

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HÜNNAP (*Z.JUJUBA* MİLL) MEYVELERİNİN FARKLI
OLGUNLAŞMA EVRELERİNDE VE KURUTMA SÜRECİNDE
BAZI KALİTE PARAMETRELERİNİN KİNETİK ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

FADİME BEGÜM TEPE

DENİZLİ, ARALIK - 2020

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**HÜNNAP (Z.JUJUBA MİLL) MEYVELERİNİN FARKLI
OLGUNLAŞMA EVRELERİNDE VE KURUTMA SÜRECİNDE
BAZI KALİTE PARAMETRELERİNİN KİNETİK ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

FADİME BEGÜM TEPE

DENİZLİ, ARALIK - 2020

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından 2018FEBE024 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

FADİME BEGÜM TEPE



ÖZET

**HÜNNAP (Z.JUJUBA MİLL) MEYVELERİNİN FARKLI OLGUNLAŞMA
EVRELERİNDE VE KURUTMA SÜRECİNDE BAZI KALİTE
PARAMETRELERİNİN KİNETİK ANALİZİ
DOKTORA TEZİ
FADİME BEGÜM TEPE
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. RACİ EKİNCİ)

DENİZLİ, ARALIK - 2020

Bu tez çalışmasında, farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi belirlenmiştir. Suda çözünebilir vitamin miktarı olgunlaşmayla birlikte azalmış olup, tam olgun hünnap meyvesinin 789,05 mg/kg KM C vitamini, 0,2733 mg/kg KM tiamin, 0,8033 mg/kg KM pridoksin, 0,4100 mg/kg KM riboflavin ve 8,8333 mg/kg KM niasin içerdiği belirlenmiştir. Organik asit miktarı da olgunlaşmayla beraber değişmekte olup, hünnap meyvesinde baskın olarak malik asit (103,11 mg/100 g KM) bulunduğu gözlenmiştir. Fenolik bileşen içeriği olgunlaşma sürecinde belirli bir değişim eğilimi göstermemiş olup, yeşil olum evresinde baskın fenolik bileşik kateşin iken, tam olgun örneklerde klorojenik asit daha fazla bulunmuştur. Hünnap meyvesinde bulunan *trans*-resveratrol içeriği ilk kez bu çalışmada incelenmiş olup, yeşil olum evresinde 0,2166 mg/kg KM içeren hünnap meyvesinin tam olgun halinde *trans*-resveratrol tespit edilememiştir. Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite ise olgunlaşma ile azalmıştır. Hünnap meyvesinin bütün olgunlaşma evrelerinde potasyum majör mineral madde olarak tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra tam olgun örnekler 50, 60 ve 70 °C’de sıcak havada kurutularak kurutma kinetiği ve ek olarak, hünnap meyvesinde bulunan bazı bileşenlerin kuruma sırasında değişimi incelenmiştir. Hünnap meyvesinin 50°C ve 70°C’de kurutulması en iyi Page modeli ile, 60°C’de kurutulması ise Parabolik model ile tanımlanmaktadır. Kurutma ile hünnap meyvesinin besleyici ve biyoaktif değerinde önemli bir kayıp meydana gelmiş olup, kurutma sırasında suda çözünebilir vitaminler, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen kaybın, birinci derece kinetik modele uyduğu tespit edilmiştir. Ayrıca renk değerlerindeki değişimin hem sıfırıncı hem de birinci derece kinetik model ile açıklanabileceği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Hünnap, HPLC, kuruma kinetiği, olgunlaşma, kimyasal kompozisyon

ABSTRACT

KINETIC ANALYSIS OF SOME QUALITY PARAMETERS OF JUJUBE FRUITS (Z.JUJUBA MILL) AT DIFFERENT MATURATION STAGES AND THE DRYING PERIOD

PH.D THESIS

FADİME BEGÜM TEPE

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR:PROF. DR. RACİ EKİNCİ)

DENİZLİ, DECEMBER 2020

In this study, the physical properties and chemical composition of jujube fruits at different maturation stages were investigated. The amount of water-soluble vitamins decreased with the maturation. Content of vitamin C, thiamine, pyridoxine, riboflavin and niacin were 789.05 mg/kg DW, 0.2733 mg/kg DW, 0.8033 mg/kg DW, 0.4100 mg/kg DW and 8.8333 mg/kg DW in mature jujube fruit, respectively. The amount of organic acids changed with the maturation, malic acid (103.11 mg/100 g DW) was observed to be predominantly found in jujube fruit. Phenolic content has no certain tendency to change during the maturation. While catechin was the dominant phenolic compound in green maturation stage, the major phenolic compound was chlorogenic acid in fully mature samples. Content of *trans*-resveratrol in jujube fruit was investigated for the first time in this study. The *trans*-resveratrol content at the green maturation stage was found to be 0.2166 mg/kg DW. However, no *trans*-resveratrol content was detected at the fully mature fruits. Total phenolic content and antioxidant activity decreased with maturation. Potassium has been identified as the major mineral in all maturation stages. Drying kinetics of the jujube fruits were calculated at 50, 60 and 70°C. Page and parabolic models gave the best fitting to drying curves at 50-70°C, and 60°C, respectively. The loss of water-soluble vitamins, antioxidant activity and total phenolic content were fitted to the first order kinetic model, while the change in color values can be explained by both the zero and first order kinetic models.

KEYWORDS: Jujube, HPLC, drying kinetic, maturation, chemical composition

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Hünnap Yetiştiriciliği ve Morfolojik Özellikleri.....	2
1.2 Hünnap Meyvesinin Kimyasal Bileşimi.....	4
1.2.1 Su	4
1.2.2 Şekerler	4
1.2.3 Protein.....	5
1.2.4 Lipidler.....	6
1.2.5 Vitaminler	6
1.2.6 Organik Asitler	7
1.2.7 Mineraller.....	7
1.2.8 Fenolik Bileşikler.....	8
1.3 Hünnap Meyvesinin Biyoaktif Özellikleri	10
1.3.1 Antioksidan Aktivite.....	10
1.3.2 Antimikrobiyel Aktivite.....	11
1.3.3 Antikanser Aktivite.....	12
1.3.4 Diğer Etkiler	13
1.4 Gıdaların Kurutulması	14
1.4.1 Kuruma Mekanizması.....	15
1.4.2 Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler	16
1.4.3 Kurutma Sistemleri	17
1.4.3.1 Sıcak Hava ile Kurutma.....	17
1.4.3.2 Puf Kurutma	18
1.4.3.3 Akışkan Yatak Kurutma	18
1.4.3.4 Püskürtmeli Kurutma.....	18
1.4.3.5 Dondurarak Kurutma.....	19
1.4.3.6 Mikrodalga Kurutma	19
1.4.3.7 Vakumlu Kurutma	20
1.4.3.8 Köpük Kurutma	20
1.4.4 Kuruma Kinetiği	21
1.4.4.1 Uygun Modelin Belirlenmesi	22
1.5 Hünnap Meyvesinin Kurutulması ile İlgili Çalışmalar	23
2. MATERYAL VE METOT	26
2.1 Materyal.....	26
2.2 Fiziksel Analizler	27
2.2.1 Meyve Boyu Ölçümü.....	27
2.2.2 200 Adet Ağırlığı	27
2.2.3 Renk Analizi	27
2.2.4 Kuru Madde Tayini.....	28

2.2.5	Suda Çözünür Kuru Madde Analizi.....	28
2.3	Kimyasal Analizler.....	28
2.3.1	pH Tayini	28
2.3.2	Titrasyon Asitliği Tayini.....	29
2.3.3	Kül Tayini	29
2.3.4	Suda Çözünen Vitamin Analizi	30
2.3.4.1	Örnek Hazırlama	30
2.3.4.2	HPLC Koşulları ve Standartların Kalibrasyon Grafikleri	30
2.3.4.3	Suda Çözünen Vitaminler için Geri Kazanım Testi.....	33
2.3.5	Organik Asit Analizi	34
2.3.5.1	Örnek Hazırlama	34
2.3.5.2	HPLC Koşulları ve Standartların Kalibrasyon Grafikleri	35
2.3.5.3	Organik Asitler İçin Geri Kazanım Testi	37
2.3.6	Şeker Kompozisyonu	37
2.3.6.1	Örnek Hazırlama	37
2.3.6.2	HPLC Koşulları ve Standartların Kalibrasyon Grafikleri	38
2.3.6.3	Şekerler İçin Geri Kazanım Testi	39
2.3.7	Fenolik Bileşik Kompozisyonu	40
2.3.7.1	Metanol Ekstraktı Hazırlama.....	40
2.3.7.2	HPLC Koşulları ve Standartların Kalibrasyon Grafikleri	41
2.3.7.3	Fenolik Bileşikler İçin Geri Kazanım Testi.....	45
2.3.8	<i>Trans</i> -resveratrol Analizi	46
2.3.8.1	<i>Trans</i> -Resveratrol İçin Geri Kazanım Testi	48
2.3.9	Toplam Fenolik Madde Analizi	48
2.3.10	Toplam Antioksidan Aktivite Analizi.....	49
2.3.11	Mineral Madde Analizi	50
2.4	Kurutma Çalışmaları	50
2.4.1	Örneklerin Kurutulması	50
2.4.2	Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi	51
2.4.2.1	Nem İçeriğinin Hesaplanması	51
2.4.2.2	Nem Oranının Hesaplanması.....	52
2.4.2.3	Kuruma Hızının Hesaplanması.....	52
2.4.2.4	Efektif Difüzyon Katsayısı ve Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi.....	52
2.4.3	En Uygun Kinetik Modelin Belirlenmesi	54
2.4.4	Parçalanma Kinetiği.....	55
2.4.4.1	Parçalanma Kinetiğine Ait Parametrelerin Hesaplanması	55
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	57
3.1	Farklı Olgunlaşma Evresindeki Hünnap Meyvelerinin Fiziksel Özellikleri.....	57
3.2	Farklı Olgunlaşma Evresindeki Hünnap Meyvelerinin Kimyasal Özellikleri.....	61
3.2.1	pH ve Titrasyon Asitliği	62
3.2.2	Kül Miktarı	63
3.2.3	Suda Çözünen Vitaminler.....	64
3.2.4	Hünnap Meyvesinde Bulunan Organik Asitler.....	68
3.2.5	Hünnap Meyvesinin Şeker Kompozisyonu	70
3.2.6	Hünnap Meyvesinin Fenolik Madde Kompozisyonu	71
3.2.7	Hünnap Meyvesinin <i>Trans</i> -Resveratrol Miktarı.....	73
3.2.8	Hünnap Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriği.....	75

3.2.9	Hünnap Meyvesinin Toplam Antioksidan Aktivitesi	76
3.2.10	Hünnap Meyvesinin Mineral Madde Kompozisyonu.....	78
3.3	Hünnap Meyvesinin Kurutulması.....	79
3.3.1	Kuruma Kinetiğine Ait Modelleme Çalışmaları.....	81
3.3.2	Farklı Sıcaklarda Kurutulan Hünnap Meyvelerine Ait Efektif Difüzyon Katsayısı ve Aktivasyon Enerjisi.....	82
3.3.3	Kurutma Sonrası Hünnap Meyvesinin Bileşiminde Meydana Gelen Değişiklikler	83
3.3.3.1	Organik Asitler	83
3.3.3.2	Şekerler	84
3.3.3.3	Fenolik Bileşikler	85
3.3.3.4	Mineral Madde	87
3.4	Hünnap Meyvesinde Bulunan Bazı Bileşenlerin Parçalanma Kinetiği88	
3.4.1	Suda Çözünen Vitaminlerin Parçalanma Kinetiği	88
3.4.1.1	C Vitamininin Parçalanma Kinetiği	88
3.4.1.2	Tiaminin Parçalanma Kinetiği.....	92
3.4.1.3	Niasinin Parçalanma Kinetiği.....	95
3.4.1.4	Riboflavinin Parçalanma Kinetiği	98
3.4.1.5	Pridoksinin Parçalanma Kinetiği.....	100
3.4.2	Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite	103
3.4.2.1	Toplam Fenolik Madde İçeriği.....	103
3.4.3	Antioksidan Aktivite.....	106
3.5	Renk Değerlerinin Kuruma ile Değişimi.....	109
3.5.1	a Değerinin Kurutma ile Değişimi.....	110
3.5.2	b Değerinin Kurutma ile Değişimi.....	115
3.5.3	L Değerinin Kurutma ile Değişimi	119
3.5.4	ΔE Değerinin Kurutma ile Değişimi.....	123
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	126
5.	KAYNAKLAR.....	129
6.	EKLER.....	150
	EK A. Hünnap Meyvesinin Kurutulma İşleminde, Kuruma Hızına ve Kinetiğine Ait Deneysel Veriler.....	150
7.	ÖZGEÇMİŞ.....	151

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Hünnap bahçesine ait fotoğraflar	26
Şekil 2.2: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyveleri	26
Şekil 2.3: C vitamini standart eğrisi	32
Şekil 2.4: Riboflavin standart eğrisi	32
Şekil 2.5: Niasin standart eğrisi	32
Şekil 2.6: Pridoksin standart eğrisi	33
Şekil 2.7: Tiamin standart eğrisi	33
Şekil 2.8: Malik asit kalibrasyon eğrisi	35
Şekil 2.9: Sitrik asit kalibrasyon eğrisi	36
Şekil 2.10: Tartarik asit kalibrasyon eğrisi	36
Şekil 2.11: Süksinik asit kalibrasyon eğrisi	36
Şekil 2.12: Glukoz standart eğrisi	38
Şekil 2.13: Fruktoz standart eğrisi	39
Şekil 2.14: Sakkaroz standart eğrisi	39
Şekil 2.15: Klorojenik asit standart eğrisi	42
Şekil 2.16: Kateşin standart eğrisi	42
Şekil 2.17: p-kumarik asit standart eğrisi	42
Şekil 2.18: Epikateşin standart eğrisi	43
Şekil 2.19: Kafeik asit standart eğrisi	43
Şekil 2.20: Rutin standart eğrisi	43
Şekil 2.21: Hiperosit standart eğrisi	44
Şekil 2.22: Kuersetin standart eğrisi	44
Şekil 2.23: Gallik asit standart eğrisi	44
Şekil 2.24: İzokuersetin standart eğrisi	45
Şekil 2.25: Ellajik asit standart eğrisi	45
Şekil 2.26: <i>Trans</i> -resveratrol standart eğrisi	47
Şekil 2.27: Toplam fenolik madde için gallik asit standart eğrisi	49
Şekil 2.28: Troloks standart eğrisi	50
Şekil 2.29: Kurutma planı	51
Şekil 2.30: Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş hünnap örnekleri	51
Şekil 3.1: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinin boyutu	58
Şekil 3.2: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinin 200 adet ağırlığı	59
Şekil 3.3: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinin kuru madde ve SÇKM miktarı (%)	60
Şekil 3.4: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin renk değerlerindeki değişim	61
Şekil 3.5: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin pH ve titrasyon asitliği değişimi	62
Şekil 3.6: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin kül miktarındaki değişim	63
Şekil 3.7: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin C vitamini miktarı	65
Şekil 3.8: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin tiamin miktarı	66

Şekil 3.9: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin pridoksin miktarı	66
Şekil 3.10: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin riboflavin miktarı	67
Şekil 3.11: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin niasin miktarı	67
Şekil 3.12: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin organik asit miktarları	69
Şekil 3.13: Farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin şeker kompozisyonu	70
Şekil 3.14: Farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin fenolik bileşen kompozisyonu	72
Şekil 3.15: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin trans-resveratrol miktarı	74
Şekil 3.16: Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin olgunlaşma evrelerine göre değişimi.....	78
Şekil 3.17: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesinin nem oranının zamana bağlı değişimi.....	80
Şekil 3.18: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesinin kuruma hızı ...	80
Şekil 3.19: Efektif difüzyon katsayıları ile sıcaklıklar arasında Arrhenius tipi ilişki.....	83
Şekil 3.20: Kurutma ile fenolik bileşiklerde meydana gelen yüzde kayıp miktarları	87
Şekil 3.21: C vitaminin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik ...	90
Şekil 3.22: C vitaminin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği	91
Şekil 3.23: Tiaminin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik.....	94
Şekil 3.24: Tiaminin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği.....	94
Şekil 3.25: Niasinin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik.....	97
Şekil 3.26: Niasinin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği	97
Şekil 3.27: Riboflavinin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik ...	99
Şekil 3.28: Riboflavinin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği	100
Şekil 3.29: Pridoksinin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik ...	102
Şekil 3.30: Pridoksinin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği	102
Şekil 3.31: Toplam fenolik maddenin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik	105
Şekil 3.32: Toplam fenolik madde parçalanmasına ait Arrhenius grafiği	106
Şekil 3.33: Antioksidan aktivitenin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik	108
Şekil 3.34: Antioksidan aktivite kaybına ait Arrhenius grafiği	109
Şekil 3.35: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesine ait a değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi a) sıfırinci derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model.....	113
Şekil 3.36: Kurutma sırasında hünnap meyvesinin a değerinde meydana gelen kayba ait Arrhenius grafiği a) sıfırinci derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model.....	114
Şekil 3.37: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesine ait b değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi a) sıfırinci derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model.....	117

Şekil 3.38: Kurutma sırasında hünnap meyvesinin b değerinde meydana gelen kayba ait Arrhenius grafiği a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model.....	118
Şekil 3.39: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesine ait L değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model.....	121
Şekil 3.40: Kurutma sırasında hünnap meyvesinin L değerinde meydana gelen kayba ait Arrhenius grafiği a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model.....	122
Şekil 3.41: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesine ait ΔE değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi	124
Şekil 3.42: Kurutma sırasında hünnap meyvesinin ΔE değerinde meydana gelen kayba ait Arrhenius grafiği	124

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Hünnap meyvesinin dünya üzerindeki dağılımı	3
Tablo 1.2: Kurutma işleminin modellenmesinde kullanılan bazı matematiksel modeller.....	22
Tablo 2.1: Suda çözünen vitamin analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları	31
Tablo 2.2: Suda çözünen vitaminlere ait geri kazanım testi	34
Tablo 2.3: Organik asit analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları	35
Tablo 2.4: Organik asitlere ait geri kazanım testi	37
Tablo 2.5: Şeker analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları	38
Tablo 2.6: Şekerlere ait geri kazanım testi	40
Tablo 2.7: Fenolik kompozisyon analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları	41
Tablo 2.8: Fenolik bileşikler için geri kazanım testi	46
Tablo 2.9: <i>Trans</i> -resveratrol analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları	47
Tablo 2.10: <i>Trans</i> -resveratrole ait geri kazanım testi	48
Tablo 3.1: Farklı Olgunlaşma Evresindeki Hünnap Meyvelerinin Fiziksel Özellikleri (Ortalama±Standart Sapma).....	57
Tablo 3.2: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin renk değerleri .	60
Tablo 3.3: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin pH ve titrasyon asitliği	62
Tablo 3.4: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin kül miktarı ..	63
Tablo 3.5: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinde suda çözünen vitamin miktarı (mg/kg KM).....	64
Tablo 3.6: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinde organik asit miktarı (mg/100 g KM)	68
Tablo 3.7: Farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin şeker kompozisyonu (g/kg KM)	70
Tablo 3.8: Farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin fenolik bileşen kompozisyonu (mg/kg KM)	72
Tablo 3.9: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin <i>trans</i> -resveratrol miktarı (mg/kg KM)	74
Tablo 3.10: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100 g KM)	76
Tablo 3.11: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvesinin antioksidan aktivite değerleri (mmol TE/g KM)	76
Tablo 3.12: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin mineral madde miktarı (mg/100 g KM)	79
Tablo 3.13: Matematiksel modellere ait sabitler ve istatistik veriler	81
Tablo 3.14: Efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjileri	82
Tablo 3.15: Kurutma sonrası hünnap meyvesindeki organik asit miktarı (mg/100 g KM).....	84
Tablo 3.16: Kurutma sonrası hünnap meyvesindeki şeker miktarı (g/kg KM)	84

Tablo 3.17: Kurutma sonrası hünnap meyvesindeki fenolik madde miktarı (mg/kg KM).....	86
Tablo 3.18: Kurutma sonrası mineral madde miktarı (mg/100 g KM).....	87
Tablo 3.19: Kurutma sonrası suda çözünen vitamin miktarı (mg/kg KM).....	88
Tablo 3.20: Kurutma süresince hünnap meyvesindeki C vitamini içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	89
Tablo 3.21: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında C vitamininin parçalanma kinetiğine ait veriler.....	91
Tablo 3.22: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki tiamin içeriği ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	92
Tablo 3.23: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında tiaminin parçalanma kinetiğine ait veriler	94
Tablo 3.24: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki niasin içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	95
Tablo 3.25: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında niasinin parçalanma kinetiğine ait veriler	98
Tablo 3.26: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki riboflavin içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	98
Tablo 3.27: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında riboflavinin parçalanma kinetiğine ait veriler	100
Tablo 3.28: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki pridoksin içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	101
Tablo 3.29: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında pridoksinin parçalanma kinetiğine ait veriler	102
Tablo 3.30: Kurutma sonrası hünnap meyvesindeki fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite	103
Tablo 3.31: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki toplam fenolik madde içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları	104
Tablo 3.32: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında toplam fenolik madde parçalanma kinetiğine ait veriler	106
Tablo 3.33: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki antioksidan aktivite ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	107
Tablo 3.34: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında toplam antioksidan aktivite parçalanma kinetiğine ait veriler	109
Tablo 3.35: Kurutma işlemi sonrası hünnap meyvesinin renk değerleri.....	110
Tablo 3.36: Kurutma süresince hünnap meyvesine ait a değeri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	111
Tablo 3.37: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında a değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (sıfırncı dereceden).....	114
Tablo 3.38: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında a değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (birinci dereceden).....	115
Tablo 3.39: Kurutma süresince hünnap meyvesine ait b değeri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	115
Tablo 3.40: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında b değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (sıfırncı dereceden).....	118
Tablo 3.41: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında b değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (birinci dereceden).....	119
Tablo 3.42: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki L değeri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	119

Tablo 3.43: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında L değeriinde meydana gelen değışime ait kinetik veriler (sıfırıncı dereceden).....	122
Tablo 3.44: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında L değeriinde meydana gelen değışime ait kinetik veriler (birinci dereceden).....	122
Tablo 3.45: Kurutma süresince hünnap meyvelerine ait ΔE değeri ve başlangıç değeriine göre meydana gelen % kayıp miktarları.....	123
Tablo 3.46: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında ΔE değeriinde meydana gelen değışime ait kinetik veriler	125

SEMBOL LİSTESİ

g	:	Gram
µg	:	Mikrogram
mg	:	Miligram
L	:	Litre
ml	:	Mililitre
µl	:	Mikrolitre
mm	:	Milimetre
nm	:	Nanometre
dk	:	Dakika
kcal	:	Kilokalori
kJ	:	Kilojoule
W	:	Watt
KM	:	Kuru madde
SÇKM	:	Suda çözünebilir kuru madde
YA	:	Yaş ağırlık
HPLC	:	Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
PDA	:	Photo Diode Array Dedektör
T	:	Sıcaklık
C	:	Konsatrasyon
R	:	Gaz Sabiti
t	:	Süre
Rpm	:	Dakikada dönüş sayısı
GAE	:	Gallik asit eşdeğeri
DPPH	:	2.2 diphenyl-1-picrylhydrazyl
TE	:	Troloks eşdeğeri
RMSE	:	Root mean square error, tahmini standart hata
χ^2	:	ki-kare
R^2	:	Determinasyon katsayısı
k	:	Reaksiyon Hız Sabiti
D_{eff}	:	Efektif difüzyon katsayısı
E_a	:	Aktivasyon Enerjisi
Q₁₀	:	10 °C'lik sıcaklık artışının reaksiyon hız sabitine etkisi
t_{1/2}	:	Yarılanma süresi
ΔE	:	Toplam renk değişimi

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca fikir ve önerileriyle bana destek olan, düşüncelerine son derece saygı duyduğum danışmanım Sayın Prof. Dr. Raci EKİNCİ'ye, Tez İzleme Komitemde bulunan, kıymetli görüşleriyle katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Ergun KÖSE ve Sayın Doç. Dr. Çetin KADAKAL'a, laboratuvar çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyerek motivasyonumu arttıran çok değerli arkadaşlarıma, tanıdığım günden itibaren beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, tez çalışmamın her aşamasında yanımda olarak, özveri ve anlayışı ile beni daima yüreklendiren yol arkadaşım, sevgili eşim Tolga Kağan TEPE'ye, ömrümün her anında bütün kalpleriyle beni destekleyen, daima yanımda duran, maddi ve manevi destekleri ile bugüne kadar gelmemde paha biçilemez bir emek sahibi olan, beni benden çok anlayan ve bu süreci en az benim kadar heyecan ve hevesle yaşayan sevgili babam Erdal OTAĞ, biricik annem Hülya OTAĞ ve canımdan çok sevdiğim kardeşim Mustafa OTAĞ'a, ve son olarak bu çalışmanın son anlarına benim bütün heyecanımla tanıklık eden, umut kaynağım, küçük mucizem kızıma sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill), çekirgiller (*Rhamnaceae*) ailesine ait bir ağaç olup, Çin’de 4000 yıldan fazla süredir yetiştirilmektedir (Guo ve diğ. 2010). Asya, Çin, Avrupa, Hindistan, Irak, Java, Malakka, Nijerya, İspanya ve Türkiye’de doğal olarak yetişmektedir (Akbolat ve diğ. 2008). Hünnap farklı kültürlerde jujube, chinese date, dara, hong zao, nan tsao, liane crocs chien, azufaifo, petite pomme, pomme malcadi, ta tsao, ünnap, annap gibi isimlerle bilinmektedir (Akbolat ve diğ. 2008, Hernandez ve diğ. 2016).

Dünya genelinde toplam hünnap üretiminin %90’ını karşılayan Çin en büyük üretici ve tek ihracatçı ülke konumundadır (Yan ve Gao 2002, Ji ve diğ. 2017). Türkiye’de ise hünnap üretimi 2013 yılından beri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından kayıt altına alınmakta olup, 2013 yılında 142 ton olan hünnap üretimi her yıl artarak 2019 yılında 960 tona ulaşmıştır (TÜİK, 2020).

Hünnap meyvesi yuvarlak-oval bir şekle sahip, tadı elmaya benzeyen bir meyvedir. Meyvenin orta kısmında zeytin çekirdeğine benzer tek bir çekirdek bulunmaktadır (Wojdylo ve diğ. 2016^a). Kabuk rengi olgunlaşmayla beraber yeşilden kırmızı-kahverengiye dönmektedir (Wang ve diğ. 2016). Olgunlaşma evreleri kabuk rengine göre belirlenmekte olup yeşil olum, sarı (beyaz) olum, ben düşüm (yarı-kırmızı) ve olgun (kırmızı-kahverengi) olarak sıralanmaktadır. Sarı olum evresine kadar meyvenin tüketilmesi veya işlenmesi uygun görülmemektedir. (Wang ve diğ. 2016).

Hünnap meyvesi genellikle taze veya kurutulmuş olarak tüketilmekle birlikte, çay, alkollü içecek, turşu, reçel ve şekerleme gibi farklı ürünlere de işlenebilmektedir (Zozio ve diğ. 2014, Wojdylo ve diğ. 2016^b). Çin’de hünnap meyvesinden yapılan “hong zao jiu” olarak bilinen şarap, özellikle kış aylarında tüketilmektedir (Lim 2012). Kuru hünnap meyvesi binlerce yıldır gıda, gıda katkısı ve lezzet verici olarak kullanılmaktadır (Li ve diğ. 2007). Besleyici ve biyoaktif özellikleri sebebiyle yıllardır geleneksel Çin tıbbında da kullanılan hünnap, oksidatif stres sonucu oluşan radikal türlerin oluşumuyla bağlantılı olan tümör ve kardiyovasküler hastalıkların

tedavisinde tavsiye edilmektedir (Zhang ve diğ. 2010). İçeriğinde bulunan flavonoid, polifenol, polisakkarit, protein, aminoasit, yağ, nükleotid, triterpen, saponin, alkaloid, mineraller, vitaminler ve diğ. biyoaktif maddeler sayesinde antioksidan, antimikrobiyal, antitümör, hepatoprotektif, sakinleştirici, kan yapıcı ve bağışıklık güçlendirici olarak etki göstermektedir (Liu ve diğ. 2017). Bu bileşenler özelinde C, A ve B kompleks vitaminleri ile kalsiyum (Ca), demir (Fe) ve potasyum (K) mineralleri bakımından zengin olması sebebiyle besleyici değeri yüksek olan bir meyvedir (Pareek 2013, Wojdylo ve diğ. 2016^b).

Hünnap, tadı ve besleyici özellikleri bakımından popüler bir meyve olmasına rağmen, yüksek solunum (respirasyon), hızlı dehidrasyon ve bozulma gibi bazı fizyolojik özellikleri sebebiyle hasat sonrası kısa bir raf ömrüne sahiptir (Zhu ve diğ. 2010). Bilinen en eski muhafaza yöntemlerinden biri olan kurutma ile hünnap meyvesinin raf ömrünü uzatmak ve yıl boyu tüketilebilir halde kalmasını sağlamak mümkündür.

Çin’de ölümsüzlük meyvesi olarak bilinen, Türkiye’de yabani olarak yetişen ve ticari olarak yetiştiriciliği de yapılan hünnap meyvesi besleyici değeri ve biyoaktif özellikleri bakımından oldukça önemli bir meyve olmasına rağmen hünnap meyvesini ele alan bilimsel çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışma ile farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin kuru madde, şeker, organik asit, mineral madde, suda çözünebilir vitamin ve fenolik madde içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı olgunlaşma dönemlerinde meyvelerin kimyasal özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan meyvelerin kuruma karakteristikleri ve kuruma süresi boyunca bazı kimyasal bileşenlerinin değişiminin saptanması hedeflenmiştir.

1.1 Hünnap Yetiştiriciliği ve Morfolojik Özellikleri

Dikenli bir bitki olan hünnap, Avrupa, Kuzey Afrika, Asya, Amerika ve Avustralya’nın tropik ve subtropik bölgelerinde doğal olarak yetişmekte olup 135’ten fazla türü bulunmaktadır (Pandey ve diğ. 2010). Bu türler içerisinde *Zizyphus jujuba* ve *Zizyphus mauritiana*, meyveleri için ticari olarak yetiştirilmektedir (İslam ve Simmons 2006). Hünnap bitkisinin dünyadaki dağılımı Tablo 1.1’de verilmiştir

(Shahrajabian ve diğ. 2019). Aşırı yağış ve kuraklıktan etkilenmeyen bu ağaç kumlu-tınlı veya hafif alkali topraklarda yetiştirilebilmektedir (Ecevit ve diğ. 2002, Kavas ve Dalkılıç 2015). Hünnap yetiştiriciliği için sıcaklık, yağış miktarı ve toprak pH değerleri sırasıyla 5,5-22 °C, 87-2000 mm ve 4,55-8,4 aralığındadır. Sıcaklığı 20 ile 25 °C arasında değişen ılıman iklimli bölgelerde, her dem yeşil kalan ve yapraklarını dökmeyen bir ağaç olan hünnap, meyve oluşumu için nemi %50'den daha az olan bir ortama ihtiyaç duyar. Çiçeklenme evresinde sıcaklığın 38 °C'nin üzerine çıkması meyve oluşumunu olumsuz etkilemektedir (Tewari ve diğ. 2001). Hünnap kolaylıkla adapte olabilen bir ağaç olmasına rağmen, güneş alan yerlerde yetiştirilmesi gerekmektedir (Lim 2012). Ağaçlar 3-4 yaşından sonra meyve vermeye başlamaktadır (Kavas ve Dalkılıç 2015). Hünnap yetiştirme sezonu 5 aşamaya ayrılmaktadır: tomurcuklanma (Nisan-Mayıs), çiçeklenme (Mayıs-Haziran), meyve oluşumu (Haziran-Temmuz), meyve olgunlaşması (Ağustos-Eylül) ve dormansi (Ekim-Mart) dönemleridir (Gao ve diğ. 2013).

Tablo 1.1: Hünnap meyvesinin dünya üzerindeki dağılımı

Bölge	Ülke
Asya	Afganistan, Ermenistan, Azerbaycan, Çin, Kıbrıs, Hindistan, Irak, İran, İsrail, Japonya, Kırgızistan, Lübnan, Malezya, Moğolistan, Pakistan, Filistin, Güney Kore, Suriye, Tayland, Türkiye, Türkmenistan, Özbekistan
Avrupa	Bulgaristan, İngiltere, Fransa, Almanya, Yunanistan, İtalya, Çek, Makedonya, Portekiz, Romanya, Rusya, Slovenya, İspanya, Ukrayna, Yugoslavya
Afrika	Mısır, Tanzanya, Tunus
Kuzey Amerika	Kanada, Amerika Birleşik Devletleri
Okyanusya	Avustralya, Yeni Zelanda

Hünnap, dikenli dalları olan 5-12 m yüksekliğinde ağaç ya da çalı formunda bir bitkidir. Yaprakları yeşil ve parlak olup, 2-7 cm boyutunda, kenarları ince dişli ve 3 damarlıdır. Çiçekler beş sarımsı-yeşil taç yapraktan oluşur ve 3-7 mm

genişliğindedir. Meyve oval, 1-3 cm uzunluğunda, sert çekirdekli eriksi (drupa) yapıdadır (Deligöz ve diğ. 2007, Kavas ve Dalkılıç 2015, Irshad ve diğ. 2020). Meyveler olgunlaşmadan önce yeşil renkte olup, olgunlaşmayla beraber renk sarıdan kırmızı-kahverengiye dönmektedir (Hürkan 2019). Kabuk rengi yeşil olum, sarı olum, yarı-kırmızı olum (renk dönüm) ve kırmızı olum (tam olgun) olarak adlandırılan olgunlaşma evrelerini sembolize etmektedir. Meyve sarı olum aşamasına kadar yemek ve işlemek için uygun değildir. Farklı olgunlaşma aşamasındaki meyveler farklı alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin, taze tüketim veya çeşitli gıda ürünlerine işlenmiş hünnap için yarı-kırmızı veya kırmızı olum evresindeki meyveler, kurutulmuş hünnap için kırmızı olum evresindeki meyveler ve tedavi amaçlı kullanılacaksa sarı olum evresindeki meyveler tercih edilmektedir (Wang ve diğ. 2016).

1.2 Hünnap Meyvesinin Kimyasal Bileşimi

1.2.1 Su

Hünnap meyvesi sulu bir meyve olup, yapılan çalışmalarda farklı türdeki hünnap meyvelerinde su içeriğinin %64,7-81,4 arasında değiştiği, nem miktarının olgunlaşma ile azaldığı bildirilmiştir (Gao ve diğ. 2012^a). Ayrıca kuru madde miktarının olgunlaşma ile arttığı ve kuru madde miktarının %17,92 ile %33,20 arasında değiştiği belirtilmektedir (Cosmulescu ve diğ. 2018).

1.2.2 Şekerler

Bitkilerin yapısında ve işlevselliğinde anahtar rol oynayan şekerler, sadece enerji kaynağı ve yapı maddesi olmayıp, aynı zamanda şeker metabolizmasıyla ilgili enzim aktivitelerinde bir uyarıcı niteliği taşımaktadır (Ma ve diğ. 2014). Tatlı tattan sorumlu olmasının yanı sıra meyve ve sebzelerde aroma öncülü olup, tatlılık ve aroma algıları arasındaki duyuşal etkileşimlerin varlığını artırmaktadır (Saint-Eve ve diğ. 2014, Song ve diğ. 2019). Glukoz, fruktoz ve sakkaroz gibi şekerler papaya, üzümüş meyveler, şeftali, elma, karpuz ve vişne gibi meyvelerde baskın olarak

bulunmaktadır (Kelebek ve diğ. 2015, Ma ve diğ. 2014). Hünnapta bulunan baskın şekerler de sakkaroz, fruktoz ve glukoz olarak belirtilmektedir (Li ve diğ. 2007, Gao ve diğ. 2012a, Guo ve diğ. 2015). Şeker miktarı ve kompozisyonu türe, yetiştirme koşullarına ve habitata göre ciddi farklılıklar gösterebilmektedir (Li ve diğ. 2007). Olgunlaşma evresinin şeker miktarı ve kompozisyonu üzerinde etkili olan bir diğer etmen olduğu ve hünnap meyvesindeki şeker miktarının olgunlaşma arttıkça arttığı bildirilmiştir (Guo ve diğ. 2015).

1.2.3 Protein

Bitkisel gıdalarda bulunan serbest aminoasitler, esansiyel aminoasit ve nitrojen kaynağı olarak iki temel rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra serbest aminoasitler akrilamid gibi esmerleşme ürünlerinin oluşumuna da katılmaktadır (Choi ve diğ. 2011). Hünnap meyvesinin protein ve aminoasit içeriği ile ilgili kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Li ve diğ. (2007) beş farklı hünnap türünde protein miktarının kuru maddede %4,75 ile %6,86, Akbolat ve diğ. (2008) ise ortalama %14,13 olduğunu bildirmiştir. Dört farklı hünnap çeşidinin incelendiği bir başka çalışmada protein miktarının %4,43 ile %6,01 arasında değiştiği belirtilmiştir (Rahman ve diğ. 2018). Moradinezhad ve diğ. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada hünnap meyvesinin protein miktarının olgunlaşma ile %6,35'ten %3,34'e düştüğü rapor edilmiştir. Benzer olarak Choi ve diğ. (2012) hünnap meyvesinin protein içeriğinin olgunlaşma süresince azaldığını, olgunlaşmanın başında 42,1 g/100 g kuru madde olan protein miktarının tam olgun örneklerde 4,6 g/100 g kuru maddeye düştüğünü, aminoasit kompozisyonunun olgunlaşmaya bağlı olarak değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Buna ek olarak serbest aminoasit/protein (%) oranının da olgunlaşmayla beraber arttığı belirtilmiştir (Choi ve diğ. 2012). Başka bir çalışmada da baskın aminoasit prolin ve bunu takiben treonin ve serin olarak bildirilmiştir (Pu ve diğ. 2018). Olgunlaşmayla beraber serbest aminoasit miktarının azalması, serbest aminoasitlerin çoğunun meyve olgunlaşması ile transaminasyona veya dehidrojenasyona uğraması ile açıklanmaktadır. Bunların küçük bir kısmı ise aminotransferaz yardımıyla izobütanoik asit, heksanoik asit ve oktanoik asit gibi uçucu hidroksil asitlere dönüşmektedir (Schwab ve diğ. 2008).

1.2.4 Lipidler

Yağ asitleri uzun hidrokarbon zincirlerine sahip karboksilik asitlerdir. Pek çok organizma için enerji kaynağı olan yağ asitleri, içerdikleri çift bağ sayısına göre doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Doymamış yağ asitleri hücre zarının önemli bileşenleri olmasının yanı sıra vücuttaki diğer pek çok maddenin öncüsüdür (Lunn ve Theobald 2006).

Hünnap düşük lipid ve yağ asidi içeriğine sahip bir meyve olup, hünnap meyvesinin lipid içeriği ile ilgili literatürde kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Li ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada beş farklı hünnap çeşidinde lipid miktarının kuru maddede %0,37-1,02 arasında değiştiği bildirilmiştir. Benzer olarak Rahman ve diğ. (2018) dört farklı hünnap çeşidinde lipid miktarının %0,48 ile %0,63 arasında değiştiğini belirtmiştir. San ve Yıldırım (2010) dört farklı hünnap çeşidinde 19 farklı yağ asidi tespit etmiş ve oleik (%14,27-18,84), linoleik (%17,39-34,20), palmitik (%13,21-17,84) ve palmitoleik asitlerin (%7,27-18,86) hünnapta bulunan baskın yağ asitleri olduğunu bildirmişlerdir.

