel aminoasitler arasındaki esmerleşme reaksiyonu incelenmiş, pH arttıkça, esmerleşmenin, aminoasit ve şeker kaybının arttığı belirlenmiştir. Bu durum, kuru kayısı örneklerinde gerçekleşen esmerleşmenin ve aminoasit kaybının sadece Maillard reaksiyonundan kaynaklanamayacağı şeklinde yorumlanmaktadır.

Çizelge 4.21 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince toplam aminoasit kaybına ilişkin kinetik veriler

SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)	Sıcaklık (°C)	k x 10 ³ (gün ⁻¹)	t _{1/2} (ay)	Q ₁₀ (20°–30°C)
0	20	2.53	9.12	0.82
	30	2.07	11.15	
451	20	2.30	10.03	0.60
	30	1.38	16.72	
832	20	2.53	9.12	0.64
	30	1.61	14.33	
1 594	20	1.15	30.07	3.40
	30	3.92	5.90	
2 112	20	2.76	8.36	0.58
	30	1.61	14.33	
3 241	20	2.76	8,36	1.25
	30	3.45	6.69	

Depolama süresince farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayıslarda, aspartik asit ve glutamik asit değişimi de incelenmiştir. Bu amaçla; depolama süresince aspartik asit ve glutamik asit içeriğindeki değişimi gösteren grafikler çizilmiş, bu grafiklerden elde edilen verilere regresyon analizi uygulanmış ve elde edilen regresyon denklemleri ve R² değerleri çizelge 4.22 ve çizelge 4.23’de verilmiştir. Aritmetik ve yarı logaritmik grafiklerden elde edilen R² değerleri karşılaştırıldığında, aspartik asit ve glutamik asidin parçalanma reaksiyonunun birinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği görülmektedir. Benzer şekilde, model sistemlerde yapılan bir çalışmada da beş farklı aminoasidin beşinin de (alanin, lösin, fenilalanin, serin ve aspartik asit) parçalanmasına ilişkin reaksiyonun birinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği belirtilmiştir (Sato vd. 2004).

Depolama süresince aspartik asit ve esmerleşme arasındaki ilişki incelendiğinde, aralarında kuvvetli bir korelasyon saptanamamıştır ($r=-0.063$ ile -0.735). Bilindiği gibi aspartik asit, asidik bir aminoasittir. Model sistemlerde farklı aminoasitlerin Maillard reaksiyonuna girme reaktivitelerinin incelendiği bir çalışmada; asidik (aspartik asit ve glutamik asit) aminoasitlerin en düşük, hidroksil grubu taşıyan (serin ve trionin) aminoasitlerin ise, en yüksek reaktiviteyi gösterdiği görülmüştür (Piloty and Baltes 1979). Kwak ve Lim (2004) tarafından yapılan bir çalışmada ise; yine farklı aminoasitlerin (aspartik asit, glutamik asit, alanin, valin, serin, sistein, fenilalanin, arjinin, lisin) glukoz ile Maillard reaksiyonuna girme reaktiviteleri incelenmiş, reaksiyon sonucu kullanılmayan glukoz miktarı hesaplanmıştır. 100°C’de 3 h inkübe edilen örneklerden aspartik asit çözeltisinde, glukozun yaklaşık %75’i, lisin çözeltisinde ise, yaklaşık %25’i kullanılmamıştır. Bir diğer asidik aminoasit olan glutamik asit için de, aynı durum geçerli olup, esmerleşme ile glutamik asit miktarı arasında kuvvetli bir korelasyon saptanamamıştır ($r=-0.095$ ile -0.694). Kwak ve Lim (2004) tarafından yapılan çalışmada, glutamik asit çözeltisinde glukozun %65’inin kullanılmadan kaldığı görülmektedir. Yine aynı çalışmada, farklı aminoasitlerin şekerlerle (Maltoz, fruktoz, glukoz, arabinoz ve ksiloz) 100°C’de 3 h ısıtılması sonucu en yüksek esmerleşme lisinde görülürken, en düşük esmerleşme ise, sistein, aspartik asit ve glutamik asitte görülmüştür.

Çizelge 4.22 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların 20° ve 30°C’de depolanması süresince aspartik asit miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler

Sıcaklık (°C)	SO ₂ miktarı (mg/kg)	Eşitlik	R ²
Sıfıncı derece			
20	0	$y = -5.4437 x + 2870$	0.9999
	451	$y = -6.1198 x + 3509$	0.9154
	832	$y = -4.8307 x + 4961$	0.8842
	2 112	$y = -6.9849 x + 3801$	0.9867
	3 241	$y = -6.9398 x + 5683$	0.9999
30	0	$y = -3.9633 x + 2350$	0.7132
	451	$y = -3.8069 x + 3624$	0.8002
	832	$y = -6.5151 x + 4707$	0.8999
	1 594	$y = -6.4062 x + 2807$	0.7940
	3 241	$y = -12.967 x + 5212$	0.8576
Birinci derece			
20	0	$\log y = -0.0011 x + 3.4634$	0.9922
	451	$\log y = -0.0010 x + 3.5471$	0.9589
	832	$\log y = -0.0005 x + 3.6946$	0.9101
	2 112	$\log y = -0.0011 x + 3.5868$	0.9994
	3 241	$\log y = -0.0007 x + 3.7615$	0.9942
30	0	$\log y = -0.0010 x + 3.3684$	0.8127
	451	$\log y = -0.0006 x + 3.5687$	0.7506
	832	$\log y = -0.0008 x + 3.6779$	0.9424
	2 112	$\log y = -0.0015 x + 3.4482$	0.9090
	3 241	$\log y = -0.0016 x + 3.7273$	0.8847

Çizelge 4.23 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların 20° ve 30°C’de depolanması süresince glutamik asit miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler

Sıcaklık (°C)	SO ₂ miktarı (mg/kg)	Eşitlik	R ²
Sıfırıncı derece			
20	0	$y = -1.5627 x + 903$	0.9577
	451	$y = -1.1722 x + 602$	0.6318
	832	$y = -1.4722 x + 714$	0.7641
	1 594	$y = -1.2540 x + 860$	0.9260
	2 112	$y = -1.9270 x + 808$	0.9998
	3 241	$y = -2.2857 x + 947$	0.9701
	30	0	$y = -0.6657 x + 834$
451		$y = -0.6630 x + 663$	0.9189
832		$y = -1.3563 x + 727$	0.8781
1 594		$y = -1.7145 x + 847$	0.9851
2 112		$y = -2.2301 x + 812$	0.9139
3 241		$y = -1.5160 x + 936$	0.9483
Birinci derece			
20	0	$\log y = -0.0010 x + 2.9643$	0.9110
	451	$\log y = -0.0010 x + 2.7638$	0.6582
	832	$\log y = -0.0012 x + 2.8470$	0.8306
	1 594	$\log y = -0.0008 x + 2.9410$	0.8828
	2 112	$\log y = -0.0017 x + 2.9272$	0.9863
	3 241	$\log y = -0.0017 x + 2.9895$	0.9989
	30	0	$\log y = -0.0004 x + 2.9228$
451		$\log y = -0.0005 x + 2.8238$	0.9449
832		$\log y = -0.0011 x + 2.8650$	0.9190
1 594		$\log y = -0.0014 x + 2.9514$	0.9702
2 112		$\log y = -0.0020 x + 2.9354$	0.8570
3 241		$\log y = -0.0010 x + 2.9860$	0.9733

Depolama süresince farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların glisin içeriğindeki değişim incelenmiştir. Bu amaçla; depolama süresince glisin içeriğindeki değişimi gösteren grafikler çizilmiş, bu grafiklerden elde edilen verilere regresyon analizi uygulanmış ve elde edilen regresyon denklemleri ve R² değerleri çizelge 4.24’da verilmiştir. Aritmetik ve yarı logaritmik grafiklerden elde edilen R² değerleri karşılaştırıldığında, glisinin parçalanma reaksiyonunun birinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği görülmektedir. Benzer şekilde, model sistemlerde yapılan bir çalışmada da, glisinin parçalanmasına ilişkin reaksiyonun birinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği belirtilmiştir (Baisier ve Labuza 1992).

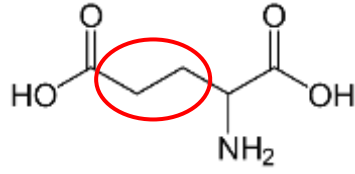
Çizelge 4.24 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısların 30°C’de depolanması süresince glisin miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler

Sıcaklık (°C)	SO ₂ miktarı (mg/kg)	Eşitlik	R ²
Sıfırncı derece			
30	0	$y = -0.3446 x + 130$	0.7959
	451	$y = -0.1596 x + 96.1$	0.8091
	832	$y = -0.2394 x + 727$	0.9567
	1 594	$y = -0.2991 x + 122$	0.9408
	2 112	$y = -0.3528 x + 116$	0.9693
	3 241	$y = -0.3990 x + 142$	0.9111
Birinci derece			
30	0	$\log y = -0.0015 x + 2.1149$	0.8294
	451	$\log y = -0.0010 x + 1.9918$	0.7636
	832	$\log y = -0.0011 x + 2.1106$	0.9866
	1 594	$\log y = -0.0018 x + 2.1140$	0.9862
	2 112	$\log y = -0.0025 x + 2.1408$	0.9540
	3 241	$\log y = -0.0018 x + 2.1691$	0.9129

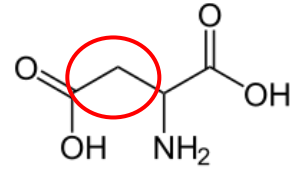
Depolama süresince, glisin miktarı ile esmerleşme arasındaki ilişki incelendiğinde genel olarak kuvvetli bir korelasyon görülmüştür ($r=-0.864$). Model sistemlerde yapılan bir çalışmada, aminoasitler esmerleşme reaksiyonlarına girme eğilimlerine göre, üç gruba ayrılmış ve glisin bu gruplar içinde en yüksek esmerleşme eğilimi gösteren aminoasitler arasında yer almıştır (Ashoor ve Zent 1984). Glisin miktarının; depolama süresince,

farklı depolama sıcaklıklarında gösterdiği değişim incelendiğinde ise (EK-8), depolama sıcaklığı arttıkça, glisin parçalanma hızının arttığı görülmektedir. Bu durum $t_{1/2}$ değerlerinin bu üç sıcaklıkta kıyaslanması ile kolaylıkla izlenebilir. Örneğin, 3 241 mg/kg düzeyinde SO_2 içeren kuru kayısların, $30^\circ C$ 'de depolanması ile glisin parçalanmasına ilişkin $t_{1/2}$ değeri, 5.6 ay iken; aynı örneğin, $20^\circ C$ 'de depolanması ile bu değer 9.1 ay; $4^\circ C$ 'de ise 20.1 ay olarak belirlenmiştir. “**4.7 Furosin Miktarındaki Değişim**” kısmında bahsedildiği gibi, farklı düzeylerde SO_2 içeren kuru kayıslarda Maillard reaksiyonu indikatörü olan furosin ve HMF oluşumu gözlenmiş, ancak, kuru kayısı örneklerinde Maillard reaksiyonu gerçekleşse de, görülen esmerleşmenin tek nedeninin Maillard reaksiyonu olamayacağı belirtilmiştir. Bu nedenle, glisin miktarındaki azalmanın, Maillard reaksiyonundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

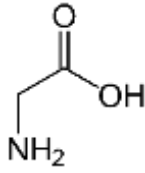
Depolama süresince kuru kayısı örneklerinde bulunan aminoasitlerin stabiliteleri incelendiğinde; glutamik asidin aspartik aside göre çok daha stabil olduğu görülmektedir. Bu iki aminoasidin kimyasal yapısı incelendiğinde ise, glutamik asidin, aspartik asitten 1 molekül daha fazla metilen (CH_2) grubu içerdiği görülmektedir (Şekil 4.15). Öyleyse, aminoasitlerin zincir uzunluğu arttıkça aminoasit stabilitesi artmaktadır. Glisin ve alaninin $30^\circ C$ 'de stabiliteleri incelendiğinde; glisin ve alaninin, aspartik asit ve glutamik asitten daha stabil olduğu görülmektedir. Bu aminoasitlerin kimyasal yapıları incelendiğinde ise, aspartik asit ve glutamik asidin fazladan birer çift bağ C atomuna sahip olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi; çift bağ C atomu oksidasyona meyillidir. Bu durumun; aspartik asit ve glutamik asidin stabilitesini azaltmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca; glisin, alanin ve valinin stabiliteleri incelendiğinde; valinin en yüksek stabiliteye sahip olduğu; bunu sırasıyla alanin ve glisin izlediği görülmektedir. Şekil 4.15'de verilen aminoasitlerin kimyasal yapıları incelendiğinde, aminoasidin zincir uzunluğu arttıkça stabilitesinin arttığı görülmektedir.



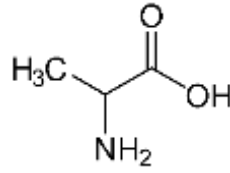
Glutamik asit



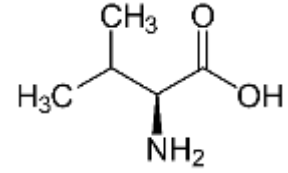
Aspartik asit



Glisin



Alanin



Valin

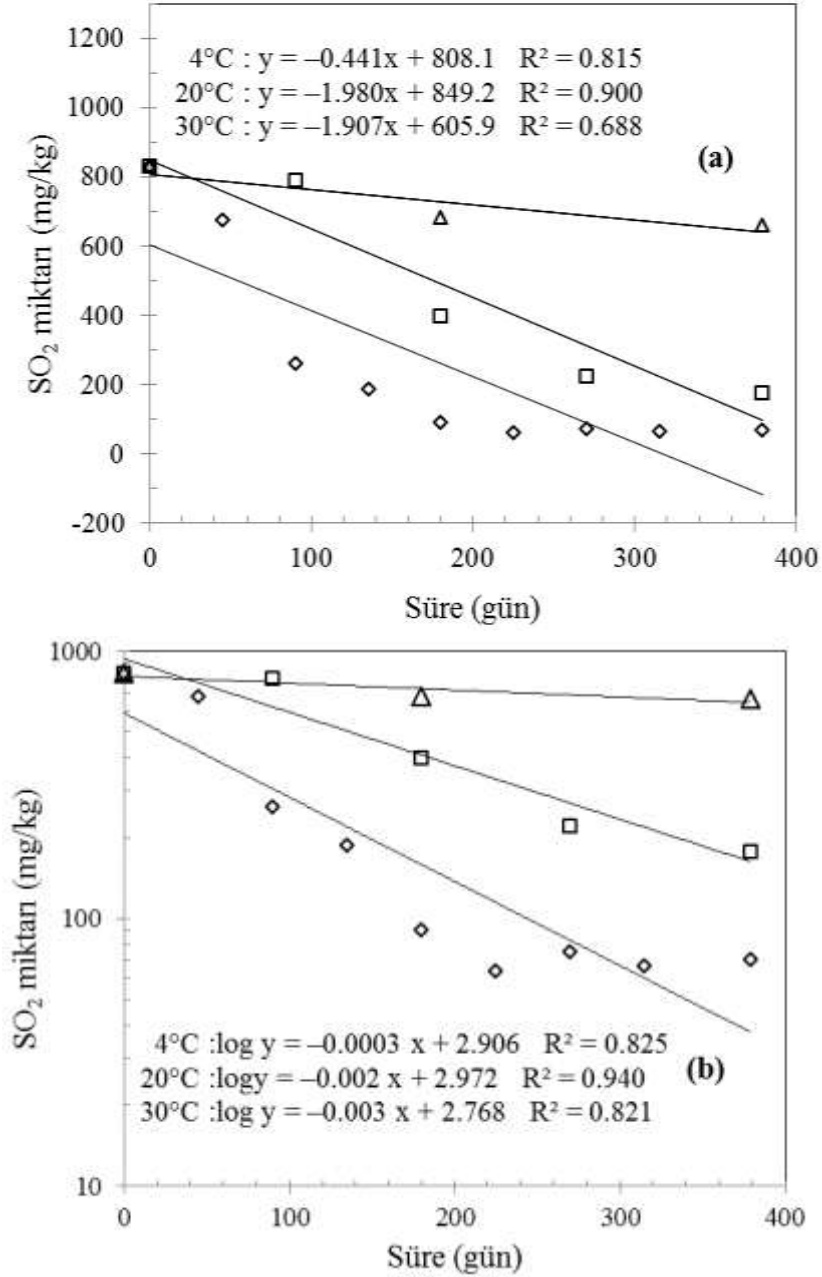
Şekil 4.15 Aspartik asit, glutamik asit, glisin, alanin ve valinin kimyasal yapısı

4.10 Kuru Kayıların SO₂ İçeriğindeki Azalma

Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayıların; farklı sıcaklıklarda (4°, 20° ve 30°C), 379 gün depolanması süresince SO₂ içeriğindeki azalmalar incelenmiştir (EK 9). 832 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinde, depolama süresince SO₂ içeriğindeki azalmaya ilişkin aritmetik ve yarı logaritmik grafikler şekil 4.16'da verilmiştir. Şekil 4.16'te görüldüğü gibi, grafiklerden yarı-logaritmik ölçekli grafikte daha doğrusal bir eğri elde edilmiştir. Bu durum, depolama süresince kuru kayılardan SO₂ kaybının birinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiğini göstermektedir. Bu amaçla, elde edilen verilere doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve bu analiz sonucunda elde edilen regresyon denklemleri ve determinasyon katsayıları çizelge 4.25'de verilmiştir

Daha önce yapılan çalışmalarda da, SO₂ kaybının birinci derece kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği belirtilmiştir. Farklı yöntemlerle (toz elementer kükürt yakılarak, SO₂ gazı ile ve sodyum metabisülfid çözeltisine daldırılarak) kükürlenerek farklı

sıcaklıklarda (5°, 20° ve 30°C) depolanan kuru kayıslardan (Coşkun 2010) ve farklı sıcaklıklarda (40°, 50° ve 60°C) kuru hava akımıyla kurutululan kuru kayıslardan SO₂'nin uzaklaşması, birinci derece kinetik modelle tanımlanmıştır (Özkan ve Cemeroğlu 2002).



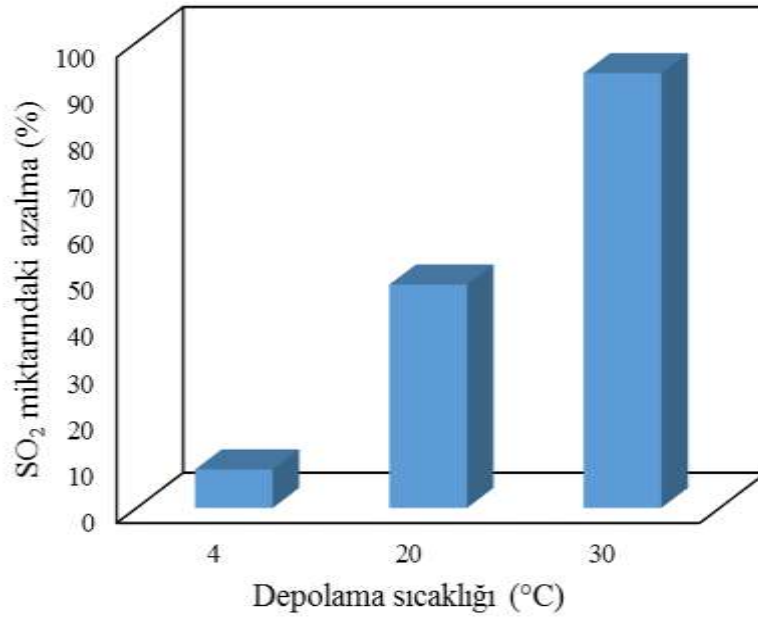
Şekil 4.16 832 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanması süresince SO₂ düzeylerindeki azalmalar

a. Aritmetik, **b.** Yarı-logaritmik

Çizelge 4.25 Farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayısıların 30°C’de depolanması süresince SO₂ miktarlarındaki azalışı gösteren eşitlikler

Sıcaklık (°C)	SO ₂ miktarı (mg/kg)	Eşitlik	R ²
Sıfırıncı derece			
20	451	$y = -0.981 x + 374.7$	0.797
	832	$y = -1.980 x + 849.3$	0.900
	1 594	$y = -2.127 x + 1590$	0.959
	2 112	$y = -2.959x + 2015$	0.950
	3 241	$y = -3.875 x + 3096$	0.950
30	451	$y = -0.978 x + 313.4$	0.668
	832	$y = -1.907 x + 605.9$	0.688
	1 594	$y = -4.381 x + 1395$	0.811
	2 112	$y = -5.987 x + 1920$	0.834
	3 241	$y = -8.390 x + 2850$	0.912
Birinci derece			
20	451	$\log y = -0.00220 x + 2.5769$	0.881
	832	$\log y = -0.00200 x + 2.9721$	0.940
	1 594	$\log y = -0.00078 x + 3.2106$	0.975
	2 112	$\log y = -0.00088 x + 3.3126$	0.983
	3 241	$\log y = -0.00071 x + 3.4966$	0.977
30	451	$\log y = -0.00296 x + 2.4653$	0.791
	832	$\log y = -0.00315 x + 2.7689$	0.821
	1 594	$\log y = -0.00379 x + 3.1982$	0.808
	2 112	$\log y = -0.00384 x + 3.3781$	0.930
	3 241	$\log y = -0.00343 x + 3.5744$	0.987

Kuru kayısılarda SO₂ kaybı üzerine farklı depolama sıcaklıklarının (4°, 20° ve 30°C) etkisini açıklamak amacıyla; 1 594 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların, bu üç sıcaklıkta 379 gün depolanması sonucu meydana gelen SO₂ miktarındaki yüzde azalma oranları şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17 1 594 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinin farklı sıcaklıklarda 379 gün depolanması sonucunda SO₂ düzeylerindeki azalma (%)

Şekil 4.17’de verilen grafik incelendiğinde, farklı sıcaklıklarda depolanan kuru kayısıların SO₂ miktarındaki en önemli düşüşün 30°C’de olduğu, bunu 20°C’nin takip ettiği görülmüştür. Ayrıca, 4°C’de depolanan örneklerde ise, 379 gün depolamanın sonunda SO₂ miktarında sınırlı düzeyde bir düşüş görülmüştür (p<0.05, Ek 1). Elde edilen bu sonuçlar, depolama sıcaklığı arttıkça, SO₂ miktarındaki azalmanın hızlandığını göstermektedir. Ayrıca, depolama süresince örneklerdeki SO₂ miktarını korumak için, örneklerin 4°C’de depolanması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Çalışmamıza benzer olarak, , farklı sıcaklıklarda (5°, 20° ve 30°C) depolanmış orta nemli kuru kayısıların, SO₂ içeriğinde sırasıyla %16, 58 ve 94 oranında azalma saptanmıştır (Sağırılı vd. 2008). 5350 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların 27.8°C’de 4 ay depolanması sonucu SO₂ içeriğinde %46; 9 ay sonunda ise, %74 düzeyinde bir azalma saptanmıştır (Stadtman vd. 1946). Yapılan her iki çalışmada da, SO₂ kaybının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak azaldığı belirtilmiştir.

SO₂ içeriğindeki azalmaya ilişkin kinetik veriler çizelge 4.26'da verilmiştir. Çizelge 4.26'da görüldüğü gibi; kuru kayısların başlangıç SO₂ konsantrasyonları ile SO₂ içeriğinin azalma hızı arasında sistematik bir değişim görülmemiştir. Ancak; bilindiği gibi, birinci derece reaksiyonlarda reaksiyon hız sabiti, reaktanın başlangıç konsantrasyonuna bağlıdır. Bu durum SO₂ içeriğinin uzaklaşma hızı üzerine depolama sıcaklık ve süresinin dışında başka faktör/faktörlerin de etkili olduğunu göstermektedir.

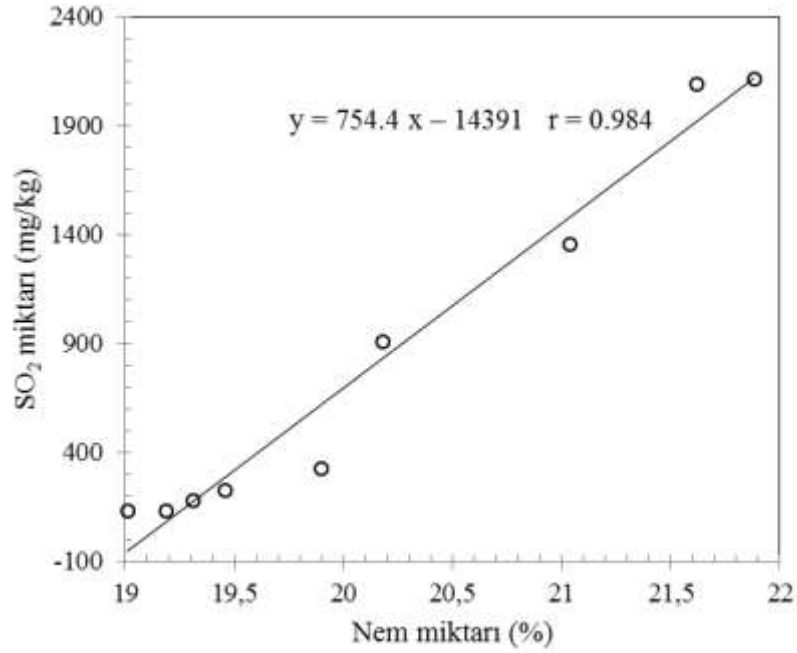
Kuru kayısı örnekleri, “**3.2.1 Materyelin hazırlanması**” bölümünde belirtildiği gibi hazırlanmış ve farklı nem değerlerinde kuru kayısı örnekleri elde edilmiştir. Depolama başlangıcında, kuru kayısı örneklerinin nem değerlerinde görülen bu farkın, SO₂'nin uzaklaşma hızının da farklı olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, model sistemlerle yapılan bir çalışmada da, sistemin nem miktarındaki artışın SO₂ kaybını hızlandırdığı belirtilmiştir (Bai vd. 1994). SO₂ parçalanma hızının; nem miktarı 4 katına çıktığında, %30 arttığı belirtilmiştir.

Depolama süresince, 2 112 mg/kg SO₂ içeren kuru kayısların çalışmamızda belirlenen nem ve SO₂ miktarları arasındaki ilişki şekil 4.18'de verilmiştir. Görüldüğü gibi depolama boyunca, nem miktarındaki düşüş ile SO₂ konsantrasyonundaki düşüş arasında “çok kuvvetli” bir korelasyon ($r=0.984$) belirlenmiştir.

SO₂'nin uzaklaşma hızı; nemin yanısıra, depolama sıcaklığından da etkilenmektedir. Çizelge 4.26'da görüldüğü gibi, depolama sıcaklığı arttıkça SO₂'nin uzaklaşma hızı da artmaktadır. 1 594 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısların, 4°C'de depolanması sonucu, $t_{1/2}$ değeri, 100.3 ay iken, 30°C'de depolanması sonucu, bu değer azalarak, 2.6 ay değerine ulaşmıştır. Benzer şekilde, farklı yöntemlerle kükürtlü (toz elementer kükürt yakılarak, SO₂ gazı ile ve sodyum metabisülfid çözeltisine daldırılarak) kuru kayıslarla yapılan bir çalışmada, depolama sıcaklığı arttıkça SO₂'nin uzaklaşma hızının da 4.7–8.3 kat arttığı belirlenmiştir (Coşkun 2010).