1.2.5 Vitaminler

Vitaminler, genellikle metabolizma için gerekli olan organik bileşikler olup, moleküler yapılarına göre değil biyolojik ve kimyasal aktivitelerine göre sınıflandırılmaktadır. Dokuzu suda çözünen (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12 ve C), dördü ise yağda çözünen (A, D, E ve K) olmak üzere evrensel olarak tanınan toplam on üç vitamin bulunmaktadır (Fuliaş ve diğ. 2014). Vitaminler insan metabolizmasında hayati fonksiyonlara sahip olup, eksiklikleri çeşitli sağlık problemlerine sebep olabilmektedir (Chirkin ve diğ. 2013).

Hünnap meyvesi genel olarak yüksek C vitamini içeriği ile dikkat çeken bir meyve olup, az miktarda da olsa, tiamin, riboflavin, niasin, B6 vitamini ve A vitamini gibi diğer bazı vitaminler için de iyi bir kaynaktır (Gao ve diğ. 2013). Yapılan çalışmalar hünnap meyvesinde bulunan C vitamini miktarının, yaygın C vitamini kaynağı olarak bilinen kivi, çilek ve limon gibi meyvelerden daha yüksek olduğunu göstermiştir (Frenich ve diğ. 2005, Wu ve diğ. 2012). Ancak C vitamini

miktarının söz konusu meyvelerden düşük olduğu çalışmlar da mevcuttur. İklim, yetiştirme koşulları, toprak özellikleri ve tür hünnap meyvesinin bileşimi üzerinde büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte hünnapta bulunan B grubu vitaminleriyle ilgili oldukça kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

1.2.6 Organik Asitler

Organik asitler lezzet, asidite, renk, doku ve aroma gibi kalite kriterleri açısından önemli bileşiklerdir. Temel olarak meyvelerin olgunluğunun ve meyve suyunda tağışın belirlenmesinde indikatör olan organik asitler, ayrıca meyvelerde bozulmanın bir işareti olabilmektedir. Bunun yanı sıra gıda endüstrisinde asitlendirici olarak kullanılmaktadır (Soyer ve diğ. 2003). Pek çok meyvede baskın olarak bulunan organik asitler malik ve sitrik asittir (Wang ve diğ. 2018). Benzer olarak hünnapta bulunan baskın organik asitler malik (294-740,3 mg/100 g), sitrik (39,4-196,6 mg/100 g) ve süksinik asit (0-177,9 mg/100 g) olarak bildirilmiştir (Gao ve diğ. 2012^a). Hünnapta meyvenin olgunluk evresi, genotipi, yetiştiği bölge ve iklim koşullarına bağılı olarak farklı miktarda ve çeşitte organik asit bulunduğu belirtilmiştir (Poyrazoglu ve diğ. 2002, Gao ve diğ. 2012^a).

1.2.7 Mineraller

Çoğunlukla enzimlerin kofaktörü olarak görev yapan mineraller, biyolojik reaksiyonlara da katılabilmektedir. Bitkilerdeki minerallerin büyük çoğunluğu yetiştiği topraktan geldiği için, meyvede bulunan mineral miktarı yetiştiği ortama göre değişiklik göstermektedir (Wang ve diğ. 2018). Pek çok araştırmada hünnap meyvesinin mineraller açısından zengin olduğu belirtilmektedir. Hernandez ve diğ. (2016) hünnapta potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), manganez (Mn) minerallerinin bulunduğunu, bu meyvenin özellikle potasyum açısından zengin olduğunu bildirmiştir.

1.2.8 Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkilerde ikincil metabolitler olarak sınıflandırılan çok çeşitli yapı ve fonksiyonlara sahip molekül grubudur. Bu maddeler, UV radyasyon ve fungal atak gibi farklı stres koşullarında korunma amaçlı sentezlenebildiği gibi bitkinin normal gelişimi sırasında da sentezlenmektedir (Naczki ve Shahidi 2004, Atak ve diğ. 2017). Fenolik bileşikler, bir veya daha fazla hidroksil grubu taşıyan benzen halkasına sahip olup yapıları basit bir fenolik molekülden yüksek moleküllü bir polimere kadar çeşitlilik gösterebilmektedir (Balasundram ve diğ. 2006).

Meyvelerin içerdiği fenolik bileşik miktarı çoğunlukla meyvenin olgunluğuna, çeşidine, yetiştiği iklim ve toprak özelliklerine, coğrafik konumuna ve depolama koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Belitz ve diğ. 2009). Fenolik bileşikler içerdikleri fenol (benzen) halkasına göre temel olarak fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler, lignanlar ve tanenler olmak üzere beş grup altında incelenmektedir (Haminiuk ve diğ. 2012). Fenolik bileşiklerin şematik olarak sınıflandırılması Şekil 1.1’de verilmiştir.

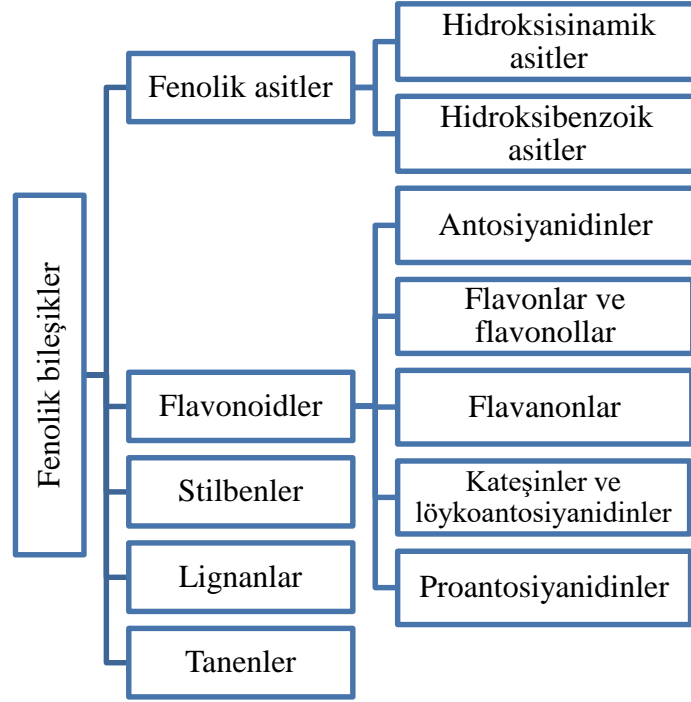
Meyvelerde çoğunlukla bağlı halde bulunan fenolik asitler, hidroksisünamik asitler (C₆-C₃ iskelet yapısında) ve hidroksibenzoik asitler (C₆-C₁ iskelet yapısında) olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Diğer fenolik bileşiklerin aksine fenolik asitler yapılarında bulunan karboksil grubu sebebiyle asidik karakter göstermektedir (Annie ve Jean-Jacques 2003). Ferulik asit, p-kumarik asit ve kafeik asit hidroksisünamik asitlerin en bilinen örneklerindedir. Meyvelerde yaygın olarak bulunan hidroksibenzoik asitler ise gallik, vanilik, elajik ve syringic asittir (Haminiuk ve diğ. 2012).

Flavonoidler (C₆-C₃-C₆ fenilbenzopiran yapısında) gıdalarda en yaygın bulunan polifenoller olup, birçok meyvedeki sarı, kırmızı ve mavi renklerden sorumlu olan bileşiklerdir (Marais ve diğ. 2006, Lampila ve diğ. 2009). Yapısal olarak antosiyanidinler, flavonlar ve flavonoller, flavanonlar, kateşinler ve löykoantosiyanidinler ve proantosiyanidinler olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır (Nizamlıoğlu ve Nas 2010). Tüm flavonoidler aromatik amino asitler, fenilalanin ve tirozinden türetilir ve üç halkalı yapıya sahiptir (Routray ve Orsat 2012). Flavonoidlerin yapısındaki çeşitlilik, temel molekülü değiştiren hidroksilasyon,

prenilleme, alkalinizasyon ve glikosilasyon reaksiyonlarından kaynaklanmaktadır (Stalikas 2007).

Stilbenlerin (C6-C2-C6 yapısında) çok azı diyetimizde bulunmaktadır. Bir fitoaleksinin olan resveratrol stilbenlerin en bilinen temsilcisidir. Temel olarak üzümlerin yaralanması ve fungal enfeksiyon gibi stres koşullarında üretilmekte olup ana kaynağı kırmızı üzüm kabuğudur (Atanackovic ve diğ. 2012). Pek çok çalışma resveratrolün kanser, kalp-damar, nörolojik ve dejeneratif hastalıklardan korunmada anahtar rol oynadığını belirtmektedir (Haminiuk ve diğ. 2012, Otağ 2015). Fransız Paradoksu olarak da bilinen, yağlı gıdalar bakımından zengin bir diyetle sahip olmasına rağmen Fransız halkında daha az kalp hastalığının görülmesi, diyetlerinde bulunan kırmızı şarapla dolayısıyla resveratrolle ilişkilendirilmektedir (Li ve diğ. 2013). Meyvelerde az miktarda bulunan lignanlar ise genellikle iki fenilpropanoid yapısından oluşmaktadır. Ketentohumu ve yağlı tahıl taneleri temel lignan kaynağıdır (Haminiuk ve diğ. 2012). Tanenler meyvelerdeki buruk ve acı tattan sorumlu polifenollerdir. Ayrıca, proteinlerle bağ oluşturarak proteinleri çöktürebilme yeteneğine sahiptir (Aydın ve Üstün 2007).

Meyvelerde bulunan fenolik bileşiklerin miktarı ve kalitesi ekolojik özellikler, hasat ve hasat sonrası koşullar, olgunlaşma evresi ve proses koşullarına göre değişim göstermektedir (Davik ve diğ. 2006). Hünnap fenolik bileşikler bakımından zengin bir meyve olup yaygın olarak fenolik madde kaynağı olarak görülen cranberry, kırmızı üzüm ve çilekten daha fazla fenolik madde içermektedir (Gao ve diğ. 2011). Hünnap meyvesinde bulunan baskın flavanoidler genel olarak kateşin, epikateşin ve rutin; fenolik asitler ise kafeik, gallik, klorojenik ve ferulik asit olarak sıralanabilmektedir (Hudina ve diğ. 2008, San ve Yıldırım 2010, Zhang ve diğ. 2010, Choi ve diğ. 2012, Wu ve diğ. 2012).



Şekil 1.1: Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

1.3 Hünnap Meyvesinin Biyoaktif Özellikleri

1.3.1 Antioksidan Aktivite

Antioksidanlar okside olabilen moleküllerin oksidatif yıkımını geciktiren, önleyen veya ortadan kaldıran maddeler olarak tanımlanmaktadır (Halliwell 2007). Antioksidan aktivite çeşitli yollarla etkili olabilmektedir: serbest lipid radikallerinin oluşumunu engelleyerek serbest radikal oksidasyonu inhibitörü olarak (önleyici oksidanlar); otooksidasyon zincir reaksiyonlarının ilerleyişini kesintiye uğratarak (zincir kırıcı antioksidanlar); singlet oksijen sönmüleyici olarak; diğer antioksidanlarla sinerjetik etki yoluyla, hiperoksitleri kararlı bileşiklere dönüştüren indirgeyici maddeler olarak; metal iyonlarını şelatlayarak (demir ve bakır türevleri) ve prooksidatif enzimleri (lipoksigenaz) inhibe ederek (Carocho ve Ferreira 2013).

Antioksidan maddeler doğal ve sentetik olmak üzere temel olarak iki gruba ayrılmaktadır. Doğal antioksidanlar, bitkisel veya hayvansal dokularda var olan ya da fermantasyon, ısı işlem gibi gıda prosesleri sırasında ortaya çıkan ekstrakte edilebilir bileşiklerdir. Gıdalarda bulunan en önemli doğal antioksidanlar tokoferoller,

flavanoidler, polifenoller, fenolik asitler, C vitamini, karotenoidler ve selenyumdur (Madhavi ve diğ. 1996). Özellikle meyve ve sebzeler antioksidan maddeler bakımından oldukça zengindir.

Hünnap, flavonoidler ve fenolik bileşenler açısından çok zengin bir meyvedir. Gao ve diğ. (2012^a) hünnap meyvesinin nar ve guava gibi yaygın antioksidatif meyvelerden daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca flavonoid ve fenolik içerik arttıkça antioksidan aktivitenin arttığı bildirilmektedir (Gao ve diğ. 2012^a). Yapılan bir başka çalışmada hünnap meyvesinin antioksidan aktivitesinin temel olarak askorbik asit, polifenoller ve proantosiyandinlerden kaynaklandığı belirtilmiştir (Kou ve diğ. 2015).

Hünnap meyvesinin antioksidan aktivitesi olgunlaşma sürecine bağlı olarak değişmektedir. Pek çok araştırmada olgunlaşmamış (yeşil olum) meyvelerdeki antioksidan aktivitenin olgunlaşmış meyvelere göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Gao ve diğ. 2012^a, Wang ve diğ. 2013, Siriamornpun ve diğ. 2015, Cosmulescu ve diğ. 2018).

Hünnap meyvesinin sadece meyve eti değil aynı zamanda kabuğu da antioksidan özellik göstermektedir. Yapılan çalışmalarda meyve kabuğunun meyve etinden daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Xue ve diğ. 2009, Wang ve diğ. 2013). Xie ve diğ. (2017) kabuk rengi ve kabuktaki antioksidan aktivite arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, kabuk renginin polifenoller ve antioksidan aktivite için bir indikatör olabileceğini belirtmişlerdir. Buna göre daha yüksek L değeri (yeşil olum evresindeki örnekler) daha yüksek toplam fenolik madde içeriği ile; daha yüksek b değeri (sarı olum evresindeki örnekler) daha yüksek flavanoid ve proantosiyandin içeriği ile; daha yüksek a değeri ise (tam olgun örnekler) daha yüksek toplam fenolik madde içeriği ile ilişkilendirilmiştir (Xie ve diğ. 2017).

1.3.2 Antimikrobiyel Aktivite

Son yıllarda, enfeksiyonlara ve bulaşıcı hastalıklara neden olan birçok mikroorganizma, antibiyotiklerin yanlış kullanımı nedeniyle antibiyotiklere karşı

direnç geliştirmiştir. Bu nedenle, bazı araştırmacılar antibiyotik etkisi olan yeni bileşiklerin tanımlanması gerektiğini belirtmektedirler (Ceylan ve diğ. 2017). Meyvelerin antimikrobiyal aktivitesi, meyvenin çeşidine ve bileşimine, işleme ve saklama koşullarına, hedef mikroorganizma turlerine bağlıdır. Ayrıca proteinler, lipitler, pH, tuzlar ve sıcaklık, meyvelerdeki fenolik maddelerin antimikrobiyal aktivitesi üzerine etkilidir (Sağdıç 2003).

Hünnap meyvesinin antimikrobiyal aktivitesi üzerine kısıtlı çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar hünnap meyvesinin metanolik ekstraktlarının gram pozitif bakterilere karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu ancak gram negatif bakterilere karşı antibakteriyel aktivite göstermediğini belirtmektedir (Ahmad ve Beg 2001, Abd-Alrahman ve diğ. 2013, Özkan 2017).

1.3.3 Antikanser Aktivite

Kanser, dünya çapında ölüme neden olan en yaygın hastalıklar olarak uzun zamandır hayatımızın bir gerçeği olarak yer almaktadır. Kemoterapi ise kanser hastaları için standart tedavi yöntemi olmasına rağmen, tam olarak etkili değildir. Bu nedenle, ölüm oranını azaltmak için yeni ajanların geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bitkilerin klinik olarak kullanılabilme potansiyeli olan antikanser bileşiklerin kaynağı olabileceği vurgulanmaktadır (Mans ve diğ. 2000).

Apoptoz, normal ve malign hücrelerin farklılaşması, çoğalması ve büyümesinin bir parçası olarak ortaya çıkan ve tümör başlangıcında, ilerlemesinde ve kanser tedavisinde kritik rol oynayan bir süreçtir (Kim ve diğ. 2002, Ogbourne ve diğ. 2004). Son yıllarda, fitokimyasallar, apoptoz sinyal yollarını modüle etme yetenekleri nedeniyle anti-kanser ajanları olarak dikkat çekmektedir (Fulda 2010).

Hünnap polisakkaritleri, tümör hücrelerinin apoptozunu indükleme, onkogenenin önlenmesi, tümör hücrelerinin yayılması ve tümörlere bağışıklık yanıtının iyileştirilmesi gibi farklı mekanizmalarla antitümör aktivitesi gösterebilmektedir (Wasser 2002, Moradali ve diğ. 2007, Ren ve diğ. 2012, Yan ve diğ. 2014, Ji ve diğ. 2017). Triterpenik asitlerin de kanser üzerinde etkili biyoaktif bileşenler olduğu belirtilmektedir (Tahergorabi ve diğ. 2015).

Hünnap meyvesinin antikanser aktivitesi farklı kanser hücre hatları üzerinde incelenmiş olup, doza bağlı olarak sitotoksik etki gösterdiği bildirilmektedir (Huang ve diğ. 2007, Vahedi ve diğ. 2008, Hung ve diğ. 2012, Hosyar ve diğ. 2015, Siriamornpun ve diğ. 2015). Plastina ve diğ. (2012) en yüksek antiproliferatif aktivitenin triterpenik asit ve protokateşik asit açısından zengin olan fraksiyonda bulunduğunu bildirmiştir.

1.3.4 Diğer Etkiler

Karaciğer biyodönüşüm ve detoksifikasyonda anahtar rol oynadı için insan metabolizmasında önemli bir yere sahiptir (Cemek ve diğ. 2010). Pek çok biyoaktif özelliğe sahip olan hünnap meyvesi karaciğeri koruyucu (hepatoprotektif) etki de göstermektedir. Hünnap meyvesinin sulu ekstraktının hepatoprotektif özelliğinin içerdiği protokateşik, vanilik, p-kumarik, p-hidroksibenzoik asit ve kateşol gibi fenolik bileşenlerden kaynaklandığı bildirilmektedir (Liu ve diğ. 2017). Aynı çalışmada *in vivo* olarak farelerde test edilen ve oral yolla alınan sulu hünnap ekstraktının alkol kaynaklı karaciğer zedelenmesine karşı koruyucu ve tedavi edici olduğu belirtilmektedir (Liu ve diğ. 2017). Bir diğer araştırmada hünnap ekstraktlarının karaciğer hasarında oksidatif stresi modüle ederek hepatoprotektif etki gösterdiği rapor edilmiştir (Shen ve diğ. 2009).

Geleneksel Çin tıbbında hünnap meyvesi ile uykusuzluk ve anksiyete gibi hastalıkların tedavi edildiği bilinmekte olup (Zhao ve diğ. 2006), Jiang ve diğ. (2007) hünnap meyvesindeki yatıştırıcı ve hipnotik aktivitenin içerdiği saponinlerden kaynaklandığını belirtmiştir. Hünnapla tedavi edilebileceği öne sürülen başka bir hastalık ise Alzheimer hastalığıdır. Alzheimer, Meynert nükleus bazalisinin (NBM) kolinerjik nöronlarının kaybından ve kortikal kolinerjik eksiklikten kaynaklanan hafıza kaybıdır (Rabiei ve diğ. 2014). Kolin asetiltransferaz enzimi üzerinde aktivatör etkiye sahip olduğu için hünnap meyvesinin Alzheimer hastalığının tedavisinde yararlı olabileceği düşünülmektedir (Heo ve diğ. 2003). Rabiei ve diğ. (2014) hünnap meyvesinin NBM lezyonu tarafından üretilen davranışsal bozuklukların hafıza onarımı ve restore edilmesi üzerinde etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında hünnapta bulunan ve gen ekspresyonu, hücre

proliferasyonu, kalp hastalıkları ve alerjik rahatsızlıkların inhibisyonunda etkili olan cAMP (siklik Adenozin Monofosfat), nöroprotektif ve antimelankolik etkiler gibi çeşitli fizyolojik özelliklerde de önemli rol oynamaktadır (Sharma ve diğ. 2000, Chen ve diğ. 2017).

1.4 Gıdaların Kurutulması

Temel olarak gıdada bulunan nemin fiziksel yöntemler ile uzaklaştırılması olarak tanımlanabilen kurutma, bilinen en eski muhafaza yöntemlerinden biridir. Kurutma ile su içeriği mikrobiyal bozulma sınırının altına düşürülerek bozulma riski önlenmiş olmakla birlikte, diğer bozunma reaksiyonlarının hızı da azaltılmış olur. Bunun yanı sıra kurutmayla kütle ve hacminde azalma meydana gelen gıdaların depolama ve taşıma etkinliği de arttırılmış olmaktadır (Ratti 2001, Fijalkowska ve diğ. 2016, Ricce ve diğ. 2016).

Meyve ve sebzeler güneşte kurutulabileceği gibi yapay kurutucularda da kurutulabilmektedir. Güneşte kurutma ekonomik bir kurutma yöntemi olmasına karşın, kuruma süresinin uzun olması, buna bağlı olarak ürün kalitesinde kayıplar meydana gelmesi, hijyen koşullarının kontrol edilememesi, iklim koşullarının her zaman elverişli olmaması gibi olumsuzluklar barındırmaktadır. Yapay kurutucular güneşte kurutmada gözlenen olumsuzlukların bulunmaması sebebiyle daha üstün bir yöntem olup, belirli bir kuruluş yatırımı ve işletme masrafı gerektirmesinden dolayı daha pahalıdır.

Kurutma yöntemleri ayrıca kurutulacak maddede bulunan suyun uzaklaştırılması için gereken ısının taşınma yöntemine göre konveksiyon kurutma, kontakt kurutma ve radyasyon kurutma olarak üç gruba ayrılabilir.

Konveksiyon kurutmada buharlaşma için gerekli olan ısı bir gaz tarafından (çoğunlukla sıcak hava) taşınmakta olup, sıcak hava kurutma tekniği olarak bilinmektedir. Kontakt kurutmada suyun evaporasyonu için gerekli ısı kurutulacak materyalin temas ettiği sıcak yüzeyden kondüksiyonla taşınmakta olup, valsli (silindirik) kurutucular örnek olarak verilebilir. Radyasyonla kurutma sisteminde ise ısı sistemdeki radyasyon kaynağından herhangi bir taşıyıcıya ihtiyaç olmadan

iletilmekte olup, mikrodalga, dielektirik veya infrared gibi enerji türlerinden faydalanılmaktadır (Cemeroğlu 2013^a).

1.4.1 Kuruma Mekanizması

Kurutmanın ana mekanizmaları gözenek yüzeylerinde yüzey difüzyonu veya sıvı difüzyonu; nem konsantrasyonu farklılıklarından kaynaklanan sıvı veya buhar difüzyonu; granüler ve gözenekli gıdalarda yüzey kuvvetlerine bağlı kapiler hareketlerdir. Baskın difüzyon mekanizması, nem içeriğinin ve gıda maddesinin yapısının bir fonksiyonudur ve kurutma hızını belirler. Baskın mekanizma işlem sırasında değişebilir ve baskın kurutma mekanizmasının belirlenmesi, işlemin modellenmesinde önemlidir (Erbay ve İçier 2010).

Kurutma, “sabit kuruma hızı” ve bir veya daha fazla “azalan kuruma hızı” olarak iki periyoda ayrılabilir. Sabit kuruma hızı periyodu, yüzeydeki nemin buharlaşmayla uzaklaşması ve yüzeydeki doymuş nem oranını devam ettirmeye yetecek şekilde gıdanın içinden yüzeye doğru nem transferinin sağlanması olarak tanımlanabilmektedir. Böylece buharlaşma hızı sabit kalmaktadır. Enerji girişi oranı buharlaşma sırasında kaybedilen ısıya eşittir, bu nedenle yüzeydeki sıcaklık da sabittir. Nemin uzaklaştırılma hızı, nemin yüzeyden buharlaşma hızı ve bunun yanı sıra buharlaşma yüzeyindeki ısı aktarım hızı ile kontrol edilmektedir. Bu nedenle, sabit kuruma hızı periyodu, kuru hava ve yüzey arasındaki sıcaklık farkı, kuru havaya maruz kalan alan, ısı ve kütle aktarım katsayıları gibi dış koşullara bağlı olan, yüzeye dayalı bir kuruma hızı periyodudur (Srikiatden ve Roberts 2007). Sabit kuruma hızı periyodunun sonuna doğru katı maddenin içindeki nem kapiler kuvvetlerle yüzeye taşınır ve nem miktarı kritik nem miktarına ulaşıncaya kadar sabit kuruma hızı devam eder. Kritik nem içeriği genellikle malzemenin kalınlığı ve kurutma koşullarına göre değişir. Saravacos ve Charm (1962) kritik nem miktarını meyveler için 5,5-7,7 g su/g kuru madde (KM); sebzeler için 3,5-5 g su/g KM olarak belirtmiştir. Bu miktarlar meyve ve sebzelerin başlangıç nem içeriklerine yakın olup, meyve ve sebzelerin kurutulmasında genellikle sabit kuruma hızı periyodunun bulunmamasını açıklamaktadır (Saravacos ve Charm 1962, Chirife 1971, Vaccarezza ve diğ. 1974).

Kritik nem miktarına ulaştıktan sonra birinci “azalan kuruma hızı periyodu” veya diğer bir deyişle doymamış yüzey kuruması başlar. Bu periyot kurutulacak materyalin yüzeyinin doymamış olmasıyla karakterize edilir ve içerideki nemin yüzeye taşınması, yüzeydeki evaporasyondan daha az olduğu için azalan kuruma hızı periyodu iç kontrol mekanizmasına sahiptir. Bu periyotta materyalin sıcaklığı havanın ıslak termometre derecesinin biraz üzerine yükselir. Materyaldeki suyun kısmi basıncı doyma seviyesinin altına düştüğünde, ikinci azalan kuruma hızı periyodu başlar. Bu periyotta baskın difüzyon mekanizması nem konsantrasyonu farkından kaynaklanan buhar difüzyonudur. Materyalin buhar basıncı, kurutma havasının kısmi buhar basıncına eşit olduğunda, daha fazla kuruma gerçekleşmez ve bu aşamadaki nem içeriğine denge nem içeriği (M_e) denir (Rizvi 2005, Srikiatden and Roberts 2007, Erbay ve İçier 2010).

1.4.2 Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler

Kuruma hızı havanın sıcaklığı, nemi ve hızı; kurutulacak materyalin fiziksel özellikleri (parça iriliği, kalınlığı ve şekli) ve kimyasal özelliklerine bağlıdır.

Kuruma hızı kurutmada kullanılan havanın hızı ile doğru orantılıdır. Kullanılan hava hızı arttığında kurutulan maddenin yüzeyinde oluşan durgun buhar filmi sürekli olarak uzaklaştırıldığından kuruma hızı artmaktadır. Bunun yanı sıra sıcak havanın kuru ve ıslak termometre dereceleri arasındaki fark ne kadar fazlaysa kurumanın da o kadar hızlı olduğu bilinmektedir. Bu fark sabit kalmak koşuluyla havanın kuru termometre derecesi arttığında difüzyon olayının hızlanmasına bağlı olarak kuruma hızı da artmaktadır.

Kuruma hızı kurutulacak materyalin yüzey alanı ile doğru, kalınlığıyla ters orantılı olarak değişmektedir. Ortamda fazla miktarda yağ bulunması, gıdanın suyu bağlayan pektin ve nişasta gibi bileşenler içermesi ve çözünmüş maddelerce zengin olması kuruma hızını azaltan faktörlerdir (Cemeroğlu 2013^a).

1.4.3 Kurutma Sistemleri

1.4.3.1 Sıcak Hava ile Kurutma

Sıcak hava ile kurutma meyve ve sebzelerin muhafazası ve işlenmesinde endüstride en yaygın kullanılan yöntemdir (Onwude ve diğ. 2017). Bu yöntem diğer geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında sıcak havanın ve sıcaklığın ürün üzerinde daha muntazam dağılmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte sıcak hava ile kurutma sistemlerinin kurulumu ve kullanımı kolaydır (Ratti 2001). Ancak kuruma süresinin nispeten uzun olması ve özellikle azalan kuruma hızı periyodunda enerji verimliliğinin düşük olması bu yöntemin en büyük dezavantajıdır. Bu da ürünün duyusal, biyoaktif ve besleyici özelliklerinde kayıplara yol açmaktadır (Talens ve diğ. 2017).

Kabin, tünel ve konveyör kurutucular sıcak hava kullanılan kurutma sistemleridir. Kabin kurutucuların temel prensibi, kurutulacak ürünün ızgara şeklindeki tepsilere (kerevet) düzgün dağılımlı olarak yerleştirilerek içinde fan bulunan kurutucuda kurumaya bırakılmasıdır. Kabin kurutucuların en büyük dezavantajı tepsinin her yerinde hava hızı, sıcaklığı ve nemin homojen düzeyde olmayışı nedeniyle aynı kuruma hızının sağlanamamasıdır. Bunu önlemek için fanın yeri zaman zaman değiştirilmeli veya farklı pozisyonlarda çift fan kullanılmalıdır (Cemeroğlu 2013^a, Baysal ve İçier 2015). Kabin kurutuculara benzeyen tünel kurutucuların en önemli farkı kerevetlerin tünel içerisinde bir rayda belli bir hızda hareket etmesidir. Paralel akışta ürün ile hava aynı yönde hareket ederken, karşıt akışta ürün ile hava ters yönde hareket eder. Paralel akışta başlangıçta kuruma hızı çok yüksek olup, yüzey hızlı kurduğu için üründe çok az buruşma gerçekleşir. Kurutma tünelinin sonunda havanın sıcaklığı nispeten azalır, nemi arttığı için kurutmanın son aşaması yavaş gerçekleşir. Karşıt akışta ise kurumunun başlangıcı daha soğuk ve nemli hava ile gerçekleştiği için ürünün içindeki nem dağılımı daha homojen olur ve tam ve engelsiz bir buruşma olur (Cemeroğlu 2013^a, Baysal ve İçier 2015). Konveyör kurutucular prensip olarak tünel kurutucularla aynı olup, tek farkı sürekli çalışan paslanmaz çelikten yapılan elek şeklindeki bir bant üzerinde kurutmanın gerçekleşmesidir (Cemeroğlu 2013^a, Baysal ve İçier 2015).

1.4.3.2 Puf Kurutma

Puf kurutma sisteminin temel prensibi kurutulacak materyalin kısa bir süreliğine yüksek basınç ve sıcaklığa maruz bırakılarak, sonrasında basıncın atmosferik basınca getirilmesidir. Bu sayede su hızla buharlaşmakta ve ürün gözenekli ve puf bir yapı kazanmaktadır. Bu kurutma sistemi azalan kuruma hızı periyodundaki gıdalar için etkili bir yöntemdir. Puf kurutma sisteminin rengin ve aromanın daha iyi korunması, taşınma masraflarının düşük olması ve depolama stabilitesinin yüksek olması gibi avantajları bulunmaktadır (Baysal ve İçier 2015, Köprüalan ve diğ. 2019).

1.4.3.3 Akışkan Yatak Kurutma

Akışkan yatak kurutma granüllü (partikül halinde) olan gıdalar için kullanılan bir kurutma sistemidir. Bu sistemde kurutulacak materyal kurutma için gerekli süre boyunca ısıtılmış hava içerisinde asılı kalmaktadır. Partiküllerin devamlı hareket halinde olması kurumanın hızlı ve homojen olmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte atık nem miktarı düşük ve verimlilik yüksektir. Isıya karşı hassas olan gıdalar için uygun bir yöntem olarak görünse de gıdanın yapısı ve partikül büyüklüğü bu sistemin kullanılmasındaki en büyük sınırlamalardandır (Senadeera ve diğ. 2003, Baysal ve İçier 2015).

1.4.3.4 Püskürtmeli Kurutma

Sıvı gıda maddelerinin doğrudan toz formuna dönüştürüldüğü bir kurutma sistemi olan püskürtmeli kurutma genellikle süt tozu ve kahve üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Prensip olarak sıvı gıdanın kurutma odasındaki sıcak havanın içerisine atomize olması veya püskürtülmesi ile nem uzaklaştırılmaktadır. Kurutma süresinin çok kısa olması, besleyici ve duyuşsal özelliklerindeki kaybın diğler yöntemlere göre daha az olması, son ürün stabilitesinin yüksek olması gibi avantajları bulunmasına rağmen her gıda tipine uygun olmaması ve başlangıç kurulum maliyetinin yüksek olması kullanımını kısıtlamaktadır (Baysal ve İçier 2015, Kutlu ve diğ. 2015, Shishir ve Chen 2017).

1.4.3.5 Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma süblimasyona dayalı bir kurutma işlemidir. Dondurarak kurutma dondurma, birincil kuruma (süblimasyon) ve ikincil kuruma (desorpsiyon) olarak üç temel prosesin kombinasyonu olarak düşünülebilir. Bu sistemde ürün ilk olarak dondurulur. Dondurmanın hızı buz kristallerinin oluşumu üzerinde etkili olup, hızlı dondurma küçük ve çok sayıda buz kristali oluşmasına sebep olurken yavaş dondurma büyük buz kristalleri oluşumunu sağlar. Büyük kristallerinin oluşması süblimasyonun daha kolay gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. Ürün tamamen donduktan sonra ortam vakum altına alınarak sıcaklık arttırılır. Bu noktada süblimasyon gerçekleşmeye başlar. Isı aktarımı kondüksiyon veya radyasyonla sağlanmakta olup vakum kurutmada bu anlamda ayrılmaktadır. Buzun çoğu süblimleştğinde, bağlı su, 'ikincil kurutma' olarak adlandırılan son aşamada desorpsiyonla üründen ayrılmaya devam edecektir (aslında, süblimasyon hala devam ederken ikincil kurutma başlar, ancak süblimasyon artık gerçekleşmediğinde baskın hale geçer). Dondurarak kurutmanın diğer kurutma yöntemlerine göre bazı önemli avantajları bulunmaktadır. Ortamdaki suyun donmuş olması, vakuma bağlı olarak ortamda oksijen olmaması ve düşük sıcaklıkta kurutma yapılması sebebiyle ürünün kalitesi ve yapısı korunmaktadır. Ancak maliyetinin yüksek olması endüstriyel kullanım açısından büyük bir dezavantaj oluşturmaktadır (Cemeroğlu 2013^a, Ratti 2013, Baysal ve İçier 2015).

1.4.3.6 Mikrodalga Kurutma

Mikrodalgalar, frekansı 300 MHz ile 300 GHz arasında değişen elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalga ile ısıtmada dipolar ve iyonik mekanizmalar ortaya çıkmaktadır. Suyun dipolar yapısından dolayı içerisinde su bulunan materyallerde dielektrik ısınma meydana gelmektedir. Su molekülleri üzerinde salınımlı bir elektrik alanı meydana geldiğinde, kalıcı olarak polarize olmuş dipolar moleküller elektrik alan yönünde yeniden hizalanmaya çalışır. Yüksek frekanslı elektrik alan nedeniyle, bu yeniden hizalama saniyede milyon kez gerçekleşir ve moleküllerin iç sürtünmesine neden olarak materyalin hacimsel ısınmasına neden olur (Datta ve Davidson, 2000, Chandrasekaran ve diğ. 2013). Mikrodalga

kurutmanın, kuruma hızının yüksek olması ve gıda ürünlerinin kalitesini koruması gibi bazı avantajları bulunmaktadır. Azalan kuruma hızı periyodunda difüzyon, yapının büzülmesi ve yüzey neminin düşmesine sebep olan bir hız-sınırlayıcı olduğu için, bu periyotta kuruyan gıdalar için kullanışlı bir yöntem olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte hacimsel ısınma sebebiyle buharlaşan su gıdanın içinde kalarak suyu dışarıya itmeye zorlayan bir basınç oluşturur. Böylece mikrodalga ile kurutmada büzülme engellenmiş olur (Chandrasekaran ve diğ. 2013). Mikrodalga kurutmanın en önemli dezavantajı mikrodalga enerjisinin homojen dağılamamasından ve gıdanın homojen olmayan yapısından kaynaklanan homojen ısınmanın sağlanamamasıdır. Bu amaçla mikrodalga sıcak hava kurutma ile kombine olarak kullanılabilir (Cemeroğlu 2013^a).

1.4.3.7 Vakumlu Kurutma

Vakumlu kurutma diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında yüksek kuruma hızı, düşük sıcaklık ve ortamda oksijen miktarının az olması sebebiyle daha kaliteli ve besleyici değeri yüksek kuru gıdalar üretilmesine olanak sağlamaktadır (Wu ve diğ. 2007). Kuruluş ve işletme masrafı yüksek olduğu için bütün bu avantajlarına rağmen, ısıya çok hassas ürünlerde uygulanmaktadır.

1.4.3.8 Köpük Kurutma

Köpük kurutma sıvı veya yarı katı (püre gibi) gıdaların hidrolize soya proteini, karbonhidrat gıdaları, monogliserit emülgatörleri gibi stabil köpük ajanı eklenerek köpük haline getirilip kurutulması ile gerçekleştirilmektedir. Sonrasında köpük ince bir tabaka halinde yayılarak sıcak hava ile kurutulmakta ve toz haline getirilmektedir. Köpük haline getirilen gıdalarda yüzey alanı genişlediği için genellikle kuruma hızı yüksektir. Köpük kurutmanın mikrobiyal, kimyasal ve biyokimyasal bozulmaya karşı daha stabil ve renk, aroma, besleyici ve duyuşal özellikleri bakımından daha iyi ürünler üretilmesine olanak sağlama gibi avantajları bulunmaktadır (Kadam ve Balasubramanian 2011, Cemeroğlu 2013^a).

1.4.4 Kuruma Kinetiği

Kurutma işlemlerinin nicel olarak anlaşılması pratik ve ekonomik yönden büyük öneme sahiptir. Proses tasarımı, kalite kontrolü ve enerji tasarrufu için temel mekanizmalar ile ürün içindeki nem ve sıcaklık dağılımlarının bilinmesi çok önemlidir (McMinn 2006). Gıdalarda besleyici değer, renk ve fonksiyonel özellikler gibi kalite kriterleri kurutma prosesinde ısıl işlemin bir sonucu olarak azalmaktadır. Kurutma işlemini güvenli bir şekilde gerçekleştirebilecek ve kaliteyi en üst seviyede tutabilecek proses tasarımını yapmak için kinetik modellerden faydalanılmaktadır (Avila ve Silva 1999, Van Boekel 2008). Temel anlamda gıdaların ince bir tabaka halinde kurutulduğu ince tabaka kurutma modellerinin avantajı, bu modelde bulunan eşitliklerde az veri gereksinimi olması ve kullanım kolaylığıdır (Kutlu ve diğ. 2015). Kontrol mekanizmasına bakılmaksızın kurutma olaylarını birleşik bir şekilde tarif eden ince tabaka denklemleri, çeşitli ürünlerin kurutma sürelerini tahmin etmek ve kurutma eğrilerini genelleştirmek için kullanılmaktadır. İnce tabaka kurutma modellerinde genellikle sabit bir bağıl nem ve sıcaklıkta kurutulan materyalin kurutmanın herhangi bir zamanında nem içeriği ölçülmekte ve kurutma parametresiyle ilişkilendirilmektedir (Midilli ve diğ. 2002, Sobukola ve Dairo 2007). İnce tabaka kurutma modelleri teorik, yarı teorik ve ampirik olarak sınıflandırılmaktadır. Teorik model nem transferine karşı iç direnci dikkate alırken, yarı teorik ve ampirik modeller ürün ve hava arasındaki nem transferine karşı dış direnci dikkate alır. Teorik kurutma modelleri Fick'in ikinci yasasını kullanmakta olup, azalan kuruma hızı periyodundaki gıdalar için bu yasada yapılan varsayımlar geçersiz olduğu için genellikle kullanılmamaktadır. Yarı teorik modeller genellikle Fick'in ikinci yasasının genel seri çözümlerinin basitleştirilmiş halleridir. Ancak bunlar sadece geliştirildikleri sıcaklık, bağıl nem, hava akış hızı ve nem içeriği aralığında geçerlidir. Teorik ince tabaka modellerine kıyasla daha az zaman gerektirirler ve tipik bir gıdanın geometrisi, kütle yayılımı ve iletkenliği varsayımlarına ihtiyaç duymazlar. Yarı teorik ince tabaka kurutma modellerine örnek olarak Newton (Lewis), Page, Henderson ve Pabis, Logaritmik, iki terimli, iki terimli eksponensiyel, Verma ve diğ., Midilli ve Küçük ve Modifiye Page modelleri verilebilir (Özdemir ve Devres 1999, Hii ve diğ. 2009). Ampirik modeller ortalama nem içeriği ile kuruma süresi arasında doğrudan bir ilişki oluşturur. Kurutma işleminin temellerini ihmal ederler ve parametrelerinin fiziksel bir anlamı yoktur. Bu

nedenle, deney koşulları için kurutma eğrisini tanımlayabilmelerine rağmen, kurutma sırasında meydana gelen önemli süreçlerin net bir şekilde doğru görünümünü veremezler. Wang ve Singh ile Thompson modelleri ampirik modellere örnek olarak verilebilir (Özdemir ve Devres 1999). Teorik modeller pratik olmadığı için gıda kurutma çalışmalarında genellikle yarı teorik ve ampirik modeller kullanılmakta olup bu modellerden en çok kullanılanları Tablo 1.2’de verilmiştir (Kutlu ve diğ. 2015). Bu modellerde MR nem oranını (boyutsuz), t süreyi, k reaksiyon hız sabitini, n reaksiyon derecesini, a, b, c ise model sabitlerini ifade etmektedir.