Çizelge 4.26 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince SO₂ kaybına ilişkin kinetik veriler

SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)	Sıcaklık (°C)	k x 10 ³ (1/gün)	t _{1/2} (gün)	Q ₁₀ (20°–30°C)	E _a (kJ/mol)
451	4	1.22	18.9	1.35	21.92
	20	5.07	4.6		
	30	6.82	3.4		
832	4	0.60	38.6	1.58	33.56
	20	4.61	5.0		
	30	7.25	3.2		
1 594	4	0.23	100.3	4.86	116.80
	20	1.80	12.9		
	30	8.73	2.6		
2 112	4	0.35	66.9	4.36	108.86
	20	2.03	11.4		
	30	8.84	2.6		
3 241	4	0.30	77.2	4.83	116.38
	20	1.64	14.1		
	30	7.90	2.9		



Şekil 4.18 Depolama süresince 2 112 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren örneğin nem miktarı ile SO₂ konsantrasyonu arasındaki ilişki

4.11 İncelenen Parametrelerin Birbirleri ve Esmerleşme Değerleri Arasındaki İlişkiler

Depolama süresince farklı düzeylerde SO₂ içeren kuru kayıslarda meydana gelen esmerleşme üzerine çalışmamızda incelenen faktörlerin etkisini belirlemek amacıyla 832 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısı örneklerinin 30°C’de depolanması süresince elde edilen esmerleşme değerleri “x,” diğer değerler ise, “y” eksenine yerleştirilmiş ve doğrusal grafikler çizilmiştir. Grafiklerden elde edilen regresyon denklemleri, r ve R² değerleri ile korelasyon düzeyleri çizelge 4.27’de verilmiştir.

Kuru kayısıların renginde meydana gelen değişimler ile ilgili korelasyon düzeyleri; 0–0.49 aralığında “zayıf”; 0.50–0.69 aralığında “orta”; 0.70–0.89 aralığında “kuvvetli” ve 0.90–1.00 aralığında ise “çok kuvvetli” olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.27’de hesaplanan veriler incelendiğinde, nem ($r=-0.920$), pH ($r=-0.975$), titrasyon asitliği ($r=0.967$), sakaroz ($r=-0.958$) ve HMF ($r=0.924$) miktarlarındaki değişim ile, kuru kayıslarda meydana gelen esmerleşme arasında “çok kuvvetli”; su aktivitesi ($r=0.335$), glutamik asit ($r=0.472$) ve sorbitol ($r=-0.328$) miktarı arasında ise, “zayıf” bir ilişki olduğu görülmektedir. Su aktivitesi ile esmerleşme arasında bir ilişki olduğu bilinmektedir. Ancak **“4.3 Su Aktivitesi (a_w) Düzeyindeki Değişim”** bölümünde de belirtildiği gibi, depolama süresince a_w değerinde çok sınırlı bir değişim meydana gelmiş, bu değerler de özellikle Maillard reaksiyonunun gerçekleştiği 0.6–0.7 aralığında kalmıştır. Bu nedenle, a_w değerinde meydana gelen değişimin, depolama süresince esmerleşme üzerine önemli bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Depolama süresince, esmerleşme üzerine Maillard reaksiyonu substratı olan şeker ve aminoasitlerin etkisi incelendiğinde; gün kurusu kayıslarda şeker (sakaroz, fruktoz ve toplam şeker) ve aminoasitlerin (glutamik asit, alanin, valin ve toplam aminoasit) esmerleşme üzerine kuvvetli ve çok kuvvetli (sırasıyla, $r=0.739-0.917$ ve $r=0.742-0.879$) düzeyde etki ettiği görülmektedir. SO_2 içeren kuru kayıslarda bulunan şekerlerin, esmerleşme üzerine etkisi incelendiğinde (Çizelge 4.27); sakaroz ($r=-0.958$) ile “çok kuvvetli,” glukoz ($r=-0.765$) ve toplam şeker (0.808) ile “kuvvetli,” fruktoz ($r=0.625$) ile “orta,” sorbitol (0.328) ile ise, “zayıf” bir ilişki vardır. Bilindiği gibi Maillard reaksiyonu, indirgen şekerlerin karbonil grubu ile aminoasitlerin amin grubu interaksyonu sonucu meydana gelmektedir. Bu nedenle **“4.8 Şeker Dağılımı ve Miktarındaki Değişim”** bölümünde de belirtildiği gibi sakaroz indirgen bir şeker değildir ve Maillard reaksiyonuna katılması beklenmemektedir. Ancak, depolama süresince sakaroz miktarı, depolama sıcaklığı, süresi ve ortam pH’sı gibi nedenlerle düzenli bir şekilde azaldığı ve glukoz ve fruktoza parçalandığı için kuru kayısı örneklerindeki yine düzenli bir şekilde artan esmerleşme düzeyiyle dolaylı olarak “çok kuvvetli” bir ilişki bulunmuştur.

Depolama süresince, miktarı belirlenen aminoasitler ile şekerler arasındaki ilişki incelendiğinde; glukozun ($r=0.739-0.802$), fruktozun ($r=0.747-0.803$) ve sakarozun

(0.710–0.867) aminoasitlerle arasında “kuvvetli” bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca; kuru kayıslarda esmerleşme ile “aminoasit/şeker” oranı arasındaki ilişki de incelenmiştir. Sonuç olarak; günkurusu kayıslarda esmerleşme ile “glisin/glukoz” ($r=0.930$), “alanin/glukoz” ($r=0.930$) ve “alanin/fruktoz” ($r=0.760$) oranları arasında “kuvvetli” ilişki belirlenmiştir. Bu sonuçlar; şeker ve aminoasitlerin birlikte esmerleşme üzerine etkilerinde aminoasit miktarı arttıkça daha yüksek düzeyde esmerleşmenin meydana geldiğini göstermektedir. Şeker ve aminoasit miktarlarının birbirleri ile ve esmerleşme düzeyi (çizelge 4.27) ile olan ilişkileri incelendiğinde; şekerlerin aminoasitlerle Maillard reaksiyonuna katıldığı ancak; kuru kayısı örneklerindeki esmerleşmenin sadece Maillard reaksiyonundan kaynaklanamayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Depolama süresince, esmerleşme düzeyi ile furosin miktarı arasında “zayıf,” HMF miktarı ile ise “çok kuvvetli” bir ilişki belirlenmiştir. Bilindiği gibi furosin ve HMF, Maillard reaksiyonu ara ürünleri olup, miktarlarındaki artışın esmerleşme düzeyi ile paralel gitmesi beklenmektedir. **“4.6 Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarındaki Değişim”** bölümünde de belirtildiği gibi, kuru kayısı örneklerinin sahip olduğu SO_2 konsantrasyonu arttıkça, esmerleşme düzeyi azalmış; ancak, HMF oluşum hızı artmıştır. Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi, depolama sonunda en yüksek HMF miktarı (3789 mg/kg), genel olarak en düşük esmerleşme düzeyinin görüldüğü 3 241 mg/kg düzeyinde SO_2 içeren kuru kayısı örneklerinde hesaplanmıştır. Bu nedenle, depolama süresince kuru kayısı örneklerinde oluşan HMF’nin sadece Maillard reaksiyonundan kaynaklanamayacağı, özellikle yüksek SO_2 konsantrasyonlarında gerçekleşen HMF oluşumunun, pH’daki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.27 832 mg/kg düzeyinde SO₂ içeren kuru kayısıların renginde meydana gelen esmerleşme üzerine bazı faktörlerin etki düzeyleri

Parametre	Eşitlik	R ²	r	Korelasyon düzeyi
Nem	$y = -0.5597 x + 25.317$	0.8462	- 0.9199	Çok kuvvetli
Su aktivitesi	$y = 0.0028 x + 0.6779$	0.1124	0.3353	Zayıf
pH	$y = -0.0515 x + 4.569$	0.9515	- 0.9754	Çok kuvvetli
Titrasyon asitliği	$y = 0.0878 x + 1.8649$	0.9347	0.9668	Çok kuvvetli
SO ₂ konsantrasyonu	$y = -84.959 x + 521.55$	0.5318	- 0.7292	Kuvvetli
Aminoasitlerin etkisi				
Aspartik asit	$y = -311.79 x + 4172.6$	0.5411	- 0.7356	Kuvvetli
Glutamik asit	$y = -28.644 x + 626.71$	0.2223	- 0.4715	Zayıf
Glisin	$y = -14.048 x + 119.19$	0.7460	- 0.8637	Kuvvetli
Alanin	$y = -1.9362 x + 21.776$	0.4078	- 0.6386	Orta
Valin	$y = -1.6111 x + 18.701$	0.4485	- 0.6697	Orta
Toplam aminoasit	$y = -341.67 x + 5008.3$	0.5668	- 0.7529	Kuvvetli
Şekerlerin etkisi				
Sakaroz	$y = -7.3738 x + 142.38$	0.9180	- 0.9581	Çok kuvvetli
Glukoz	$y = -2.9338 x + 262.06$	0.5852	- 0.7650	Kuvvetli
Fruktoz	$y = 3.9805 x + 189.69$	0.3906	0.6250	Orta
Sorbitol	$y = -0.8731 x + 240.38$	0.1074	- 0.3277	Zayıf
Toplam şeker	$y = -7.2002 x + 834.53$	0.6533	- 0.8083	Kuvvetli
Maillard ara ürünleri				
Furosin	$y = 11.431x + 155.98$	0.1161	0.3407	Zayıf
HMF	$y = 253.35 x + 44.542$	0.9243	0.9614	Çok kuvvetli

Sonuç olarak; çalışmamızda elde edilen sonuçlar, SO₂ içeren kuru kayısılarda meydana gelen esmerleşme üzerine Maillard reaksiyonunun yanısıra, aşağıda verilen etkileşimlerin de önemli etkisinin olduğunu göstermiştir.

- Şekerlerin organik asitlerle reaksiyonu
- Organik asitlerin azotlu maddelerle
- Organik asitlerin birbirleriyle reaksiyonu
- Fenoliklerin, enzimatik ya da enzimatik olmayan oksidasyonu

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda elde edilen başlıca sonuçlar, aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- 1) Kükürtleme işlemi sonucunda istenilen düzeyde SO₂ içeren kuru kayısı elde etmek için, kayısılar tüpte bulunan sıvılaştırılmış SO₂ gazı ile tarafımızca dizayn edilen gaz sızdırmayan kükürtleme odalarında başarıyla kükürtlenmiştir. Kükürtleme işlemlerinden elde edilen verilere (kükürtleme süresi ve SO₂ konsantrasyonu) matematiksel modelleme yapıldığında; 300 g sıvılaştırılmış SO₂ gazı kullanılması sonucunda kayısıların SO₂ absorpsiyonunun $y=2601.8 x/(1.87213 + x)$ denklemine uygun olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu denkleme göre; 300 g sıvılaştırılmış SO₂ kullanılarak 125 kg kayısının SO₂ konsantrasyonunun en fazla 2601.8 mg/kg'a yükseltilebileceği de ortaya konulmuştur.
- 2) Depolama başlangıcında farklı düzeylerdeki SO₂ konsantrasyonunun esmerleşme ($r=-0.943$), sakaroz ($r=-0.851$) ve toplam aminoasit ($r=0.875$) değerlerine "kuvvetli" ve "çok kuvvetli" düzeyde bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu durum, SO₂ konsantrasyonundaki artışın; esmerleşmeyi azalttığını, sakarozun parçalanmasına neden olduğunu ve amino asitlerin reaksiyona girmesini önleyerek miktarlarının azalmasını engellediğini göstermektedir.
- 3) Depolama süresince gerçekleşen esmerleşme reaksiyonu üzerine, SO₂ konsantrasyonu ($r=-0.755$) ve toplam aminoasit ($r=0.752$) değişiminin "kuvvetli," pH ($r=-0.980$) ve titrasyon asitliği ($r=0.966$) değişiminin ise, "çok kuvvetli" bir etkisi olduğu ortaya konulmuştur.
- 4) Günkurusu ve SO₂ içeren kuru kayısılarda meydana gelen esmerleşme üzerine, farklı reaksiyonların etklili olduğu saptanmıştır.

- Günkurusu kayısılarda, Maillard reaksiyonu substratlarının (indirgen şeker ve aminoasit) ($r=0.739-0.917$) ve HMF'nin ($r=0.962$) esmerleşme ile ilişkisi incelendiğinde; esmerleşme üzerine Maillard reaksiyonunun “kuvvetli” düzeyde etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca; günkurusu kayısılarda esmerleşme ile “aminoasit/şeker” oranı arasındaki ilişki de incelenmiş, esmerleşme ile “glisin/glukoz” ($r=0.930$), “alanin/glukoz” ($r=0.930$) ve “alanin/fruktoz” ($r=0.760$) oranları arasında “kuvvetli” ilişki belirlenmiştir. Bu durum; şeker ve aminoasitlerin birlikte esmerleşme üzerine etkilerinde aminoasit miktarı arttıkça, daha yüksek düzeyde esmerleşmenin meydana geldiğini göstermektedir.
- SO_2 içeren kuru kayısılarda ise, esmerleşme üzerine sadece glukoz ve valin “orta” düzeyde ($r=0.666-0.684$) etki göstermiştir. Bu örneklerde; şeker ve aminoasit miktarlarındaki değişim arasında ise, kuvvetli bir ilişki ($r=0.000-0.562$) bulunamamıştır. Benzer şekilde; HMF miktarı ile esmerleşme arasında da kuvvetli bir ilişki bulunamamıştır ($r=0.618$). Bu nedenle; SO_2 içeren kuru kayısılardaki esmerleşme üzerine Maillard reaksiyonunun “orta” düzeyde etkili olduğu ve bu örneklerde meydana gelen esmerleşme üzerine şeker ve amino asit dışında diğer kayısı bileşenlerinin (fenolik maddeler ve organik asitler gibi) de etkili olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abudra, A. and Badial, T. 2015. Lewis Concept of Acids and Bases. Web Sitesi: <http://chemwiki.ucdavis.edu>, Erişim Tarihi: 24.12.2015.
- Ajandouz, E. H. and Puigserver, A. 1999. Nonenzymatic browning reaction of essential amino acids: effect of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5), 1786-1793.
- Akın, E.B., Karabulut, İ. and Topçu, A. 2008. Some compositional properties of main Malatya apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties. *Food Chemistry*, 107, 939–948.
- Alaşalvar, C. and Shahidi, F. 2013. Nontropical dried fruits: Phytochemicals and health benefits of dried apricots. In: *Dried Fruits: Phytochemicals and Health Effects*. 3rd ed., s. 226–239, Wiley-Blackwell, Oxford, İngiltere.
- Altunkaya, A. 2014. Effect of grape leaf extract on phenolic profile and browning of fresh-cut lettuce (*Lactucasativa*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 527–534.
- Anonim. 2008. TS 485. Kuru kayısı standardı, Türk Standartları Enstitüsü, 13 s., Ankara.
- Anonim. 2013. Türk Gıda Kodeksi. Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği, <http://www.gkgm.gov.tr>, Erişim tarihi: 27.08.2015
- Anonim. 2015. TÜİK. Web Sitesi: <http://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: 28.08.2015
- Anonymous. 1966. INCHEM. Web Sitesi: <http://www.inchem.org>, Erişim Tarihi: 10.03.2016
- Anonymous. 1981. Codex Alimentarius Commission. Codex standart for dried apricots. Codex Stan 130–1981, 5 p., <http://www.codexalimentarius.net>. Erişim tarihi: 04.09.2011.
- Anonymous. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Anonymous. 2010. WHO. Web Sitesi: <http://apps.who.int>, Erişim Tarihi: 28.08.2015
- Anonymous. 2012. OEHHA. Web Sitesi: <http://oehha.ca.gov>, Erişim Tarihi: 29.08.2015
- Anonymous. 2013. FAO. Web Sitesi: <http://www.fao.org>, Erişim Tarihi: 28.08.2015

- Anonymous. 2015. INC. Web Sitesi: <http://nutfruit.org>, Erişim Tarihi: 02.09.2015
- Anonymous. 2016. WIKİPEDIA. Web Sitesi: <http://wikipedia.org>, Erişim Tarihi: 22.03.2016
- Artes, F., Cano, A. and Fernandez–Trujillo, J.P. 1996. Pectolytic enzyme activity during intermittent warming storage of peaches. *Journal of Food Science*, 61, 311–314.
- Asghari, F. S. and Yoshida, H. 2007. Kinetics of the decomposition of fructose catalyzed by hydrochloric acid in subcritical water: formation of 5–hydroxymethylfurfural, levulinic, and formic acids. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 46(23), 7703–7710.
- Ashoor, S. H. and Zent, J. B. 1984. Maillard browning in common amino acids and sugars. *Journal of Food Science*, 49, 1206–1207.
- Asma, B. M. 2011. Her yönüyle kayısı (Apricots in all aspects). Ankara, Turkey: Uyum Ajans.
- Bai, H., Biswas, P. and Keener, T. C. 1994. SO₂ removal by NH₃ gas injection: effects of temperature and moisture content. *Industrial & engineering chemistry research*, 33(5), 1231–1236.
- Baini, R. and Langrish, T.A.G. 2009. Assessment of colour development in dried bananas–measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 177–182.
- Baisier, W. M. and Labuza, T. P. 1992. Maillard browning kinetics in a liquid model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(5), 707–713.
- Bağdatlıoğlu, N. and Hışıl, Y. 1993. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sırasında oluşan lezzet bileşikleri. *Gıda Teknolojileri Derneği Yayınları*, 18(2), 111–116.
- Baloch, A.K., Buckle, K.A. and Edwards, R.A. 1973. Measurement of non–enzymic browning of dehydrated carrot. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24, 389–398.
- Bergamasco, R., Bassetti, F.J., De Moraes, F.F. and Zanin, G.M. 2000. Characterization of free and immobilized invertase regarding activity and energy of activation. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 17(4–7), 873–880.

- Boe, A. A., Ehlenfeldt, M. K., Johansen, R. H. and Lopez-Portilla, D. 2009. The effect of storage temperature on sugar accumulation in the potato live ND860-2 and its progeny lines. *Farm Research*, 47(2), 7-9.
- Buldurlu, H.S. ve Karadeniz, F. 2002. Gıdalarda Maillard reaksiyonu. *Gıda Teknolojileri Derneği Yayınları*, 27(2), 77-83.
- Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. *Food Chemistry*. 80, 91-97.
- Caboni, M.F., Boselli, E., Messia, M.C., Velazco, V., Fratianni, A., Panfili, G. and Marconi, E. 2005. Effect of processing and storage on the chemical quality markers of spray-dried whole egg. *Food Chemistry*, 92, 293-303
- Cemeroğlu, B. ve Özkan, M. 2009. Kurutma teknolojisi, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Cemeroğlu, B. (ed), s. 479-620, Başkent Klişe Matbaacılık, Ankara.
- Cemeroğlu, B. 2010. Gıda analizlerinde genel yöntemler. *Gıda Analizleri*, Cemeroğlu, B. (ed.), *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34*, s. 1-85, Bizim Grup Basımevi, Ankara.
- Chutintrasri, B. and Noomhorm, A. 2007. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *Food Science and Technology*, 40, 300-306.
- Cinquanta, L., Matteo, M. and Esti, M. 2002. Physical pre-treatment of plums (*Prunus domestica*). Part 2. Effect on the quality characteristics of different prune cultivars. *Food Chemistry*, 79, 233-238
- Coimbra, M.A., Nunes, C., Cunha, P.R. and Guine, R. 2011. Amino acid profile and Maillard compounds of sun-dried pears. Relation with the reddish brown colour of the dried fruits. *European Food Research and Technology*, 233(4), 637-646.
- Coşkun, A. 2010. Farklı kükürtleme yöntemlerinin ve depolama sıcaklıklarının kuru kayısıların fiziksel ve kimyasal niteliklerine etkisi. Doktora tezi (basılmamış), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 119, Ankara.
- Coşkun, A.L., Türkyılmaz, M., Turfan Aksu, Ö., Erkan Koc, B., Yemis, O. and Özkan, M. 2013. Effects of various sulphuring methods and storage temperatures on the physical and chemical quality of dried apricots. *Food Chemistry*, 141(4), 3670-3680.
- Donovan, J.L., Meyer, A.S. and Waterhouse, A.L. 1998. Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46, 1247-1252.
- Draudt, H.N. and Huang, I.Y. 1966. Browning in freeze-dried fruits, effect of moisture content of freeze-dried peaches and bananas on changes during storage related to

- oxidative and carbonyl–amine browning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 14(2), 170–176.
- Drogoudi, P. D., Vemmos, S., Pantelidis, G., Petri, E., Tzoutzoukou, C. and Karayiannis, I. 2008. Physical characters and antioxidant, sugar, and mineral nutrient contents in fruit from 29 Apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars and hybrids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 10754–10760
- Duru, N., Karadeniz, F. and Erge, H. S. 2012. Changes in bioactive compounds, antioxidant activity and HMF formation in rosehip nectars during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7), 2899–2907.
- Eggleston, G. and Vercellotti, J. R. 2000. Degradation of sucrose, glucose and fructose in concentrated aqueous solutions under constant pH conditions at elevated temperature. *Journal of Carbohydrate Chemistry*, 19, 1305–1318.
- Erdoğan, S. and Erdemoğlu, S. 2011. Evaluation of polyphenol contents in differently processed apricots using accelerated solvent extraction followed by high–performance liquid chromatography –diode array detector. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(7), 729–739.
- Eskin, N.A.M. and Shahidi, F. 2012. Biochemistry of food processing: Browning reactions. In: *Biochemistry of Foods*, 3rd ed., s. 245–289, Academic Press, London.
- Femenia, A., Rossello, C., Mulet, A. and Canellas, J. 1995. Chemical composition of bitter and sweet apricot kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(2), 356–361.
- Franzke, C.L., Grunert, K.S., Glowacz, S. and Kutschan, R. 1968. Zur Bestimmung geringer Mengen scheflicher Saure in Lebensmitteln. *Zeitschrift für Lebensmittel–Untersuchung und–Forschung*, 160, 13–20.
- Giovanelli, G. and Lavelli, V. 2002. Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. I. Study of heat damage indices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(11), 1263–1267.
- Gökçe, K. 1966. Malatya kayısılarının kükürtlenmeleri üzerine teknik çalışmalar. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 261, 87 s., Ankara.
- Haas, V.A. and Stadtman, E.R. 1949. Deterioration of dried fruits – use of ion Exchange resins to identify types of compounds involved in browning. *Industrial Engineering Chemistry*, 41, 983–985.
- Hermosin, I., Chicon, R.M. and Cabezudo, M.D. 2003. Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83, 263–268.

- Hidalgo, F. J., Alaiz, M. and Zamora, R. 1999. Effect of pH and temperature on comparative nonenzymatic browning of proteins produced by oxidized lipids and carbohydrates. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(2), 742-747.
- Hidalgo, F. J. and Zamora, R. 2000. The role of lipids in nonenzymatic browning. *Grasas Aceites*, 51(1-2), 35-49.
- Hodge, J.E. 1953. Dehydrated foods, chemistry of browning reactions in model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1(15), 928-943.
- Huang, Y.B. and Fu, Y. 2013. Hydrolysis of cellulose to glucose by solid acid catalysts. *Green Chemistry*, 15(5), 1095-1111.
- Isaac, A., Livingstone C., Wain, A.J., Compton, R.G. and Davis J. 2006. Electroanalytical methods for the determination of sulfite in food and beverages. *Analytical Chemistry*, 25, 589-598
- Kamel, B. S. and Kakuda, Y. 1992. Characterization of the seed oil and meal from apricot, cherry, nectarine, peach and plum. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69(5), 492-494.
- Kırca, A. ve Cemeroglu, B. 2001. Askorbik asitin degradasyon mekenizması. *Gıda Teknoloji Derneği Yayınları*, 26(4), 233-242
- Korbel, E., Attal, E., Grabulos, J., Lluberas, E., Durand, N., Morel, G., Goli, T. and Brat, P. 2013. Impact of temperature and water activity on enzymatic and non-enzymatic reactions in reconstituted dried mango model system. *European Food Research and Technology*, 237(1), 39-46.
- Koskinen, A.M.P. and Klibanov, A.M. 1996. Fundamentals of non-aqueous enzymology: Effect of water activity on enzyme activity. In: *Enzymatic Reactions in Organic Media*, 1st ed., s 43-60, Blackie Academic & Professional, London.
- Kuijpers, T. F. M., Narváez-Cuenca, C. E., Vincken, J. P, Verloop, A. J. W., van Berkel, W. J.H. and Gruppen, H. 2012. Inhibition of enzymatic browning of chlorogenic acid by sulfur-containing compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 3507-3514.
- Kwak, E. J. and Lim, S. I. 2004. The effect of sugar, aminoacid, metal-ion, and NaCl on model Maillard reaction under pH control. *Amino Acids*, 27(1), 85-90.
- Labuza, T.P. 1984. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Journal of Chemical Education*, 61.4: 348.

- Lamberts, L., Rombouts, I. and Delcour, J.A. 2008. Study of nonenzymic browning in α -amino acid and γ -aminobutyric acid/sugar model systems. *Food Chemistry*, 111(3), 738–744.
- Lee, C.M., Lee, T. and Chichester, C.O. 1979. Kinetics of the production of biologically active maillard browned products in apricot and glucose–L–Tryptophan. *Journal of Food Science*, 27, 478–482.
- Leite, J.B., Mancini, M.C. and Borges, S.V. 2007. Effect of drying temperature on the quality of dried bananas cv. prata and d'água. *LWT–Food Science and Technology*, 40(2), 319–323.
- Levi, A., Ben–Shalom, N., Plat, D. and Reid, D.S. 1988. Effect of blanching and drying on pectin constitutens and related characteristics of dehydrated peaches. *Journal of Food Science*, 53, 1187–1190.
- Lindsay, R.C. 1985. Flavors. In: *Food Chemistry*, Fennema, O.R. (ed.), 2nd ed., 991 p., Marcel Dekker, New York, NY.
- Livingston, G.E. 1953. Malic acid-fructose reaction. *Journal of American Chemical Society*, 75, 1342.
- Madrau, M. A., Piscopo, A., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Poiana, M., Romeo, F. V. and Piga, A. 2009. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology*, 228(3), 441–448.
- Malhotra, S. S. and Sarkar, S. K. 1979. Effects of sulphur dioxide on sugar and free amino acid content of pine seedlings. *Physiologia Plantarum*, 47(4), 223–228.
- McCord, J. D. and Kilara, A. 1983. Control of enzymatic browning in processed mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of Food Science*, 48(5), 1479–1484.
- Messia, M.C., Caboni, M.F. and Marconi, E. 2005. Storage stability assessment of freeze–dried royal jelly by furosine determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4440–4443.
- MeXia, C., CongKai, Z., XueSen, C., ShiMei, F. and XianSheng, Z. 2009. Relationship between accumulation of sugar and sucrose–metabolizing enzymes during apricot fruit development. *Journal of Fruit Science*, 26(3), 320–324.
- Moreau, C., Durand, R., Aliès, F., Cotillon, M., Frutz, T. and Théoleyre, M. A. 2000. Hydrolysis of sucrose in the presence of H–form zeolites. *Industrial Crops and Products*, 11(2), 237–242.
- Murkovic, M. and Pichler, N. 2006. Analysis of 5–hydroxymethylfurfural in coffee, dried fruits and urine. *Molecular Nutrition and Food Research*, 50(9), 842–846.