Tablo 1.2: Kurutma işleminin modellenmesinde kullanılan bazı matematiksel modeller

Model adı	Model	Kaynaklar
Logaritmik	$MR=a \exp(-kt) + c$	Doymaz (2011)
Lewis	$MR=\exp(-kt)$	Lewis (1921)
Henderson ve Pabis	$MR=a \exp(-kt)$	Henderson & Pabis (1961)
Page	$MR=\exp(-kt^n)$	Page (1949)
Parabolik	$MR=a + bt + ct^2$	Bi ve diğ. (2015)
Wang ve Singh	$MR=1 + at + bt^2$	Wang ve Singh (1978)

1.4.4.1 Uygun Modelin Belirlenmesi

İnce tabaka kurutma eşitlikleri zamana karşı boyutsuz nem oranının değişimini içeren eşitliklerdir. Modellerdeki katsayılar doğrusal olmayan regresyon analizi yapılarak belirlenmektedir. Kurutma kinetiğinin hangi modelle daha iyi uyum gösterdiği farklı istatistik testlerle belirlenmektedir. En çok kullanılan istatistik testler determinasyon katsayısı (R^2), ki-kare (χ^2) ve tahmini standart hatadır (RMSE-root mean square error). Determinasyon katsayısı deneysel verilerin doğrusal bir eğriye ne kadar uyduğunu belirten bir değer olup 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. R^2 değeri 1’e yaklaştıkça deneysel verilerle doğru arasındaki uyum artmaktadır. χ^2 değeri uyumun iyilik derecesini, RMSE ise tahmini değerlerle deneysel değerler arasındaki sapmayı gösterir. En uygun model belirlenirken en yüksek R^2 ve en düşük RMSE ve χ^2 değerine sahip olan model seçilmelidir (Erbay ve İçier 2009, Kutlu ve diğ. 2015).

1.5 Hünnap Meyvesinin Kurutulması ile İlgili Çalışmalar

Gıdadan suyun uzaklaştırılması ile su aktivitesinin düşmesi, mikrobiyal gelişmenin sınırlanması, raf ömrünün uzaması, gıdanın kütlelerinin azalması ve ambalajlamanın minimize edilmesi sebebiyle kurutma işlemi gıda işleme endüstrisinde vazgeçilmez bir prosestir (Musielak ve diğ. 2016, Su ve diğ. 2017, Li ve diğ. 2020). Gıdaların kurutulması kompleks bir proses olup, gıda materyallerinin besleyici, fonksiyonel ve duyusal özelliklerinin değişmesine neden olan bir dizi fizikokimyasal dönüşümü de beraberinde getirmektedir (Ratti 2001, An ve diğ. 2016). Genellikle dezavantaj olarak kabul edilen bu değişiklikler homojen olmayan büzüşme, şekil bozulması, yüzey çatlaması, sertleşme, oksidasyonla renk değişimi, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme, aroma ve besleyici değer kaybı olarak bildirilmektedir (Li ve diğ. 2020). Bu değişimler çoğunlukla kurutma işlemi sürecindeki kurutma sıcaklığı, basınç, elektrik veya manyetik alan, enerjinin düzensiz dağılımı gibi kurutma koşullarından kaynaklanmaktadır (Freire ve diğ. 2014, Oliveira ve diğ. 2016).

Sıcak hava kurutma kurulum ve işletme maliyeti düşük olduğu için meyve ve sebzelerin kurutulmasında en çok kullanılan yöntemdir (Kaur ve diğ. 2020). Meyve ve sebzelerin sıcak hava ile farklı sıcaklıklarda kurutulması son ürünün nem içeriğini ve su aktivitesini etkilemekte olup, ürün kalitesinin bu nem içeriği ve su aktivitesiyle ilişkili olduğu belirtilmektedir (Sousa ve diğ. 2018). Sıcak hava ile kurutma konusunda pek çok bilimsel çalışma bulunmakla birlikte, bu çalışmalar genel olarak kuruma kinetiği, besleyici ve biyoaktif maddelerin kurutma ile değişimi ve parçalanma kinetiği üzerine yoğunlaşmıştır.

Fang ve diğ. (2009^a) 50, 60 ve 70 °C'de bütün halde kurutulan hünnap örneklerini büzüşme, yoğunluk, renk ve rehidrasyon açısından incelemiştir. Araştırmacılar kurutma sıcaklığı arttıkça büzüşmenin ve buna bağlı olarak yoğunluğun azaldığını, rehidrasyon kapasitesinin arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca C vitamininin daha yüksek sıcaklıkta kurutulan örneklerde daha fazla korunduğunu belirtmişlerdir.

Dilimlenmiş hünnap meyvelerinin kuruma karakteristikleri Elmas ve diğ. (2019) tarafından incelenmiş olup, kurutma üç farklı sıcaklıkta (60, 70 ve 80 °C) ve

üç farklı hava hızında (0,5-1,0-1,5 m s⁻¹) gerçekleştirilmiştir. Çalışmada hünnap dilimlerinin kurutulmasını en iyi tanımlayan modeller “Page” ve “Wang ve Singh” modeli olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar artan kuruma sıcaklığıyla nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin azaldığını bildirmiştir. Bununla birlikte toplam fenolik madde miktarı, kurutma sıcaklığı arttıkça azalış göstermiştir (Elmas ve diğ. 2019).

Anjum ve diğ. (2020) güneşte ve sıcak havada (50-60-70 °C) kuruttukları 11 farklı türdeki Hint hünnaplarını (*Zizyphus mauritiana*) çeşitli fiziksel özellikler, C vitamini, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite yönünden incelemiştir. Yapılan bu çalışmada en yüksek toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri 70 °C’de kurutulan hünnap meyvelerinden, en yüksek C vitamini değeri ise 50 °C’de kurutulan hünnap meyvelerinden elde edilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada sıcak havada ve kısa ve orta dalgalı kızılötesi radyasyonda (SMIR) kurutulan hünnap dilimlerinin renk, C vitamini, toplam flavanoid içeriği ve siklik adenosin monofosfat (cAMP) içeriği incelenmiştir. Kurutmayı en iyi tanımlayan modeller sıcak hava kurutma için logaritmik, SMIR kurutma için ise iki terimli olarak belirlenmiştir. Araştırma sonunda SMIR yönteminin kuruma süresini kısaltması, daha yüksek kuruma verimliliği sağlaması, ürün renginin daha iyi olması ve biyoaktif bileşenlerin daha iyi korunması sebebiyle sıcak hava kurutmadan daha iyi olduğu belirtilmiştir (Chen ve diğ. 2015).

Fang ve diğ. (2009^b) 50, 60 ve 70 °C’de kuruttukları bütün haldeki hünnap örneklerinin kuruma kinetiğini incelemiş ve kurumanın en iyi Verma modeli ile açıklanabildiğini bildirmiştir. He ve diğ. (2013) puf kurutma yöntemi ile kuruttukları hünnapların bazı özelliklerini sıcak hava ve dondurularak kurutulan örneklerle karşılaştırmışlardır. Puf kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin diğer yöntemlere göre daha iyi renk ve tekstür, daha düşük yoğunluk, daha yüksek porozite ve rehidrasyon kapasitesi gösterdiği belirtilmiştir.

Farklı kurutma yöntemlerinin hünnap meyvelerinin kalite parametrelerine etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada konvektif kurutma (50, 60, 70 °C), vakum-mikrodalga kurutma (120, 480, 480-120 W), konvektif ön kurutma-vakum mikrodalga kombinasyonu ve dondurarak kurutma yöntemlerinin karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada dondurarak kurutma ve vakum-mikrodalga (480-120 W) kurutmanın

biyoaktif bileşenler (C vitamini, flavan-3-oller ve flavonoller), antioksidan aktivite ve duyuşal özellikler üzerine en iyi sonuçları veren yöntemler olduğu bildirilmiştir (Wojdylo ve diğ. 2016^a). Yine Wojdylo ve diğ. (2019) tarafından yapılan benzer bir çalışmada farklı kurutma yöntemlerinin (konvektif, vakum-mikrodalga, konvektif ön kurutma ve vakum mikrodalga kombinasyonu) hünnap meyvesindeki fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve renk üzerine etkileri ile kurutma kinetikleri incelenmiştir. 50 °C’de kurutmanın polifenol içeriği, antioksidan aktivite ve renk parametreleri açısından en iyi yöntem olduğu bildirilmiştir.

Motevali ve diğ. (2012) tarafından hünnap meyvesinin kurutulmasında farklı kurutma sıcaklıkları (50, 60 ve 70 °C) ve farklı hava hızlarının (0,5-1 ve 1,5 m s⁻¹) efektif nem difüzyonu ve aktivasyon enerjisi gibi kuruma karakteristikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, enerji tüketimi için optimum koşulların 70 °C’de 0,5 m s⁻¹ hava hızı ile kurutma olduğu belirtilmiştir.

Hünnap meyvesinin kurutulması üzerine literatürde kısıtlı sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Bu sebeple bu çalışma hünnap meyvesinin sıcak hava ile kurutulması esnasında meydana gelen değişimler ve kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi açısından literatürdeki açığı kapatılması adına fayda sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Tez çalışmasında kullanılan hünnap meyveleri Denizli iline bağlı 38 derece 14 dk kuzey enlemi, 29 derece 41 dk doğu boylamında yer alan ivril ilçesinde ticari satış yapan bir bahçeden toplanmıştır. Bahçede 10 adet ağaç belirlenmiş olup, yeşil olum, sarı olum, ben dışme ve tam olgun olmak üzere dört farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyveleri, belirlenen ağaçların farklı bölgelerinden toplanıp, hızlı bir şekilde laboratuvara getirilmiştir. şekil 2.1'de temin edilen hünnap bahçesine ait fotoğraflar verilmiştir. Laboratuvarda yapraklar ve bereli olan meyveler ayıklanmıştır. şekil 2.2'de temin edilen farklı olgunlaşma evresindeki hünnapların fotoğrafı verilmiştir.



şekil 2.1: Hünnap bahçesine ait fotoğraflar



şekil 2.2: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyveleri

2.2 Fiziksel Analizler

2.2.1 Meyve Boyu Ölçümü

Hünnap meyvelerinin boy ölçümü 0,01 mm duyarlılıktaki dijital kumpas (Mitotoyo, Japan) ile gerçekleştirilmiştir. Farklı olgunlaşma evrelerindeki meyvelerin boy ölçümü ayrı ayrı yapılmış olup, her olgunlaşma evresindeki meyvelerden rastgele 100 tanesi seçilerek ortalaması alınmıştır (Akbolat ve diğ. 2008).

2.2.2 200 Adet Ağırlığı

200 adet ağırlığı Cemeroğlu (2013^b) tarafından tanımlanan yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Hünnap meyvelerinin 200 tanesinin ağırlığı 0,0001 g hassasiyetteki terazide (LF 225 DR Vibra, Türkiye) 3 tekrarlı olacak şekilde ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır.

2.2.3 Renk Analizi

Hünnap meyvelerinin kabuk renklerinin ölçümü Hunter Lab Color Miniscan XE (Model No: 45/0-L, ABD) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bütün haldeki meyveler saydam kaplara, içerisinde hava boşluğu kalmayacak şekilde yerleştirildikten sonra beyaz bir zemin üzerinde L (0 = siyah, 100 = beyaz), a (a+ = kırmızı, a- = yeşil) ve b (b+ = sarı, b- = mavi) renk yoğunluğu değerleri okunmuştur (Cemeroğlu 2013^b). Toplam renk değişimi (ΔE) değeri Eşitlik 2.1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (2.1)$$

2.2.4 Kuru Madde Tayini

Kuru madde tayininden önce kurutma kapları sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmıştır. 50 g parçalanmış hünnap meyvesi kurutma kaplarına konularak 105 °C kurutma kabiniinde (Nüve, FN 120, Türkiye) sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Örneklerin % kuru madde miktarı eşitlik 2.2 yardımıyla hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2013^b).

$$\text{Kuru madde (\%)} = 100 - \left(\frac{a-b}{a} * 100\right) \quad (2.2)$$

a: Kurutma öncesi örnek ağırlığı (g)

b: Kurutma sonrası örnek ağırlığı (g)

2.2.5 Suda Çözünür Kuru Madde Analizi

Hünnap meyvelerinin suda çözünebilir kuru madde miktarı masa tipi dijital refraktometre (Milwaukee MA871 Refractometer, Europe) ile belirlenmiştir. Bu amaçla çekirdeği çıkarılıp blenderda (Waring, ABD) ezme haline getirilen hünnap örnekleri kaba filtre kâğıdından süzülerek refraktometrenin prizmasına damlatılmış ve sonuçlar % briks olarak okunmuştur (Cemeroğlu 2013^b).

2.3 Kimyasal Analizler

2.3.1 pH Tayini

Hünnap meyveleri akan musluk suyu altında yıkandıktan sonra, saf su ile durularak kurulanmıştır. Çekirdekleri çıkarılan hünnap meyvelerinden 50 g örnek alınarak blenderda ezme haline getirilmiştir. Elde edilen hünnap pulpuna 1:1 oranında damıtık su eklenerek 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve daha sonra kaba filtre kâğıdı yardımıyla filtre edilmiştir. Elde edilen filtratların pH değeri,

önceden pH 4-7 ve 10 tampon çözeltileriyle kalibre edilmiş olan cam elektrot uçlu dijital pH metre (PL-700PV Gondo, Tayvan) yardımıyla ölçülmüştür.

2.3.2 Titrasyon Asitliği Tayini

Örneklerin titrasyon asitliği Cemeroğlu (2013^b) tarafından önerilen metoda göre gerçekleştirilmiştir. Çekirdekleri çıkarılıp parçalanmış hünnap örneklerinden 10 g alınarak 1:5 oranında damıtık su ile seyreltilmiştir. Karışım oda sıcaklığında 30 dk bekletildikten sonra kaba filtre kâğıdı yardımıyla filtre edilmiştir. Elde edilen filtrat 0,1 N NaOH ile pH değeri 8,1'e ulaşana dek titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı mL olarak belirlendikten sonra eşitlik 2.3 yardımıyla örneklerin % titrasyon asitliği malik asit cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = \frac{V * f * E * 100}{M} \quad (2.3)$$

V: Harcanan NaOH miktarı (mL)

f: Titrasyonda kullanılan NaOH faktörü

E: Eşdeğer asit miktarı (g)

M: Titre edilen örneğin gerçek miktarı (g)

2.3.3 Kül Tayini

Hünnap meyvesinin kül miktarı Cemeroğlu (2013^b) tarafından önerilen yöntemle göre hesaplanmıştır. Sabit ağırlığa getirilmiş krozelere 5'er g örnek alınarak, kül rengi oluşana ve sabit ağırlığa gelinceye kadar kül fırınında (Selecta, FM 515, İtalya) 550 °C'de yakılmıştır. Örneklerin kül miktarı eşitlik 2.4 yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\text{Kül miktarı (\%)} = \frac{m_2}{m_1} * 100 \quad (2.4)$$

m_1 : Tartılan örnek miktarı (g)

m_2 : Örnekten yanma sonucu kalan kül miktarı (g)

2.3.4 Suda Çözünen Vitamin Analizi

2.3.4.1 Örnek Hazırlama

Farklı olgunlaşma evrelerindeki ve kurutulan hünnap meyvelerinin su ekstraksiyonu Dönmez (2015), suda çözünebilir vitamin içeriğinin kromatografik analizi ise Ekinci ve Kadakal (2005)'in önerdiği yöntemin modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Çekirdekleri çıkarılmış örnekler 1:9 oranında ultra saf su eklenerek laboratuvar tipi homojenizatörde homojen hale getirilmiş ve homojenizat kaba filtre kâğıdı yardımıyla filtre edilmiştir. Süzüntü 10000 rpm'de 10 dk 4 °C'de santrifüj (Nüve NF800R, Türkiye) edildikten sonra berrak üst faz analiz edilene kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Örnekler HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografisi) cihazına yüklenmeden önce 0,45 µm'lik şırınga ucu filtreden süzülerek berrak filtrat elde edilmiştir.

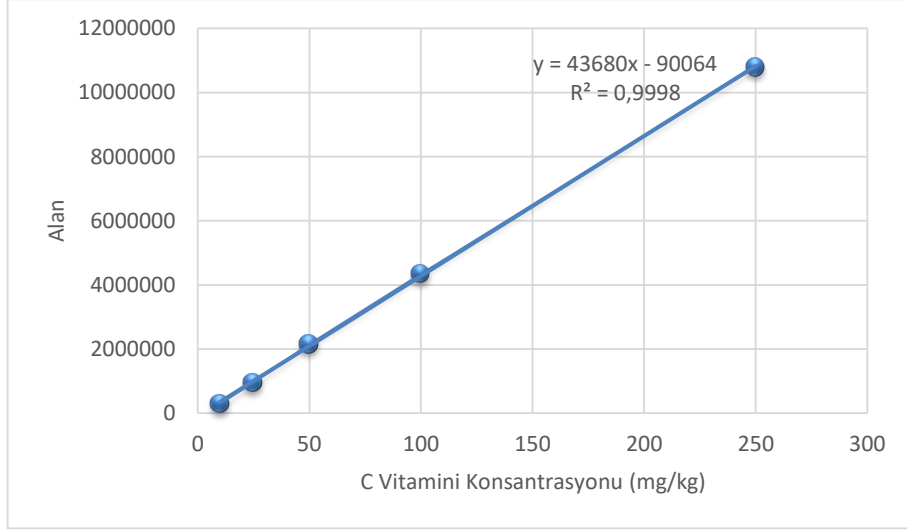
2.3.4.2 HPLC Koşulları ve Standartların Kalibrasyon Grafikleri

Suda çözünen vitaminlerin tanımlanması ve miktarının tayin edilmesinde HPLC cihazı kullanılmış olup cihazın çalışma koşulları Tablo 2.1'de verilmiştir. Elde edilen kromatogramlar “Shimadzu LC Solution” yazılım programı ile değerlendirilmiştir.

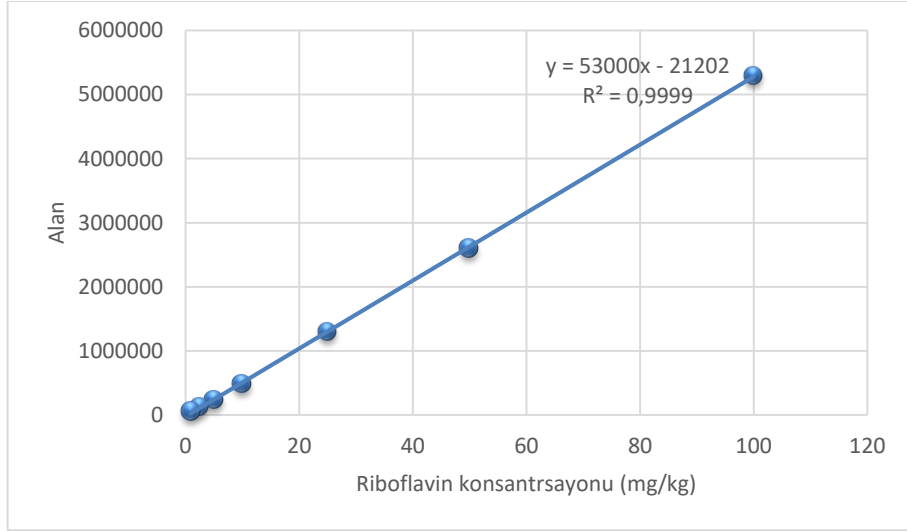
Tablo 2.1: Suda çözünen vitamin analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları

Analiz	Askorbik asit, Niasin, Pridoksin ve Tiamin	Riboflavin
Cihaz	Shimadzu LC20AD	Shimadzu LC20AD
Kolon	ACE C18 kolon (7.8x300 mm)	Macherey-Nagel amino kolon (4.6x250 mm)
Dedektör çalışma koşulları	Shimadzu 20AD PDA Dedektör <ul style="list-style-type: none">• Askorbik asit: 254 nm• Niasin: 261 nm• Pridoksin: 324 nmTiamin: 234 nm	Shimadzu 20AD PDA Dedektör Riboflavin: 266 nm
Kolon fırını ve çalışma sıcaklığı	Shimadzu CTO-20A Kolon fırını, 25 °C	Shimadzu CTO-20A Kolon fırını, 40°C
Akış hızı	0,7 mL/dk	1 mL/dk
Mobil Faz	İzokratik, 0,1 M KH ₂ PO ₄ (pH=7)	İzokratik, 0,1 M KH ₂ PO ₄ (pH=7)
Enjeksiyon hacmi	20 µL	20 µL

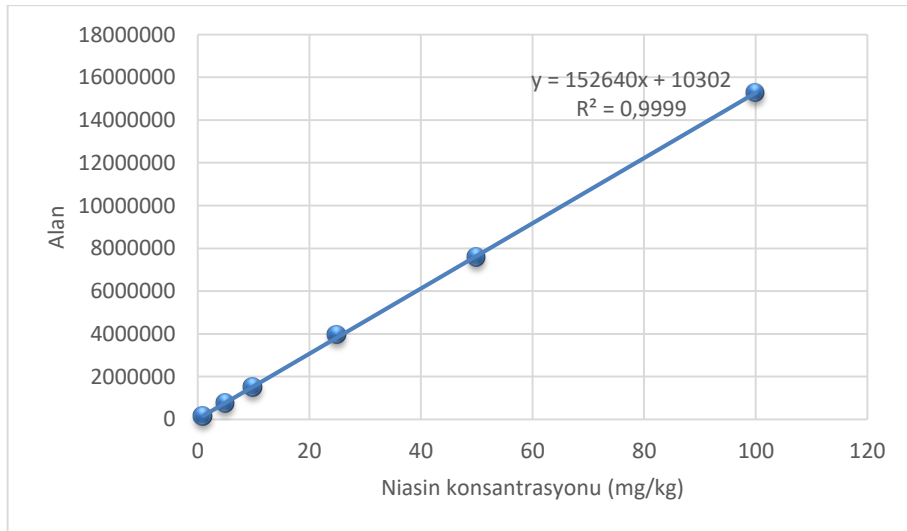
Standart olarak kullanılan askorbik asit, riboflavin, niasin, pridoksin ve tiamin Sigma Aldrich firmasından temin edilmiş olup, her bir vitamin için farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standart çözeltiler cihaza enjekte edilerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Suda çözünen vitamin standartlarına ait kalibrasyon eğrileri Şekil 2.3-2.7’de verilmiştir.



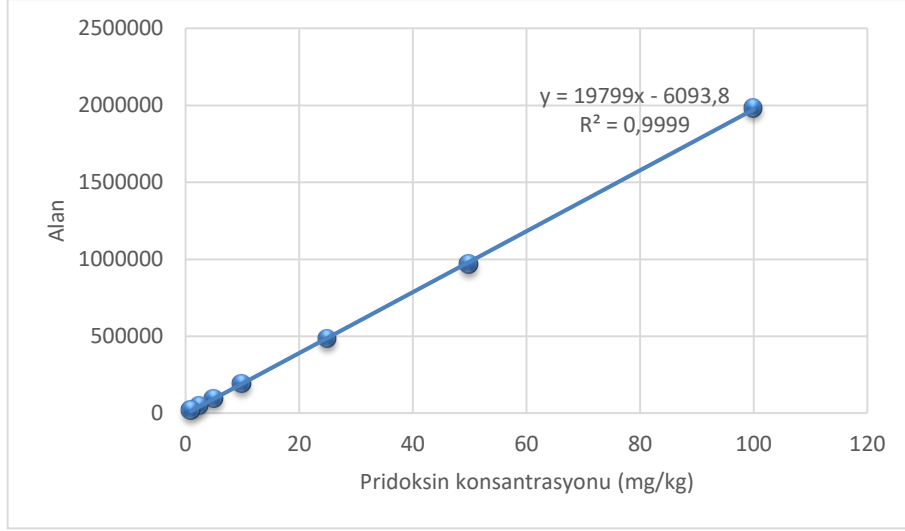
Şekil 2.3: C vitamini standart eğrisi



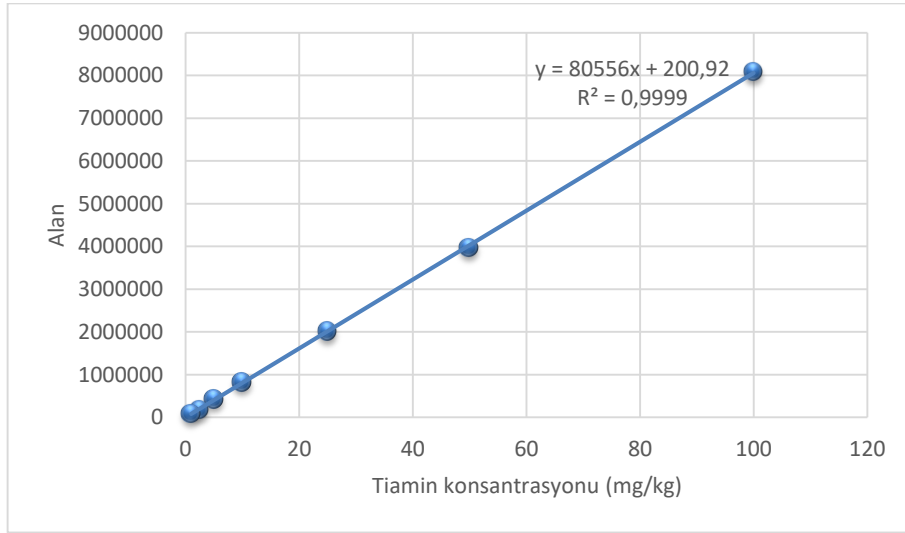
Şekil 2.4: Riboflavin standart eğrisi



Şekil 2.5: Niasin standart eğrisi



Şekil 2.6: Pridoksin standart eğrisi



Şekil 2.7: Tiamin standart eğrisi

Standart çözeltilerin alıkonma zamanı dikkate alınarak örneklerde bulunan suda çözünen vitaminler ve miktarları tespit edilmiştir. Vitaminlerin miktarı standart kalibrasyon eğrilerinden elde edilen denklemler yardımıyla hesaplanmış olup analizler 3 tekrar ve 2 paralel olarak yürütülmüştür.

2.3.4.3 Suda Çözünen Vitaminler için Geri Kazanım Testi

Yöntem hassasiyetinin ve HPLC cihazının doğruluğunun belirlenmesi amacıyla geri kazanım (recovery) testi yapılmıştır. Bu amaçla örneklerdeki suda çözünen vitamin miktarları belirlendikten sonra üzerine bilinen konsantrasyonlarda

standart çözelti eklenerek tekrar cihaza yükleme yapılmış ve analiz sonunda geri kazanılan miktar tespit edilmiştir. Askorbik asit, niasin, pridoksin, tiamin ve riboflavinin geri kazanım testi sonuçları Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2: Suda çözünen vitaminlere ait geri kazanım testi

	Örnek başlangıç konsantrasyonu (mg/kg)	Örneğe ilave edilen konsantrasyon (mg/kg)	Geri kazanım (%)	Ortalama geri kazanım (%)
C Vitamini	276,17	10	96,9	97,9
		25	98,1	
		100	98,8	
Riboflavin	0,1435	0,1	95,7	95,9
		1	95,9	
		10	96,0	
Niasin	3,091	0,1	96,1	96,6
		1	96,6	
		10	97,2	
Pridoksin	0,2811	0,1	94,9	96,2
		1	96,4	
		10	97,2	
Tiamin	0,096	0,1	97,8	97,8
		1	97,5	
		10	98,0	

2.3.5 Organik Asit Analizi

2.3.5.1 Örnek Hazırlama

Farklı olgunlaşma evrelerindeki ve kurutulan hünnap meyvelerindeki organik asit tayini Soyer ve diğ. (2003) tarafından önerilen yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çekirdekleri ayrılan örnekler parçalanarak üzerine 1:9 oranında ultra saf su eklenmiş ve laboratuvar tipi homojenizatörde homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen örnekler kaba filtre kâğıdı yardımıyla süzildükten sonra 4 °C’de 10000 rpm’de 10 dk santrifüj edilmiştir. Sonrasında berrak üst faz analiz edilene kadar -18 °C’de muhafaza edilmiştir. Örnekler HPLC cihazına yüklenmeden önce 0,45 µm’lik şırınga ucu filtreden süzülerek berrak filtrat elde edilmiştir.

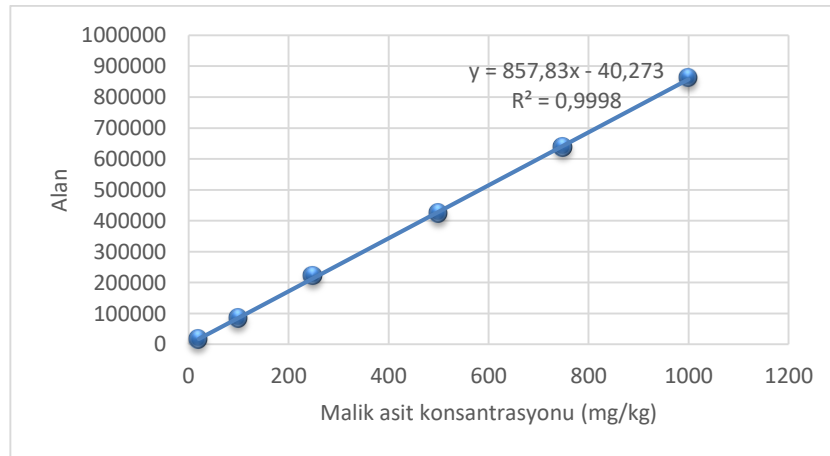
2.3.5.2 HPLC Koşulları ve Standartların Kalibrasyon Grafikleri

Organik asitler HPLC cihazı ile tanımlanmış ve elde edilen kromatogramlar “Shimadzu LC Solution” yazılım programı ile değerlendirilmiştir. Organik asitlerin miktarı elde edilen kromatogramlardan hesaplanmış olup, HPLC cihazının çalışma koşulları Tablo 2.3’te verilmiştir.

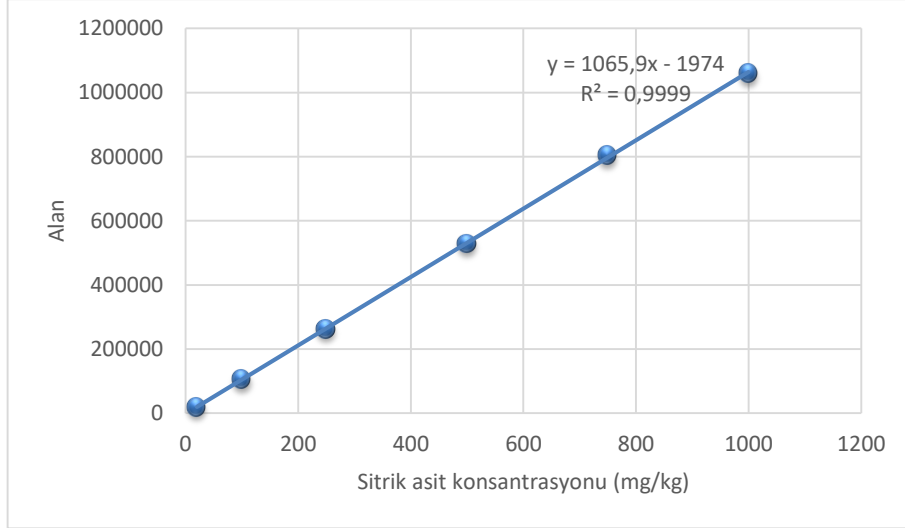
Tablo 2.3: Organik asit analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları

Cihaz	Shimadzu LC20AD
Kolon	Coregel 87H3 (7.8x300 mm)
Dedektör çalışma koşulları	Shimadzu 20AD PDA Dedektör, 214 nm
Kolon fırını ve çalışma sıcaklığı	Shimadzu CTO-20A Kolon fırını, 25 °C
Akış hızı	1 mL/dk
Mobil Faz	İzokratik, 0,01 N H ₂ SO ₄
Enjeksiyon hacmi	20 µL

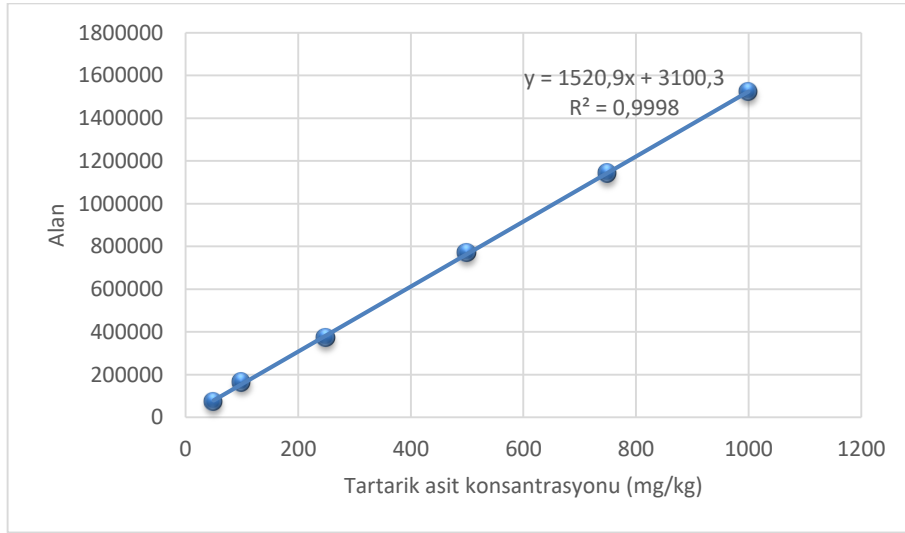
Malik, sitrik, tartarik ve süksinik asit standart maddeleri Sigma Aldrich firmasından temin edilmiş olup, her bir organik asit için farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standart çözeltiler cihaza enjekte edilerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Organik asit standartlarına ait kalibrasyon eğrileri Şekil 2.8-2.11’de verilmiştir.



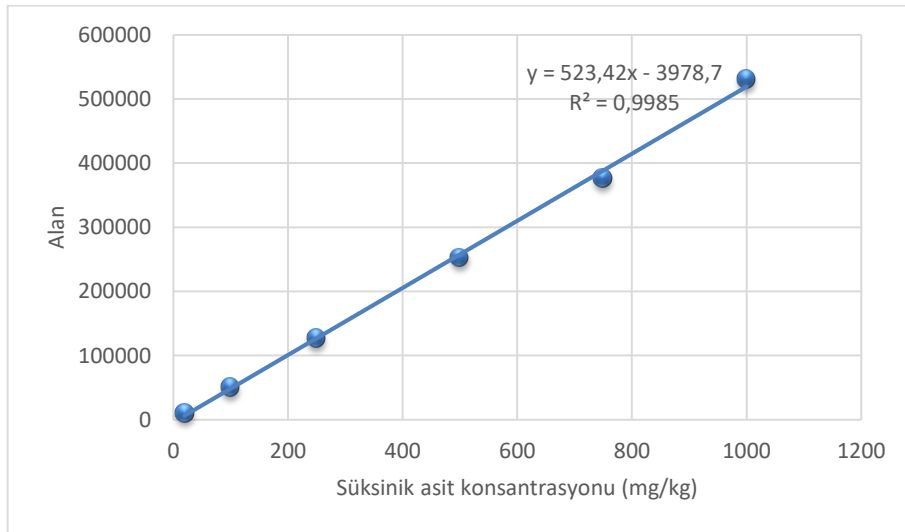
Şekil 2.8: Malik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil 2.9: Sitrik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil 2.10: Tartarik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil 2.11: Süksinik asit kalibrasyon eğrisi

2.3.5.3 Organik Asitler İçin Geri Kazanım Testi

Organik asit analizinin geri kazanım testi, başlangıçtaki organik asit miktarı bilinen örneklerle bilinen konsantrasyonlarda standart çözelti eklenip, HPLC cihazında tekrar analiz edilmesi ve analiz sonunda geri kazanılan miktarın hesaplanması ile yürütülmüştür. Malik, sitrik, tartarik ve süksinik asit için geri kazanım testi sonuçları Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Organik asitlere ait geri kazanım testi

	Örnek başlangıç konsantrasyonu (mg/100 g)	Örneğe ilave edilen konsantrasyon (mg/100 g)	Geri kazanım (%)	Ortalama geri kazanım (%)
Tartarik	10,73	25	97,4	97,8
		100	97,3	
		250	98,8	
Malik	36,09	25	98,3	98,1
		100	98,8	
		250	97,2	
Sitrik	25,62	25	97,4	97,9
		100	97,9	
		250	98,5	
Süksinik	4,39	25	97,5	97,2
		100	96,9	
		250	97,3	

2.3.6 Şeker Kompozisyonu

2.3.6.1 Örnek Hazırlama

Farklı olgunlaşma evrelerindeki ve kurutulan hünnap meyvelerindeki şeker kompozisyonu analizi Karkacier ve diğ. (2003) tarafından önerilen yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Çekirdekleri çıkarıldıktan sonra parçalanmış örnekler 1:5 oranında ultra saf su ile karıştırılmıştır. Laboratuvar tipi homojenizatörde homojen hale getirildikten sonra 6000 rpm'de 15 dk boyunca santrifüj edilmiş ve berrak üst faz analiz edilene kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Örnekler HPLC cihazına yüklenmeden önce 0,45 µm'lik şırınga ucu filtreden süzülerek berrak filtrat elde edilmiştir.

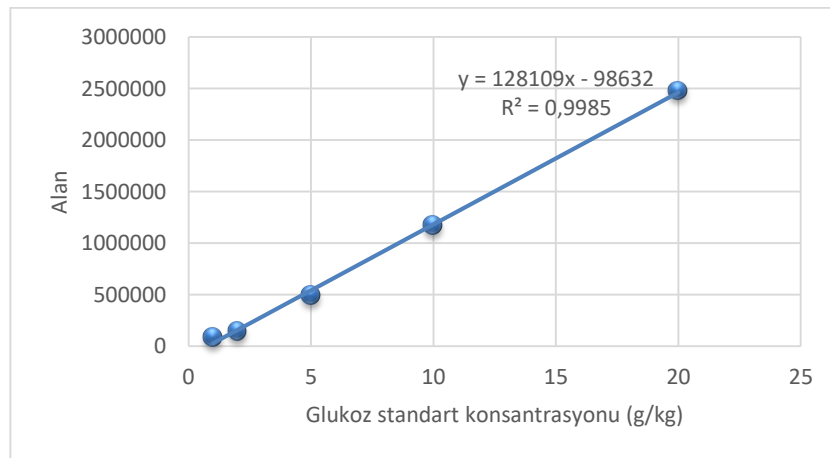
2.3.6.2 HPLC Koşulları ve Standartların Kalibrasyon Grafikleri

Farklı olgunlaşma evrelerindeki ve kurutulmuş hünnap meyvelerindeki şeker analizinde kullanılan HPLC cihazının koşulları Tablo 2.5’de belirtilmiştir. Standart çözeltilerin kalibrasyon eğrileri yardımıyla hünnap örneklerindeki şeker miktarı hesaplanmıştır.