- Oral, R. A., Doğan, M. ve Sarioğlu, K. 2013. Organik asit–fruktoz model sisteminde bazı fenolik bileşiklerin HMF oluşumu üzerine etkileri. *Electronic Journal of Food Technologies*, 8(2), 12-17.
- Özkan, M. 2001. Kuru kayıslardan kükürt dioksitin uzaklaştırılma yöntemleri üzerinde araştırma. Doktora tezi (basılmamış), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 113, Ankara.
- Özkan, M. and Cemeroğlu, B. 2002. Desulfiting dried apricots by hot air flow. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1823–1828.
- Özkan, M. 2009. Malatya kayısılarının kurutulması sırasında kükürt dioksit kaybı ve bazı kimyasal niteliklerdeki değişimler. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: 08H4343005, 45 s., Ankara
- Pekyardımcı, Ş. 1992. Polifenol oksidaz enzimi ve esmerleşme reaksiyonlarının gıda endüstrisi uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Derneği Yayınları*, 17(3), 181–186.
- Pelayo, C., Ebeler, S. E. and Kader, A. A. 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 C in air or air + 20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27(2), 171–183.
- Peterson, B. I., Tong, C. H., Ho, C. T. and Welt, B. A. 1994. Effect of moisture content on Maillard browning kinetics of a model system during microwave heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(9), 1884–1887.
- Piloty, M. and Baltes, W. 1979. Investigations on the reaction of amino acids with R-dicarbonyl compounds. I. Reactivity of amino acids in the reaction with R-dicarbonyl compounds. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 168, 368-373.
- Quintas, M., Brandão, T.R.S. and Silva. C.L.M. 2007. Modelling autocatalytic behaviour of a food model system–Sucrose thermal degradation at high concentrations. *Journal of Food Engineering*, 78, 537–545.
- Rada–Mendoza, M., Sanz, M. L., Olano, A. and Villamiel, M. 2004. Formation of hydroxymethylfurfural and furosine during the storage of jams and fruit–based infant foods. *Food Chemistry*, 85(4), 605–609.
- Radi, M., Mahrouz, M., Jaouad, A., Tacchini, M., Aubert, S., Hugues, M. and Amiot, M.J. 1997. Phenolic composition, browning susceptibility, and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. *Hortscience*, 32(6), 1087–1091.
- Raynal, J., Moutounet, M. and Souquet, J. M. 1989. Intervention of phenolic compounds in plum technology. 1. Changes during drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37(4), 1046-1050.

- Reith, J.F. and Willems, J.J.L. 1958. Über die bestimmung der schwefligen saure in lebensmitteln. *Zeitschrift für lebensmittel-untersuchung und-forschung*, 3, 270–280.
- Sabry, Z. I. 1961. Food discoloration, browning in dried fruit products: Nonenzymatic browning and its effect on the carotenoids in qamareddeen, a dried apricot pulp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 9(1), 53–55.
- Sağırlı, F., Tağı, Ş., Özkan, M. and Yemiş, O. 2008. Chemical and microbial stability of high moisture dried apricots during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 858–869.
- Salama, A. M., Hicks, J. R. and Nock, J. F. 1990. Sugar and organic acid changes in stored onion bulbs treated with maleic hydrazide. *HortScience*, 25(12), 1625–1628.
- Sanz, M.L., Castillo, M.D., Corzo, N. and Olano, A. 2001. Formation of Amadori compounds in dehydrated fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5228–5231.
- Sato, N., Quitain, A. T., Kang, K., Daimon, H. and Fujie, K. 2004. Reaction kinetics of amino acid decomposition in high-temperature and high-pressure water. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 43(13), 3217–3222.
- Singh, R.K., Lund, D.B., Buelow, F.H. 1983. Storage stability of intermediate moisture apples: Kinetics of quality change. *Journal of Food Science*, 48, 939–944.
- Sobutay, T. 2003. Kayısı sektör araştırması. İstanbul Ticaret Odası Dış Ticaret Şubesi Araştırma Servisi. <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-54.pdf>, Erişim Tarihi: 05.06.2015.
- Stadtman, E. R., Barker, H. A., Mrak, E. M. and Mackinney, G. 1946. Storage of dried fruit–influence of moisture and sulfur dioxide on deterioration of apricots. *Industrial & Engineering Chemistry*, 38(1), 99–104.
- Sturm, A. 1999. Invertases. Primary structures, functions, and roles in plant development and sucrose partitioning. *Plant Physiology*, 121(1), 1–8.
- Suojala, T. 2000. Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae*, 85(1), 1–19.
- Talcott, S. T. and Howard, L. R. 1999. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5), 2109–2115.
- Tsai, C-H., Kong, M-S. and Pan, B.S. 1991. Water activity and temperature effects on nonenzymic browning of amino acids in dried squid and simulated model system. *Journal of Food Science*, 56, 665–670.

- Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. 1997. T.C. Resmi Gazete, Sayı: 23172. Başbakanlık Yayınevi, Başbakanlık Mevzuat, Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, 224 s., Ankara.
- Türkyılmaz, M. 2011. Düşük düzeylerde kükürtlenmiş kuru kayısıların değişik sıcaklıklarda depolanması süresince fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik niteliklerindeki değişimler. Doktora tezi (basılmamış), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 146, Ankara.
- Türkyılmaz, M., Özkan, M. and Güzel, N. 2014. Loss of sulfur dioxide and changes in some chemical properties of Malatya apricots (*Prunus armeniaca* L.) during sulfuring and drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12), 2488–2496.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, 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 (*Capsicum annum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4), 647-653.
- Voi, A. L., Impembo, M., Fasanaro, G. and Castaldo, D. 1995. Chemical characterization of apricot puree. *Journal of Food Composition and Analysis*, 8(1), 78–85.
- Wang, H. Y., Hu, X. S., Chen, F., Wu, J. H., Zhang, Z. H., Liao, X. J. and Wang, Z. F. (2006). Kinetic analysis of non-enzymatic browning in carrot juice concentrate during storage. *European Food Research and Technology*, 223(2), 282–289.
- Wolf, R. B., Cavins, J. F., Kleiman, R. and Black, L. T. 1982. Effect of temperature on soybean seed constituents: oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 59(5), 230–232.
- Wolfrom, M.L., Kashimura, N. and Horton, D. 1974. Factors affecting the Maillard browning reaction between sugars and amino acids. Nonenzymic browning of dehydrated orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22(5), 796–800.
- Yuan, J. P. and Chen, F. 1998. Degradation of ascorbic acid in aqueous solution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 5078–5082.
- Zappala, M., Fallico, B., Arena, E. and Verzera, A. 2005. Methods for the determination of HMF in honey: A comparison. *Food Control*, 16, 273–277.

EKLER

- EK 1** Depolama başlangıcında kuru kayısların kimyasal özellikleri üzerine kükürt dioksit içeriğinin etkisine ilişkin varyans analiz çizelgeleri
- EK 2** Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince nem düzeyindeki değişim
- EK 3** Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince su aktivitesi düzeyindeki değişim
- EK 4** Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince pH düzeyindeki değişim
- EK 5** Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince titrasyon asitliği (g/100gkuru ağırlık) düzeyindeki değişim
- EK 6** Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince esmerleşme düzeyindeki değişim
- EK 7** Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince şeker düzeyindeki değişim
- EK 8** Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince aminoasit düzeyindeki değişim
- EK 9** Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince SO₂ düzeyindeki değişim

EK 1 Depolama başlangıcında kuru kayısların kimyasal özellikleri üzerine kükürt dioksit içeriğinin etkisine ilişkin varyans analiz çizelgeleri

Çizelge 1 Kuru kayısların nem düzeyine ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	45.050	5	9.010	1.802x10 ⁹	0,000*
Hata	3.000x10 ⁻⁸	6	5.000x10 ⁻⁹		
Toplam	45.050	11			

*(P<0.05)

Çizelge 2 Kuru kayısların su aktivitesi düzeyine ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	0.010	5	0.002	99 363.867	0.000*
Hata	1.200x10 ⁻⁷	6	2.000x10 ⁻⁸		
Toplam	0.010	11			

*(P<0.05)

Çizelge 3 Kuru kayısların esmerleşme miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	0.117	5	0.023	280.143	0.000*
Hata	0.001	6	8.358x10 ⁻⁵		
Toplam	0.118	11			

*(P<0.05)

Çizelge 4 Kuru kayısların pH değerine ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	2.581	5	0.516	15 485.200	0.000*
Hata	0.000	6	3.333x10 ⁻⁵		
Toplam	2.581	11			

*(P<0.05)

Çizelge 5 Kuru kayısıların titrasyon asitliği düzeyine ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	5.223	5	1.045	17 909.057	0.000*
Hata	0.000	6	5.833x10 ⁻⁵		
Toplam	5.224	11			

*(P<0.05)

Çizelge 6 Kuru kayısıların sakaroz miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	26 214.968	5	5 242.994	1 184.534	0.000*
Hata	26.557	6	4.426		
Toplam	26 241.525	11			

*(P<0.05)

Çizelge 7 Kuru kayısıların glukoz miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	6 568.134	5	1 313.627	255.999	0.000*
Hata	30.788	6	5.131		
Toplam	6 598.922	11			

*(P<0.05)

Çizelge 8 Kuru kayısıların fruktoz miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	3 055.171	5	611.034	45.748	0.000*
Hata	80.139	6	13.357		
Toplam	3 135.310	11			

*(P<0.05)

Çizelge 9 Kuru kayısıların sorbitol miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	587.405	5	117.481	43.043	0.000*
Hata	16.376	6	2.729		
Toplam	603.782	11			

*(P<0.05)

Çizelge 10 Kuru kayısıların toplam şeker miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	2 019.353	5	403.871	19.223	0.000*
Hata	126.0055	6	21.009		
Toplam	2 145.408	11			

*(P<0.05)

Çizelge 11 Kuru kayısıların aspartik asit miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	1.159x10 ⁷	5	2 318 841.209	354.890	0.000*
Hata	39 203.826	6	6533.971		
Toplam	1.163x10 ⁷	11			

*(P<0.05)

Çizelge 12 Kuru kayısıların glutamik asit miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	96 463.849	5	19 292.770	54.281	0.000*
Hata	2 132.536	6	355.423		
Toplam	98 596.385	11			

*(P<0.05)

Çizelge 13 Kuru kayısıların glisin miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	5 760.305	5	1 152.061	204.410	0.000*
Hata	33.816	6	5.636		
Toplam	5 794.122	11			

*(P<0.05)

Çizelge 14 Kuru kayısıların alanin miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	387.194	5	77.439	310.293	0.000*
Hata	1.497	6	0.250		
Toplam	388.691	11			

*(P<0.05)

Çizelge 15 Kuru kayısıların valin miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	174.459	5	34.892	112.566	0.000*
Hata	1.860	6	0.310		
Toplam	176.319	11			

*(P<0.05)

Çizelge 16 Kuru kayısıların toplam aminoasit miktarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
SO ₂ konsantrasyonu	1.269x10 ⁷	5	2 537 752.438	290.785	0.000*
Hata	52 363.453	6	8727.242		
Toplam	1.274x10 ⁷	11			

*(P<0.05)

EK 2 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayıpların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince nem düzeyindeki değişim

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
30	0	20.84 Ac	21.07 Ac	26.04 Aa	20.60 Ac	21.88 Ab	20.53 Ac
	45	20.60 Bd	20.82 Bc	25.64 Ba	20.04 Be	21.62 Bb	18.97 Bf
	90	20.22 Cd	20.41 Cc	24.43 Ca	19.21 Ce	21.04 Cb	18.69 Cf
	135	18.71 De	19.96 Dc	23.81 Da	18.90 Dd	20.18 Db	18.18 Df
	180	18.35 Ee	19.61 Ec	23.33 Ea	18.71 Ed	19.90 Eb	18.05 Ef
	225	17.95 Fe	19.80 Fb	22.65 Fa	18.43 Fd	19.46 Fc	17.85 Ff
	270	17.83 Ge	18.91 Gc	22.39 Ga	18.34 Gd	19.31 Gb	17.78 Gf
	315	17.79 He	18.76 Hc	22.17 Ha	18.28 Hd	19.19 Hb	17.77 Hf
	379	17.69 Ie	18.52 Ic	21.81 Ia	18.19 Id	19.01 Ib	17.72 Ie
20	0	20.84 Cb	21.07 Ad	26.04 Aa	20.60 Bc	21.88 Af	20.53 Ae
	90	21.77 Ab	19.40 Be	25.14 Ba	20.80 Ac	18.46 Bf	19.14 Bd
	180	20.90 Bb	17.61 Cf	24.02 Ca	19.25 Cc	17.73 Ce	18.15 Cd
	270	20.69 Db	17.52 Df	23.63 Da	19.11 Dc	17.61 De	18.00 Dd
	379	20.60 Ec	17.53 Ec	23.40 Ea	19.06 Ec	17.55 Eb	17.98 Ec
4	0	20.84 Cc	21.07 Cc	26.04 Aa	20.60 Ac	21.88 Ab	20.53 Cc
	180	22.13 Ac	22.15 Ab	24.58 Ba	19.41 Bf	19.88 Be	20.85 Ad
	379	22.05 Bc	22.07 Bb	24.47 Ca	19.33 Cf	19.81 Ce	20.75 Bd

Esmerleşme değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-I : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 3 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince su aktivitesi düzeyindeki değişim

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
30	0	0.6505±0.000Bb	0.6369±0.001Cd	0.7054±0.001Aa	0.6157±0.000Bf	0.6454±0.001Bc	0.6255±0.001Be
	45	0.6438±0.001Cb	0.6123±0.001Ge	0.6824±0.000Ga	0.5966±0.001Ff	0.6304±0.001Ec	0.6159±0.001Dd
	90	0.6543±0.001Aa	0.6440±0.001Ac	0.6529±0.001Hb	0.6307±0.001Ad	0.6529±0.001Ab	0.6307±0.001Ad
	135	0.6286±0.001Dd	0.6315±0.002Dc	0.6883±0.001Fa	0.5969±0.001EFf	0.6456±0.001Bb	0.6169±0.001Ce
	180	0.5996±0.001Ff	0.6411±0.001Bb	0.6513±0.001Ia	0.6069±0.001Ce	0.6334±0.001Dc	0.6126±0.001Gd
	225	0.6027±0.001Fd	0.6138±0.001Fc	0.7005±0.001Da	0.5827±0.001Gf	0.6286±0.001Fb	0.5932±0.001Ie
	270	0.6301±0.001Dc	0.6433±0.001Ab	0.7012±0.001Ca	0.5971±0.001Ef	0.6220±0.001Hd	0.6152±0.001Ee
	315	0.6470±0.001Cb	0.6361±0.001Cc	0.7040±0.001Ba	0.6070±0.001Ce	0.6392±0.001Cc	0.6136±0.001Fd
	379	0.6093±0.001Ed	0.6270±0.001Eb	0.6935±0.001Ea	0.5992±0.001Df	0.6240±0.001Gc	0.6017±0.001He
20	0	0.6505±0.000Cb	0.6369±0.001Dd	0.7054±0.001Da	0.6157±0.000Cf	0.6454±0.001Cc	0.6255±0.001Be
	90	0.6582±0.001Bb	0.6465±0.001Ad	0.7127±0.001Aa	0.6228±0.001Af	0.6575±0.001Ac	0.6368±0.001Ae
	180	0.6596±0.001Ab	0.6438±0.001Bd	0.7124±0.001Ba	0.6181±0.001Bf	0.6480±0.001Bc	0.6256±0.001Be
	270	0.6502±0.001Cb	0.6412±0.001Cc	0.7106±0.001Ca	0.6120±0.001Df	0.6407±0.001Dd	0.6231±0.001Ce
	379	0.6445±0.001Db	0.6302±0.001Ed	0.6964±0.001Ea	0.6097±0.001Ef	0.6372±0.001Ec	0.6202±0.001De
4	0	0.6505±0.000Cb	0.6369±0.001Cd	0.7054±0.001Ca	0.6157±0.000Bf	0.6454±0.001Cc	0.6255±0.001Ce
	180	0.6567±0.001Bb	0.6460±0.001Bd	0.7084±0.001Ba	0.6032±0.001Cf	0.6520±0.001Bc	0.6286±0.001Be
	379	0.6630±0.001Ab	0.6497±0.001Ad	0.7096±0.001Aa	0.6224±0.001Af	0.6564±0.001Ac	0.6385±0.001Ae