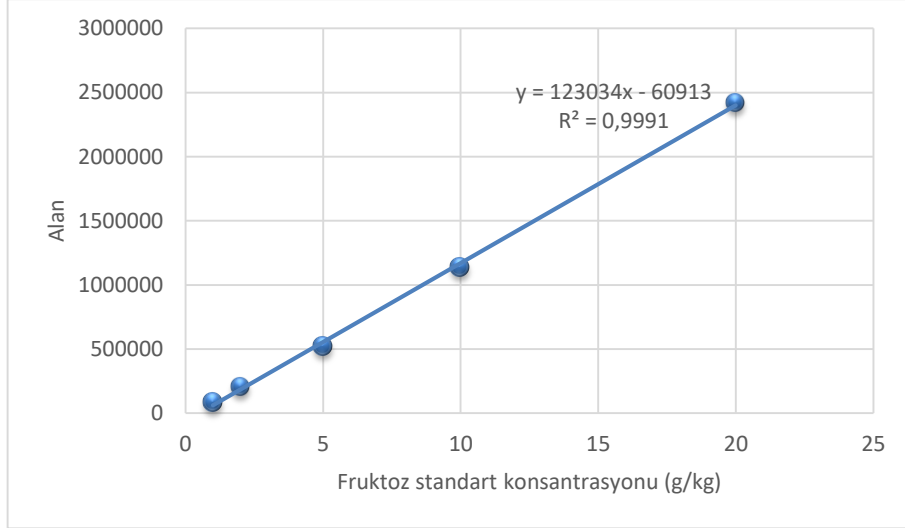
Tablo 2.5: Şeker analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları

Cihaz	Shimadzu LC20AD
Kolon	Bio Rad Aminex HPX-87 ion exclusion column (300x7,8 mm)
Dedektör çalışma koşulları	Shimadzu 20AD PDA Dedektör, 190 nm
Kolon fırını ve çalışma sıcaklığı	Shimadzu CTO-20A Kolon fırını, 25 °C
Akış hızı	1,4 mL/dk
Mobil Faz	İzokratik, Asetonitril:Ultra saf su (75:25, v:v)
Enjeksiyon hacmi	20 µL

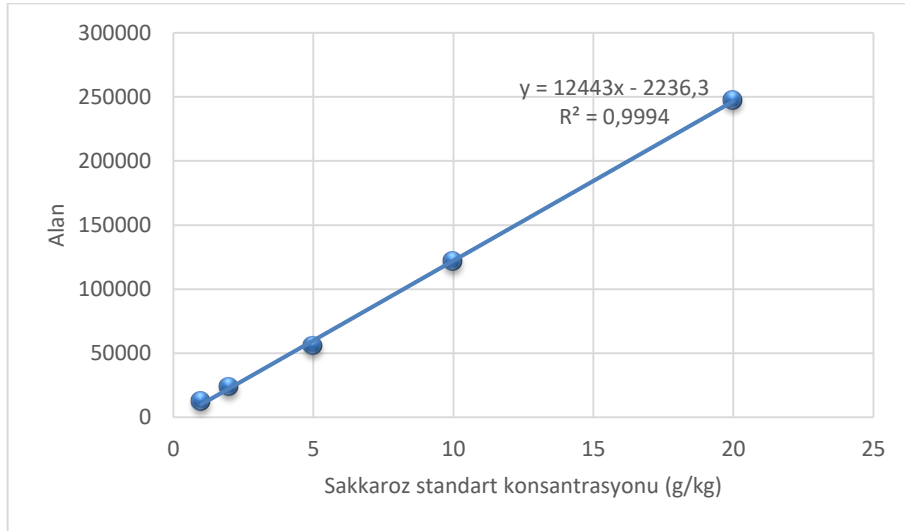
Glukoz, fruktoz ve sakkaroz standartları Sigma&Aldrich firmasından temin edilmiş olup, bu standartlara ait kalibrasyon eğrileri Şekil 2.12-2.14’de verilmiştir.



Şekil 2.12: Glukoz standart eğrisi



Şekil 2.13: Fruktöz standart eğrisi



Şekil 2.14: Sakkaroz standart eğrisi

2.3.6.3 Şekerler İçin Geri Kazanım Testi

Şeker analizi için geri kazanım testi yürütülürken başlangıç şeker konsantrasyonu bilinen örneğin üzerine, bilinen konsantrasyonlarda standart çözeltiler ayrı ayrı eklenmiştir. Daha sonra standart eklenen örnekler HPLC cihazında tekrar analiz edilerek, analiz sonunda geri kazanım hesaplanmıştır. Glikoz, fruktoz ve sakkaroz için geri kazanım testi sonuçları Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6: Şekerlere ait geri kazanım testi

	Örnek başlangıç konsantrasyonu (g/kg)	Örneğe ilave edilen konsantrasyon (g/kg)	Geri kazanım (%)	Ortalama geri kazanım (%)
Glukoz	3,27	1	98,7	99,8
		2,5	100,2	
		10	100,5	
Fruktoz	4,14	1	99,0	99,7
		2,5	99,7	
		10	100,6	
Sakkaroz	12,14	1	97,1	99,1
		2,5	98,4	
		10	98,9	

2.3.7 Fenolik Bileşik Kompozisyonu

2.3.7.1 Metanol Ekstraktı Hazırlama

Farklı olgunlaşma evrelerindeki ve kurutulmuş hünnap meyvelerindeki fenolik bileşik kompozisyonu, *trans*-resveratrol içeriği, toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivite analizinde kullanılacak olan metanol ekstraktı Choi ve diğ. (2012) tarafından önerilen yöntemin modifiye edilmesiyle hazırlanmıştır. Çekirdekleri çıkarılmış ve parçalanmış hünnap meyvelerinin üzerine 1:9 oranında metanol (%90 metanol:su) eklenerek laboratuvar tipi homojenizatörde homojen hale getirilmiş ve homojenizat kaba filtre kağıdı yardımıyla filtre edilmiştir. Süzüntü 4500 rpm'de 10 dk 4 °C'de santrifüj edildikten sonra berrak üst faz analiz edilene kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Fenolik bileşenlerin nihai ekstraksiyonu Gao ve diğ. (2012^a)'nin önerdiği yöntemin modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Fenolik bileşenlerin içeriğinin belirlenmesi için -18 °C'de muhafaza edilen metanol ekstraktları rotary evaporatörde 45 °C'de başlangıç miktarının yaklaşık %10'una ulaşınca kadar buharlaştırılmıştır. Örnekler HPLC cihazına yüklenmeden önce 0,45 µm'lik şırınga ucu filtreden süzülerek berrak filtrat elde edilmiştir.

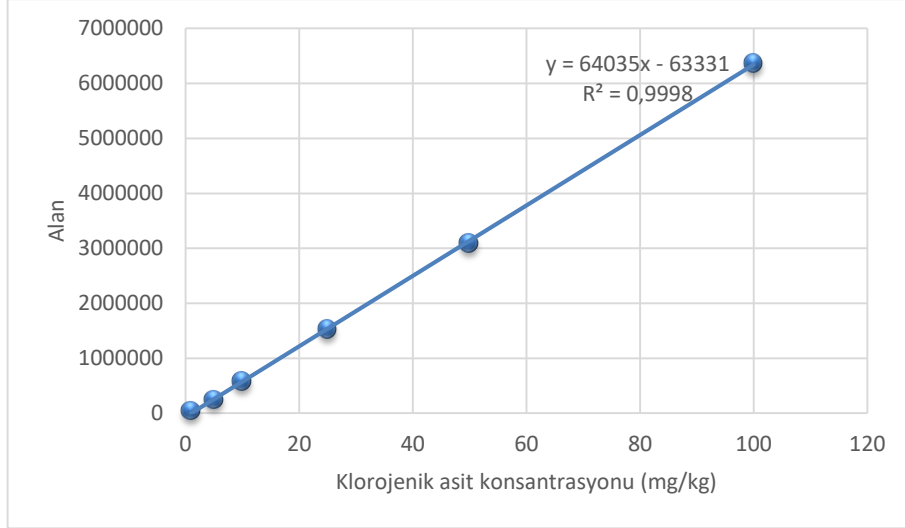
2.3.7.2 HPLC Koşulları ve Standartların Kalibrasyon Grafikleri

Fenolik bileşiklerin tanımlanması ve miktarının tayini Bansal ve diğ. (2015) tarafından önerilen yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Analizin gerçekleştirilmesinde kullanılan HPLC cihazının çalışma koşulları Tablo 2.7’de verilmiştir. Elde edilen kromatogramlar “Shimadzu LC Solution” yazılım programı ile değerlendirilmiştir. Fenolik madde standartları Sigma Aldrich firmasından temin edilmiş olup, her bir fenolik bileşik için farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standart çözeltiler teker teker cihaza enjekte edilerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Fenolik bileşiklerin standartlarına ait kalibrasyon eğrileri Şekil 2.15-Şekil 2.25’te verilmiştir.

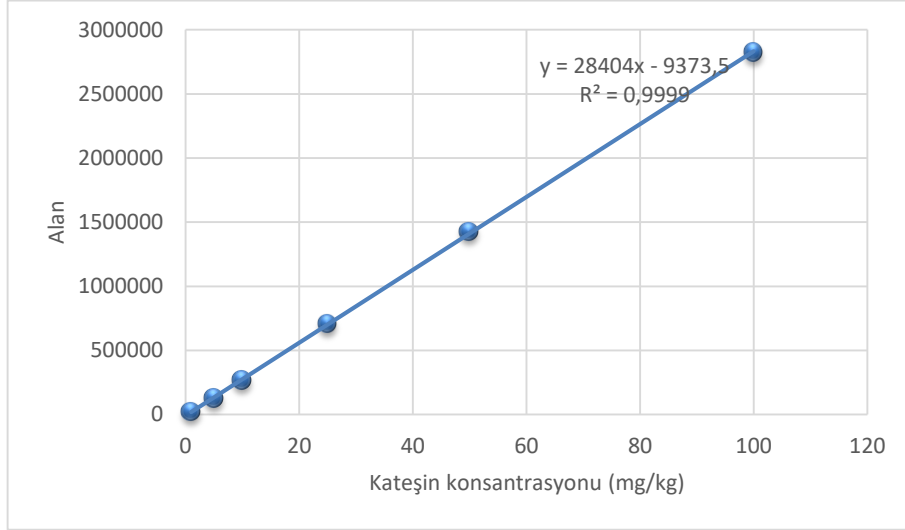
Fenolik bileşikler, standart çözeltilerin alıkonma zamanına göre tespit edilmiş olup, miktarı standart kalibrasyon eğrilerinden elde edilen denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Analizler 3 tekrar ve 2 paralel olarak yürütülmüştür.

Tablo 2.7: Fenolik kompozisyon analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları

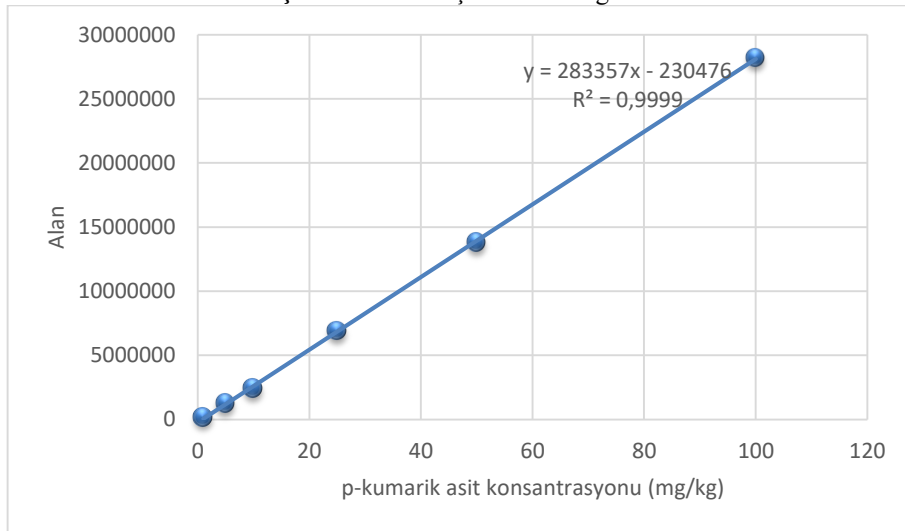
Cihaz	Shimadzu LC20AD														
Kolon	Thermo Scientific BDS Hypersil C18 (100x4,6 mm, 3 µm)														
Dedektör çalışma koşulları	Shimadzu 20AD PDA Dedektör <ul style="list-style-type: none">• Klorojenik asit, kateşin, p-kumarik asit, epikateşin, kafeik asit: 280 nm• Rutin: 360 nm• Hiperosit: 255 nm• Kuersetin, izokuersetin: 370 nm• Gallik asit: 271 nm• Ellajik asit: 254 nm														
Kolon fırını ve çalışma sıcaklığı	Shimadzu CTO-20A Kolon fırını, 25 °C														
Akış hızı	0,5 mL/dk														
Mobil Faz	Gradient, <table border="1"><thead><tr><th>Süre (dak)</th><th>A (%0,1 orto-fosforik asit)</th><th>B (%100 asetonitril)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0-5</td><td>%95</td><td>%5</td></tr><tr><td>5-25</td><td>%50</td><td>%50</td></tr><tr><td>25-30</td><td>%95</td><td>%5</td></tr></tbody></table>			Süre (dak)	A (%0,1 orto-fosforik asit)	B (%100 asetonitril)	0-5	%95	%5	5-25	%50	%50	25-30	%95	%5
Süre (dak)	A (%0,1 orto-fosforik asit)	B (%100 asetonitril)													
0-5	%95	%5													
5-25	%50	%50													
25-30	%95	%5													
Enjeksiyon hacmi	20 µL														



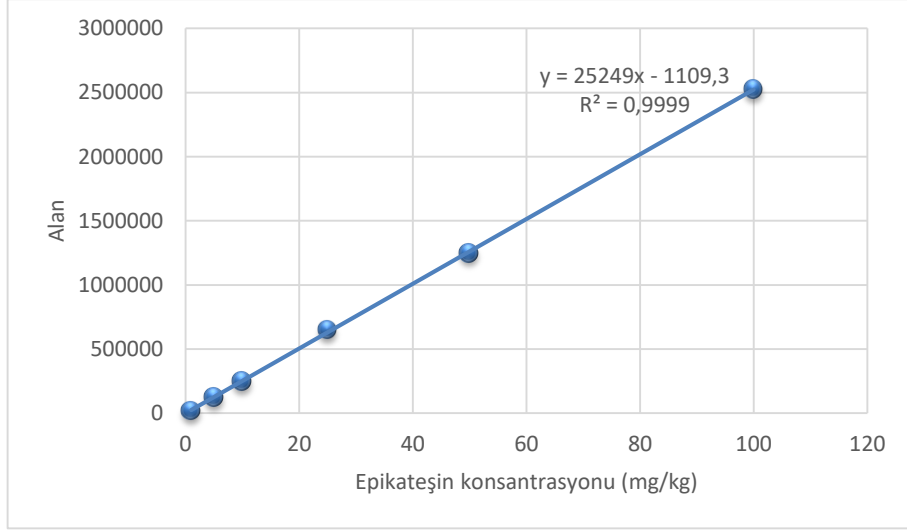
Şekil 2.15: Klorojenik asit standart eğrisi



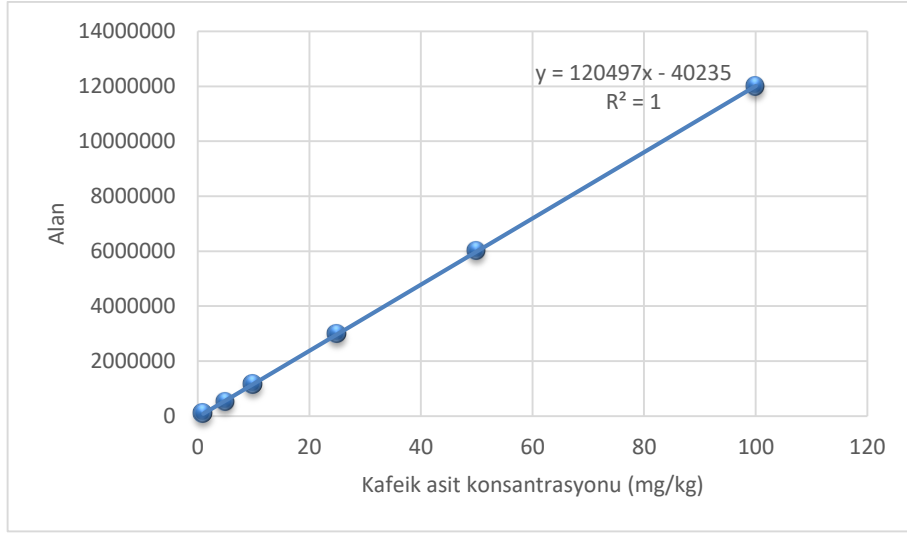
Şekil 2.16: Kateşin standart eğrisi



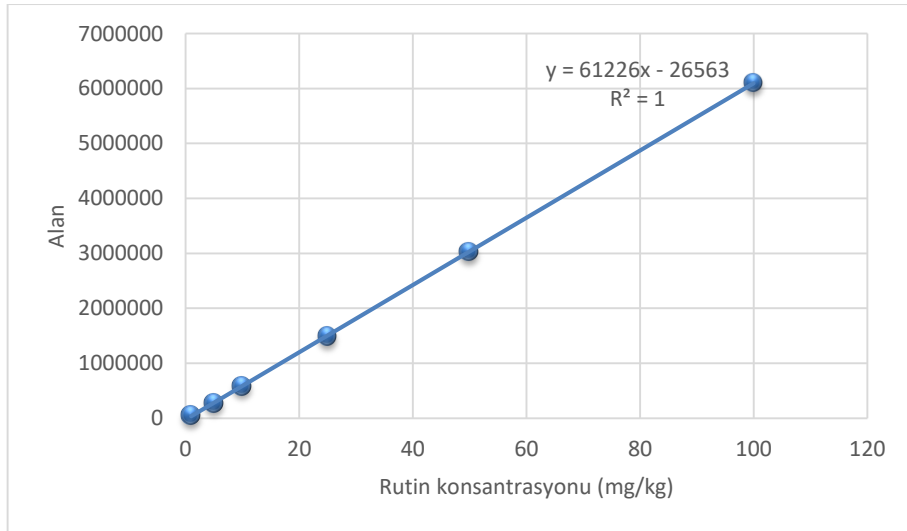
Şekil 2.17: p-kumarik asit standart eğrisi



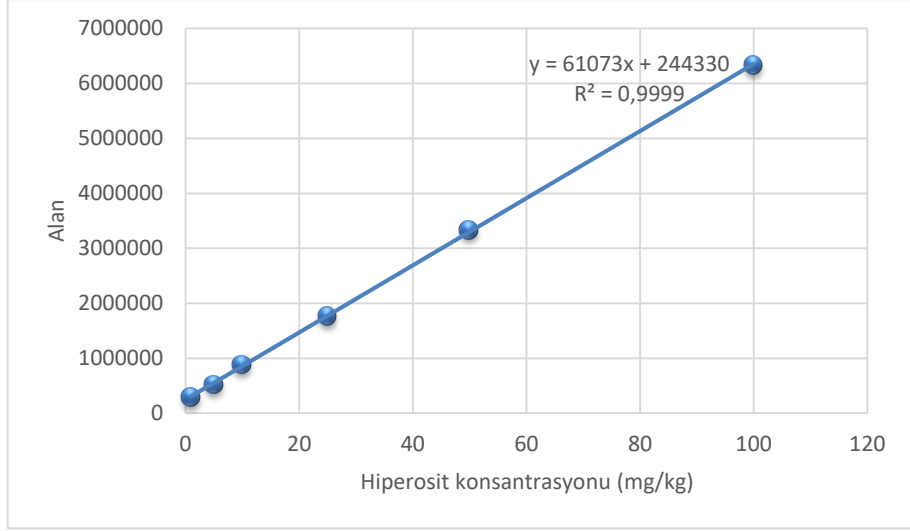
Şekil 2.18: Epikateşin standart eğrisi



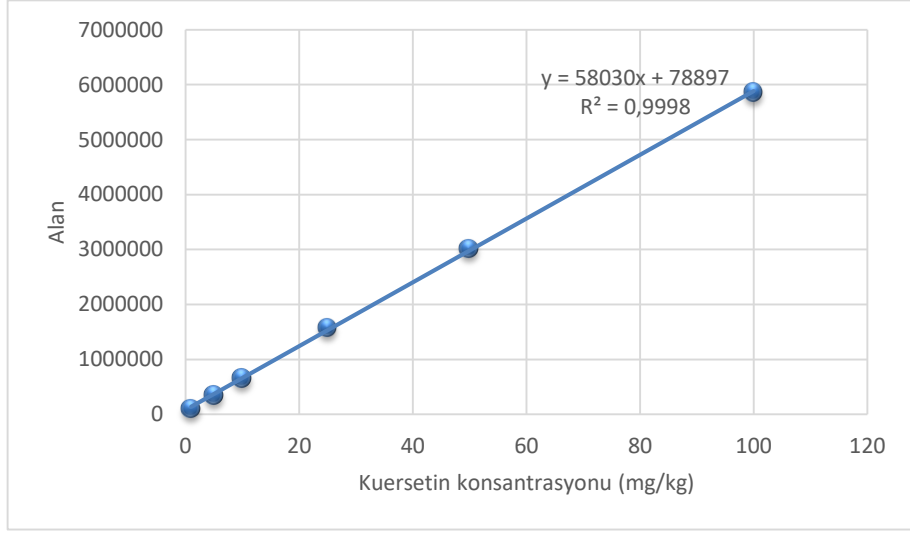
Şekil 2.19: Kafeik asit standart eğrisi



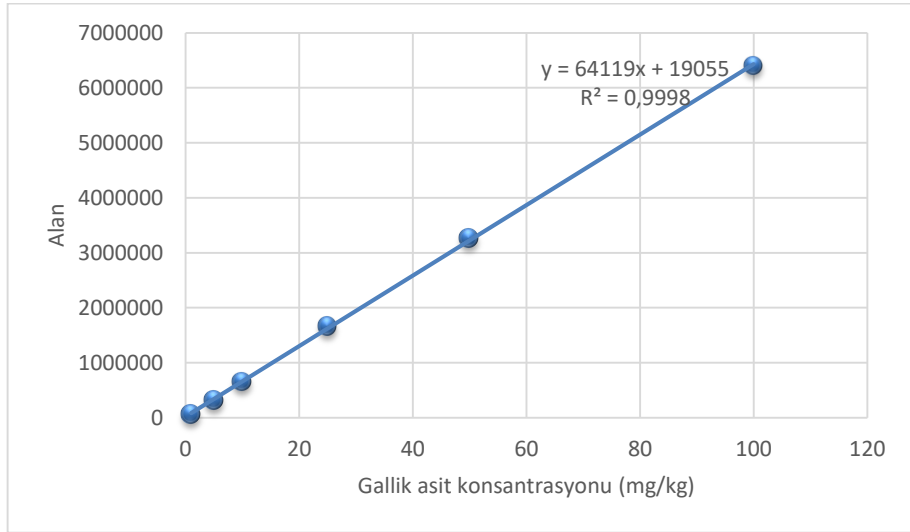
Şekil 2.20: Rutin standart eğrisi



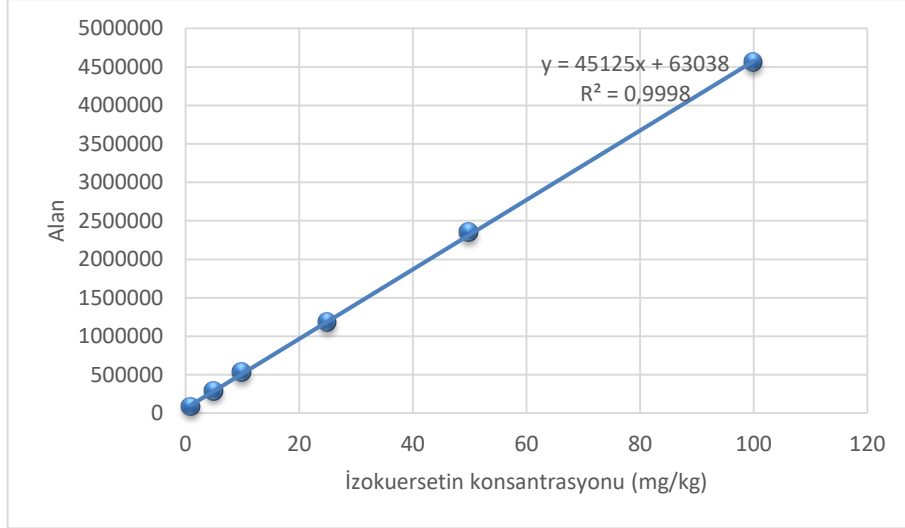
Şekil 2.21: Hiperosit standart eğrisi



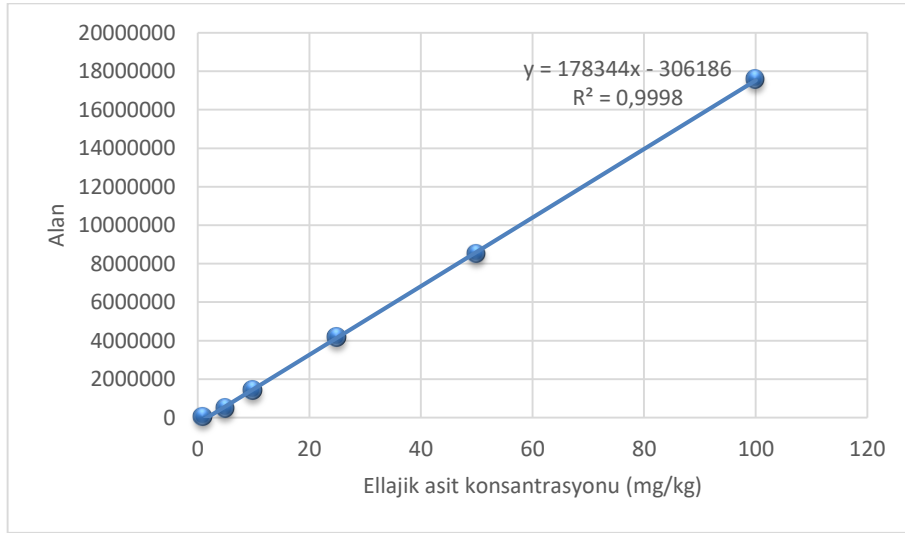
Şekil 2.22: Kuersetin standart eğrisi



Şekil 2.23: Gallik asit standart eğrisi



Şekil 2.24: İzokuersetin standart eğrisi



Şekil 2.25: Ellajik asit standart eğrisi

2.3.7.3 Fenolik Bileşikler İçin Geri Kazanım Testi

Her bir fenolik madde için başlangıç miktarı bilinen örnek üzerine bilinen konsantrasyonlarda standart madde eklenmiştir. Elde edilen örnek HPLC cihazında analiz edilerek geri kazanım miktarı hesaplanmış olup sonuçlar Tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.8: Fenolik bileşikler için geri kazanım testi

Fenolik Bileşen	Örnek başlangıç konsantrasyonu (mg/kg)	Örneğe ilave edilen konsantrasyon (mg/kg)	Geri kazanım (%)	Ortalama geri kazanım (%)
Epikateşin	2,38	1	97,8	97,7
		5	97,1	
		10	98,2	
Kateşin	11,23	1	97,4	97,8
		5	98,7	
		10	97,4	
p-Kumarik asit	5,73	1	96,8	97,1
		5	96,3	
		10	98,2	
Kafeik asit	2,42	1	97,1	97,5
		5	97,6	
		10	97,9	
Rutin	12,69	1	95,3	95,8
		5	95,8	
		10	96,4	
Klorojenik asit	20,61	1	98,4	97,4
		5	97,2	
		10	96,5	
Ellajik asit	2,95	1	94,8	96,3
		5	96,9	
		10	97,2	
Kuersetin	0,71	1	96,9	96,9
		5	96,6	
		10	97,3	
İzokuersetin	0,00	1	96,6	97,1
		5	97,2	
		10	97,4	
Hiperosit	0,00	1	97,5	96,9
		5	96,4	
		10	96,7	
Gallik asit	3,57	1	97,5	96,7
		5	96,4	
		10	96,7	

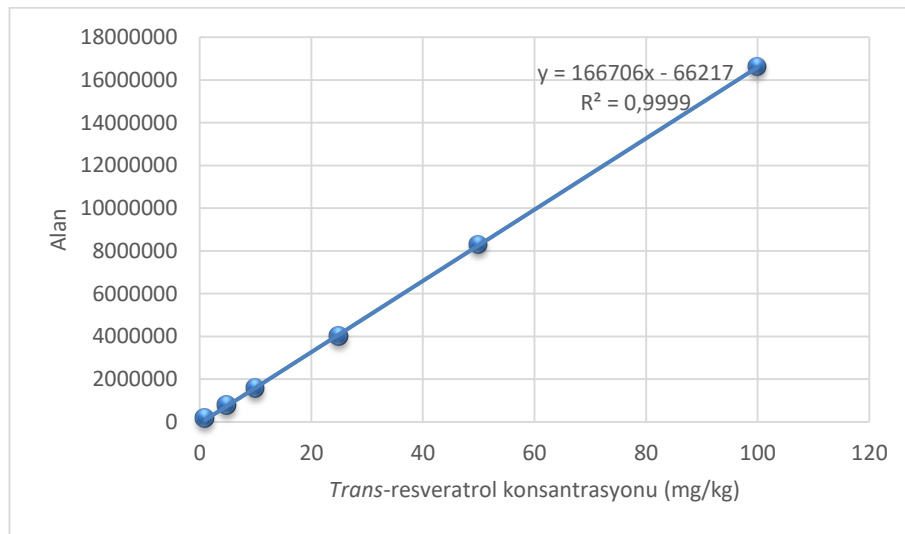
2.3.8 *Trans*-resveratrol Analizi

Trans-resveratrol analizi Singh ve Pai (2014)'e göre gerçekleştirilmiş olup, farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnapların metanol ekstraktları kullanılmıştır. HPLC cihazında gerçekleştirilen analize ait çalışma koşulları Tablo 2.9'da

verilmiştir. Elde edilen kromatogramlar “Shimadzu LC Solution” yazılım programı ile değerlendirilmiştir. Standart *trans*-resveratrol (Sigma Aldrich) kullanılarak farklı konsantrasyonlarda standart çözelti hazırlanmış, cihaza enjekte edilmiş ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. *Trans*-resveratrol standartına ait kalibrasyon eğrisi Şekil 2.26’da verilmiştir. Hünnap meyvesindeki *trans*-resveratrol, standart çözeltinin alıkonma zamanı dikkate alınarak belirlenmiş olup, miktar analizi standart kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklem yardımıyla hesaplanmıştır. Analizler 3 tekrar ve 2 paralel olarak yürütülmüştür.

Tablo 2.9: *Trans*-resveratrol analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve kromatografi koşulları

Cihaz	Shimadzu LC20AD
Kolon	Thermo Scientific BDS Hypersil C18 (100x4,6 mm, 3 µm)
Dedektör çalışma koşulları	Shimadzu 20AD PDA Dedektör, 306 nm
Kolon firmı ve çalışma sıcaklığı	Shimadzu CTO-20A Kolon firmı, 30 °C
Akış hızı	0,8 mL/dk
Mobil Faz	İzokratik, Metanol : 10mM KH ₂ PO ₄ : asetonyitril (63:30:7)
Enjeksiyon hacmi	20 µL



Şekil 2.26: *Trans*-Resveratrol standart eğrisi

2.3.8.1 *Trans*-Resveratrol İçin Geri Kazanım Testi

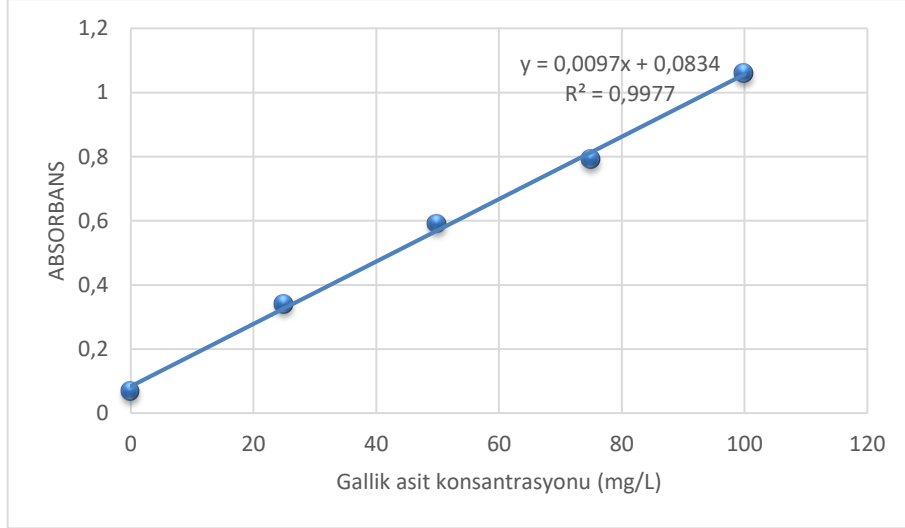
Trans-resveratrol için geri kazanım testi sonuçları Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.3: *Trans*-resveratrole ait geri kazanım testi

	Örnek başlangıç konsantrasyonu (mg/kg)	Örneğe ilave edilen konsantrasyon (mg/kg)	Geri kazanım (%)	Ortalama geri kazanım (%)
<i>Trans</i>-resveratrol	0,044	0,1	97,6	97,9
		0,25	97,9	
		0,5	98,3	

2.3.9 Toplam Fenolik Madde Analizi

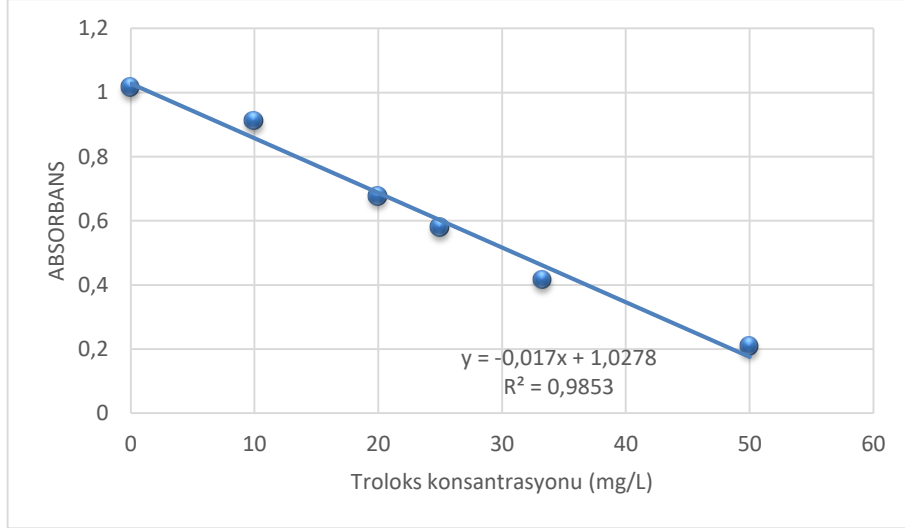
Örneklerin toplam fenolik madde içeriği spektrofotometrik olarak Singleton ve Rossi (1965)'nin önerdiği yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Hünnap meyvelerinin metanol ekstraktından 300 µL alınıp üzerine 1500 µL Folin-Ciocalteu çözeltisi (1:10, Folin-Ciocalteu reaktifi:Ultra saf su) eklenerek 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra bu karışımın üzerine 1200 µL %7,5'lik sodyum bikarbonat çözeltisi eklenerek oda sıcaklığında 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda örneklerin absorbansı 760 nm'de spektrofotometre cihazında (PG Instruments T80 UV/VIS, İngiltere) okunmuştur. Sonuçların hesaplanması için standart gallik asit eğrisi hazırlanmış olup Şekil 2.27'de verilmiştir. Standart gallik asit eğrisinden elde edilen denkleme göre örneklerin toplam fenolik madde içeriği hesaplanmış olup, sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g KM olarak verilmiştir. Analiz 3 tekrar ve 2 paralel olacak şekilde yürütülmüştür.



Şekil 2.27: Toplam fenolik madde için gallik asit standart eğrisi

2.3.10 Toplam Antioksidan Aktivite Analizi

Farklı olgunlaşma evrelerindeki ve kurutulmuş hünnap meyvelerindeki antioksidan aktivite tayini Thaipong ve diğ. (2006) tarafından önerilen DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) metoduna göre spektrofotometrik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hünnap meyvesinin metanol ekstraktı kullanılmıştır. DPPH çözeltisi %90 metanol çözeltisiyle absorbansı 515 nm'de 1,1 olacak şekilde hazırlanmıştır. 150 µL örnek üzerine 2850 µL DPPH çözeltisi eklenerek üzeri parafilm ile kaplanmış ve 1 saat oda sıcaklığında karanlık bir yerde inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda örneklerin absorbansı spektrofotometre cihazında 515 nm'de okunmuştur. Sonuçlar troloks (Sigma Aldrich) standart eğrisinden çıkarılan denkleme göre hesaplanarak mmol troloks eşdeğeri (mmol TE)/ g KM cinsinden hesaplanmıştır. Troloks kalibrasyon eğrisi şekil 2.28'de verilmiş olup, analizler 3 tekrar ve 2 paralel olacak şekilde yürütülmüştür.



Şekil 2.28: Troloks standart eğrisi

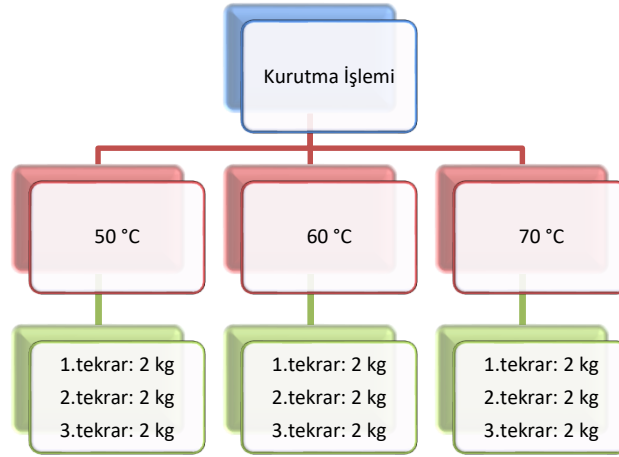
2.3.11 Mineral Madde Analizi

Farklı olgunlaşma evrelerindeki taze hünnap meyveleri ile kurutulmuş hünnap meyvelerinin mineral madde kompozisyonu ve içeriği ICP-MS (AGILENT/7800) cihazında NMKL 186 (2007) metoduna göre belirlenmiştir.

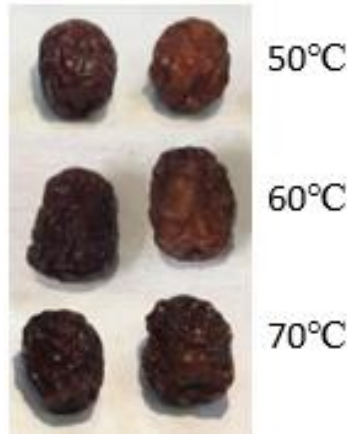
2.4 Kurutma Çalışmaları

2.4.1 Örneklerin Kurutulması

Hünnap meyveleri bütün halde Şekil 2.29'da verilen plana göre kurutulmuştur. Kurutma işlemi tepsili kurutma kabinde (Yücebaş Makine Tic. Ltd. Şti., İzmir) gerçekleştirilmiştir. Sonrasında kurutma tepsilerine tek tabaka halinde dizilerek 50, 60 ve 70 °C'de kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Başlangıçtan itibaren her yarım saatte hassas terazi (Vibra AJ 420 CE, Türkiye) yardımı ile örneklerin ağırlığı kaydedilmiştir. Kurutma işlemi %20 bağıl nem ve 2 m s⁻¹ hava hızında, örneklerin nem içeriği %20-25 değerine ulaşana kadar sürdürülmüştür. 50, 60 ve 70 °C'de kurutulmuş hünnaplar Şekil 2.30'da verilmiştir.