Su aktivitesi değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-I : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 4 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince pH düzeyindeki değişim

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
30	0	5.37±0.007Aa	4.59±0.000Ab	4.51±0.000BCc	4.25±0.007Dd	4.09±0.007Be	3.95±0.007Af
	45	5.34±0.007Ba	4.59±0.000Ab	4.55±0.007Ac	4.27±0.000Cd	4.13±0.007Ae	3.94±0.000Af
	90	5.27±0.007Ca	4.52±0.000Cb	4.49±0.014Cc	4.26±0.007Dd	4.10±0.007Be	3.88±0.007Cf
	135	5.23±0.007Da	4.56±0.007Bb	4.52±0.007Bc	4.31±0.000Ad	4.14±0.007Ae	3.84±0.007Ef
	180	5.15±0.007Ea	4.52±0.007Ab	4.44±0.000ABc	4.25±0.007ABd	4.15±0.007Ae	3.91±0.001Bf
	225	5.09±0.007Fa	4.47±0.000Db	4.41±0.007Dc	4.29±0.007Bd	4.10±0.007Be	3.93±0.007Af
	270	5.11±0.007Ga	4.39±0.007Eb	4.35±0.007Ec	4.23±0.007Ed	4.00±0.007Ce	3.87±0.007CDF
	315	4.98±0.007Ha	4.31±0.007Fb	4.27±0.007Fc	4.19±0.007Fd	3.98±0.007Ce	3.86±0.007Df
	379	4.91±0.007Ia	4.21±0.000Gb	4.15±0.007Gc	4.10±0.000Gd	3.89±0.007De	3.79±0.007Ff
20	0	5.37±0.007Aa	4.59±0.000Bb	4.51±0.000Bc	4.25±0.007Ad	4.09±0.007Be	3.95±0.007Af
	90	5.32±0.007Ba	4.64±0.007Ab	4.56±0.007Ac	4.23±0.007Bd	4.11±0.007Ae	3.90±0.000Cf
	180	5.27±0.007Ca	4.65±0.014Ab	4.58±0.007Ac	4.26±0.001Ad	4.12±0.014Ae	3.92±0.007Bf
	270	5.24±0.007Da	4.52±0.007Cb	4.46±0.007Cc	4.18±0.007Cd	4.05±0.007Ce	3.91±0.007BCf
	379	5.18±0.007Ea	4.50±0.007Db	4.44±0.007Cc	4.16±0.000Dd	4.04±0.007Ce	3.87±0.007Df
4	0	5.37±0.007Aa	4.59±0.000ABb	4.51±0.000Ac	4.25±0.007Bd	4.09±0.007Be	3.95±0.007Af
	180	5.33±0.007Ba	4.58±0.007Bb	4.51±0.000Ac	4.26±0.007Ad	4.10±0.000Ae	3.94±0.000Af
	379	5.31±0.007Ba	4.60±0.007Ab	4.50±0.007Bc	4.24±0.007Bd	4.08±0.007Be	3,91±0.007Bf

pH değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-I : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 5 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince titrasyon asitliği (g/100gkuru ağırlık) düzeyindeki değişim

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
30	0	0.96±0.008Ff	1.74±0.009Ie	1.81±0.005Hd	2.34±0.126Fc	2.50±0.005Ib	3.03±0.006CDa
	45	1.08±0.002Ef	1.88±0.004He	1.91±0.008Gd	2.44±0.004DEc	2.52±0.006Hb	3.03±0.011CDa
	90	1.24±0.002Df	1.94±0.006Ge	1.96±0.004Fd	2.45±0.004DEc	2.53±0.004Gb	3.04±0.002CDa
	135	1.25±0.004Cf	1.97±0.004Fe	1.98±0.004Ed	2.46±0.006Dc	2.54±0.006Fb	3.05±0.004Ca
	180	1.25±0.000Ce	2.19±0.010Ed	2.21±0.001Dd	2.49±0.010Cc	2.64±0.000Eb	3.03±0.010DEa
	225	1.29±0.009Cf	2.28±0.000De	2.26±0.000Cd	2.54±0.009Ec	2.74±0.009Db	3.05±0.010Ea
	270	1.23±0.004Df	2.31±0.006Ce	2.27±0.002Cd	2.53±0.007Bc	2.79±0.006Cb	3.10±0.007Ba
	315	1.38±0.002Bf	2.37±0.002Be	2.34±0.006Bd	2.55±0.004Ac	2.86±0.007Bb	3.11±0.009Ba
	379	1.40±0.006Af	2.42±0.000Ae	2.48±0.007Ad	2.54±0.009Ac	2.88±0.006Ab	3.14±0.009Aa
20	0	0.96±0.009Df	1.74±0.009De	1.81±0.005Cd	2.34±0.126Bc	2.50±0.005Eb	3.03±0.006BCa
	90	1.08±0.002Cf	1.81±0.002Ce	1.93±0.004Bd	2.32±0.011Bc	2.52±0.005Db	2.98±0.002Da
	180	1.09±0.000Cf	1.84±0.001Be	1.93±0.010Bd	2.33±0.010Bc	2.55±0.001Cb	3.08±0.010Aa
	270	1.19±0.006Ae	1.97±0.004Ad	1.98±0.009Ad	2.38±0.006Ac	2.60±0.004Ab	3.03±0.004Ca
	379	1.18±0.009Bf	1.98±0.005Ae	1.99±0.005Ad	2.39±0.009Ac	2.58±0.009Bb	3.06±0.006Ba
4	0	0.96±0.008Af	1.74±0.009Ae	1.81±0.005Ad	2.34±0.126Ac	2.50±0.004Ab	3.03±0.006Aa
	180	0.88±0.010Be	1.68±0.000Bd	1.70±0.010Bd	2.27±0.000Bc	2.34±0.000Bb	2.93±0.000Ca
	379	0.95±0.009Af	1.69±0.009Be	1.82±0.009Ad	2.28±0.004Bc	2.43±0.009Cb	2.97±0.009Ba

Titrasyon asitliği değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-I : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 6 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince esmerleşme düzeyindeki değişim

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
30	0	0.464±0.0145Ia	0.400±0.0068Ib	0.335±0.0156Id	0.241±0.0001He	0.225±0.0000He	0.191±0.0003Gf
	45	0.704±0.0145Ha	0.600±0.0221Hb	0.505±0.0142Hd	0.230±0.0139Hf	0.388±0.0000Ge	0.380±0.0071Ge
	90	1.167±0.0090Ga	1.205±0.0002Ga	0.914±0.0378Gb	0.396±0.0144Gc	0.324±0.0142GHd	0.250±0.0069Fe
	135	1.685±0.0205Fc	2.150±0.0378Fa	1.768±0.0666Fb	0.656±0.0063Fd	0.585±0.0065Fd	0.444±0.0078Fe
	180	2.544±0.0334Ec	3.460±0.0384Ea	2.929±0.0703Eb	1.228±0.0002Ed	1.121±1.1349Ee	0.771±0.0139Ef
	225	3.084±0.0145Dc	4.810±0.1240Da	3.568±0.0633Db	1.919±0.0010De	2.090±0.0004Dd	1.377±0.0355Df
	270	4.020±0.0705Cc	6.090±0.1943Ca	4.526±0.0201Cb	2.250±0.0278Cf	3.158±0.0811Cd	2.495±0.0886Ce
	315	4.615±0.0750Bc	7.131±0.0254Ba	5.759±0.0675Bb	4.068±0.0904Be	4.305±0.0436Bd	3.489±0.0270Bf
379	5.364±0.0585Ad	9.318±0.0888Aa	7.549±0.0735Ab	5.116±0.1156Ae	6.216±0.1602Ac	5.296±0.0026Ade	
20	0	0.464±0.0145Da	0.400±0.0068Db	0.335±0.0156Dc	0.241±0.0001Dd	0.225±0.0000Dd	0.191±1.0003De
	90	0.495±0.0072Da	0.406±0.0007Db	0.342±0.0000Dd	0.202±0.0144Ee	0.373±0.0001Ad	0.380±0.0065Ac
	180	0.651±0.0068Ca	0.543±0.0133Cb	0.478±0.0076Cc	0.282±0.0069Cd	0.253±0.0001Ce	0.225±0.0004Cf
	270	0.856±0.0270Ba	0.736±0.0127Bb	0.590±0.0370Bc	0.306±0.0139Bd	0.257±0.0074Bd	0.199±0.0069De
	379	1.147±0.0017Aa	1.095±0.0008Ab	0.802±0.0154Ac	0.365±0.0003Ad	0.296±0.0072Be	0.244±0.0001Bf
4	0	0.464±0.0145Aa	0.400±0.0068Ab	0.335±0.0156Ac	0.241±0.0001Ad	0.225±0.0000Ad	0.191±1.0003Be
	180	0.442±0.0001Aa	0.395±0.0068ABb	0.323±0.0071Ac	0.234±0.0070Ad	0.230±0.0000Ad	0.222±0.0146Ad
	379	0.467±0.0074Aa	0.374±0.0068Bb	0.312±0.0074Ac	0.213±0.0074Bd	0.204±0.0069Bde	0.192±0.0001Be

Esmerleşme değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-F : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-d : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 7 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince şeker düzeyindeki değişim

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Sakaroz							
30	0	256±4.61Aa	146±1.13Ac	145±1.49Ac	170±1.33Ab	130±0.04Bd	111±0.22Ae
	45	249±0.41Ba	148±0.66Ac	144±0.10Ac	167±3.71Ab	137±3.89Ad	103±0.15Be
	90	232±1.35Ca	135±0.63Bc	137±1.04Bc	161±2.69Bb	125±0.30Cd	104±1.25Be
	135	222±1.10Da	134±0.90BCb	119±0.19Cc	135±0.03Db	107±3.34Dd	86±0.37BCe
	180	223±1.12Da	131±1.44Cb	120±0.75Cc	134±2.37Db	104±0.31DEd	84.89±0.68Ce
	225	214±2.04Ea	128±1.11Dc	111±1.29Dd	143±2.17Cb	102±1.32Ee	81.92±1.65Df
	270	228±1.19Ca	133±0.71BCc	107±0.86Ed	142±2.03Cb	103±1.71Ee	80.63±1.55DEf
	315	208±1.49Fa	120±2.75Ec	107±2.18Ed	135±2.30Db	89±0.15Fe	79.10±0.02Ef
	379	212±0.0E8a	118±1.27Ec	87±0.13Fd	124±0.32Eb	81.59±0.90Ge	62.97±0.26Ff
20	0	256±4.61Aa	146±1.13Ac	145±1.49Ac	170±1.33Ab	130±0.04Bd	111±0.22Ae
	90	241±5.91BCa	143±1.22ABcd	146±3.75Ac	174±3.56Ab	136±2.01Ad	110±0.78Ae
	180	234±1.29CDa	135±0.53Cc	130±0.26Bd	152±2.20Bb	115±1.17De	97±2.39Cf
	270	247±1.03Ba	139±1.05BCc	135±0.68BCd	155±0.23Bb	124±2.57Ce	104±1.41Bf
	379	230±1.19Da	137±3.81Cc	128±3.25Cd	157±2.49Bb	118±1.18De	98.55±0.93Cf
4	0	256±4.61Aa	146±1.13Ac	145±1.48Ad	170±1.33Ab	130±0.04Ae	111±0.22Af
	180	240±3.16Ba	147±3.43Ac	137±0.66Bd	163±1.62Bb	129±1.89Ae	102±2.28Bf
	379	226±2.13Ca	138±0.90Bc	132±1.39Cd	153±1.95Cb	121±0.01Be	107±1.23Cf