Şekil 2.29: Kurutma planı



Şekil 2.30: Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş hünnap örnekleri

2.4.2 Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi

2.4.2.1 Nem İçeriğinin Hesaplanması

Bütün halde kurutulan hünnap meyvelerinin kurutma sırasındaki nem içeriği değerleri eşitlik 2.5'e göre hesaplanmıştır.

$$M_t = \frac{m_t - KM}{KM} \quad (2.5)$$

M_t : Herhangi bir t anında örnekteki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

m_t : Herhangi bir t anında örneğin ağırlığı (g)

KM: Örneğin içerdiği kuru madde miktarı (g)

2.4.2.2 Nem Oranının Hesaplanması

Kurutulan örneklerin kurutma sırasındaki nem oranları hesaplanırken eşitlik 2.6 kullanılmıştır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \quad (2.6)$$

MR : Örneklerin nem oranı (boyutsuz)

M_i : Örneğe ait başlangıç nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

M_t : Örneğe ait herhangi bir t zamanındaki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

M_e : Örneğe ait herhangi denge nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

Gıdaların kurutulmasında M_t ve M_i ile karşılaştırıldığında M_e çok düşük bir değer olduğu için 0 kabul edilebilmektedir (Zarein ve diğ. 2015, Bi ve diğ. 2015). Bu sebeple örneklerin nem oranı hesaplanırken M_e değeri ihmal edilmiştir.

2.4.2.3 Kuruma Hızının Hesaplanması

Örneklerin kuruma hızı hesaplanırken eşitlik 2.7'den yararlanılmıştır.

$$Kuruma\ Hızı = \frac{M_{t+\Delta t} - M_t}{\Delta t} \quad (2.7)$$

M_t : Örneğe ait herhangi bir t zamanındaki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

$M_{t+\Delta t}$: Örneğe ait herhangi bir t+Δt zamanındaki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

Δt : İki ölçüm arasındaki zaman farkı (saat)

2.4.2.4 Efektif Difüzyon Katsayısı ve Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi

Fick'in difüzyon eşitliği (Eşitlik 2.8) tarım ürünlerinde azalan kuruma hız periyodundaki kurutma prosesini tanımlamak için sıklıkla kullanılmaktadır (Sarpong ve diğ. 2018).

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{eff} \nabla^2 M \quad (2.8)$$

Bu eşitlik nem transferinin sadece difüzyonla gerçekleştiği, üründe büzüşme olmadığı, kuruma süresinin uzun olduğu, sabit sıcaklık ve difüzyon katsayısı olduğu varsayılarak küresel şekilli ürünler için Crank (1975) tarafından aşağıdaki gibi basitleştirilmiştir (Eşitlik 2.9) (Doymaz 2006):

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{n^2 \pi^2 D_{eff} t}{r^2}\right) \quad (2.9)$$

MR : Nem oranı

D_{eff} : Efektif difüzyon katsayısı ($m^2 s^{-1}$)

r : Ürünün başlangıçtaki yarı çapı (m^{-1})

t : Kurutma süresi (saat)

Uzun kuruma süreleri için bu serinin sadece ilk terimi kullanılmakta olup logaritmik formda denklem basitleştirildiğinde eşitlik 2.10 elde edilmektedir (Saravaocos ve Raouzeos, 1986, Kutlu ve diğ. 2015):

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{6}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2}{r^2} D_{eff} t\right) \quad (2.10)$$

Nem oranı değerlerinin doğal logaritması alınıp kuruma zamanına karşı grafiği doğrusal bir grafik vermekte ve bu doğrunun eğiminden de efektif difüzyon katsayısı hesaplanmaktadır (Eşitlik 2.11):

$$\text{Eğim} = -\frac{\pi^2}{r^2} D_{eff} \quad (2.11)$$

Difüzyon katsayısının değişimi Arrhenius tipi bir eşitlikle açıklanmakta olup aktivasyon enerjisi bu eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Eşitlik 2.12) (Fang ve diğ. 2009^a):

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (2.12)$$

R : Evrensel gaz sabiti ($8,314 J mol^{-1} K^{-1}$ ya da $1,987 cal mol^{-1} K^{-1}$)

- T : Kurutma sıcaklığı (K)
- D_{eff} : Efektif difüzyon katsayısı ($m^2 s^{-1}$)
- D_0 : Sonsuz sıcaklıktaki difüzyon katsayısına eşdeğer sabit ($m^2 s^{-1}$)
- E_a : Aktivasyon enerjisi ($kJ mol^{-1}$ ya da $kcal mol^{-1}$)

Eşitlik 2.12'nin doğal logaritması alındığında yeni eşitlik aşağıdaki gibi olmaktadır (Eşitlik 2.13):

$$\ln D_{eff} = \ln D_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (2.13)$$

Efektif difüzyon katsayısının doğal logaritmasının T^{-1} değerine karşı grafiği çizildiğinde doğrusal bir eğri vermekte olup, bu doğrunun eğiminden aktivasyon enerjisi hesaplanabilmektedir.

2.4.3 En Uygun Kinetik Modelin Belirlenmesi

Farklı kurutma sıcaklığında kurutulmuş hünnap meyvelerinin tahmini ve deneysel verileri arasındaki ilişki, determinasyon katsayısı (R^2), tahmini standart hata (RMSE) ve ki-kare (χ^2) değerleri ile açıklanmaktadır. RMSE, tahmin edilen ve deneysel değerler arasındaki sapmayı ifade eden istatistiksel bir parametredir. Deneysel verileri tahmin eden en iyi modeli belirlemek için χ^2 ve RMSE'nin en düşük ve R^2 değerinin en yüksek olduğu model seçilmelidir. Bu çalışmada yararlanılan matematik modeller Tablo 1.2'de verilmiştir. RMSE (Eşitlik 2.14) ve ki-kare (χ^2) (Eşitlik 2.15) değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Hesaplamalar MATLAB (R2015a) programı yardımıyla yapılmıştır.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (MR_{tahmini,i} - MR_{deneysel,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=0}^N (MR_{tahmini,i} - MR_{deneysel,i})^2}{N - n} \quad (2.15)$$

MR_{tahmini}	: Matematik modellerden hesaplanan nem oranı
MR_{deneysel}	: Deneysel verilerden elde edilen nem oranları
N	: Deneysel veri sayısı
n	: Kullanılan modeldeki katsayı sayısı

2.4.4 Parçalanma Kinetiği

Parçalanma kinetiğine ait genel reaksiyon denkliği aşağıdaki gibidir (Labuza ve Riboh 1982; Kadakal ve diğ. 2017) (Eşitlik 2.16):

$$\frac{-d[C]}{dt} = k * [C]^m \quad (2.16)$$

$[C]$: Söz konusu bileşenin nicel değeri
t	: Zaman
k	: Reaksiyon hız sabiti
m	: Reaksiyon derecesi

Sıfırıncı dereceden reaksiyonlar ($m=0$) için Eşitlik 2.16 çözüldüğünde eşitlik 2.17 elde edilmektedir:

$$C = C_0 - kt \quad (2.17)$$

C	: Herhangi bir t anındaki ilgili bileşenin miktarı
C_0	: Başlangıçtaki ilgili bileşenin miktarı
k	: Reaksiyon hız sabiti (saat^{-1})
t	: Kuruma zamanı

Birinci dereceden reaksiyonlar ($m=1$) için Eşitlik 2.16 çözümlenip doğal logaritması alındığında ise eşitlik 2.18 elde edilmektedir:

$$\ln C = \ln C_0 - kt \quad (2.18)$$

2.4.4.1 Parçalanma Kinetiğine Ait Parametrelerin Hesaplanması

Reaksiyonun sıcaklığa bağlı değişimi Arrhenius tipi eşitlikle ifade edilmektedir (Eşitlik 2.19) (Labuza ve Riboh 1982; Kadakal ve diğ. 2017):

$$k = k_0 * e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (2.19)$$

k : Reaksiyon hız sabiti (saat⁻¹)

k₀ : Frekans faktörü (saat⁻¹)

E_a : Aktivasyon enerjisi (kJ mol⁻¹ ya da kcal mol⁻¹)

T : Sıcaklık (K)

R : Evrensel gaz sabiti (8,314 J mol⁻¹ K⁻¹ ya da 1,987 cal mol⁻¹ K⁻¹)

Reaksiyon hız sabitinin doğal logaritmasına karşılık T⁻¹ grafiği çizildiğinde doğrunun eğiminden aktivasyon enerjisi hesaplanmaktadır (Eşitlik 2.20)

$$eğim = \frac{-E_a}{R} \quad (2.20)$$

Q₁₀ değeri reaksiyon hızının sıcaklığa bağlılığının başka bir ifadesi olup sıcaklığın 10 °C yükseltilmesinin reaksiyon hızına etkisini açıklamaktadır. Q₁₀ değeri eşitlik 2.21 yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$Q_{10} = \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^{\frac{10}{T_2-T_1}} \quad (2.21)$$

k₁ : T₁ sıcaklığındaki reaksiyon hız sabiti (saat⁻¹)

k₂ : T₂ sıcaklığındaki reaksiyon hız sabiti (saat⁻¹)

T₁ ve T₂: Sıcaklık (K)

Yarılanma süresi (t_{1/2}) bir bileşenin konsantrasyonunun %50 azalması için gerekli süre olup, birinci dereceden reaksiyonlar için Eşitlik 2.22 ile hesaplanmaktadır:

$$t_{1/2} = -\ln(0,5) / k = 0,693/k \quad (2.22)$$

Desimal azalma süresi (D) bir bileşenin konsantrasyonunun %90 azalması için gerekli süre olup birinci dereceden reaksiyonlar için Eşitlik 2.23 yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$D = -(\ln 0,1) / k = 2,303/k \quad (2.23)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

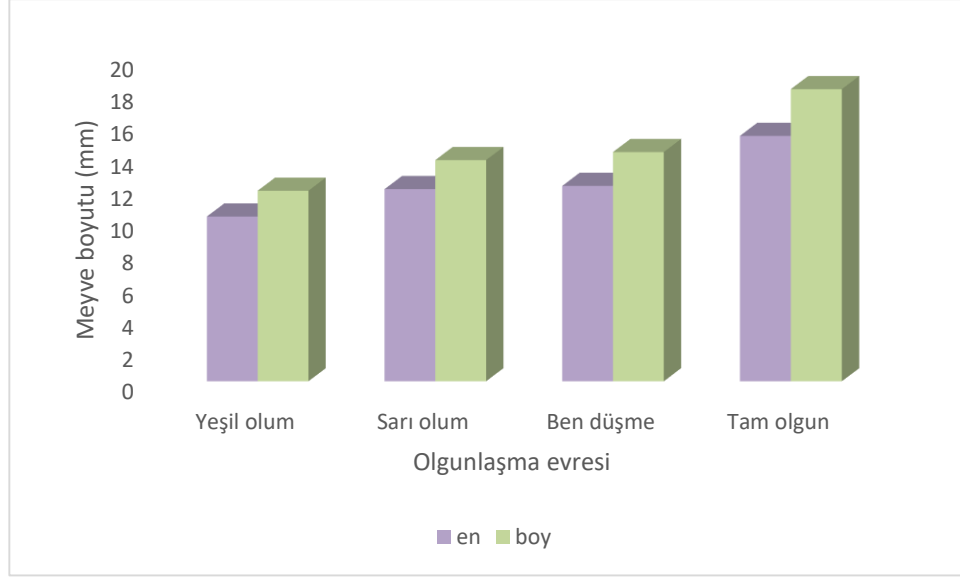
3.1 Farklı Olgunlaşma Evresindeki Hünnap Meyvelerinin Fiziksel Özellikleri

Hünnap meyvesinin ağırlığı ve boyutu, meyve kalitesini değerlendirmede önemli bir role sahip olup tüketici beğenisini etkilemektedir. Hünnap meyvesinin farklı olgunlaşma evrelerindeki meyve boyutu, 200 adet ağırlığı, toplam kuru madde ve briks değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Olgunlaşma boyunca meyvenin boyutu 10,2x11,8 mm ile 15,2x18,1 mm arasında değişmiş olup ($p<0,05$), olgunlaşma ile beraber meyve boyutunun arttığı gözlenmiştir. Benzer olarak Choi ve diğ. (2012) sekiz farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvesinin boyutlarının olgunlaşma süresince 6,5x10,3 mm’den 31,5x40,2 mm’ye ulaştığını belirtmiştir. Hernandez ve diğ. (2016) ise dört farklı hünnap çeşidini inceledikleri çalışmada meyve çapının 17,8-39,8 mm arasında, uzunluğunun ise 22,6-41,5 mm arasında değiştiğini bildirmiştir. Farklı hünnap türlerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada da üç farklı hünnap türüne ait meyvelerin çap x uzunluk değerlerinin 22,98-28,43 mm ile 29,08-29,55 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Reche ve diğ. 2019). Sharma ve Rana (2017) Hindistan’da yetişen hünnap meyvesinin ortalama boyutlarının 11,21x27,38 mm (çap x uzunluk) olduğunu bildirmiştir. Farklı olgunlaşma evresine ait hünnapların olgunlaşma süresince meyve boyutunda meydana gelen değişim Şekil 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Farklı Olgunlaşma Evresindeki Hünnap Meyvelerinin Fiziksel Özellikleri

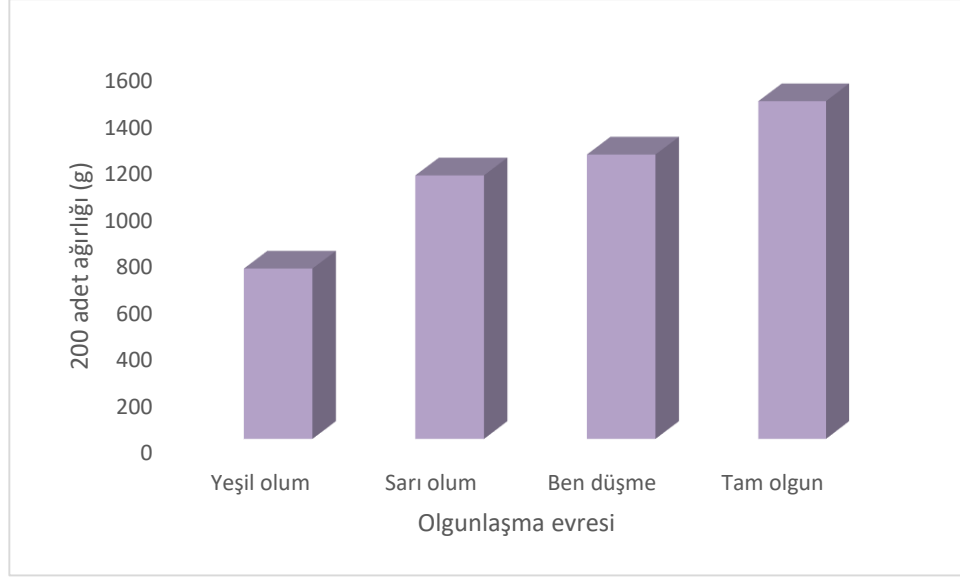
	Yeşil olum	Sarı olum	Ben Düşme	Tam olgun
Meyve boyutu (mm)	En: 10,2±0,02 ^a Boy: 11,8±0,01 ^a	En: 11,9±0,01 ^b Boy: 13,7±0,03 ^b	En: 12,1±0,02 ^b Boy: 14,2±0,01 ^b	En: 15,2±0,01 ^c Boy: 18,1±0,02 ^c
200 adet ağırlığı (g)	730,22±4,86 ^a	1130,91±12,38 ^b	1220,75±11,56 ^c	1450,14±13,65 ^d
Toplam Kuru madde (%)	15,94±0,7 ^a	16,00±0,82 ^a	20,64±0,74 ^b	34,59±0,68 ^c
Briks (%)	9,66±0,02 ^a	10,33±0,04 ^b	16,7±0,02 ^c	25,4±0,05 ^d

Aynı satırdaki farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir ($p<0,05$)
Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.



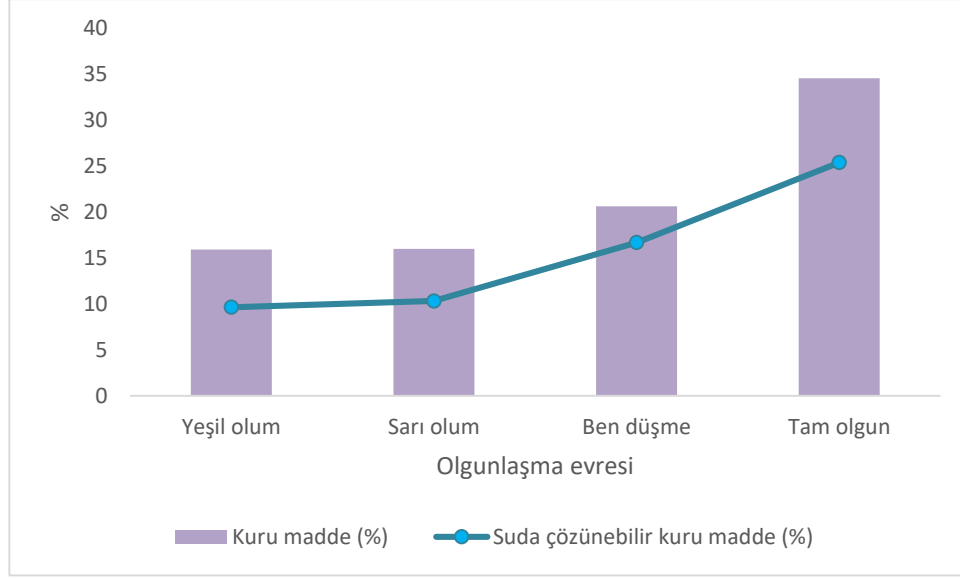
Şekil 3.1: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinin boyutu

Hünnap meyvelerinin ağırlığı olgunlaşma süresince artmış olup ($p < 0,05$), 200 adet ağırlığında olgunlaşma boyunca meydana gelen değişiklikler Şekil 3.2’de verilmiştir. Olgunlaşmayla beraber 200 adet ağırlığı 730,22 g’dan 1450,14 g’a yükselmiştir. Meyve ağırlığı türe, yetiştirme koşullarına ve meyvenin olgunlaşma evresine bağlı olarak değişmektedir (Gao ve diğ. 2011, Gao ve diğ. 2012^a). Choi ve diğ. (2012) tane ağırlığının olgunlaşma ile arttığını ve olgunlaşma boyunca 0,4 g’dan 19 g’a yükseldiğini bildirmiştir. Başka çalışmalarda da farklı türdeki hünnap meyvelerinin tane ağırlıklarının 4,8-29,3 g (Hernandez ve diğ. 2016) ve 9,1-12,7 g (Reche ve diğ. 2019) olarak değiştiği belirtilmiştir. Akbolat ve diğ. (2008)’in yaptığı bir çalışmada ise hünnap meyvelerinin tane ağırlığı 1,26 g; bin tane ağırlığının ortalaması 1139 g olarak bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada da on farklı hünnap türünde meyvenin tane ağırlığının 3,3 ile 26,8 g arasında değiştiği Gao ve diğ. (2012^a) tarafından rapor edilmiştir.



Şekil 3.2: Farklı Olgunlaşma Evrelerindeki Hünnap Meyvelerinin 200 Adet Ağırlığı

Hünnap meyvelerinin kuru madde miktarı olgunlaşma ile birlikte artış göstermiştir. En düşük kuru madde miktarı yeşil olum evresindeki örneklerde %15,94 olarak saptanmıştır. Aynı artış suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarında da gözlenmiş olup yeşil olum evresinde 9,66 briks olarak belirlenen SÇKM miktarı, tam olgun örneklerde 25,4 brikse yükselmiştir. Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinin kuru madde ve SÇKM miktarındaki değişim Şekil 3.3'te grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak Cosmulescu ve diğ. (2018) de dört farklı olgunlaşma evresindeki iki farklı türdeki hünnap meyvelerinin kuru madde ve SÇKM miktarının olgunlaşma ile birlikte arttığını bildirmiştir. Aynı çalışmada kuru madde miktarının olgunlaşma ile %16,39-17,92'den %32,31-33,2'ye; SÇKM miktarının 7-9'dan 20,5-23 brikse yükseldiği gözlenmiştir (Cosmulescu ve diğ. 2018). Gao ve diğ. (2012^a) yaptıkları çalışmada SÇKM miktarının 11,3 ile 30,1 briks arasında değiştiğini belirtmiştir. Altı farklı olgunlaşma aşamasındaki hünnap meyvesinin incelendiği bir çalışmada SÇKM miktarının olgunlaşma ile birlikte 10,3'ten 23,9 brikse yükseldiği gözlenmiş olup, bu artış pektin ve doğal şeker kompozisyonundaki değişim ile açıklanmıştır (Wu ve diğ. 2012). Ayrıca bir başka çalışmada, dört farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin SÇKM miktarının olgunlaşmayla arttığı ve bu artışın nişastanın basit şekerlere hidroliz olmasıyla açıklanabileceği belirtilmiştir (Wang ve diğ. 2013). Benzer şekilde Zheng ve diğ. (2012) de SÇKM miktarındaki artışın olgunlaşmamış hünnaptaki nişastanın hidroliz olması ile açıklanabileceğini bildirmiştir.



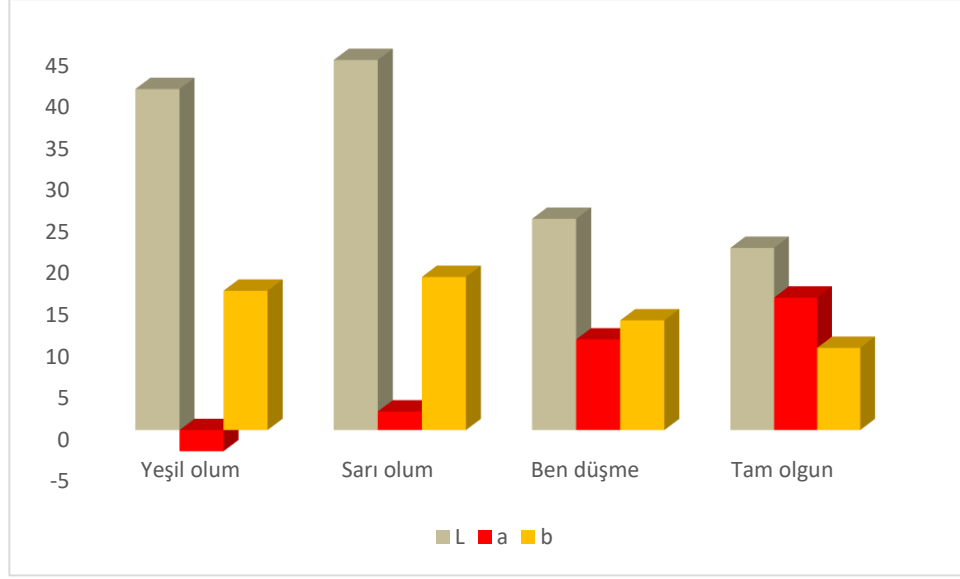
Şekil 3.3: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinin kuru madde ve SÇKM miktarı (%)

Renk, nihai ürün kalitesini belirleyen ve tüketici tercihi etkileyen en önemli kalite özelliklerinden biridir. Meyve ve sebze gibi tarım ürünlerinin rengi doğal pigmentlerden kaynaklanmakta olup, bunların pek çoğu olgunlaşma ile değişmektedir. Moradinezhad ve diğ. (2016) de hünnap meyvesinde renk değişiminin, olgunlaşma indeksi olarak değerlendirildiğini vurgulamaktadır. Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinin renk değerleri Tablo 3.2’de, grafiksel olarak gösterimi ise Şekil 3.4’te verilmiştir.

Tablo 3.2: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin renk değerleri

	L	a	b
Yeşil olum	41,00±0,06 ^a	-2,55±0,05 ^a	16,77±0,09 ^a
Sarı olum	44,48±0,22 ^b	2,24±0,11 ^b	18,43±0,1 ^b
Ben Düşme	25,41±0,13 ^c	10,93±0,06 ^c	13,22±0,13 ^c
Tam Olgun	21,92±0,01 ^d	15,95±0,12 ^d	9,91±0,12 ^d

Aynı sütundaki farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)



Şekil 3.4: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin renk değerlerindeki değişim

L değeri açıklık ve koyuluğun bir göstergesi olup, meyve ve sebzelerdeki tazeliği belirtmektedir (Zhan ve diğ. 2016). Analiz edilen hünnap meyvelerinin L değeri yeşil olum evresinden (41,00) sarı olum evresine (44,48) geçerken artmış, olgunlaşmanın ilerleyen aşamalarında ise azalmıştır. Artan a değerleri kırmızı rengin artışı ile ilişkili olduğundan beklenildiği gibi olgunlaşma boyunca a değerinde istatistik olarak önemli bir artış gözlenmiştir ($p < 0,05$). Sarı rengin artışı ile ilişkilendirilen +b değeri ise en yüksek sarı olum evresinde gözlenirken olgunlaşma ilerledikçe azalmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak Xie ve diğ. (2017) olgunlaşma ile hünnap meyvelerinin L değerinin azaldığını, a değerinin arttığını, b değerinin ise önce artıp olgunlaşma ilerledikçe azaldığını bildirmiştir.

3.2 Farklı Olgunlaşma Evresindeki Hünnap Meyvelerinin Kimyasal Özellikleri

Meyvelerin olgunlaşması kompleks bir süreç olup, meyve kalitesi ve istenilen lezzet açısından önemli bir kriterdir (Patel ve Rao 2009). Olgunlaşmayla beraber pektinlerin hidrolizi, şeker ve asitlerin metabolize olması, karotenoidlerin üretilmesi ve fenolik bileşiklerin değişimi gibi bir seri biyokimyasal reaksiyon meydana gelmektedir (Brummell 2006, Prasanna ve diğ. 2007).

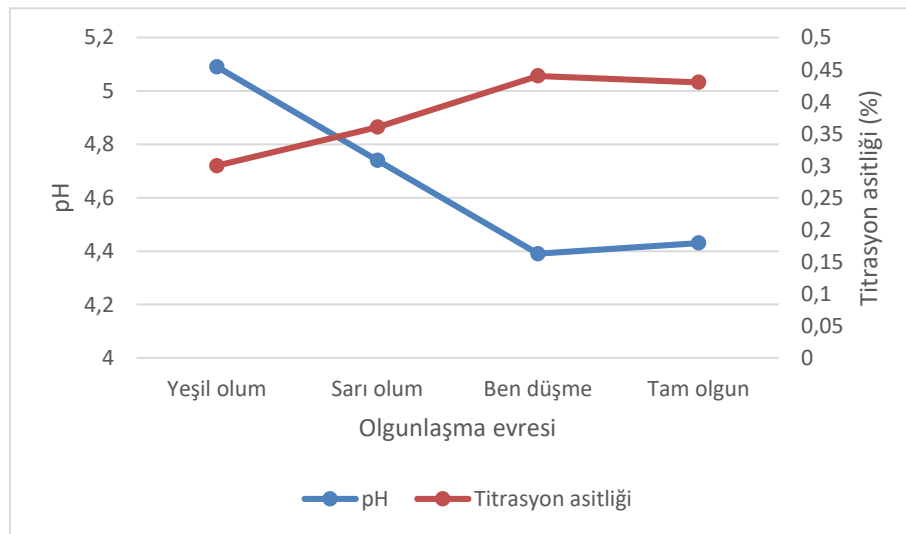
3.2.1 pH ve Titrasyon Asitliği

Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri Tablo 3.3'te, grafiksel olarak gösterimi ise Şekil 3.5'te verilmiştir. pH değeri olgunlaşmanın ilk üç aşamasında istatistiksel olarak önemli bir azalış ($p<0,05$) göstermiş olup ben düşme ve tam olgun evreleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Titrasyon asitliği yeşil olum evresinde %0,30 iken olgunlaşma ile artarak tam olgun örneklerde %0,43'e ulaşmıştır. Gao ve diğ. (2011) beş farklı hünnap çeşidini araştırdıkları çalışmalarında pH değerinin 6,1-6,6; titrasyon asitliği değerinin ise %0,20-0,47 arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu tez çalışmasının sonuçlarına paralel olarak Wang ve diğ. (2013) dört farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvesinin titrasyon asitliğinin yeşil olum evresindeki örneklerde %0,28 iken olgunlaşmayla beraber artarak tam olgun örneklerde %0,46 olarak hesaplandığını bildirmiştir. Benzer olarak Moradinezhad ve diğ. (2016) de titrasyon asitliğinin olgunlaşma ile %0,41'den %0,51'e yükseldiğini belirtmiştir.

Tablo 3.3: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin pH ve titrasyon asitliği

	Yeşil olum	Sarı olum	Ben düşme	Tam olgun
pH	5.09±0,07 ^a	4.74±0,06 ^b	4.39±0,06 ^c	4.43±0,08 ^c
Titrasyon asitliği (%)	0,30±0,013 ^a	0,36±0,012 ^b	0,44±0,015 ^c	0,43±0,016 ^c

Aynı satırdaki farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir ($p<0,05$)



Şekil 3.5: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin pH ve titrasyon asitliği değişimi

3.2.2 Kül Miktarı

Farklı olgunlaşma evresindeki hünnapların kül miktarı Tablo 3.4'te, kül miktarının olgunlaşmayla değişiminin grafiksel gösterimi ise Şekil 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.4: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin kül miktarı

Olgunlaşma evresi	Kül miktarı (%)
Yeşil olum	1,29±0,01 ^a
Sarı olum	1,33±0,01 ^b
Ben düşme	1,36±0,01 ^b
Tam olgun	1,41±0,02 ^c

Aynı sütundaki farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)



Şekil 3.6: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin kül miktarındaki değişim

Hünnap meyvesindeki kül miktarı yeşil olum evresinde %1,29; sarı olum evresinde %1,33; ben düşme evresinde %1,36; tam olgun evrede ise %1,41 olarak bulunmuştur. Şekil 3.6'dan da görüldüğü gibi kül miktarı olgunlaşma ile istatistik olarak önemli bir artış göstermiştir (p<0,05). Akbolat ve diğ. (2008) olgun hünnap meyvelerinde kül miktarını %2; Sharma ve Rana (2017) ise %1,11 olarak bildirmiştir. 5 farklı hünnap türünde kül miktarının %2,26 ile %3,01 (KM) arasında değiştiği Li ve diğ. (2007) tarafından belirtilmiştir. Kül miktarının yüksek olması hünnap meyvesinin mineral maddeler açısından zengin bir meyve olduğunu göstermektedir.

3.2.3 Suda Çözünen Vitaminler

Yeşil olum, sarı olum, ben düşme ve tam olgun olmak üzere dört farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinde bulunan suda çözünen vitamin miktarları Tablo 3.5'te verilmiştir.

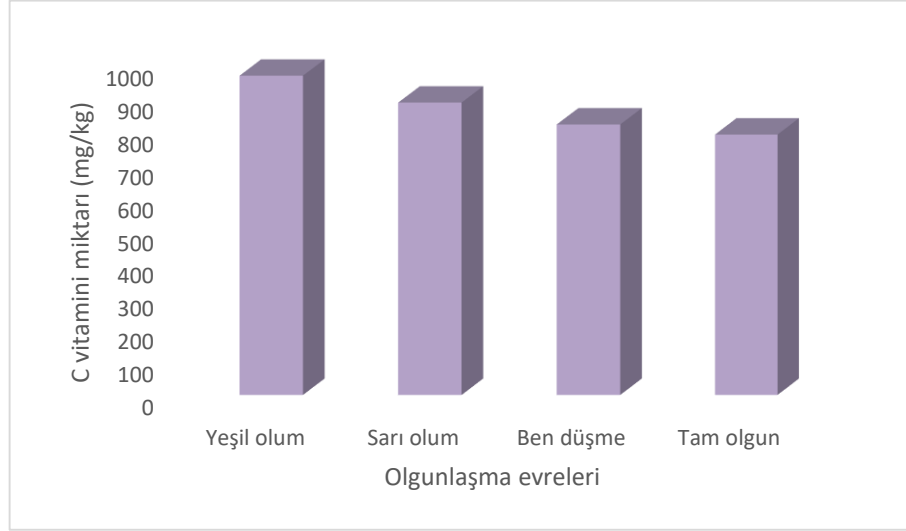
Tablo 3.5: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinde suda çözünen vitamin miktarı (mg/kg KM)

Olgunlaşma evreleri	Askorbik asit (C vitamini)	Tiamin (B1)	Pridoksin (B6)	Riboflavin (B2)	Niasin (B3)
Yeşil olum	967,67±19,72 ^a	0,2722±0,0151 ^a	0,9632±0,0252 ^a	0,3321±0,0254 ^a	1,0723±0,0254 ^a
Sarı olum	886,04±16,13 ^b	0,2652±0,0214 ^a	0,9629±0,0216 ^a	0,4634±0,0153 ^b	9,6338±0,1534 ^b
Ben düşme	819,67±16,80 ^c	0,2821±0,0128 ^a	0,8116±0,0213 ^b	0,4226±0,0154 ^c	8,9723±0,1538 ^c
Tam olgun	789,05±9,63 ^c	0,2733±0,0151 ^a	0,8033±0,0208 ^b	0,4100±0,0100 ^c	8,8333±0,1527 ^c

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

C vitamini, indirgen ve şelatlayıcı ajan olmasının yanı sıra, serbest radikalleri süpürücü etkisi nedeniyle de önemli bir antioksidan olarak görev yapmaktadır (Wojdylo ve diğ. 2016^b). Hünnap meyvesinde bulunan C vitamini miktarının olgunlaşma evrelerine göre değişiminin grafiksel olarak gösterimi Şekil 3.7'de verilmiştir. En yüksek C vitamini miktarı (967,67 mg/kg KM) yeşil olum evresindeki örneklerde tespit edilmiş olup, olgunlaşma ile miktarı istatistiksel olarak azalmıştır (p<0,05). Ben düşme evresindeki örnekler ile tam olgun örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Benzer olarak Wu ve diğ. (2012) başlangıçta 310,32 mg/100 g yaş ağırlık (YA) olan C vitamini miktarının, olgunlaşma ile azalarak tam olgun örneklerde 199,58 mg/100 g YA olarak bulunduğunu bildirmiştir. Cosmulescu ve diğ. (2018) ise bu sonuçların aksine, farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinde en yüksek C vitamini miktarının tam olgun hünnap meyvelerinde gözlendiğini (319,2-321,9 mg/L) bildirmiştir. Moradinezhad ve diğ. (2016) dört farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin C vitamini miktarının olgunlaşmaya bağlı olarak değiştiğini, en yüksek C vitamini miktarının (637,56 mg/100 g YA) olgun örneklerden elde edildiğini vurgulamıştır. Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinde bulunan C vitamini miktarı ile ilgili kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada olgun hünnap meyvelerindeki C vitamini miktarı 93,58 mg/100 g olarak bulunmuştur

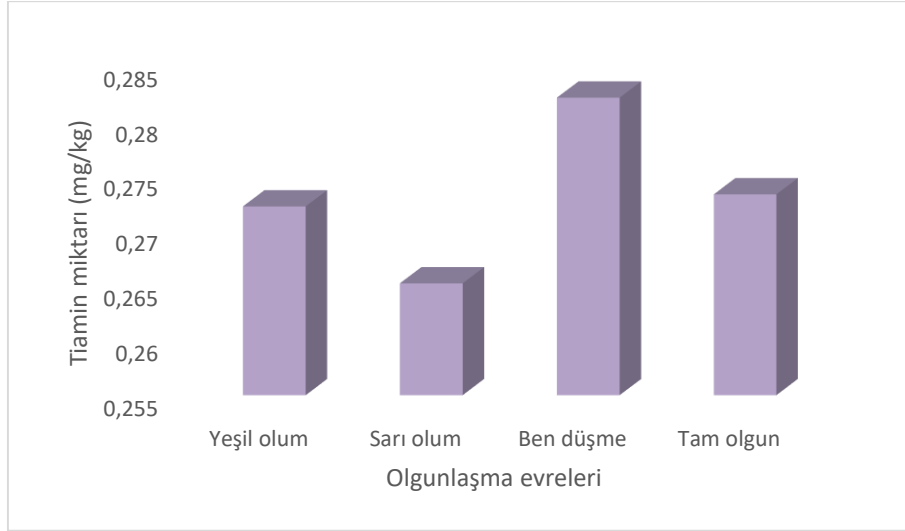
(Sharma ve Rana 2017). Gao ve diğ. (2012^a) 10 farklı hünnap türüne ait meyvelerin C vitamini miktarının 225,1 ile 387,9 mg/100 g arasında değiştiğini bildirmiş ve gözlenen bu farklı değerlerin genetik çeşitlilikten ileri geldiğini belirtmiştir. Wojdylo ve diğ. (2016^b) farklı türdeki hünnap meyvelerinin C vitamini miktarının 387-555 mg/ 100 g YA olarak değiştiğini bildirmiştir.



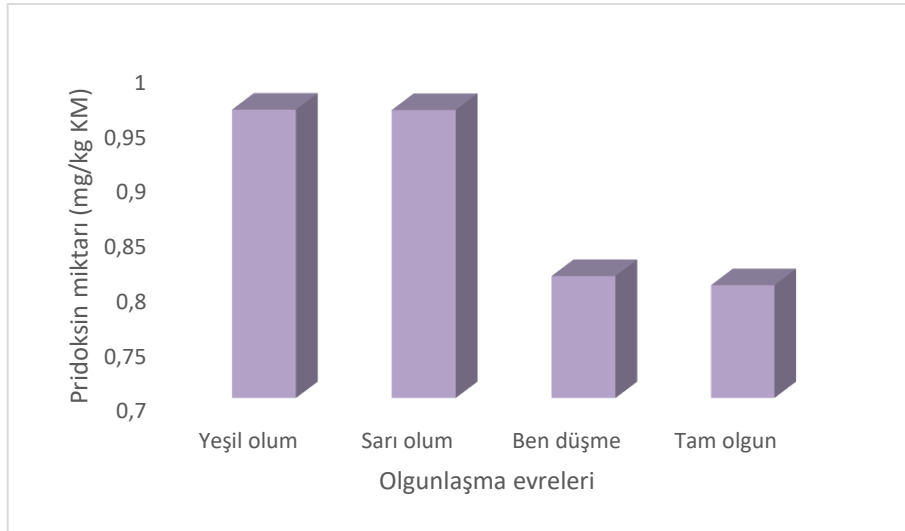
Şekil 3.7: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin C vitamini miktarı

B grubu vitaminlerden tiamin, *in vivo* enzim aktivitelerini düzenlemesinin yanı sıra, karbonhidrat metabolizmasında ve nöromodülatör fonksiyonlarda önemli rol oynamaktadır ve sindirim sistemini uyardığı bilinmektedir (Kim ve diğ. 2018). Hünnap meyvesinde bulunan tiamin miktarında olgunlaşmayla istatistik olarak bir farklılık gözlenmemiş olup tam olgun örneklerdeki tiamin miktarı 0,2733 mg/kg KM olarak tespit edilmiştir. Pridoksin miktarında yeşil olum ve sarı olum evresi arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmazken ben düşme evresinde pridoksin miktarı önemli ölçüde azalmıştır ($p<0,05$). Diğer bir B grubu vitamin olan riboflavin büyümenin desteklenmesi, oral mukozal koruma ile *in vivo* oksidasyon ve redüksiyonda rol oynamaktadır (Kim ve diğ. 2018). Yeşil olum evresinde 0,3321 mg/kg KM olarak bulunan riboflavin miktarı sarı olum evresinde artarak 0,4634 mg/kg KM olarak tespit edilmiştir. Ben düşme evresinden sonra riboflavin miktarı azalmış olup tam olgun örneklerde 0,4100 mg/kg KM olarak belirlenmiştir. Niasin ise gıdaların oksidasyonunda rol oynamakla beraber, kan dolaşımını desteklemekte ve vücuttaki kolesterol seviyesini düşürmektedir (Kim ve diğ. 2018). Yeşil olum evresinde 1,0723 mg/kg KM olarak belirlenen niasin miktarı sarı olum evresindeki

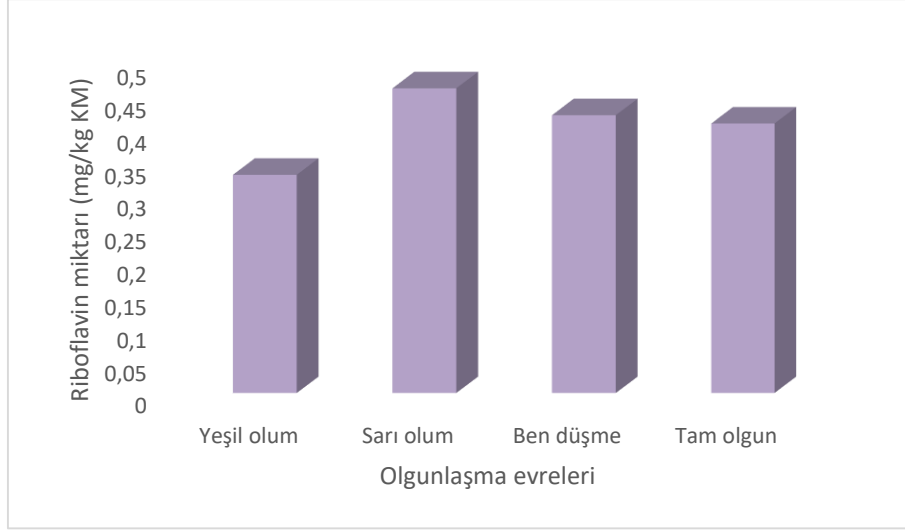
örneklerde artarak 9,6338 mg/kg KM değerine ulaşmış ($p<0,05$) ve bu olgunlaşma evresinden sonra tekrar azalış göstermiştir. Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerine ait tiamin, pridoksin, riboflavin ve niasin miktarının grafiksel gösterimi sırasıyla Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de verilmiştir.



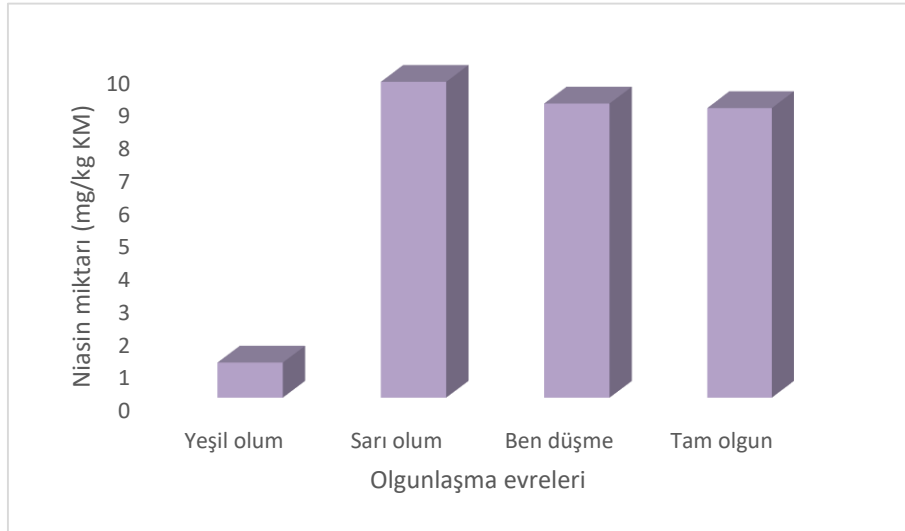
Şekil 3.8: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin tiamin miktarı



Şekil 3.9: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin pridoksin miktarı



Şekil 3.10: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin riboflavin miktarı



Şekil 3.11: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin niasin miktarı

Yaşa (2016), bu çalışma ile benzer olarak, hünnap meyvesinde bulunan tiamin, riboflavin, niasin ve pridoksin miktarını sırasıyla 0,018 mg/100 g, 0,036 mg/100 g, 0,820 mg/100 g ve 0,076 mg/100 g olarak belirtmiştir. Ayrıca Li ve diğ. (2007) 5 farklı hünnap çeşidinde tiamin ve riboflavin miktarının sırasıyla 0,04-0,09 mg/100 g KM ve 0,05-0,09 mg/100 g KM arasında değiştiğini bildirmiştir. Pareek (2013) bu çalışmanın sonuçlarına paralel olarak olgun hünnap meyvelerinde tiamin, riboflavin ve niasin miktarını sırasıyla 0,02-0,024; 0,02-0,038 ve 0,7-0,873 mg/100 g YA olarak belirtmiştir.

3.2.4 Hünnap Meyvesinde Bulunan Organik Asitler

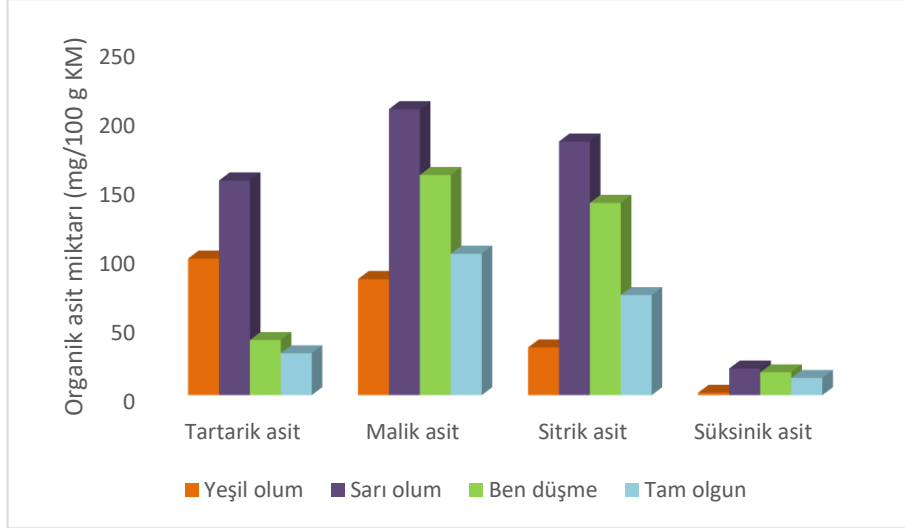
Dört farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinde bulunan organik asitler ve miktarları Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinde organik asit miktarı dağılımı (mg/100 g KM)

	Tartarik asit	Malik asit	Sitrik asit	Süksinik asit
Yeşil olum	99,64±0,81 ^a	84,88±1,58 ^a	34,92±2,07 ^a	1,74±0,06 ^a
Sarı olum	155,91±1,53 ^b	207,31±3,04 ^b	183,96±4,54 ^b	19,43±1,44 ^b
Ben düşme	40,3±1,43 ^c	159,88±5,79 ^c	139,76±2,55 ^c	16,67±1,14 ^c
Tam olgun	30,65±0,93 ^d	103,11±1,60 ^d	73,20±1,41 ^d	12,55±0,91 ^d

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

Meyvelerin organik asit profili, meyve sularının duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi nedeniyle son derece önemli olup, aynı zamanda meyve ürününde kullanılan bir özgünlük indeksidir (Gao ve diğ. 2012^b). Hünnap meyvesinde bulunan baskın organik asit malik asit olarak tespit edilmiş olup miktarı tam olgun meyvelerde 103,11 mg/100 g KM’dir. Malik asit miktarında yeşil olum evresinden sonra istatistik olarak önemli bir artış gözlenmiş olup ileriki olgunlaşma evrelerinde azalmıştır (p<0,05). Tartarik, sitrik ve süksinik asit miktarları da malik asit ile benzer olarak sarı olum evresinde istatistik olarak önemli derecede artmış ve ileriki evrelerde azalmıştır. Tam olgun hünnap meyvelerinde bulunan tartarik, sitrik ve süksinik asit miktarları sırasıyla 30,65; 73,20 ve 12,55 mg/100 g KM olarak tespit edilmiştir. Hünnap meyvelerinin farklı olgunlaşma evrelerine ait organik asit miktarlarının grafiksel olarak gösterimi Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvelerinin organik asit miktarları

Gao ve diğ. (2012^a) hünnap meyvesinde bulunan organik asit miktarının türe ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğini belirtmiş ve bu çalışmanın sonuçlarıyla benzer olarak baskın organik asidin malik asit olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada on farklı hünnap türünde malik, sitrik ve süksinik asit miktarının sırasıyla 294,0-740,3 mg/100 g YA, 39,4-196,6 mg /100 g YA ve 13,8-177,9 mg/100 g YA olarak değiştiği tespit edilmiştir (Gao ve diğ. 2012^a). Elde edilen sonuçlara paralel olarak, Wu ve diğ. (2012) altı farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvesinde, tartarik, malik, sitrik ve süksinik asit miktarlarının birinci olgunlaşma evresinden sonra arttığını ve olgunlaşmanın ilerleyen evrelerinde azaldığını belirtmiştir. Buna ek olarak, tam olgun meyvelerde baskın organik asidin malik asit olduğunu bildirmiştir. Ayrıca organik asitlerin lezzet, besleyici değer ve meyve kabul edilebilirliğini etkileyen meyve olgunluğu açısından bir indikatör olduğunu belirtmişlerdir (Wu ve diğ. 2012). Başka bir çalışmada farklı olgunlaşma evrelerinde ve farklı türlerdeki hünnap meyvelerinde organik asit miktarı incelenmiş, okzalik asit miktarının kırmızı olgunluk evresinde beyaz olgunluk evresine göre azaldığı, tartarik, malik, laktik ve askorbik asitin ise kırmızı olgunluk evresinde daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Cosmulescu ve diğ. 2018). Bu çalışmada elde edilen sonuçların aksine Hernandez ve diğ. (2016) farklı hünnap türlerinde baskın organik asidin süksinik asit olduğunu bildirmiştir.

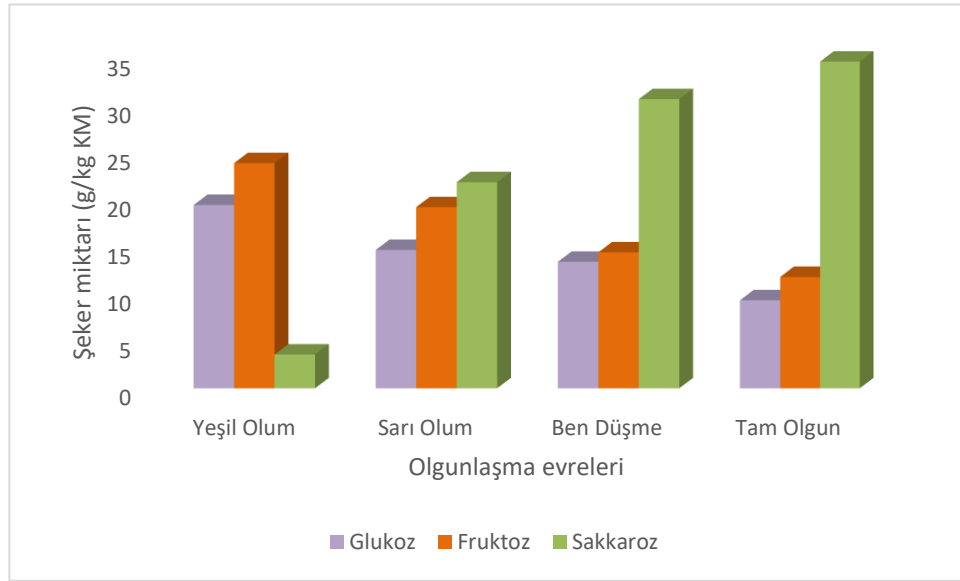
3.2.5 Hünnap Meyvesinin Şeker Kompozisyonu

Yeşil olum, sarı olum, ben düşme ve tam olgun olmak üzere dört farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin şeker kompozisyonu Tablo 3.7’de, grafiksel gösterimi ise Şekil 3.13’te verilmiştir.

Tablo 3.7: Farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin şeker kompozisyonu (g/kg KM)

Şekerler	Yeşil Olum	Sarı Olum	Ben Düşme	Tam Olgun
Glukoz	19,48±0,18 ^a	14,70±0,19 ^b	13,44±0,14 ^c	9,35±0,25 ^d
Fruktoz	23,93±0,22 ^a	19,25±0,36 ^b	14,45±0,33 ^c	11,83±0,16 ^d
Sakkaroz	3,59±0,13 ^a	21,90±0,34 ^b	30,73±0,22 ^c	34,71±0,39 ^d

Aynı satırda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)



Şekil 3.13: Farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin şeker kompozisyonu

Hünnap meyvesinde bulunan şeker kompozisyonu incelendiğinde glukoz, fruktoz ve sakkaroz miktarlarının olgunlaşmaya bağlı olarak değiştiği; glukoz ve fruktoz olgunlaşma ile birlikte azalırken sakkaroz içeriğinin arttığı gözlenmiştir. Tam olgun hünnap meyvesindeki glukoz, fruktoz ve sakkaroz içeriği sırasıyla 9,35; 11,83 ve 34,71 g/kg KM olarak tespit edilmiştir. Meyvelerdeki şeker kompozisyonu ve miktarının türe, genotipe, yetiştirme koşullarına ve olgunlaşma evresine göre farklılık gösterdiği bildirilmektedir (Hernandez ve diğ. 2016).

Wu ve diğ. (2012) olgunlaşmaya bağlı olarak hünnap meyvesinde bulunan glukoz, fruktoz ve sakkaroz miktarının değiştiğini, tam olgun örneklerin glukoz, fruktoz ve sakkaroz miktarının sırasıyla 1932,35; 2116,13 ve 891,83 mg/100 g YA olduğunu saptamışlardır. Olgunlaşmanın ilk dört evresinde glukoz ve fruktoz miktarının arttığını, dördüncü olgunlaşma evresinden sonra azaldığını bildirmişlerdir. Sakkaroz ise birinci olgunlaşma evresinde tespit edilememiş, ancak daha sonraki evrelerde artan miktarlarda saptanmıştır (Wu ve diğ. 2012). Çalışmamızın sonuçlarına benzer olarak Hernandez ve diğ. (2016) dört farklı hünnap türünü inceledikleri çalışmalarında, araştırılan türlerde baskın bulunan şekerin sakkaroz ve onu takiben fruktoz olduğunu bildirmiştir. Song ve diğ. (2019) yine bu çalışmanın sonuçlarına paralel olarak en yüksek glukoz (228,6 mg/g KM) ve fruktoz (277,8 mg/g KM) miktarının yeşil olum evresindeki hünnap meyvelerinde gözlemlendiğini ve miktarlarının olgunlaşmayla azaldığını bildirmiştir. Buna karşın sakkaroz miktarında olgunlaşmayla beraber artış gözlemlendiği ve tam olgun örneklerde sakkaroz miktarının 403,3 mg/g KM olduğu belirtilmiştir. Olgunlaşmayla beraber glukoz ve fruktoz miktarındaki azalma, bu şekerlerin polisakkaritlere dönüşmesi veya bazı reaksiyonlara katılarak azalmasıyla açıklanmaktadır (Bood ve Zebetakis 2002). Guo ve diğ. (2015) glukoz ve fruktoz miktarının özellikle olgunlaşmanın beşinci ve altıncı evresinden sonra arttığını, sakkarozun ise ilk dört olgunlaşma evresinde tespit edilememesine rağmen bu olgunlaşma aşamasından sonra hızla arttığını bildirmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarından farklı olarak Li ve diğ. (2007) 5 farklı hünnap türünde sakkaroz miktarının fruktoz ve glukoz miktarından daha düşük olduğunu belirtmiş ve bu sonuçların sakkarozun glukoz ve fruktoza hidroliz olmasıyla açıklanabileceğini bildirmiştir.

3.2.6 Hünnap Meyvesinin Fenolik Madde Kompozisyonu

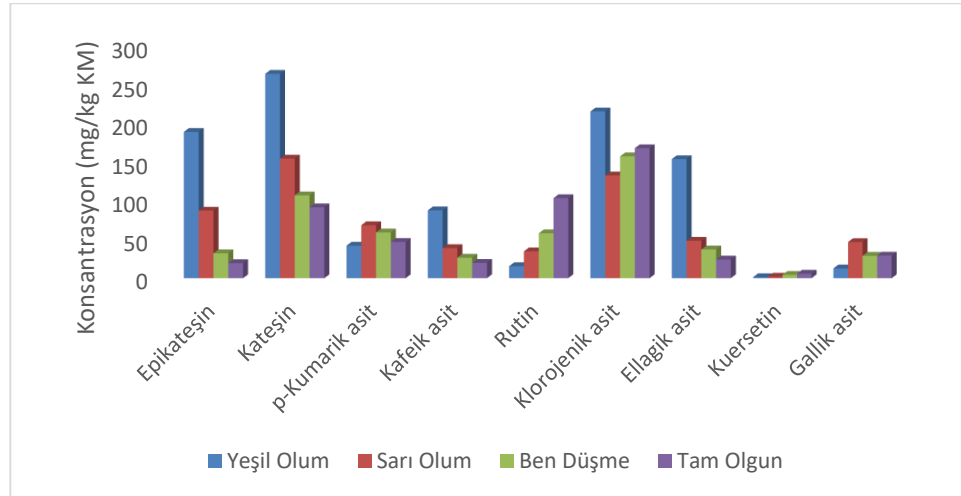
Meyvelerde fenolik bileşiklerin varlığı, gösterdikleri antioksidan ve fizyolojik aktivite nedeniyle önem arz etmektedir. Fenolik maddeler renk, lezzet ve aromayı modifiye ederek meyvenin kalitesine ve besleyici değerine katkı sağlamaktadır (Kamiloğlu ve diğ. 2009). Hünnap meyvesinin farklı olgunlaşma evrelerine ait fenolik madde kompozisyonu Tablo 3.8’de ve grafiksel gösterimi Şekil 3.14’te verilmiştir.

Tablo 3.8: Farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin fenolik bileşen kompozisyonu (mg/kg KM)

Fenolik Bileşenler	Yeşil Olum	Sarı Olum	Ben Düşme	Tam Olgun
Epikateşin	189,32±16,53 ^a	87,42±9,36 ^b	32,18±6,14 ^c	19,45±3,56 ^c
Kateşin	264,58±28,67 ^a	154,75±12,69 ^b	107,18±8,32 ^c	91,74±6,12 ^c
p-Kumarik asit	42,05±5,23 ^a	68,47±4,42 ^b	59,21±6,52 ^{bc}	46,84±4,63 ^{ac}
Kafeik asit	87,79±7,12 ^a	38,91±5,23 ^b	26,46±6,87 ^{bc}	19,72±5,48 ^c
Rutin	15,61±2,52 ^a	34,71±4,21 ^b	58,09±9,63 ^c	103,64±11,57 ^d
Klorojenik asit	215,92±17,42 ^a	132,96±10,61 ^b	157,72±12,88 ^{bc}	168,27±16,23 ^c
Ellagik asit	154,08±14,66 ^a	48,36±5,17 ^b	37,17±6,58 ^{bc}	24,09±3,98 ^c
Kuersetin	1,24±0,21 ^a	1,83±0,33 ^a	4,27±0,24 ^b	5,79±0,42 ^c
İzokuersetin	TE	TE	TE	TE
Hiperosit	TE	TE	TE	TE
Gallik asit	12,58±2,54 ^a	46,67±5,28 ^b	28,93±3,26 ^c	29,18±2,78 ^c

Aynı satırda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

TE: Tespit edilememiştir.



Şekil 3.14: Farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin fenolik bileşen kompozisyonu

Hünnap meyvesinin fenolik bileşik kompozisyonunda olgunlaşmaya bağlı olarak değişim gözlenmiştir. Gözlenen bu değişim olgunlaşma evrelerine göre istikrarlı bir eğilim göstermemiştir. Olgunlaşma sürecinde fenolik maddeler, meyvelerdeki miktarını ve kompozisyonunu etkileyecek bir seri karmaşık biyosenteze maruz kalmaktadır (Prasanna ve diğ. 2007). Genel olarak incelendiğinde epikateşin, kateşin, kafeik asit, klorojenik asit ve ellagik asit olgunlaşmayla beraber azalmıştır (p<0,05). Bunun yanı sıra p-kumarik ve gallik asit sarı olum evresinde

artmış, olgunlaşmanın ilerleyen evrelerinde azalmıştır. Rutin ve kuersetin miktarı ise olgunlaşmayla beraber artmıştır ($p < 0,05$). Yeşil olum ve sarı olum evresinde baskın fenolik bileşik kateşin iken, ben düşme evresinde ve tam olgun meyvelerde baskın fenolik bileşik klorojenik asit olarak belirlenmiştir. İzokuersetin ve hiperosid hiçbir örnekte tespit edilememiştir. Wu ve diğ. (2012) olgunlaşmanın ilk evresinde baskın fenolik bileşiği sinnamik asit ($21,18 \mu\text{g}/100 \text{ g YA}$), tam olgun örneklerde ise klorojenik asit ($38,73 \mu\text{g}/100 \text{ g YA}$) olarak tespit etmiştir. Çalışmamızın bulgularıyla benzer olarak olgunlaşmayla beraber kateşin ve epikateşin miktarında azalış gözlemlendiği belirtilmiştir. Kateşin ve epikateşin miktarındaki azalış bu bileşiklerin metabolize olması veya başka bir fenolik bileşiğe sentezlenmesiyle açıklanmaktadır (Hudec ve diğ. 2007). Sekiz farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvesinin incelendiği bir çalışmada epikateşin dışındaki bütün flavanoidlerin miktarının azaldığı, epikateşin miktarının ilk altı olgunlaşma evresinde arttığı sonraki olgunlaşma evrelerinde ise hızla düştüğü bildirilmiştir (Choi ve diğ. 2012). Aynı çalışmada olgunlaşmanın birinci evresinde rutin baskın flavanoid olduğu belirtilmiştir. Wang ve diğ. (2016) üç farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvesinde baskın fenolik bileşiğin bütün olgunlaşma evrelerinde rutin olduğunu, kafeik asitin olgunlaşmayla ile azaldığını, buna karşılık klorojenik asitin olgunlaşma ile arttığını rapor etmiştir. Ek olarak kuersetin, gallik ve rosmarinik asitlerin hiçbir olgunluk evresinde tespit edilemediği bildirilmiştir. Xie ve diğ. (2017) üç farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin kabuklarında gallik asit, klorojenik asit, kafeik asit ve kumarin miktarının kateşin, p-kumarik asit, ferulik asit, kuersetin ve epikateşin miktarından daha yüksek olduğunu ve fenolik bileşiklerin olgunlaşmanın ikinci evresinde en yüksek miktarda bulunduğunu bildirmiştir. Fenolik madde dağılımı ve miktarında gözlenen bu farklılıklar genotip, yetiştirme koşulları ve olgunlaşma evresindeki farklılıklarla açıklanabilmektedir (Gull ve diğ. 2012, Xie ve diğ. 2017).

3.2.7 Hünnap Meyvesinin *Trans*-Resveratrol Miktarı

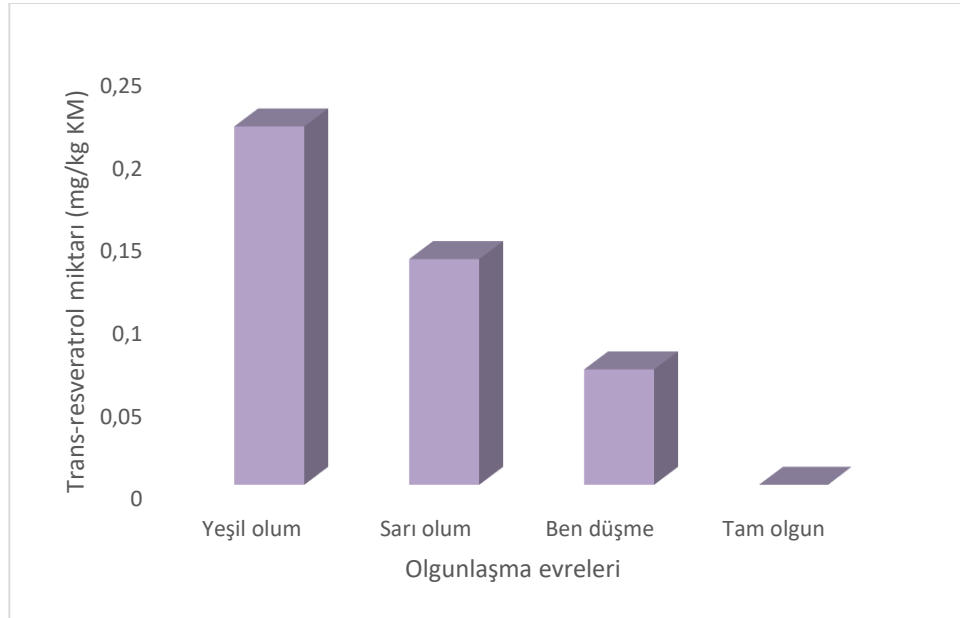
Dört farklı olgunlaşma evresindeki hünnap meyvelerinin *trans*-resveratrol içerikleri ve grafiksel gösterimi sırasıyla Tablo 3.9 ve Şekil 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.9: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin *trans*-resveratrol miktarı (mg/kg KM)

Olgunlaşma evreleri	<i>Trans</i> -resveratrol miktarı
Yeşil olum	0,2166±0,1527 ^a
Sarı olum	0,1366±0,0153 ^b
Ben düşme	0,0700±0,0100 ^c
Tam olgun	TE

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir ($p<0,05$)

TE: Tespit edilememiştir



Şekil 3.15: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin *trans*-resveratrol miktarı

Hünnap meyvesinde bulunan *trans*-resveratrol miktarı olgunlaşmayla beraber istatistiksel olarak azalmış, tam olgun örneklerde ise tespit edilememiştir. Literatürde hünnap meyvesinin *trans*-resveratrol içeriği ile ilgili herhangi bir kaynak bulunamamıştır. Daha çok şarap ve üzüm şıralarında araştırılan *trans*-resveratrol miktarı coğrafi koşullar, şarabın yaşı, üzüm çeşidi, fungal enfeksiyon ve mor ötesi ışınlamaya bağlı olarak değişmektedir (Giuffre 2013). Giuffre (2013) ayrıca olgunlaşmayla dört farklı üzüm çeşidindeki *trans*-resveratrol miktarının yaklaşık %60 azaldığını ifade etmiştir. Otağ (2015) üzümlerde *trans*-resveratrol miktarının olgunlaşmayla önemli bir şekilde azalarak başlangıçta 1,79-7,25 mg/L olan miktarın tam olgun örneklerde 0,06-1,73 mg/L'ye düştüğünü bildirmiştir.

3.2.8 Hünnap Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriği

Meyvelerde bulunan toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasiteleri ve kanser, hücrel yaşlanma ve kardiyovasküler hastalıklar gibi oksidatif strese bağlı hastalıklardan korunmada sağladıkları fayda nedeniyle önem arz etmektedir (Dai ve Mumper 2010). Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvelerinde toplam fenolik madde içeriği Tablo 3.10'da verilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği olgunlaşma evrelerine bağlı olarak önemli bir şekilde azalmıştır ($p < 0,05$). Yeşil olum evresindeki hünnap meyvesinde 9252,53 mg GAE/100 g KM olarak tespit edilen toplam fenolik madde miktarı tam olgun örneklerde 1911,40 mg GAE/100 g KM'ye düşmüştür. Yapılan literatür araştırması sonucunda hünnap meyvesinde bulunan toplam fenolik madde içeriğinin tür, yetiştirme koşulları ve olgunlaşma evresine bağlı olarak değiştiği saptanmıştır (Li ve diğ. 2007, Zhao ve diğ. 2014, Wojdylo ve diğ. 2016^b, Cosmulescu ve diğ. 2018). Wu ve diğ. (2012) tarafından yapılan çalışmada hünnap meyvesinin toplam fenolik madde içeriğinin 769,97 mg GAE/100 g YA'dan (1. olgunlaşma evresi) 494,85 mg GAE/100 g YA'a (6. olgunlaşma evresi) düştüğü bildirilmiştir. Benzer olarak Wang ve diğ. (2016) toplam fenolik madde içeriğinin olgunlaşmaya bağlı olarak azaldığını, ayrıca olgunlaşma sürecinin bağlı fenolik madde fraksiyonunu arttırdığını belirtmiştir. Bu sonuçlara paralel olarak Cosmulescu ve diğ. (2018) olgunlaşmanın birinci evresinde 1269,6-1643,4 mg GAE/100 g olan toplam fenolik madde içeriğinin, olgunlaşmanın dördüncü evresinde 475,3-529,5 mg GAE/100 g olarak bulunduğunu rapor etmiştir. Xue ve diğ. (2009) hünnap meyvesinin kabuğunda bulunan toplam fenolik madde içeriğinin pulptakinden daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bu durum fenolik maddelerin meyveyi ultraviyole radyasyondan ve patojenler gibi zararlardan korumada önemli bir rolü olduğu için kabuk kısmında yoğunlaşma eğiliminde olmasıyla açıklanmaktadır (Toor ve Savage 2005).

Tablo 3.10: Farklı olgunlaşma evrelerinde hünnap meyvesinin toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100 g KM)

Olgunlaşma evreleri	Toplam Fenolik Madde
Yeşil olum	9252,53±160,32 ^a
Sarı olum	7541,35±193,71 ^b
Ben düşme	4030,62±79,84 ^c
Tam olgun	1911,40±47,32 ^d

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

3.2.9 Hünnap Meyvesinin Toplam Antioksidan Aktivitesi

Antioksidanlar, serbest radikalleri süpürerek ve oksidatif stresi azaltarak oksitlenebilir maddelerin oksidasyonunu geciktirebilen, inhibe edebilen veya önleyebilen bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Oksidatif stres, aşırı miktarda reaktif oksijen ve/veya azot türünün (ROT/RNT, örneğin süperoksit anyonu, hidrojen peroksit, hidroksil radikali, peroksinitrit) endojen antioksidan kapasitenin üzerine çıktığında, enzimler, proteinler, DNA ve lipitler gibi çeşitli biyomakromoleküllerin oksidasyonuna yol açan dengesiz bir durumdur. Oksidatif stres, koroner kalp hastalığı, kanser ve yaşlanma gibi kronik dejeneratif hastalıkların gelişiminde rol oynamaktadır (Dai ve Mumper 2010). Karotenoidler, C ve E vitaminleri ile fenolik maddeler antioksidan aktividen sorumlu olan bileşikler olarak bilinmektedir. Hünnap meyvesinin yeşil olum, sarı olum, ben düşme ve tam olgun evrelerine ait antioksidan aktivite değerleri Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11: Farklı olgunlaşma evrelerine ait hünnap meyvesinin antioksidan aktivite değerleri (mmol TE/g KM)

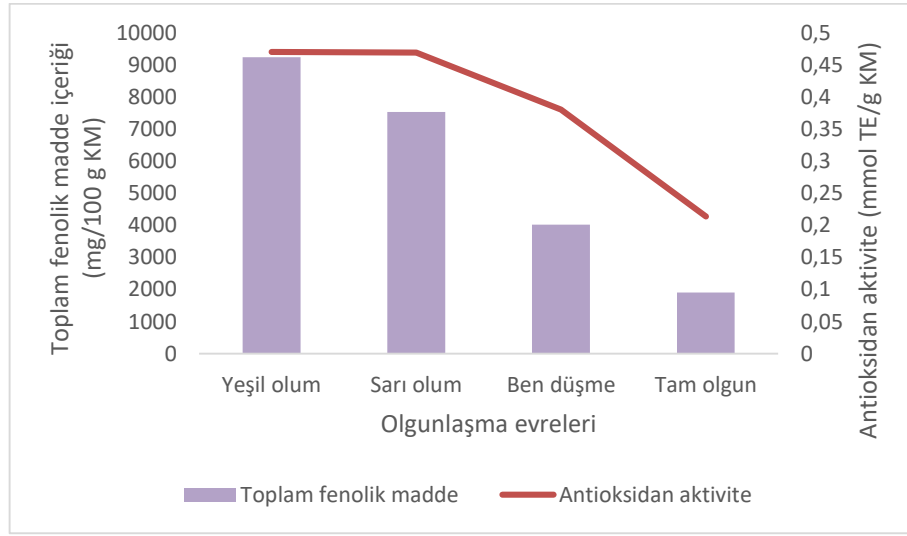
Olgunlaşma evreleri	Antioksidan Aktivite
Yeşil olum	0,471±0,004 ^a
Sarı olum	0,470±0,006 ^a
Ben düşme	0,381±0,005 ^b
Tam olgun	0,214±0,001 ^c

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

Antioksidan aktivite tayini DPPH metodu ile gerçekleştirilmiş olup, olgunlaşma arttıkça hünnap meyvesindeki antioksidan aktivite istatistiki olarak azalmıştır ($p < 0,05$). Olgunlaşma süresince hünnap meyvesinin antioksidan aktivitesi 0,471-0,214 mmol troloks eşdeğeri (TE)/g KM arasında değişiklik göstermiştir. Tam olgun hünnap meyvelerinde antioksidan aktivite değeri 0,214 mmol TE/g KM olarak hesaplanmıştır. Literatür incelendiğinde en yüksek antioksidan aktivitenin, flavonoid ve fenolik bileşiklerce zengin olan örneklerde gözlendiği, olgunlaşma ile birlikte antioksidan aktivite, toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarının azaldığı bildirilmiştir (Gao ve diğ. 2012^b). Kou ve diğ. (2015) 15 farklı hünnap türünde antioksidan aktivitenin temel olarak askorbik asit, polifenoller ve proantosiyeninlerden kaynaklandığını ve DPPH değerlerinin 1,04-1,91 mM TE/100 g arasında değiştiğini bildirmiştir. Cosmulescu ve diğ. (2018) de 2 farklı tür ve 4 olgunlaşma evresindeki hünnap meyvesinde yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitenin olgunlaşma ile azaldığını, bununla birlikte türün miktar üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu belirtmiştir. Olgunlaşmaya bağlı olarak benzer bir azalış Wu ve diğ. (2012), Choi ve diğ. (2012), Wang ve diğ. (2016) ve Zozio ve diğ. (2014) tarafından da rapor edilmiştir. Diğer yandan hünnap meyvesinin kabuk ve pulpunun ayrı ayrı değerlendirildiği bir çalışmada, kabukta bulunan antioksidan aktivitenin pulptan daha yüksek olduğu rapor edilmiş ve bu sonuç kabuktaki toplam fenolik madde içeriğinin de daha yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir (Xue ve diğ. 2009).

İçerdikleri fenolik maddeler sebebiyle meyve ve sebze tüketimi ile oksidatif stresle ilişkili kardiyovasküler hastalıklar, kanser veya osteoporoz gibi hastalıklar arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Fenolik bileşikler (1) ROT/RNT gibi radikallerin süpürülmesi; (2) bazı enzimleri inhibe ederek veya serbest radikal üretiminde yer alan eser metalleri şelatlayarak ROT / RNT oluşumunun bastırılması; (3) antioksidan savunmanın düzenlenmesi veya korunması mekanizmaları ile antioksidan aktivite göstermektedir (Dai ve Mumper 2010). Bu nedenle antioksidan aktivite ile fenolik madde içeriği arasında genellikle doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Xue ve diğ. (2009) hünnap meyvelerinin antioksidan aktivitesi ile toplam fenolik madde içeriği arasında yüksek bir korelasyon olduğunu bildirmiştir. Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin olgunlaşma evrelerine göre

değişimi Şekil 3.16’da verilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi toplam fenolik madde miktarındaki azalışla paralel olarak antioksidan aktivite de azalmıştır.



Şekil 3.16: Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin olgunlaşma evrelerine göre değişimi

3.2.10 Hünnap Meyvesinin Mineral Madde Kompozisyonu

Mineral maddeler vücuttaki kemik ve diş gibi sert dokuların yapıtaşı olmakla beraber, hücre içi ve dışı sıvıların ozmotik basıncının dengede tutulması için gerekli maddelerdir. Bunun yanında mineraller vitamin, hormon ve enzim aktivitelerinde de rol oynamaktadır (Cemeroğlu 2013^a). Hünnap meyvesinde bulunan bazı mineral maddeler ve farklı olgunlaşma evrelerindeki miktarları Tablo 3.12’de verilmiştir. Hünnap meyvesinin potasyum açısından zengin olduğu ve en yüksek potasyum miktarının olgun meyvelerde bulunduğu (242,94±3,22 mg/100 g KM) tespit edilmiştir. Veriler istatistiki olarak değerlendirildiğinde sarı olum evresindeki meyvelerin mineral miktarı genel olarak diğer olgunlaşma evrelerinden farklı bulunmuştur. Wang ve diğ. (2014) olgun hünnap meyvesindeki potasyum miktarının 13,1 g/kg, kalsiyum miktarının 0,23-0,72 g/kg aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada hünnap meyvesindeki demir 10,2-17,3 mg/kg, çinko 4,0-5,1 mg/kg, bakır 0,5-1,2 mg/kg, manganez 0,2-2,9 mg/kg olarak bulunmuştur (Hernandez ve diğ. 2016). Bir diğer çalışmada ise major mineraller potasyum, kalsiyum, fosfor ve manganez olarak tanımlanmış olup miktarları sırasıyla 79,2-458 mg/100g, 45-118 mg/100g, 59,3-110 mg/100 g ve 24,6-51,2 mg/100g olarak

belirtilmiştir (Li ve diğ. 2007). Aynı çalışmada demir 4,68-7,90 mg/100 g, sodyum 3,22-7,61 mg/100 g, çinko 0,35-0,63 mg/100 g ve bakır 0,19-0,42 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Değerler arasında gözlenen farklılıklar genotip, olgunlaşma evresi, tarım uygulamaları, iklim, rakım ve toprak gibi ekolojik koşulların farklılığıyla açıklanabilmektedir (Li ve diğ. 2007, Hernandez ve diğ. 2016).