Sakaroz değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-g : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 7 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince şeker düzeyindeki değişim(devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Glukoz							
30	0	209±0.40Be	267±2.09Ac	268±2.06Abc	260±3.40ABd	273±2.82Ab	280±1.57Aa
	45	207±0.13BCc	264±0.98Aa	263±2.8AB4a	259±7.27ABab	251±7.50BCb	269±0.27Ba
	90	201±1.05Ed	250±1.25BCc	262±1.9AB6b	263±3.42Ab	273±2.08Aa	270±0.68Ba
	135	204±1.41CDd	253±1.53Bb	245±2.0DE3c	239±1.46Dc	252±5.38BCb	266±1.41BCa
	180	206±1.48BCDd	242±3.78Dc	251±3.21CDbc	243±5.59CDb	260±0.39Ba	261±3.40Ca
	225	203±2.92DEe	236±2.39Ed	247±2.87DEc	251±4.11BCbc	259±1.98Bab	265±5.88BCa
	270	214±0.51Ac	245±1.24CDd	257±2.75BCb	262±2.85Ab	272±6.57Aa	279±5.51Aa
	315	188±2.61Fe	232±6.40Ed	243±6.24Ebc	250±3.77BCb	239±0.61Dcd	264±0.51BCa
	379	216±1.00Ad	230±2.42Ec	242±0.69Eb	248±2.13CDa	248±2.86Ca	253±1.32Da
20	0	209±0.40Ce	267±2.09Ac	268±2.06ABbc	260±3.40BCd	273±2.82Ab	280±1.57BCa
	90	216±5.99BCc	263±6.89Ab	270±6.93ABb	273±6.73Ab	273±5.42Ab	289±5.53ABCa
	180	220±1.55ABd	250±0.88Bc	258±2.10Bb	256±0.18Cbc	260±3.06Bb	277±6.45Ca
	270	227±3.10Ad	260±1.10ABc	259±0.95Bc	270±2.75ABb	272±5.33Ab	297±4.02Aa
	379	227±0.40Ac	256±5.76ABc	273±7.08Ab	270±3.94ABb	270±2.52Ab	291±4.90ABa
4	0	209±0.40Ce	267±2.09Abc	268±2.06Ad	260±3.40Ac	273±2.82Ab	280±1.57Ba
	180	220±2.50Bd	280±7.86Aab	266±0.76Ac	265±1.47Ac	272±5.37Abc	290±1.52Aa
	379	226±1.40Ad	277±3.05Ab	269±2.41Ac	264±3.89Ac	271±0.74Abc	294±4.52Aa

Glukoz değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-F : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-e : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 7 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince şeker düzeyindeki değişim(devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Fruktoz							
30	0	134±4.32Fc	171±5.47Db	170±4.69Fb	168±2.82Db	176±0.16Cab	184±1.28Fa
	45	141±3.14Ec	184±9.26CDab	188±1.90Ea	183±9.26BCab	173±0.62Cb	193±0.82Ea
	90	145±0.75Ed	189±6.16Cc	207±4.10BCDa	196±6.17Abc	198±2.16Babc	202±1.80Dab
	135	173±2.11Bc	211±1.02Aa	204±6.34CDa	179±0.14CDc	193±2.00Bb	208±2.76CDa
	180	161±0.09CDc	194±5.34BCb	212±0.46BCa	195±5.08ABb	206±3.86Aa	210±4.00Ca
	225	156±4.64Dc	192±6.56BCb	216±2.02ABa	197±5.71Ab	209±1.82Aa	219±2.91ABa
	270	195±1.13Ab	194±1.14BCb	197±5.17Db	195±0.66ABb	212±4.80Aa	217±4.74Ba
	315	165±2.96Cc	198±6.40ABCb	200±4.41Db	199±3.77Ab	206±5.25Ab	225±2.44Aa
	379	176±1.28Be	207±6.34ABcd	224±2.97Aa	199±5.85Ad	210±3.88Abc	218±2.05ABab
20	0	134±4.32Cc	171±5.47ABb	170±4.69Cb	168±2.82Cb	176±0.16Bab	184±1.28Da
	90	153±4.67Bd	169±2.05Bc	183±6.34Bb	185±1.25ABb	182±2.02Bb	198±4.04Ca
	180	151±1.22Bd	173±6.02ABc	184±0.24Bb	178±2.29BCbc	177±0.38Bbc	195±1.65Ca
	270	148±4.34Be	171±0.44Bd	174±2.21BCcd	182±7.57ABbc	190±4.04Ab	230±3.56Aa
	379	163±3.54Ac	183±6.42Ab	206±0.84Aa	190±4.70Ab	193±4.42Ab	210±4.05Ba
4	0	134±4.32Cd	171±5.47Ab	170±4.69Ac	168±2.68Ab	176±0.16Ab	184±1.28Aa
	180	157±3.87Ac	181±5.45Ab	172±3.35Ab	173±1.60Ab	175±3.12Ab	195±6.96Aa
	379	145±0.80bd	178±5.78Ab	171±5.20Abc	169±1.91Ac	172±0.50Abc	192±2.97Aa

Fruktoz değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-F : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-e : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 7 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince şeker düzeyindeki değişim(devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Sorbitol							
30	0	237±0.16Cb	242±1.88Aa	239±1.63Aab	229±2.71Cc	231±0.78ABc	221±1.48Ad
	45	243±1.45Aa	241±0.60Aa	239±3.73Aab	233±6.86BCab	229±6.26ABb	210±0.29BCc
	90	241±1.27ABb	239±1.86ABb	244±0.55Aa	239±1.87Bb	229±0.14ABc	213±0.35Bd
	135	220±0.65Fc	239±3.16ABa	230±0.13Bb	228±1.97Cb	216±6.62Cc	212±1.57BCc
	180	233±0.96Db	233±3.55BCb	244±4.43Aa	227±2.71Cb	218±0.64Cc	207±2.69Cd
	225	229±1.70Eab	233±1.87BCa	231±1.30Bab	226±0.13Cbc	223±1.63BCc	207±4.01Cd
	270	239±0.71BCab	238±0.87aABb	244±2.40Aa	246±4.13Aa	232±5.07Ab	220±5.07Ac
	315	233±2.88Dab	227±5.41Cb	242±6.30Aa	226±2.81Cb	206±0.17Dc	211±0.07BCc
	379	240±1.28ABCa	233±1.12BCb	227±0.92Bc	228±2.18Cc	217±1.93Cd	196±1.01De
20	0	237±0.16ABb	242±1.88Aa	239±1.63ABab	229±2.71Bc	231±0.78Ac	221±1.48ABd
	90	239±4.41Aa	239±6.50Aa	241±4.97Aa	240±3.67Aa	229±4.87Ab	217±4.70Bb
	180	232±1.87Ba	223±0.76Bb	230±2.10Ba	229±2.10Ba	211±2.14Bc	203±3.69Cd
	270	241±1.39Aa	233±0.24ABbc	238±1.17ABab	240±0.87Aa	225±3.68Ad	230±3.77Acd
	379	231±2.10Bb	236±7.90Aab	248±7.31Aa	236±4.50ABab	226±2.69Ab	222±5.23ABb
4	0	237±0.16ABb	242±1.88Aa	239±1.63Ad	229±2.71Ac	231±0.78Ac	221±1.48Ad
	180	233±2.79Bab	242±6.48Aa	227±0.06Bbc	232±0.44Aab	219±3.89Bcd	215±7.88Ad
	379	241±2.52Aab	245±1.86Aa	234±4.14ABbc	227±2.11Acd	223±0.83Bd	224±5.15Ad

Sorbitol değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-F : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-d : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 7 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince şeker düzeyindeki değişim(devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Toplam							
30	0	835±0.27Ba	826±0.38ABab	822±0.49BCb	827±10.26BCab	809±1.84ABc	796±4.11Ac
	45	839±1.15Ba	836±11.50Aa	834±4.56ABa	841±27.10ABa	790±17.03BCb	775±0.41ABCb
	90	819±4.43Ccd	813±6.18BCd	849±0.55Ab	858±1.80Aa	824±0.36Ac	789±0.23Abe
	135	820±1.05Ca	837±7.61Aa	798±8.42DEb	781±3.54Dbc	768±17.33CDc	771±5.38BCc
	180	823±3.64Ca	801±14.11Cdb	827±8.85Ba	800±5.60Cdb	789±5.20BCb	763±10.77Cc
	225	802±2.02Dab	789±1.18DEb	804±3.44CDab	817±0.71BCa	792±3.10BCb	773±14.44BCc
	270	876±1.28Aa	809±3.96BCc	805±11.18CDc	845±9.66ABb	818±18.15Abc	797±16.87Ac
	315	794±9.94Dab	778±6.52Eb	791±19.13DEab	809±11.85Ca	739±6.18Ec	778±3.03ABCb
	379	844±0.48Ba	788±1.53DEbc	780±3.32Ec	800±10.48Cdb	757±1.81DEd	730±4.62De
20	0	835±0.27Ba	826±0.38Aab	822±0.49ABCb	827±10.26Bab	809±1.84Ac	796±4.11BCc
	90	849±11.63ABab	814±12.57Ab	841±21.99ABab	873±15.22Aa	820±14.33Ab	814±15.05Bb
	180	837±3.49Ba	780±3.86Bc	802±4.46Cb	815±2.01Bb	763±5.74Bc	771±14.18Cc
	270	863±9.85Aa	802±0.64ABb	806±5.01BCb	847±11.42ABa	812±15.62Ab	861±12.76Aa
	379	851±0.15ABab	812±23.89ABbc	855±18.47Aa	854±15.63ABa	807±10.80Ac	822±15.12Babc
4	0	835±0.27Aa	826±0.38Aab	822±0.49Ab	827±10.26Aab	809±1.48Ac	796±4.11Ac
	180	850±12.31Aa	850±23.22Aa	803±4.86Abc	833±1.92Aab	795±14.26Ac	801±18.64Abc
	379	838±5.25Aa	838±11.59Aab	806±13.13Ab	813±9.86Aab	787±1.06Ac	816±13.85Ad

Toplam şeker değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-E : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-e : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 8 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince aminoasit düzeyindeki değişim

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Aspartik asit							
30	0	2872±9.72Ae	3702±53.42Ac	5162±114Ab	3447±80.36Ad	3886±128Cc	5692±17.66Aa
	45	2139±40.18Be	3382±52.01Bc	4193±39.81Bb	2030±26.98De	3064±51.34Ed	4391±82.19Ca
	90	1512±38.03Cf	3038±74.78Cd	4155±7.24Bb	2404±16.11Ce	3364±105Dc	4354±45.34Ca
	135	1109±30.41Ee	2264±70.33Ec	2602±29.76Eaa	1550±45.52Ed	2361±47.43Fc	2482±26.26Fb
	180	1433±14.28Ce	3128±44.62Cc	3182±56.49Cc	2734±5.99Bd	4965±157Aa	4707±43.65Bb
	225	1417±42.51Ee	1795±6.22Gc	2932±67.23Fa	1317±11.62He	1605±88.01Gd	2303±24.03Hb
	270	1268±22.78Dc	3479±6.37Ba	2029±40.48Gb	1196±17.8Gc	3444±117Da	2130±29.97Gb
	315	1482±45.45Ed	2843±19.37Db	2805±94.71Db	960±39.06Ic	2447±7.93Fb	3610±53.16Da
	379	1089±41.30Ee	1810±73.05Fc	2483±71.22Eb	1306±20.73Fd	4275±182Ba	2686±6.98Eb
20	0	2872±9.72Ae	3702±53.42Bc	5162±114Ab	3447±80.36Ad	3886±128Bc	5692±17.66Aa
	90	1873±34.74Cd	2668±24.48Dc	3217±103Cb	1364±27.23Ce	3047±47.09Cb	3513±114Ca
	180	1885±39.20Ce	4586±104Aa	3709±133Bc	2584±47.93Bd	3954±156Bb	4418±50.13Ba
	270	1404±52.89Dd	1953±32.88Ec	2490±48.16Db	2716±119Ba	1958±7.84Dc	2542±45.64Eb
	379	2620±57.22Bd	3237±63.13Cbc	3312±111Cb	3461±83.82Ab	4740±172Aa	3061±24.28Dc
4	0	2872±9.72Ae	3702±53.42Bc	5162±114Bb	3447±80.36Bd	3886±128Ac	5692±17.66Aa
	180	1693±31.69Cf	3310±46.98Cc	4132±42.62Ca	2107±46.17Ce	3101±157Bd	3705±51.77Bb
	379	2503±52.44Bf	6009±117Ab	6233±29.47Aa	4495±91.52Ac	4202±1.32Ad	3498±98.29Be

Aspartik asit değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-I : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 8 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince aminoasit düzeyindeki değişim (devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Glutamik asit							
30	0	886±19.54Ab	695±7.74Bd	799±13.91Ac	842±20.01Abc	806±1.93Cc	989±26.45Aa
	45	733±12.37Db	603±7.61Ce	641±5.63Bd	649±1.11Ccd	668±4.43Ec	887±15.82Ba
	90	461±8.82Ed	409±8.88Fe	523±7.34Dc	704±10.41Ec	740±1.01Db	787±20.67Ca
	135	539±11.85Dc	577±3.61Cbc	652±14.08Ba	619±5.27Dab	608±13.29Fab	642±43.90Ea
	180	656±15.99Cd	528±5.29De	501±6.54De	762±2.30Bc	1003±23.34Aa	917±6.30Bb
	225	707±11.06Da	276±6.32Ge	402±7.64Fc	291±2.17Hd	259±9.85He	569±2.69Gb
	270	402±14.14Ed	798±24.23Ab	396±4.07Ed	341±2.21Ge	859±20.01Ba	556±0.77Fc
	315	646±71.00Ca	467±2.06Eb	416±2.15Eb	338±0.43Gc	448±20.84Gb	712±1.92Da
	379	561±7.19Db	486±17.12Ec	605±26.63Cb	476±3.95Fc	985±36.13Aa	389±7.32Hd
20	0	886±19.54Ab	695±7.74Bd	799±13.91Ac	842±20.01Ac	806±1.93Bc	989±26.45Aa
	90	535±4.22Cb	357±1.96Dd	454±11.54Dc	364±10.96Dd	639±31.16Ca	679±19.79Da
	180	673±22.73Bd	810±12.05Ab	708±6.90Bd	690±4.12Bd	764±21.54Bc	895±6.59Ba
	270	447±6.20Db	332±10.28Ed	359±3.16Ec	485±18.17Ca	287±0.27De	351±12.81Ecd
	379	857±8.24Ab	665±6.67Cc	612±3.20Cb	837±3.55Ad	964±20.48Aa	688±16.79Cc
4	0	886±19.54Ab	695±7.74Bd	799±13.91Bc	842±20.01Bc	806±1.93Ac	989±26.45Aa
	180	600±27.29Ccd	571±1.98Cde	716±30.62Ca	523±2.71Ce	630±21.58Cbc	677±14.38Bab
	379	738±12.23Bc	1102±30.23Aa	1104±8.08Aa	930±21.54Ab	731±1.42Bc	705±24.16Bc