Tablo 3.12: Farklı olgunlaşma evrelerindeki hünnap meyvesinin mineral madde miktarı (mg/100 g KM)

Mineraller	Yeşil olum	Sarı olum	Ben düşme	Tam Olgun
Sodyum	4,28±0,07 ^a	4,67±0,11 ^b	3,98±0,12 ^a	3,71±0,16 ^a
Potasyum	240,29±4,07 ^a	215,76±3,03 ^b	232,51±2,17 ^a	242,94±3,22 ^a
Magnezyum	11,60±0,93 ^a	11,52±1,09 ^a	11,75±0,34 ^a	12,43±0,52 ^a
Kalsiyum	17,71±1,08 ^a	17,64±0,51 ^a	18,50±0,31 ^a	18,53±0,45 ^a
Demir	0,62±0,04 ^a	0,49±0,03 ^b	0,54±0,02 ^b	0,66±0,02 ^a
Çinko	0,07±0,002 ^a	0,05±0,003 ^b	0,06±0,002 ^a	0,07±0,005 ^a
Bakır	0,06±0,003 ^a	0,06±0,002 ^a	0,072±0,003 ^b	0,07±0,002 ^b
Fosfor	19,77±0,23 ^a	19,64±0,12 ^a	19,04±0,18 ^b	19,39±0,29 ^{ab}
Manganez	0,076±0,005 ^a	0,06±0,002 ^b	0,06±0,003 ^b	0,07±0,003 ^{ab}

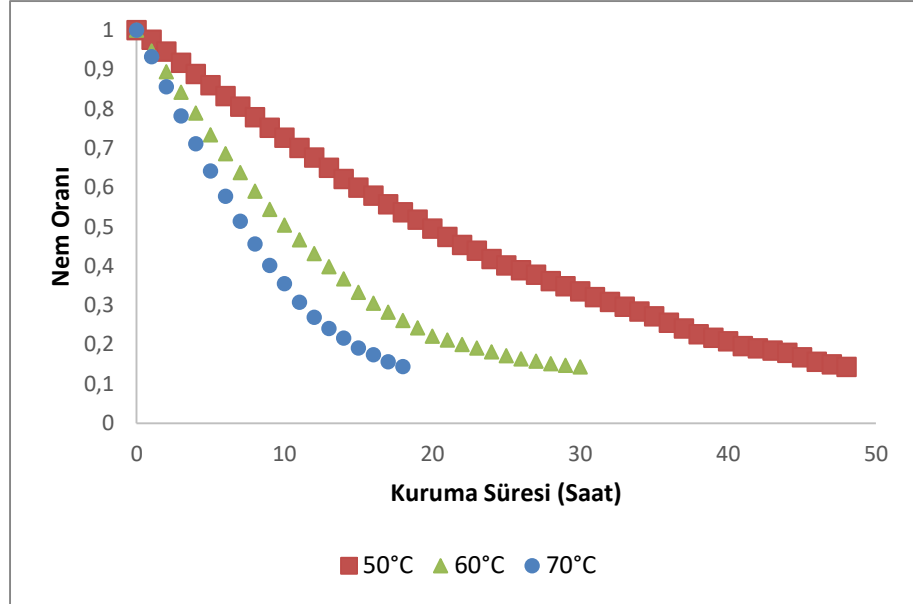
Aynı satırda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

3.3 Hünnap Meyvesinin Kurutulması

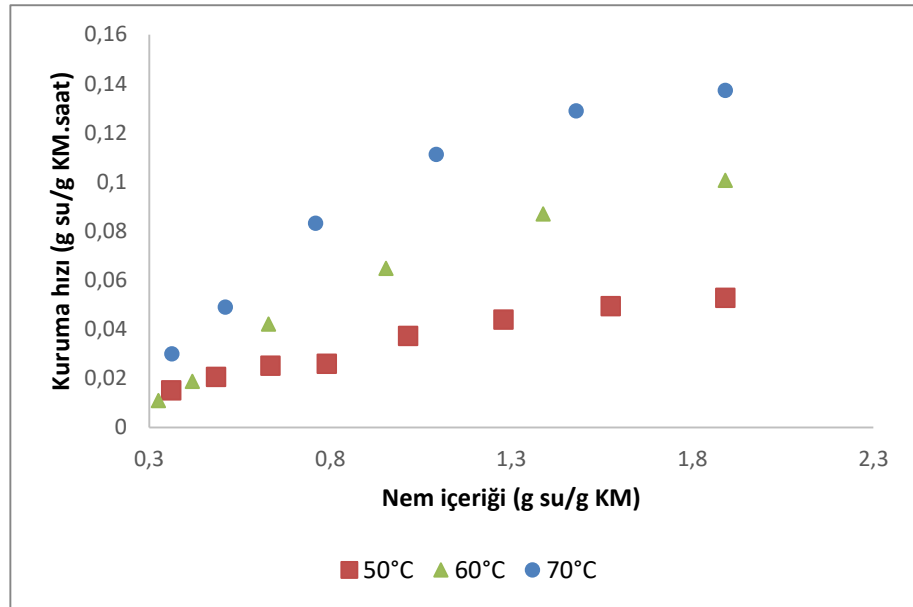
50, 60 ve 70 °C’de kurutulan hünnap meyvesinin nem oranı ve kuruma hızına ait grafiksel gösterim Şekil 3.17 ve Şekil 3.18’de verilmiştir. Şekil 3.17’den de görüldüğü gibi artan kurutma sıcaklığıyla beraber kuruma hızında da artış gözlenmiştir. Buna bağlı olarak kuruma sürelerinde de bir azalış gerçekleşmiş olup 50, 60 ve 70 °C’de bütün halde kurutulan hünnap meyveleri için kuruma süreleri sırasıyla 48, 30 ve 18 saat olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde Yi ve diğ. (2012) 45, 55 ve 65 °C’de bütün halde kurutulan hünnap meyveleri için kuruma sürelerini sırasıyla 45, 25 ve 20 saat olarak belirtmiştir.

Tarım ürünlerinin kurutulması genellikle azalan kuruma hızı periyodunda gerçekleşmekte olup, hünnap meyvesinin kuruması da azalan kuruma hızı

periyodunda gerçekleşmiştir. Fang ve diğ. (2009^a), Yi ve diğ. (2012), Baomeng ve diğ. (2014) ve Chen ve diğ. (2015) de hünnap meyvesinin kurutulmasında benzer sonuçlar elde etmiştir.



Şekil 3.17: Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş hünnap meyvesinin nem oranının zamana bağlı değişimi



Şekil 3.18: Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş hünnap meyvesinin kuruma hızı

3.3.1 Kuruma Kinetiğine Ait Modelleme Çalışmaları

Tepsili kurutma fırınında 50, 60 ve 70 °C’de kurutulan hünnap örneklerinin kurutulması sırasında elde edilen veriler Tablo 1.2’de verilen ince tabaka kuruma modellerine uygulanmış olup, matematiksel modellere ait sabitler ve istatistik veriler ise Tablo 3.13’te verilmiştir. En iyi uyum sağlayan modeli belirlemek için Tablo 3.13’teki istatistik parametreler incelenmiş olup, en yüksek R² ile en düşük RMSE ve kıkare (χ^2) değerine sahip olan modeller her kurutma sıcaklığı için ayrı ayrı seçilmiştir. Buna göre 50 °C ve 70 °C için kurutma en iyi Page modeli ile, 60 °C için ise Parabolik model ile tanımlanmaktadır.

Tablo 3.13: Matematiksel modellere ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık	Model sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Lewis	50°C	k= 0,03638			0,00043784	0,02071	0,9936
	60°C	k= 0,06996			0,00035557	0,01855	0,9953
	70°C	k= 0,1014			0,00084120	0,02823	0,9899
Page	50°C	k= 0,02349	n= 1,135		2,00099E-05	0,004381	0,9997
	60°C	k= 0,05734	n= 1,074		0,00022413	0,01448	0,9972
	70°C	k= 0,06731	n= 1,182		5,10587E-05	0,006759	0,9995
Henderson ve Pabis	50°C	k= 0,0382	a= 1,041		0,000225899	0,01472	0,9968
	60°C	k= 0,07249	a= 1,032		0,00024309	0,01508	0,997
	70°C	k= 0,1072	a= 1,049		0,000524835	0,02167	0,9944
Logaritmik	50°C	k= 0,05256	a= 0,9309	c= 0,1427	0,001495566	0,03747	0,9794
	60°C	k= 0,1039	a= 0,9326	c= 0,1428	0,001457264	0,03628	0,9825
	70°C	k= 0,1475	a= 0,9333	c= 0,1439	0,002635481	0,04711	0,9733
Wang ve Singh	50°C	a= -0,03016	b= 0,0002595		2,90427E-05	0,005278	0,9995
	60°C	a= -0,05971	b= 0,001051		4,66771E-05	0,006608	0,9994
	70°C	a= -0,08348	b= 0,001972		0,000105507	0,009716	0,9988
Parabolik	50°C	a= 1,003	b= -0,03039	c= -0,00026	2,92706E-05	0,005242	0,9996
	60°C	a= 1,008	b= -0,0608	c= 0,00108	3,94992E-05	0,005973	0,9995
	70°C	a= 1,017	b= -0,08723	c= 0,002141	6,1355E-05	0,007188	0,9994

3.3.2 Farklı Sıcaklarda Kurutulan Hünnap Meyvelerine Ait Efektif Difüzyon Katsayısı ve Aktivasyon Enerjisi

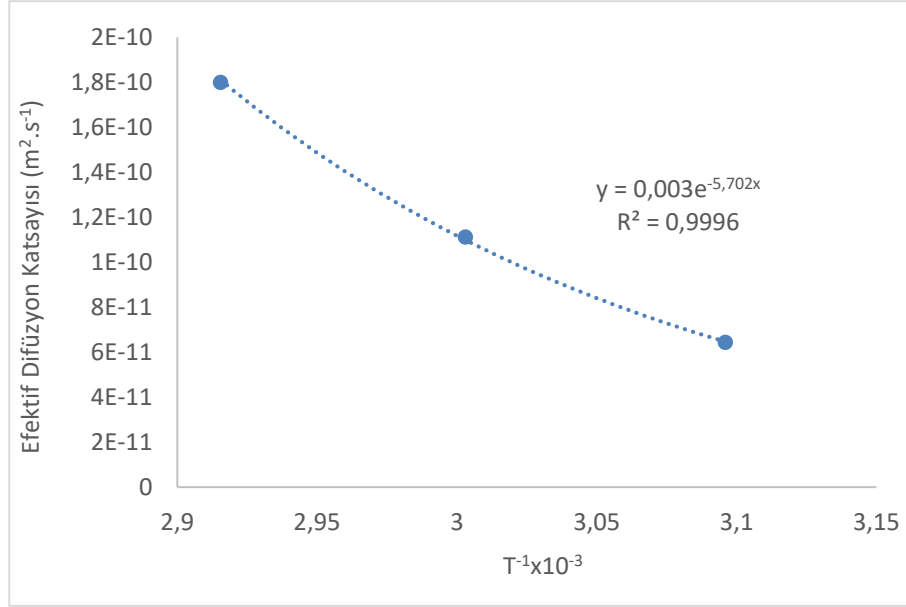
50, 60 ve 70 °C’de kurutulan hünnap meyvelerinin efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjileri Tablo 3.14’te verilmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinin efektif difüzyon katsayıları $6,43 \times 10^{-11}$ ve $1,80 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ aralığında değişmekte olup, diğer sıcaklıklarla karşılaştırıldığında en yüksek efektif difüzyon katsayısı 70 °C’de kurutulan hünnap meyvelerinde gözlenmiştir. Efektif difüzyon katsayısı yüksek olan örneklerde nem daha kolay uzaklaştırılabilmekte ve buna bağlı olarak da kuruma hızı artmaktadır. Demiray ve diğ. (2017) efektif difüzyon katsayısı ve kuruma hızı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu belirtmiştir. Elmas ve diğ. (2019) ve Fang ve diğ. (2009^a) hünnap meyvelerinin efektif difüzyon katsayısını sırasıyla $1,27 \times 10^{-9}$ - $3,55 \times 10^{-9}$ ve 5×10^{-11} - $2 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ olarak bildirmiştir. Bu çalışmalarla karşılaştırıldığında çalışmamızın sonuçları Elmas ve diğ. (2019)’un bulgularından düşük Fang ve diğ. (2009^a)’nın bulgularıyla ise benzer bulunmuştur. Bu farklılıkların kurutma koşulları, ekipman farklılığı ve kurutulan ürünün şeklinden (bütün veya dilimlenmiş) kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3.14: Efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjileri

Sıcaklık	$D_{\text{eff}} (\text{m}^2 \text{s}^{-1})$	$E_a (\text{kJ mol}^{-1})$	$E_a (\text{kcal mol}^{-1})$
50°C	$6,43 \times 10^{-11}$		
60°C	$1,11 \times 10^{-10}$	47,41	11,33
70°C	$1,80 \times 10^{-10}$		

Efektif difüzyon katsayısı ve T^{-1} (K) arasındaki Arrhenius tipi ilişki Şekil 3.19’da verilmiştir. Aktivasyon enerjisi (E_a) Arrhenius grafiğinden elde edilen eğim değerinden hesaplanmış olup $47,41 \text{ kJ mol}^{-1}$ ve $11,33 \text{ kcal mol}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Fang ve diğ. (2009^a) hünnap meyvesi için E_a değerini $54,51 \text{ kJ mol}^{-1}$, Elmas ve diğ. (2019) ise dilimlenerek kurutulmuş hünnap meyvesi için E_a değerini $28,183 \text{ kJ mol}^{-1}$ olarak bulmuştur. Bunun yanında Motevali ve diğ. (2012) hünnap meyvesi için E_a değerinin $34,97$ - $74,20 \text{ kJ mol}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aktivasyon enerjisinin azalması efektif difüzyon katsayısının arttığı ve kurumanın hızlandığı bir göstergesidir. Elmas ve diğ. (2019) ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunan aktivasyon enerjisi, daha düşük efektif katsayısı ile örtüşmektedir.



Şekil 3.19: Efektif difüzyon katsayıları ile sıcaklıklar arasında Arrhenius tipi ilişki

3.3.3 Kurutma Sonrası Hünnap Meyvesinin Bileşiminde Meydana Gelen Değişiklikler

3.3.3.1 Organik Asitler

Hünnap meyvesinin 50, 60 ve 70 °C’de kurutulması sonrasında organik asit miktarında meydana gelen değişimler Tablo 3.15’te verilmiştir. Tartarik ve süksinik asit miktarında kurutma sonrası önemli bir azalma gözlenmezken, 70 °C kurutma malik ve sitrik asit miktarını değiştirmiştir (p<0,05). Taze hünnap meyvesinde sırasıyla 103,11 mg/100 g KM ve 73,20 mg/100 g KM olarak tespit edilen malik asit ve sitrik asit, 70 °C’de kurutma sonrasında 117,35 mg/100 g KM ve 60,75 mg/100 g KM olarak hesaplanmıştır. Literatürde hünnap meyvesinde bulunan organik asitlerin kuruma ile değişimi üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Gao ve diğ. (2012^b) fırında kuruttukları hünnap meyvesinin malik ve süksinik asit miktarının taze hünnap meyvesine göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Yaşa (2016) 50, 60 ve 70 °C’de sıcak havada kurutulan hünnap meyvelerinde malik, sitrik, tartarik ve

süksinik asit miktarlarında kurutma sonrası azalma meydana geldiğini, kurutma sıcaklığı arttıkça organik asit miktarında meydana gelen azalmanın arttığını belirtmiştir. Rodríguez ve diğ. (2017) 60 °C’de kurutma sonrası ananasta bulunan sitrik ve malik asit miktarının azaldığını, bu azalışın nem miktarı ve sıcaklığa bağlı olduğunu belirtmiştir. Papaya meyvesinin dondurarak ve püskürterek kurutulması sonrasında malik asit miktarında bir değişim olmadığı, askorbik asit miktarının ise püskürterek kurutma sonrasında azaldığı rapor edilmiştir (Gomes ve diğ. 2018).

Tablo 3.15: Kurutma sonrası hünnap meyvesindeki organik asit miktarı (mg/100 g KM)

	Tartarik asit	Malik asit	Sitrik asit	Süksinik asit
Tam olgun	30,65±0,93 ^a	103,11±1,60 ^a	73,20±1,41 ^a	12,55±0,91 ^a
50°C	31,57±1,78 ^a	103,3±3,54 ^a	69,1±1,27 ^a	11,3±0,85 ^a
60°C	29,37±2,04 ^a	105,5±4,38 ^a	64,9±1,84 ^{ab}	12,15±0,64 ^a
70°C	30,67±1,62 ^a	117,35±2,47 ^b	60,75±0,92 ^b	13,4±0,57 ^a

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

3.3.3.2 Şekerler

Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesinin, kurutma sonrası şeker kompozisyonunda meydana gelen değişiklikler Tablo 3.16’da verilmiştir.

Tablo 3.16: Kurutma sonrası hünnap meyvesindeki şeker miktarı (g/kg KM)

Şekerler	Tam Olgun	50°C	60°C	70°C
Glukoz	9,35±0,25 ^a	7,19±0,14 ^b	7,46±0,09 ^c	7,89±0,12 ^d
Fruktoz	11,83±0,16 ^a	9,089±0,10 ^b	9,63±0,12 ^c	10,02±0,10 ^d
Sakkaroz	34,71±0,39 ^a	0,8±0,01 ^b	0,35±0,01 ^c	0,18±0,02 ^d

Aynı satırda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

Kurutma sonrasında glukoz, fruktoz ve sakkaroz miktarında istatistik olarak bir azalma meydana gelmiştir ve farklı kurutma sıcaklıkları hünnap meyvesinde bulunan şeker miktarları üzerinde istatistik olarak etkili olmuştur. Glukoz ve fruktoz miktarında en fazla kayıp 50 °C’de gözlenirken, sakkarozda en fazla kayıp 70 °C’de kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Özellikle sakkaroz miktarındaki keskin azalış,

sakkarozun sıcaklıkla inversiyona uğrayarak parçalanmasıyla açıklanabilmektedir. Gao ve diğ. (2012^b) farklı kurutma teknikleri ile kuruttukları hünnap meyvesinde sıcak hava ile kurutma sonrasında glukoz miktarının 274,5 mg/100 g KM'den 229,5 mg/100 g KM'ye düştüğünü ($p<0,05$), fruktoz miktarında önemli bir azalma olmadığını, taze meyvede 37,1 mg/100 g KM olan sakkarozun ise kurutma sonrası tespit edilemediğini bildirmiştir. Elmas ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada 60, 70 ve 80 °C'de kurutulan hünnap meyvesinde fruktoz ve sakkaroz miktarının artan kurutma sıcaklığı ve hava hızına bağlı olarak azaldığını rapor etmiştir. Hünnap meyvesinde bulunan glukoz, fruktoz ve sakkaroz miktarına 55 °C sıcak havada kurutmanın istatistik olarak önemli bir etkisinin bulunmadığı Pu ve diğ. (2018) tarafından bildirilmiştir. Yaşa (2016) ise 50, 60, 70 °C'de kurutulan hünnap meyvelerinde glukoz, fruktoz ve sakkaroz miktarının başlangıç miktarına göre azaldığını, 60 ve 70 °C'de kurutulan örneklerde sakkaroz tespit edilemediğini bildirmiştir. Bunun yanı sıra glukoz ve fruktoz miktarında en az kayıp gözlenen kurutma sıcaklığı 70 °C olarak rapor edilmiştir.

3.3.3.3 Fenolik Bileşikler

Üç farklı kurutma sıcaklığında kurutulan hünnap meyvesinde bulunan fenolik bileşiklerin kurutma sonrası miktarı Tablo 3.17'de, kurutma ile meydana gelen kayıp miktarının grafiksel gösterimi ise Şekil 3.20'de verilmiştir. Kurutma sonrası hünnap meyvesinde bulunan bütün fenolik maddelerin içeriğinde önemli bir azalış meydana gelmiş olup ($p<0,05$), kurutma sıcaklığı gözlenen kayıp üzerinde etkili olmamıştır. Gao ve diğ. (2012^b) çalışmamızın sonuçlarına benzer olarak fırında kurutmanın fenolik madde içeriğinde azalmaya sebep olduğunu, ancak taze meyvede tespit edilemeyen gallik asitin kurutma sonrasında 3,2 mg/kg KM olarak tespit edildiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada dondurarak, fırında, güneşte ve mikrodalgada kurutma yöntemleri arasından fenolik madde içeriğinin en yüksek olduğu kurutma yöntemi mikrodalga kurutma olarak rapor edilmiştir. Pu ve diğ. (2018) 55 °C'de sıcak havada kurutmanın hünnap meyvesinde bulunan fenolik bileşiklerin miktarı üzerinde istatistik olarak önemli bir etkiye sahip olduğunu ancak her fenolik bileşiğin kurutmaya karşı aynı tepkiyi vermediğini bildirmiştir. Pu ve diğ. (2018) tarafından yapılan bu çalışmada protokateşik asit, p-hidroksibenzoik asit, epikateşin, ferulik

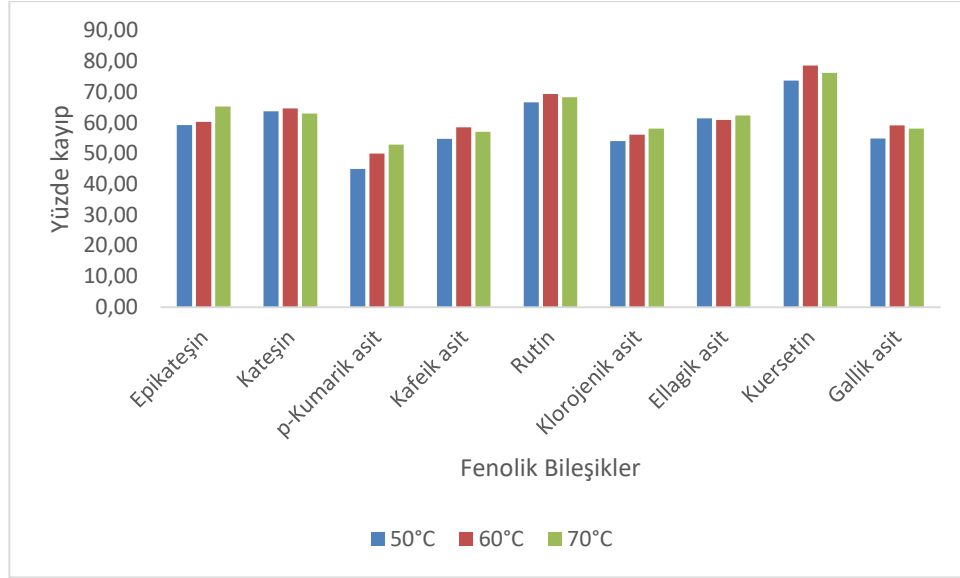
asit, rutin, ellajik asit ve floridzin miktarı kurutma sonrası artarken, kateşin miktarı azalmıştır. Wojdylo ve diğ. (2016^a) farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan hünnap meyvelerinde en yüksek flavonol kaybının 60 ve 70 °C’de konvektif kurutma ile kurutulan ile 480 ve 120 W vakum mikrodalga ile kurutulan örneklerde gözlendiğini bildirmiştir. Ayrıca flavonol içeriğinin en iyi korunduğu kurutma yöntemleri olarak da 50 °C’de konvektif kurutma, konvektif-vakum mikrodalga kurutma kombinasyonu ve 480-120 W vakum mikrodalga olarak belirtilmiştir. Kuersetin ve kaempferolun de aynı eğilimi gösterdiği rapor edilmiştir. Du ve diğ. (2013) puf kurutma ve güneşte kurutma yöntemleri ile kuruttukları hünnap meyvesinde güneşte kurutmanın kafeik asit ve p-kumarik asit dışında diğer fenolik bileşiklerin (gallik asit, protokateşik asit, p-hidroksibenzoik asit, klorojenik asit, vanilik asit, ferulik asit, ellajik asit, sinamik asit, epikateşin, kateşin, kuersetin ve rutin) miktarında azalmaya sebep olduğunu, kafeik asit ve p-kumarik asit miktarında ise artış gözlendiğini bildirmiştir. Puf kurutma ise genel olarak fenolik madde içeriğini arttırmış olup, bu artış puf yapı kazandırmanın fenolik bileşiklerin ekstraksiyon kabiliyetini arttırması ve polifenoloksidaz enzimini inaktive etmesiyle fenolik bileşiklerin degradasyonunu azaltması ile açıklanmıştır (Du ve diğ. 2013).

Tablo 3.17: Kurutma sonrası hünnap meyvesindeki fenolik madde miktarı (mg/kg KM)

Fenolik Bileşenler	Tam Olgun	50 °C	60 °C	70 °C
Epikateşin	19,45±3,56 ^a	7,93±2,36 ^b	7,72±1,98 ^b	6,75±2,17 ^b
Kateşin	91,74±6,12 ^a	33,27±4,76 ^b	32,46±3,47 ^b	33,93±5,12 ^b
p-Kumarik asit	46,84±4,63 ^a	25,76±3,48 ^b	23,46±2,59 ^b	22,08±3,12 ^b
Kafeik asit	19,72±5,48 ^a	8,92±1,23 ^b	8,18±2,54 ^b	8,47±1,56 ^b
Rutin	103,64±11,57 ^a	34,61±5,63 ^b	31,81±3,25 ^b	32,84±2,18 ^b
Klorojenik asit	168,27±16,23 ^a	77,28±8,97 ^b	73,92±9,64 ^b	70,56±2,58 ^b
Ellajik asit	24,09±3,98 ^a	9,29±1,65 ^b	9,41±2,03 ^b	9,07±1,57 ^b
Kuersetin	5,79±0,42 ^a	1,52±0,25 ^b	1,24±0,16 ^b	1,38±0,26 ^b
İzokuersetin	TE	TE	TE	TE
Hiperosit	TE	TE	TE	TE
Gallik asit	29,18±2,78 ^a	13,18±2,59 ^b	11,93±1,28 ^b	12,22±1,94 ^b

Aynı satırda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

TE: Tespit edilememiştir.



Şekil 3.20: Kurutma ile fenolik bileşiklerde meydana gelen yüzde kayıp miktarları

3.3.3.4 Mineral Madde

Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvesinin kurutma sonrası mineral madde miktarı Tablo 3.18’de verilmiştir. Sodyum, çinko ve bakır içeriği kurutmadan etkilenmezken, diğer mineraller istatistik olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p < 0,05$). Alsmairat ve diğ. (2019) farklı kurutma yöntemleri ile kuruttukları hurma meyvesinde, kurutma sonrası mineral madde miktarının azaldığını bildirmiştir. Ancak mineral miktarının kurutma ile değişimini açıklayabilecek yeterli kaynak bulunamamıştır.

Tablo 3.18: Kurutma sonrası mineral madde miktarı (mg/100 g KM)

Mineraller	Tam Olgun	50°C	60°C	70°C
Sodyum	3,71±0,16 ^a	3,82±0,56 ^a	3,15±0,05 ^a	2,85±1,15 ^a
Potasyum	242,94±3,22 ^a	214,05±3,32 ^b	208,65±5,87 ^b	203,5±4,10 ^b
Magnezyum	12,43±0,52 ^a	12,13±0,09 ^{ab}	11,89±0,03 ^{ab}	11,66±0,17 ^b
Kalsiyum	18,53±0,45 ^a	14,75±0,21 ^b	12,5±0,14 ^c	13,85±0,21 ^d
Demir	0,66±0,02 ^a	0,59±0,02 ^b	0,52±0,03 ^c	0,4±0,014 ^d
Çinko	0,07±0,005 ^a	0,06±0,002 ^a	0,06±0,001 ^a	0,056±0,001 ^a
Bakır	0,07±0,002 ^a	0,07±0,001 ^a	0,07±0,001 ^a	0,061±0,002 ^b
Fosfor	19,39±0,29 ^a	0,08±0,002 ^b	0,07±0,002 ^b	0,064±0,002 ^b
Manganez	0,07±0,003 ^a	0,03±0,001 ^b	0,06±0,001 ^c	0,056±0,002 ^c

Aynı satırda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir ($p < 0,05$)

3.4 Hünnap Meyvesinde Bulunan Bazı Bileşenlerin Parçalanma Kinetiği

3.4.1 Suda Çözünen Vitaminlerin Parçalanma Kinetiği

Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerinde bulunan suda çözünür vitamin miktarının kuruma ile değişimi Tablo 3.19’da verilmiştir. Kurutma ile suda çözünen vitamin miktarında istatistik olarak önemli ölçüde azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$). Kurutma sıcaklığındaki artış suda çözünen vitamin miktarında meydana gelen kaybı da arttırmıştır. Pridoksin kurutma sonrası tespit edilememiştir.

Tablo 3.19: Kurutma sonrası suda çözünen vitamin miktarı (mg/kg KM)

Olgunlaşma evreleri	Askorbik asit (C vitamini)	Tiamin (B1)	Pridoksin (B6)	Riboflavin (B2)	Niasin (B3)
Tam olgun	789,05±9,63 ^a	0,2733±0,0151 ^a	0,8033±0,0208 ^a	0,4100±0,0100 ^a	8,8333±0,1527 ^a
50°C	351,05±3,6 ^b	0,1993±0,0021 ^b	TE**	0,1973±0,0015 ^b	7,6167±0,0404 ^b
60°C	209,32±6,4 ^c	0,1863±0,0020 ^b	TE	0,1813±0,0015 ^c	6,8933±0,0416 ^c
70°C	142,70±5,5 ^d	0,1647±0,0021 ^c	TE	0,1543±0,0015 ^d	6,3100±0,0200 ^d

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir ($p<0,05$)

TE: Tespit edilememiştir

3.4.1.1 C Vitamininin Parçalanma Kinetiği

C vitamini miktarı meyve ve sebzelerin genel besleyici değeri hakkında bir tahmin yürütmede sıklıkla kullanılmaktadır ve gıda proseslerinde C vitamini kaybının az olması istenmektedir. Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvesinde kurutma sırasında C vitamini miktarında meydana gelen değişimler Tablo 3.20’de verilmiştir. Kurutma sıcaklığı artışının C vitaminindeki kaybı arttırdığı gözlenmektedir.

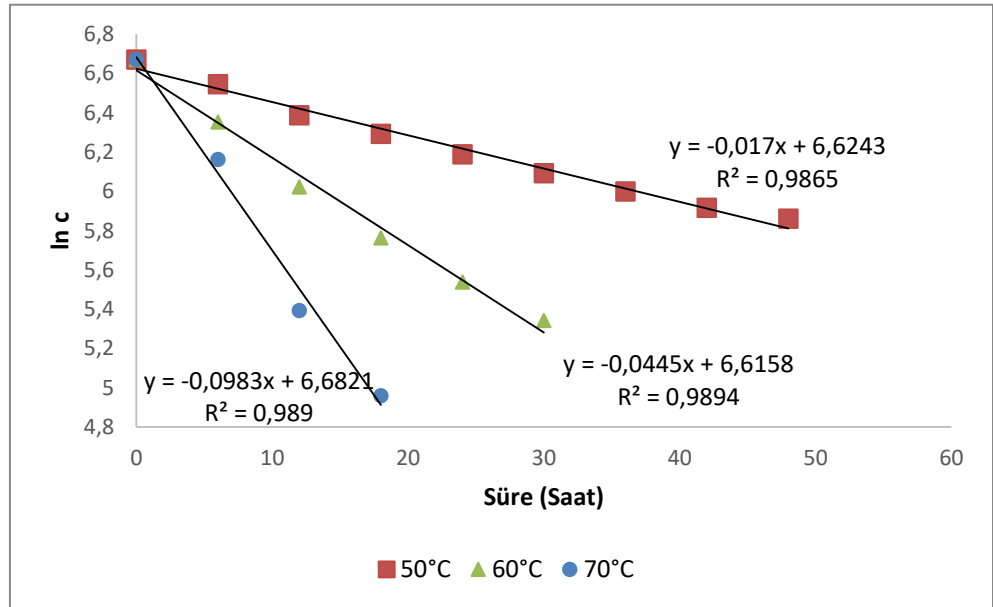
Tablo 3.20: Kurutma süresince hünnap meyvesindeki C vitamini içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	C Vitamini (mg/kg KM)	Kayıp (%)
50	0	789,05	0,00
	6	696,01	11,79
	12	594,70	24,63
	18	540,71	31,47
	24	487,71	38,19
	30	442,75	43,89
	36	403,25	48,89
	42	371,02	52,98
	48	351,05	55,50
60	0	789,05	0,00
	6	574,45	27,20
	12	412,70	47,70
	18	318,26	59,67
	24	254,23	67,78
	30	209,32	73,47
70	0	789,05	0,00
	6	475,00	39,80
	12	220,00	72,12
	18	142,70	81,91

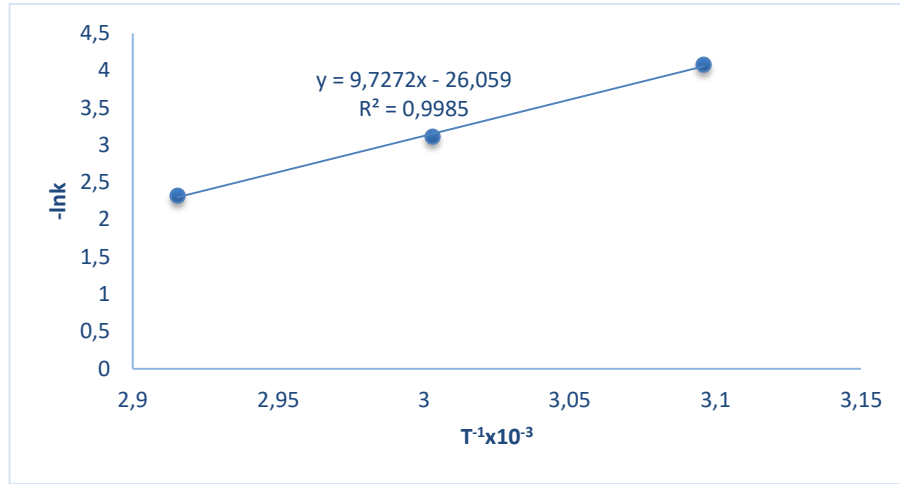
Kurutma sonrası hünnap meyvesinde bulunan C vitamini miktarında istatistiki olarak önemli bir kayıp gözlenmiş olup, kurutma sıcaklığının artması ile C vitamini miktarında meydana gelen kayıp da artmıştır. 50, 60 ve 70 °C’de kurutulan hünnap meyvelerinde kuruma sonunda meydana gelen C vitamini kaybı sırasıyla %55,50, %73,74 ve %81,91 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde Wojdylo ve diğ. (2016^a) farklı kurutma teknikleri ile kuruttukları hünnap meyvesinin C vitamini miktarındaki kaybın kurutma ile arttığını bildirmiştir. Aynı çalışmada 50, 60, 70 °C’de konvektif kurutma ile kurutulan hünnap meyvelerinde kurutuma sonrası kalan C vitamini miktarı 50>60≥70 °C olarak belirtilmiştir. Hünnap meyvesinin kurutulması sırasında, kurutma sıcaklığının artmasıyla beraber C vitaminindeki kaybın da arttığı Chen ve diğ. (2015) tarafından da rapor edilmiştir. Fang ve diğ.

(2009^a) C vitamini miktarının kurutma ile azaldığını bildirmiş, ancak en az kaybın 70 °C’de kurutulan hünnap meyvelerinde gözlemlendiğini rapor etmiştir. C vitamini kaybının azaltılması için yüksek sıcaklıkta kısa süreli ısıtma uygulaması Fang ve diğ. (2009^a) tarafından önerilmektedir. C vitamini degradasyonu oksijen, sıcaklık ve nem miktarına bağlı olarak değişmektedir (Cui ve diğ. 2008).

Reaksiyon derecesinin belirlenmesi açısından C vitamini konsantrasyonları süreye karşılık gelecek şekilde aritmetik koordinatlara yerleştirildiğinde doğrusal bir eğri elde edilememiştir. Bu sebeple C vitamini parçalanmasının sıfırıncı derece reaksiyona uymadığı tespit edilmiştir. Sonrasında C vitamini konsantrasyonlarının doğal logaritmasının süreye karşı grafiği çizilmiştir. Elde edilen eğri doğrusal olduğu için C vitamini parçalanma kinetiğinin birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinde C vitamininin parçalanma kinetiğine ait grafikler Şekil 3.21 ve 3.22’de, parçalanma kinetiğine ait veriler ise Tablo 3.21’de verilmiştir. C vitamini parçalanmasının reaksiyon hız sabiti, kurutma sıcaklığının artmasıyla artış göstermiştir. Buna bağlı olarak yarılanma süresi ve desimal azalma süresi ise kurutma sıcaklığının artmasıyla azalmıştır. Benzer olarak Kurozawa ve diğ. (2014) papayada, Demiray ve diğ. (2013) domateste, Akdaş ve Başlar (2015) ise mandalinalarda C vitamini parçalanma kinetiğinin reaksiyon hız sabitinin artan kurutma sıcaklığı ile arttığını rapor etmiştir.



Şekil 3.21: C vitamini birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik



Şekil 3.22: C vitaminin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

Tablo 3.21: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında C vitamininin parçalanma kinetiğine ait veriler

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	t _{1/2} (saat)	D (saat)	R ²	E _a (kcal mol ⁻¹)	E _a (kJ mol ⁻¹)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50	0,0170	40,76	135,47	0,9865				
60	0,0445	15,57	51,75	0,9894	19,33	80,87	2,62	2,21
70	0,0983	7,05	23,43	0,989				

Aktivasyon enerjisi reaksiyonun sıcaklık hassasiyetini ifade etmektedir. Yüksek aktivasyon enerjisi reaksiyonun sıcaklık değişimlerine karşı daha hassas olduğunu belirtmektedir. Bunun yanı sıra yüksek aktivasyon enerjisine sahip olan reaksiyonlar ısı parçalanmaya karşı daha stabil davranmaktadır (Kadalkal ve diğ. 2017, Bell 2020). Hünnap meyvesinde bulunan C vitaminin parçalanmasına ait aktivasyon enerjisi değeri 80,87 kJ mol⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bu değer Demiray ve diğ. (2013) ve Akdaş ve Başlar (2015)'in belirttiği değerden yüksek olup, bunun anlamı; hünnap meyvesinde bulunan C vitaminin ısı parçalanmaya karşı daha stabil olduğu ancak sıcaklık değişimlerine karşı daha hassas olduğudur. Reaksiyon hızının 10 °C'lik sıcaklık artışı ile nasıl değiştiğinin bir ifadesi olan Q₁₀ değeri de reaksiyonun sıcaklık hassasiyetini belirlemede indikatör olarak kullanılmaktadır. Yüksek Q₁₀ değeri reaksiyonun sıcaklık değişimine karşı daha hassas olduğunu belirtmektedir

(Bell 2020). Bu çalışmada Q_{10} değeri 50-60 °C arasında 2,62 iken 60-70 °C arasında 2,21 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda hünnap meyvesinde bulunan C vitaminin parçalanması kurutma sıcaklığı 50 °C'den 60 °C'ye çıktığında 60 °C'den 70 °C'ye çıkmasından daha fazla etkilenmiştir.

3.4.1.2 Tiaminin Parçalanma Kinetiği

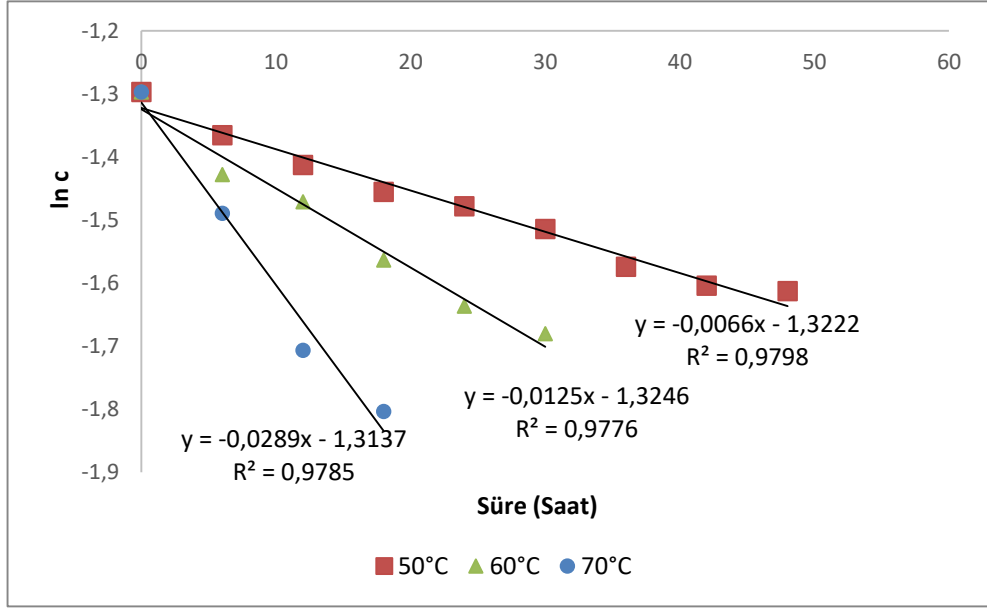
Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerinde kurutma sırasında tiamin miktarında meydana gelen değişimler Tablo 3.22'de verilmiştir. Kuruma süresince tiamin miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca kurutma sıcaklığındaki artış, tiamin kaybını arttırmıştır.