Glutamik asit değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-H : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-e : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 8 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince aminoasit düzeyindeki değişim (devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Glisin							
30	0	142±0.21Aa	93.69±1.46Cc	133±2.31Ab	130±1.84Ab	89.68±2.55Dc	144±4.05Aa
	45	121±1.00Bb	91.29±2.55Ce	116±1.50Bc	89.42±0.18De	95.99±0.84CDd	127±2.58Ba
	90	79.92±1.43Ed	79.08±1.38Dd	97.68±0.57Cb	96.76±3.48Cbc	91.44±3.26Dc	113±0.87Ca
	135	71.00±1.83Fa	71.82±1.30Ea	72.72±1.87Fa	68.81±1.06Ea	67.33±1.95Ea	69.89±6.50Ea
	180	81.07±0.15Ed	78.49±0.90Dd	81.17±0.67Ed	101±0.40Bc	148±5.34Aa	135±0.66Bb
	225	66.88±1.99Gb	51.99±0.15Gd	81.86±1.08Ga	49.92±0.12Gd	35.91±1.76Fe	60.77±0.72Fc
	270	93.47±6.02Db	111±2.89Aa	66.60±0.74Gc	57.11±0.69Fd	102±2.14Ca	72.04±4.82DEc
	315	104±6.14Ca	102±1.92Ga	88.84±1.75Db	36.70±1.41Hd	72.75±3.50Ec	110±1.29Ca
	379	91.27±1.43Db	63.53±0.03Fe	84.27±6.11DEbc	70.30±0.22Ede	135±4.61Ba	77.93±2.68Dcd
20	0	142±0.21Aa	93.69±1.46Bc	133±2.31Ab	130±1.84Ab	89.68±2.55Cc	144±4.05Aa
	90	107±3.45Ca	77.57±1.57Cc	87.66±1.36Db	60.94±0.12Ed	96.27±0.85Ba	102±3.37Ba
	180	103±3.19Cbc	123±2.20Aa	99.35±1.39Bc	94.32±0.70Dd	104±1.82Bbc	107±0.75Bb
	270	90.40±1.35Db	60.25±0.11Ed	69.56±0.73Dc	101±2.93Ca	66.46±0.34Dc	69.29±2.57Dc
	379	130±1.34Bb	68.44±0.65Dc	68.74±0.26Cb	115±0.99Bd	118±2.14Aa	91.92±4.99Cc
4	0	142±0.21Aa	93.69±1.46Bc	133±2.31Bb	130±1.84Bb	89.68±2.55Bc	144±4.05Aa
	180	96.41±5.22Bbc	97.14±0.47Bbc	120±5.78Ca	89.17±0.16Ccd	85.72±2.60Bd	100±1.52Bb
	379	105±1.55Be	166±5.25Ac	205±0.79Aa	175±2.75Ab	118±0.70Ad	91.92±1.78Bf

Glisin değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-H : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 8 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince aminoasit düzeyindeki değişim (devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Alanin							
30	0	34.61±0.26Aa	24.05±0.21Ad	30.93±0.98Ab	26.81±0.51Ac	16.40±0.16Ce	26.71±0.36Ac
	45	20.14±0.12Ca	12.53±0.33Ed	15.84±0.22Cc	11.83±0.40Dd	9.55±0.11Dd	17.14±0.25Cb
	90	25.34±0.24Ba	22.92±0.62Ba	14.08±0.38Ba	13.15±0.14Cb	12.77±0.42Db	15.55±0.43Db
	135	10.81±0.16Gd	12.75±0.07Ec	15.33±0.19Ca	12.46±0.36CDc	12.91±0.17Dc	13.64±0.21Eb
	180	11.96±0.67Ge	14.01±0.08Dd	12.10±0.24Ce	15.82±0.14Bc	27.66±0.83Aa	22.61±0.01Bb
	225	10.42±0.03Hb	8.89±0.23Fd	7.84±0.30De	10.42±0.16Fb	9.33±0.17Ec	14.32±0.18Fa
	270	14.03±0.24Eb	23.20±0.31Ba	12.10±0.08Cc	10.49±0.04Ed	22.40±0.95Ba	11.91±0.16Fc
	315	15.37±0.60Dd	21.26±0.08Ca	14.76±0.69Cd	7.64±0.30Gc	9.79±2.57Ec	15.14±0.32Dd
	379	8.51±0.23Ic	6.61±0.32Fd	10.32±0.37CDb	7.29±0.27Gd	24.13±1.04Ba	10.18±0.01Gb
20	0	34.61±0.26Aa	24.05±0.21Ad	30.93±0.98Ab	26.81±0.51Ac	16.40±0.16Be	26.71±0.36Ac
	90	9.16±0.12Eb	5.61±0.17Dd	14.80±0.34Ba	11.24±0.11Eb	8.07±0.14Dc	7.86±0.25Dc
	180	14.31±0.50Dd	22.52±0.81Ba	13.77±0.34BCd	14.18±0.20Dd	15.95±0.53Bc	17.65±0.04Bb
	270	17.63±0.27Cb	11.85±0.09Cd	13.44±0.30BCc	20.94±0.87Ca	11.86±0.12Cd	13.97±0.42Cc
	379	22.05±0.60Bb	12.75±0.35Cc	12.87±0.31Cc	23.32±0.66Bab	24.53±1.21Aa	14.08±0.25Cc
4	0	34.61±0.26Aa	24.05±0.21Bd	30.93±0.98Bb	26.81±0.51Bc	16.40±0.16Be	26.71±0.36Ac
	180	18.52±0.36Bb	15.77±0.23Cc	25.35±0.12Ca	11.66±0.07Cf	12.99±0.59Ce	14.16±0.48Bd
	379	19.05±0.60Bd	35.60±1.27Ab	40.34±0.31Aa	30.95±0.54Ac	17.61±0.22Ad	14.28±0.16Be

Alanin değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-I : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 8 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince aminoasit düzeyindeki değişim (devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Valin							
30	0	28.94±0.32Aa	17.05±0.07Be	26.47±0.66Ab	24.54±0.10Ac	21.22±0.49Bd	20.09±0.25Ac
	45	17.68±0.17Bab	16.34±0.25BCc	17.48±0.09Bb	11.45±0.31Dd	12.71±0.22Ee	18.56±0.18Ba
	90	10.18±0.24Ec	10.64±0.24Ec	16.73±0.21Be	18.67±0.12Ba	16.14±0.20Db	18.59±0.02Ba
	135	7.40±0.13Fbc	6.72±0.26Fc	9.61±0.24Ea	6.64±0.28Ec	7.63±0.6Gbc	8.33±0.8Db
	180	13.73±0.43CDe	15.51±0.25Cd	15.33±0.46Cd	17.35±0.37Cc	31.08±1.15Aa	25.58±0.30Ab
	225	16.23±0.71Da	6.41±0.74Gc	10.22±0.22Gb	4.75±0.01Hd	3.71±0.32Hd	6.14±0.08Fc
	270	9.80±0.27Ec	19.52±0.02Aa	8.44±0.38FGd	5.42±0.09Fe	18.17±1.00Cb	6.45±0.23Ee
	315	14.29±0.36Cb	13.23±0.35Dbc	12.30±0.73Dc	5.41±0.06Fe	10.67±0.86Fd	16.41±0.49Ca
	379	9.88±0.37Eb	5.06±0.08Gc	9.17±0.11EFb	4.72±0.12Gc	19.47±0.92Ca	9.11±0.18Db
20	0	28.94±0.32Aa	17.05±0.07Be	26.47±0.66Ab	24.54±0.10Ac	21.22±0.49Bd	20.09±0.25Ac
	90	15.33±0.53Ca	9.24±0.04Dd	11.99±4.94Cb	6.72±0.08De	9.74±0.01Dc	10.70±0.19Dc
	180	14.28±0.05Cc	21.89±0.44Aa	14.29±0.63Bc	14.56±0.37Cc	16.54±0.74Cb	21.74±0.36Ba
	270	13.50±0.25Db	7.30±0.22Ed	9.12±0.08Dc	17.19±0.51Ba	6.73±0.06Ed	8.77±0.05Ec
	379	25.02±0.36Bb	12.28±0.48Ccd	11.52±0.13Cd	23.69±0.56Ab	27.19±1.23Aa	13.75±0.07Cc
4	0	28.94±0.32Aa	17.05±0.07Be	26.47±0.66Bb	24.54±0.10Ac	21.22±0.49Ad	20.09±0.25Ac
	180	15.42±0.57Bb	12.63±0.18Cd	21.22±0.51Ca	11.37±0.29Ce	13.52±0.92Bcd	14.12±0.13Bc
	370	14.16±0.02Cd	28.31±1.48Ab	30.69±0.73Aa	20.61±0.66Bc	12.40±0.04Bd	12.46±0.29Bd

Valin değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-H : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-e : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 8 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince aminoasit düzeyindeki değişim (devam)

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)					
		0	451	832	1 594	2 112	3 241
Toplam							
30	0	3 964±9.53Ae	4 531±44.08Ad	6 151±131Ab	4 470±103Ad	4 820±149Cc	6872±13.45Aa
	45	3 031±27.11Be	4 105±42.93Bc	4 983±47.2B4b	2 792±28.18Df	3 853±56.87Ed	5441±101Ca
	90	2 096±79.96Df	3 535±45.63Dd	4 806±22.35Cb	3 045±4.98Ce	4 224±102Dc	5288±65.59Da
	135	1 738±44.12Ee	2 932±75.56Ec	3 352±13.86Ea	2 257±52.48Ed	3 056±35.32Fc	3216±77.69Fb
	180	2 196±31.51Cd	3 764±48.84Cc	3 792±64.41Dc	3 649±2.78Bc	6 175±188Aa	5806±50.89Bb
	225	2 218±56.30Cc	2 139±0.75Gc	3 434±76.46EFa	1 673±13.84Ge	1 913±100Gd	2954±21.97Gb
	270	1 787±2.66Ed	4 431±33.83Aa	2 512±45.75Gc	1 609±20.82He	4 446±141Da	2776±35.50Fb
	315	2 261±20.37Cd	3 446±19.93Db	3 336±96.53EFb	1 348±41.26Ie	2 988±165Fc	4463±50.75Ea
	379	1 760±50.53Ed	2 371±90.54Fc	3 193±104Fb	1 864±24.85Fd	5 438±214.34Ba	3172±17.16Fb
20	0	3 964±9.53Ae	4 531±44.08Ad	6 151±131Ab	4 470±103Ad	4 820±149Bc	6 872±13.45Aa
	90	2 503±33.93De	3 182±28.45Cd	3 793±107Cc	1 783±29.23Cf	3 962±80.86Cb	4 315±121Ca
	180	2 689±65.68Ce	5 564±120Ba	4 544±142Bc	3 398±53.33Bd	4 855±180Bb	5 460±57.79Ba
	270	1 973±60.96Ed	2 364±43.14Dc	2 941±52.45Db	3 339±142Ba	2 330±7.59Dc	2 985±61.48Eb
	379	3 655±46.68Bd	3 996±71.29Cc	4 017±108Cc	4 459±89.57Ab	5 873±197Aa	3 869±46.39Dcd
4	0	3 964±9.53Ae	4 531±44.08Bd	6 151±131Bb	4 470±103Bd	4 820±149Ac	6 872±13.45Aa
	180	2 424±64.41Ce	4 007±44.93Cc	5 016±79.64Ca	2 743±48.95Cd	3 843±182Bc	4 510±68.28Bb
	379	3 379±66.83Bf	7 341±155Ab	7 613±39.37Aa	5 652±117Ac	5 082±0.98Ad	4 322±125Be

Toplam aminoasit değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

A-I : Aynı sütünde değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-f : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

EK 9 Farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmaları süresince SO₂ düzeyindeki değişim

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	SO ₂ konsantrasyonu (mg/kg)				
		451	832	1 594	2 112	3 241
30	0	451±0.077 a	832±17.341a	1 594±17.148a	2 112±4.524a	3 241±18.267a
	45	330±7.477 b	676±18.600b	1 433±18.050b	2 092±61.660a	2 725±5.097b
	90	138±3.822 c	263±8.981 c	1 033±20.442c	1 357±21.968b	1 947±53.437c
	135	92±7.210 d	189±8.628 d	721±13.716 d	907±32.544c	1 548±10.684d
	180	40±0.037 e	91±4.372 e	98±10.622 g	328±11.288d	954±34.546e
	225	43±0.0252 f	64±4.2942 g	163±6.990 e	225±0.010e	609±0.215f
	270	41±0.021 e	75±4.263 ef	130±6.810 f	180±3.548ef	400±3.245g
	315	39±0.002 e	67±4.133 ef	99±10.147 g	134±3.489f	271±6.636h
	379	41±3.395 e	71±12.028ef	106±3.426 fg	33±0.0451f	209±3.259ı
20	0	451±0.077a	832±17.341a	1 594±17.15a	2 112±4.524a	3 241±18.267a
	90	263±0.011b	792±27.594b	1 470±7.534b	1 733±10.35b	2 679±24.036c
	180	95±6.694c	400±0.119c	1 111±4.424c	1 349±37.42c	2 209±24.299c
	270	94±3.193c	224±8.804d	995±14.021d	1 167±6.251d	2 075±9.600d
	379	68±6.404d	179±4.257e	830±27.937e	996±19.975e	1 716±0.097e
4	0	451±0.077a	832±17.341a	1 594±17.148a	2 112±4.524a	3 241±18.267a
	180	355±4.046b	683±22.000b	1 392±0.747b	1 810±26.02b	2 780±23.113c
	379	283±12.010c	663±22.281b	1 463±34.95b	1 846±32.007b	2 876±41.408b

SO₂ değerleri, aritmetik ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

a-ı : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatmagül HAMZAOĞLU

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 1990

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu:

Lise : Lüleburgaz Anadolu Lisesi (Y.D.A) (2004-2008)

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2008-2013)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2013-2016)

Çalıştığı Kurum :

Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2014 –

Poster:

Hamzaoğlu, F., Türkyılmaz, M. and Özkan, M. 2015. Effect of various SO₂ concentrations on sugars and amino acids in sulfured dried apricots.4th International Conference and Exhibition on Food Processing &Technology, p. 153, 10-12 August, London, UK.