Tablo 3.22: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki tiamin içeriği ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

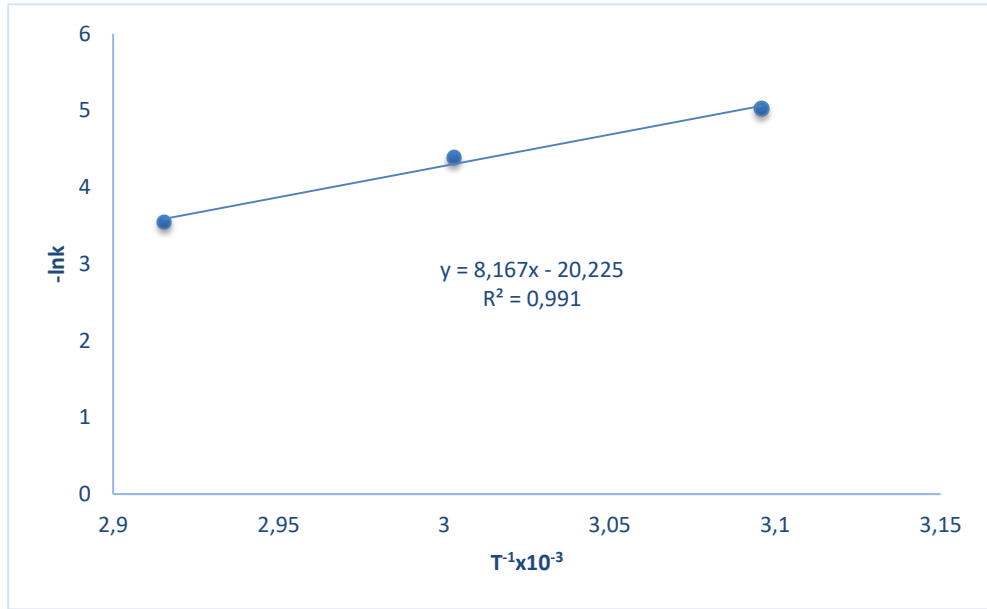
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Tiamin miktarı (mg/kg KM)	Kayıp (%)
50	0	0,2733	0,00
	6	0,2552	6,62
	12	0,2434	10,94
	18	0,2333	14,64
	24	0,2280	16,58
	30	0,2200	19,50
	36	0,2072	24,19
	42	0,2011	26,42
	48	0,1993	27,08
60	0	0,2733	0,00
	6	0,2398	12,26
	12	0,2297	15,95
	18	0,2094	23,38
	24	0,1946	28,80
	30	0,1863	31,83
	36	0,1863	31,83
70	0	0,2733	0,00
	6	0,2255	17,49
	12	0,1815	33,59
	18	0,1647	39,74

Kurutma sıcaklığı tiamin kaybı üzerinde etkili olup, en az kayıp 50 °C’de kurutulan örneklerde, en fazla kayıp ise 70 °C’de kurutulan örneklerde gözlenmiştir. Benzer olarak Ekinci (2005) 50, 60 ve 70 °C’de kurutulan tarhanada tiamin miktarının kurutma ile azaldığını ve artan kurutma sıcaklığının tiamin miktarında meydana gelen azalmayı arttırdığını bildirmiştir. Yaşa (2016) benzer olarak tiamin miktarının kurutma sonrası azaldığını belirtmiştir. Kim ve diğ. (2018) kavurma sonrasında yerfistiğinde bulunan tiamin miktarının azaldığını, yüksek sıcaklık ve uzun süreli ısıtma işleminin, tiamindeki moleküler halka yapılarını ve metilen grubu kimyasal bağlarını kolayca kırarak devitaminasyona yol açtığını bildirmektedir.

Tiamin parçalanma kinetiğinin birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinde tiaminin parçalanma kinetiğine ait grafikler Şekil 3.23 ve 3.24’te, parçalanma kinetiğine ait veriler ise Tablo 3.23’de verilmiştir. Tiaminin parçalanma reaksiyonuna ait reaksiyon hız sabiti artan kurutma sıcaklığı ile artmıştır. Bu sebeple tiamin degradasyonu daha yüksek sıcaklıklarda daha hızlı gerçekleşmektedir. Reaksiyon hızındaki bu artışa paralel olarak yarılanma süresi ve desimal azalma süresi de azalmıştır. Aktivasyon enerjisi incelendiğinde 67,90 kJ mol⁻¹ olarak bulunmuştur. Kadakal ve diğ. (2017) kuşburnu nektarında bulunan tiaminin parçalanma reaksiyonuna ait aktivasyon enerjisini 36,38 kJ mol⁻¹ olarak bildirmiştir. Bu durumda hünnap meyvesinde bulunan tiamin, sıcaklığa karşı kuşburnu nektarından daha stabil, ancak sıcaklık değişimlerine karşı daha hassastır çıkarımı yapılabilmektedir. Q₁₀ değeri incelendiğinde sıcaklık 50 °C’den 60 °C’ye çıktığında 1,89, 60 °C’den 70 °C’ye çıktığında ise 2,31 olarak bulunmuştur. Tiaminin ısıtma parçalanma reaksiyonu Q₁₀ değerinin daha yüksek olması sebebiyle 60 °C’den 70 °C’ye çıktığında daha fazla etkilenmiştir.



Şekil 3.23: Tiiminin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik



Şekil 3.24: Tiiminin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

Tablo 3.23: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında tiiminin parçalanma kinetiğine ait veriler

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	t _{1/2} (saat)	D (saat)	R ²	E _a (kcal mol ⁻¹)	E _a (kJ mol ⁻¹)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0066	105	348,94	0,9798				
60°C	0,0125	55,44	184,24	0,9776	16,23	67,90	1,89	2,31
70°C	0,0289	23,98	79,69	0,9785				

3.4.1.3 Niasinin Parçalanma Kinetiği

Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerinde kurutma sırasında niasin miktarında meydana gelen değişimler Tablo 3.24'te verilmiştir. Kurutma sıcaklığının artışı niasin kaybında artışa sebep olmuştur.

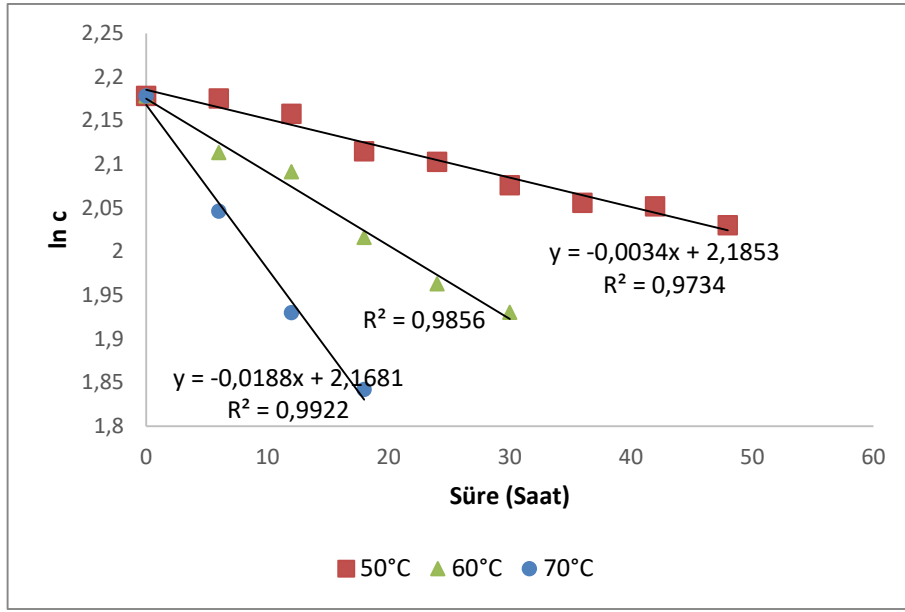
Tablo 3.24: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki niasin içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Niasin miktarı (mg/kg KM)	Kayıp (%)
50	0	8,8333	0,00
	6	8,8070	0,30
	12	8,6530	2,04
	18	8,2900	6,15
	24	8,1900	7,28
	30	7,9730	9,74
	36	7,8130	11,55
	42	7,7830	11,89
	48	7,6167	13,77
60	0	8,8333	0,00
	6	8,2770	6,30
	12	8,0970	8,34
	18	7,5100	14,98
	24	7,1230	19,36
	30	6,8933	21,96
70	0	8,8333	0,00
	6	7,7400	12,38
	12	6,8900	22,00
	18	6,3100	28,57

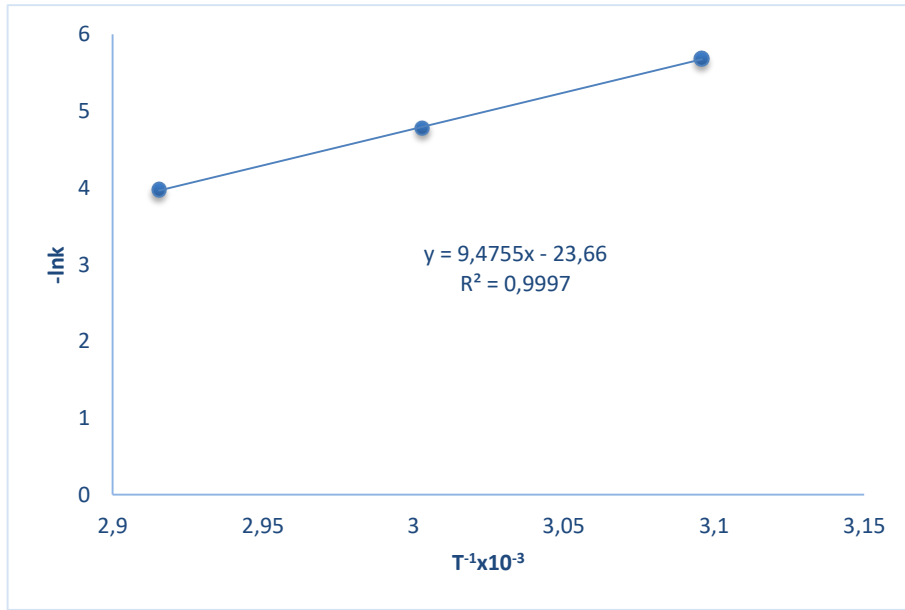
Kurutma sıcaklığı niasin kaybı üzerinde etkili olup 50, 60 ve 70 °C'de kurutulan hünnap meyvesinde niasin kaybı sırasıyla %13,77, %21,96 ve %28,57 olarak tespit edilmiştir. Heterosiklik bir pirimidin halkası olan niasin, dışarıdan bir enerji verildiğinde bile oldukça kararlı bir yapıya sahiptir. Gıdalardaki hidroksi radikalleri ve hidratlanmış elektronlar gibi serbest radikallere sahip olan ara

maddeler, ilk önce riboflavin gibi güçlü oksitleyici maddelerle oksitlenmektedir. Bu nedenle diğer vitaminlerle karşılaştırıldığında niasinde gözlenen kayıp daha az olmaktadır (Kim ve diğ. 2018). Kurutma ile hünnap meyvesindeki niasin miktarında gözlenen kayıp Yaşa (2016) tarafından da rapor edilmiştir. Benzer olarak Ekinci (2005) 50, 60 ve 70 °C’de kuruttuğu tarhana örneklerinde niasin miktarının kurutma ile azaldığını, en az kaybın 50 °C’de, en fazla kaybın ise 70 °C’de kurutulan örneklerde gözlendiğini bildirmiştir.

Niasinin parçalanma kinetiğinin birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinde niasinin parçalanma kinetiğine ait grafikler Şekil 3.25 ve 3.26’da, parçalanma kinetiğine ait veriler ise Tablo 3.25’te verilmiştir. Farklı sıcaklıklarda pişirilen patateslerde niasinin parçalanma kinetiğinin birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uyduğu Nisha ve diğ. (2009) tarafından da rapor edilmiştir. Tiaminde de gözlendiği gibi kurutma sıcaklığı arttıkça niasinin termal parçalanma reaksiyonuna ait reaksiyon hız sabitinin de arttığı gözlenmiştir. Reaksiyon hızındaki bu artış yarılanma ömrü ve desimal azalma süresinin kısılmasına sebep olmuştur. Bu reaksiyona ait aktivasyon enerjisi 78,78 kJ mol⁻¹ olarak hesaplanmış olup, Nisha ve diğ. (2009) tarafından pişirilmiş patateslerdeki niasinin parçalanma reaksiyonuna ait aktivasyon enerjisinden (16,70 kJ mol⁻¹) yüksek olduğu saptanmıştır. Q₁₀ değeri 50 °C’den 60 °C’ye çıktığında 2,47, 60 °C’den 70 °C’ye çıktığında ise 2,24 olarak hesaplanmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi yüksek Q₁₀ değeri, reaksiyonun sıcaklık değişimine karşı daha hassas olduğunun bir göstergesi olduğundan, niasinin parçalanma reaksiyonu sıcaklık 50 °C’den 60 °C’ye yükseldiğinde sıcaklığa karşı daha fazla hassasiyet göstermiştir.



Şekil 3.25: Niasinin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik



Şekil 3.26: Niasinin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

Tablo 3.25: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında niasinin parçalanma kinetiğine ait veriler

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	t _{1/2} (saat)	D (saat)	R ²	E _a (kcal mol ⁻¹)	E _a (kJ mol ⁻¹)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0034	203,82	677,35	0,9734				
60°C	0,0084	82,5	274,16	0,9856	18,83	78,78	2,47	2,24
70°C	0,0188	36,86	122,5	0,9922				

3.4.1.4 Riboflavinin Parçalanma Kinetiği

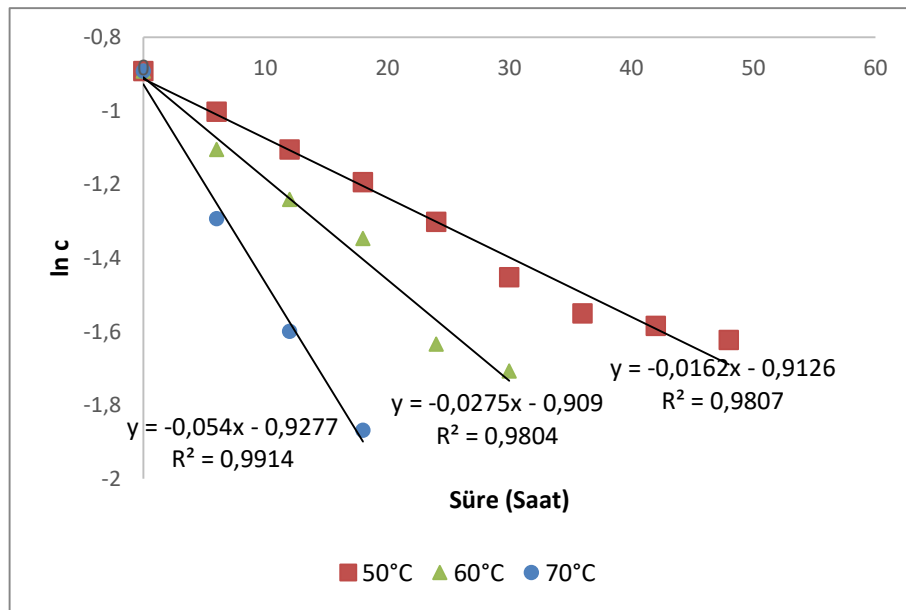
Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerinde kurutma sırasında riboflavin miktarında meydana gelen değişimler Tablo 3.26’da verilmiştir. Riboflavin miktarındaki kayıp sıcaklık artışına bağlı olarak artış göstermiştir.

Tablo 3.26: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki riboflavin içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

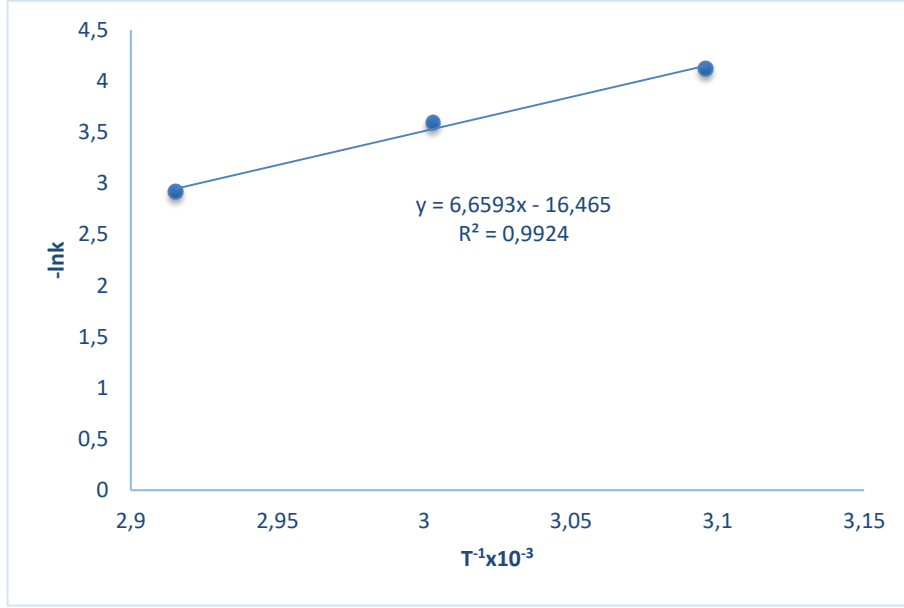
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Riboflavin miktarı (mg/kg KM)	Kayıp (%)
50	0	0,4100	0,00
	6	0,3670	10,49
	12	0,3310	19,27
	18	0,3030	26,10
	24	0,2720	33,66
	30	0,2340	42,93
	36	0,2120	48,29
	42	0,2050	50,00
	48	0,1973	51,88
60	0	0,4100	0,00
	6	0,3310	19,27
	12	0,2890	29,51
	18	0,2600	36,59
	24	0,1951	52,41
	30	0,1813	55,78
70	0	0,4100	0,00
	6	0,2743	33,10
	12	0,2020	50,73
	18	0,1543	62,37

Hünnap meyvesinde bulunan riboflavin miktarı 50, 60 ve 70 °C’de kurutma sonrasında sırasıyla %51,88, %55,78 ve %62,37 azalmıştır. Ekinci (2005) ve Yaşa (2016) sırasıyla tarhana ve hünnap meyvesinin kurutulması sırasında riboflavin miktarında benzer şekilde bir azalış meydana geldiğini bildirmiştir.

Riboflavinin parçalanma kinetiğinin birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Nisha ve diğ. (2005) ve Rekha ve diğ. (2004) farklı ürünlerde riboflavinin termal parçalanmasının birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uyduğunu bildirmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinde riboflavinin parçalanma kinetiğine ait grafikler Şekil 3.27 ve 3.28’de, parçalanma kinetiğine ait veriler ise Tablo 3.27’de verilmiştir. Tiamin ve niasinde olduğu gibi riboflavinin termal parçalanma reaksiyonunda da kurutma sıcaklığı arttıkça reaksiyon hız sabiti artmış, buna bağlı olarak yarılanma ömrü ve desimal azalma süresi ise azalmıştır. Nisha ve diğ. (2005) ıspanakta bulunan riboflavinin parçalanmasına ait reaksiyon hız sabitinin artan sıcaklıkla beraber artış gösterdiğini bildirmiştir. Riboflavinin termal parçalanma reaksiyonuna ait aktivasyon enerjisi 55,37 kJ mol⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Riboflavinin termal parçalanma reaksiyonuna ait aktivasyon enerjisini Kadakal ve diğ. (2017) kuşburnu nektarında 37,15 kJ mol⁻¹, Nisha ve diğ. (2005) ise ıspanakta 21,72 kJ mol⁻¹ olarak rapor etmiştir. Q₁₀ değeri 50 °C’den 60 °C’ye çıktığında 1,70, 60 °C’den 70 °C’ye çıktığında ise 1,96 olarak hesaplanmıştır. Buna göre sıcaklığın 70 °C’ye çıkması riboflavinin termal parçalanma hızını daha çok arttırmıştır.



Şekil 3.27: Riboflavinin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik



Şekil 3.28: Riboflavinin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

Tablo 3.27: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında riboflavinin parçalanma kinetiğine ait veriler

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	t _{1/2} (saat)	D (saat)	R ²	E ^a (kcal mol ⁻¹)	E _a (kJ mol ⁻¹)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0162	42,78	142,16	0,9807				
60°C	0,0275	25,2	83,75	0,9804	13,23	55,36	1,70	1,96
70°C	0,054	12,83	42,65	0,9914				

3.4.1.5 Pridoksinin Parçalanma Kinetiği

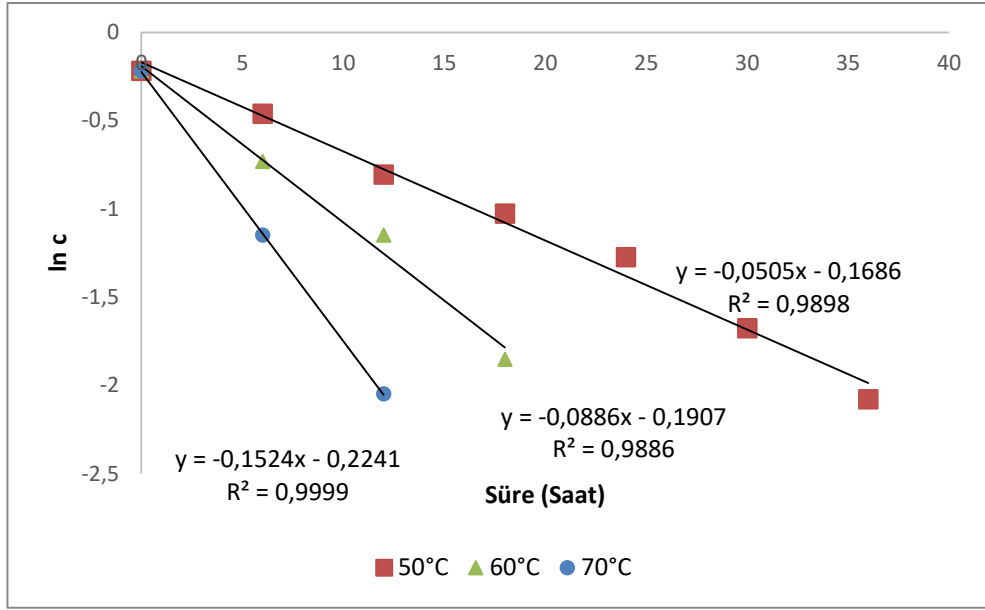
Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerinde kurutma sırasında pridoksin miktarında meydana gelen değişimler Tablo 3.28’de verilmiştir. Sıcaklık arttıkça pridoksin miktarındaki kaybın arttığı, kurumanın sonunda pridoksin tespit edilemediği gözlenmektedir. Ekinci (2005) 50, 60 ve 70 °C’de kuruttuğu tarhana örneklerinde pridoksin miktarında artan kuruma hızıyla beraber artan bir kayıp gözlendiğini rapor etmiştir. Kuruma sonunda hünnap meyvesinde başlangıçta 0,076 mg/100 g olan pridoksinin kurutma sonrası tespit edilemediği Yaşa (2016) tarafından belirtilmiştir.

Tablo 3.28: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki pridoksin içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

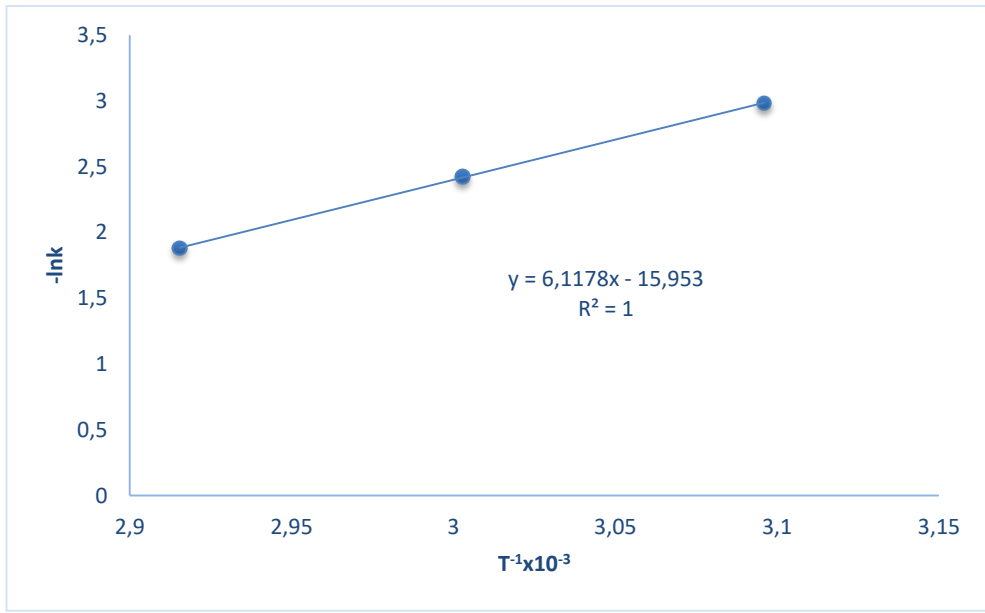
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Pridoksin miktarı (mg/kg KM)	Kayıp (%)
50	0	0,8033	0
	6	0,6310	21,45
	12	0,4470	44,35
	18	0,3580	55,43
	24	0,2800	65,14
	30	0,1870	76,72
	36	0,1250	84,44
	42	TE	100,00
	48	TE	100,00
60	0	0,8033	0
	6	0,4810	40,12
	12	0,3170	60,54
	18	0,1570	80,46
	24	TE	100,00
	30	TE	100,00
70	0	0,8033	0
	6	0,3170	60,54
	12	0,1290	83,94
	18	TE	100,00

TE: Tespit edilememiştir

Hünnap meyvesinin farklı sıcaklıklarda kurutulması sırasında kurumanın bir noktasından sonra pridoksin tespit edilememiştir. Bu nedenle pridoksinin termal parçalanmasına ait kinetik modelleme çalışması, son tespit edildiği noktalar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Pridoksinin parçalanma kinetiğinin birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinde pridoksinin parçalanma kinetiğine ait grafikler Şekil 3.29 ve 3.30’da, parçalanma kinetiğine ait veriler ise Tablo 3.29’da verilmiştir.



Şekil 3.29: Pridoksinin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik



Şekil 3.30: Pridoksinin parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

Tablo 3.29: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında pridoksinin parçalanma kinetiğine ait veriler

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	t _{1/2} (saat)	D (saat)	R ²	E _a (kcal mol ⁻¹)	E _a (kJ mol ⁻¹)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0505	13,72	45,60	0,9898				
60°C	0,0886	7,82	25,99	0,9886	15,63	65,41	1,75	1,72
70°C	0,1524	4,55	15,11	0,9999				

3.4.2 Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite

Hünnap meyvesinin kurutma sonrası toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite miktarındaki değişim Tablo 3.30'da verilmiştir. Tam olgun hünnap meyvesinde 1911,40±47,32 mg GAE/100 g KM olarak tespit edilen toplam fenolik madde miktarında, kurutma sonrası istatistik olarak önemli bir azalma meydana gelmiş olup, kurutma sıcaklığının fenolik madde kaybı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Tam olgun hünnap meyvelerinde antioksidan aktivite değeri 0,214 mmol TE/ g KM olarak hesaplanmıştır. Kurutma sonrası ise istatistik olarak önemli bir azalma gözlenmiş olup, sıcaklıklar arasında herhangi anlamlı bir fark tespit edilememiştir.

Tablo 3.30: Kurutma sonrası hünnap meyvesindeki fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite

	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100g KM)	Antioksidan Aktivite (mmol TE/g KM)
Tam olgun	1911,40±47,32 ^a	0,214±0,001 ^a
50°C kurutma	418,59±12,18 ^b	0,083±0,001 ^b
60°C kurutma	453,71±4,61 ^b	0,084±0,001 ^b
70°C kurutma	484,03±6,21 ^b	0,087±0,002 ^b

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

3.4.2.1 Toplam Fenolik Madde İçeriği

Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerinde kurutma sırasında toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimler Tablo 3.31'de verilmiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça toplam fenolik madde miktarındaki kaybın azaldığı gözlenmektedir. 50, 60 ve 70 °C'de kurutulan hünnap meyvelerindeki toplam fenolik madde kaybı sırasıyla %78,10, %76,26 ve %74,68'dir. Ancak bu azalış üzerinde kurutma sıcaklığının etkisi istatistiki olarak önemli değildir (p>0,05). Benzer olarak Vega-Galvez ve diğ. (2009) ve Horuz ve diğ. (2017) sırasıyla kırmızıbiber ve vişnelerin kurutulması sırasında sıcaklık artışının toplam fenolik madde kaybı üzerinde istatistik olarak önemli bir etkisi olmadığını rapor etmiştir.

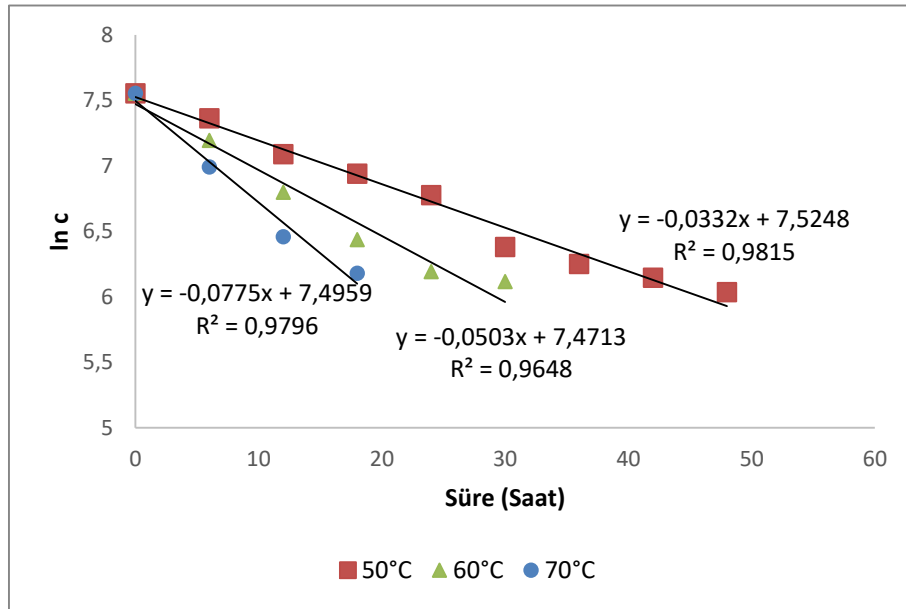
Diğer yandan Yaşa (2016) bütün halde kurutulmuş hünnap meyvesinde, Elmas ve diğ. (2019) dilimlenerek kurutulmuş hünnap örneklerinde, Wojdylo ve diğ. (2019) parçalanarak kurutulmuş hünnap örneklerinde kurutma sıcaklığı arttıkça toplam fenolik madde miktarının azaldığını bildirmiştir.

Tablo 3.31: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki toplam fenolik madde içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

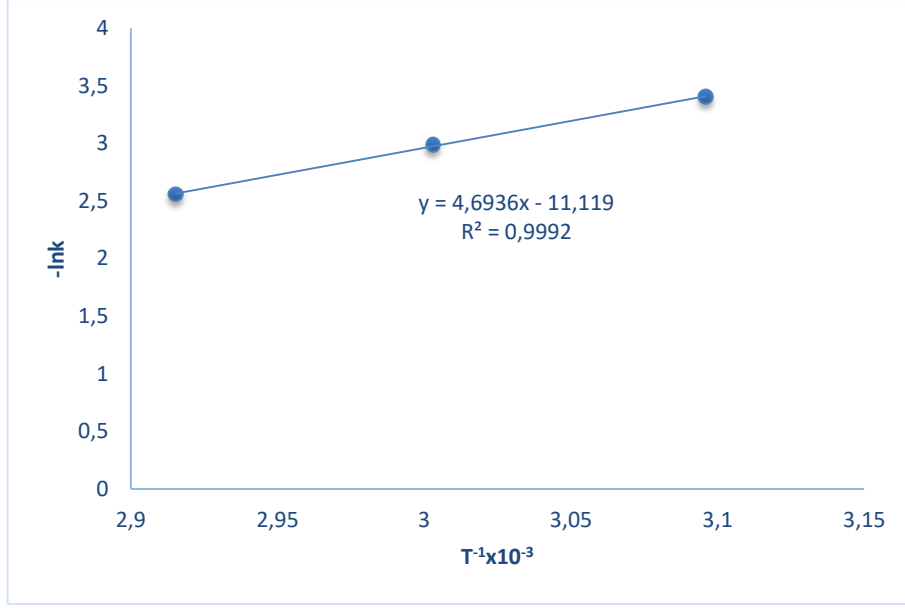
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g KM)	Kayıp (%)
50	0	1911,40	0
	6	1577,56	17,46
	12	1200,78	37,18
	18	1034,52	45,88
	24	877,50	54,09
	30	591,42	69,06
	36	519,63	72,81
	42	467,63	75,53
	48	418,59	78,10
60	0	1911,40	0,00
	6	1335,61	30,12
	12	897,51	53,04
	18	624,66	67,32
	24	489,35	74,40
	30	453,70	76,26
70	0	1911,40	0,00
	6	1089,25	43,01
	12	639,74	66,53
	18	484,03	74,68

Hünnap meyvesinin toplam fenolik madde içeriğinin parçalanma kinetiğinin birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Akdaş ve Başlar (2015) mandalinada ve Sarpong ve diğ. (2018) muzda toplam fenolik maddenin termal parçalanma reaksiyonunun birinci dereceden kinetik modele uyduğunu rapor etmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş hünnap meyvelerinde toplam fenolik madde parçalanma kinetiğine ait grafikler Şekil 3.31 ve 3.32’de, parçalanma kinetiğine ait

veriler ise Tablo 3.32’de verilmiştir. Toplam fenolik maddenin termal parçalanma reaksiyonuna ait reaksiyon hız sabitinin 0,0332 ile 0,0775 saat⁻¹ arasında değiştiği ve kurutma sıcaklığı arttıkça arttığı görülmektedir. Buna bağlı olarak yarılanma ömrü ve desimal azalma süresinde de azalma gözlenmiştir. Farklı gıdalarda toplam fenolik madde içeriğinin termal parçalanma hızının artan kurutma sıcaklığı ile arttığı Akdaş ve Başlar (2015), Sarpong ve diğ. (2018), Kadakal ve Duman (2018) tarafından da rapor edilmiştir. Toplam fenolik maddenin termal parçalanmasına ait aktivasyon enerjisi 39,02 kJ mol⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Q₁₀ (50-60 °C) ile Q₁₀ (60-70 °C) değerleri sırasıyla 1,51 ve 1,54 olarak bulunmuş olup, toplam fenolik maddenin termal parçalanmasının 10 °C’lik sıcaklık artışından etkilenmediği tespit edilmiştir.



Şekil 3.31: Toplam fenolik maddenin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafik



Şekil 3.32: Toplam fenolik madde parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

Tablo 3.32: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında toplam fenolik madde parçalanma kinetiğine ait veriler

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	t _{1/2} (saat)	D (saat)	R ²	E _a (kcal mol ⁻¹)	E _a (kJ mol ⁻¹)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0332	20,87	69,37	0,9815				
60°C	0,0503	13,77	45,78	0,9648	9,33	39,02	1,51	1,54
70°C	0,0775	8,94	29,72	0,9796				

3.4.3 Antioksidan Aktivite

Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulmuş hünnap meyvelerinde kurutma sırasında antioksidan aktivitede meydana gelen değişimler Tablo 3.33’de verilmiştir. Kurutma işleminin antioksidan aktivitede azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığı bu azalma üzerinde etkili olmamıştır (p>0,05). 50, 60 ve 70 °C’de kurutulmuş hünnap meyvesinde antioksidan aktivitede meydana gelen kayıp sırasıyla %61,16, %60,58 ve %59,13 olarak tespit edilmiştir. Garau ve diğ. (2007) uzun kurutma sürelerinin gıdalardaki antioksidan aktivitede azalmaya sebep olabileceğini

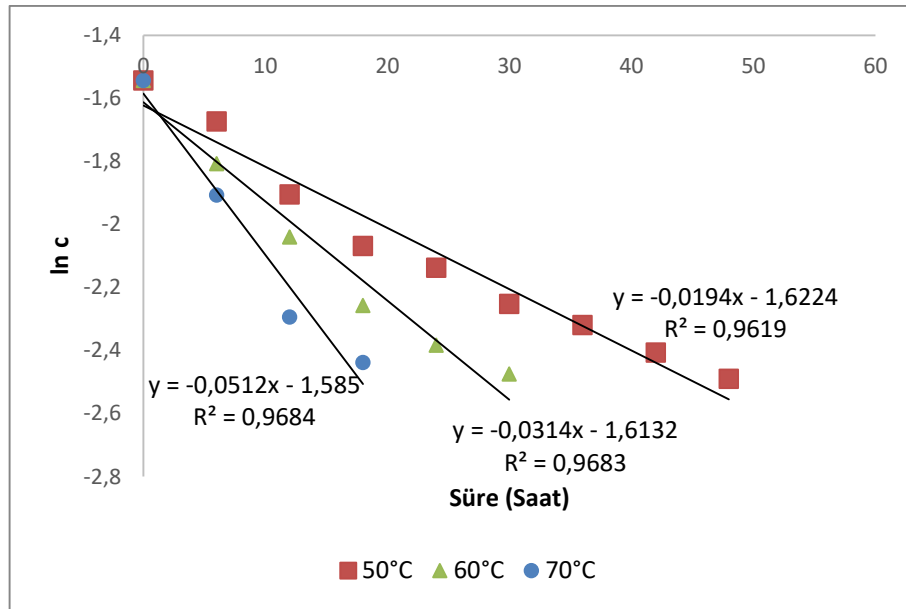
bildirmiştir. Kırmızıbiberlerin sıcak hava ile kurutulmasında antioksidan aktivitede azalma gözlemlendiği ancak kurutma sıcaklığının bu azalış üzerinde istatistik olarak önemli bir etkisi olmadığı Vega-Galvez ve diğ. (2009) tarafından rapor edilmiştir. Bunun aksine Wojdylo ve diğ. (2016^a) artan kurutma sıcaklığı ile hünnap meyvesindeki antioksidan aktivitenin istatistiki olarak azaldığını bildirmiştir.

Tablo 3.33: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki antioksidan aktivite ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

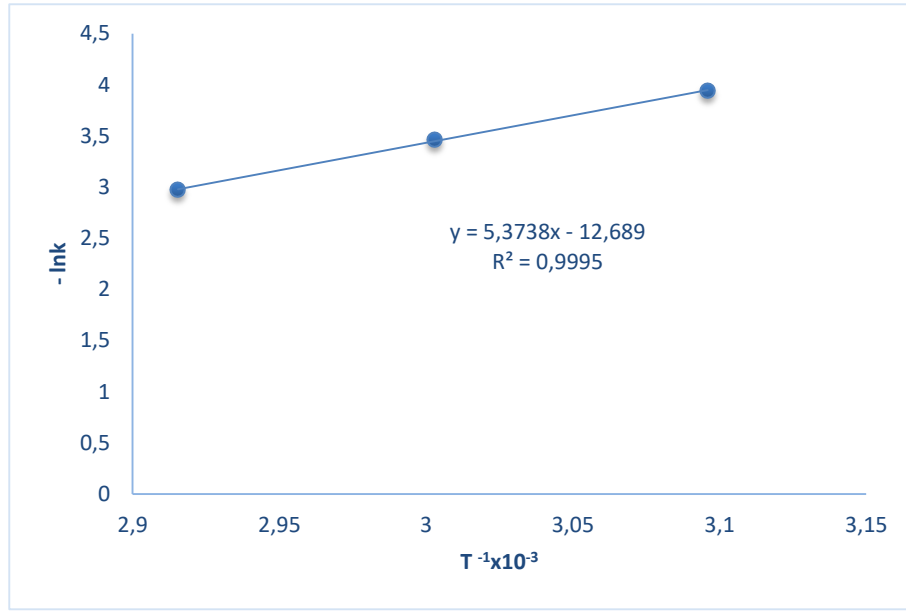
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Antioksidan aktivite (mmol TE/g KM)	Kayıp (%)
50	0	0,213	0
	6	0,188	12,17
	12	0,149	30,35
	18	0,126	40,86
	24	0,118	44,80
	30	0,105	50,74
	36	0,098	53,94
	42	0,090	57,79
	48	0,083	61,16
60	0	0,213	0,00
	6	0,164	23,18
	12	0,130	39,13
	18	0,105	51,01
	24	0,092	56,81
	30	0,084	60,58
	36	0,084	60,58
70	0	0,115	0,00
	6	0,149	30,43
	12	0,101	52,75
	18	0,087	59,13

Antioksidan aktivite kaybına ait reaksiyon kinetiğinin birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Başlar ve diğ. (2014), Oancea ve diğ. (2017) ve Sarpong ve diğ. (2018) farklı gıdalarda antioksidan aktivitenin termal parçalanma reaksiyonunun birinci dereceden kinetik modele uyduğunu rapor etmiştir. Bunun aksine Orisaka ve diğ. (2014) ve Ertekin Filiz ve Seydim (2018) antioksidan

aktivitenin termal parçalanma reaksiyonunun, sıfırcı dereceden kinetik model ile tanımlanabileceğini bildirmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş hünnap meyvelerinde antioksidan aktivite kaybının reaksiyon kinetiğine ait grafikler Şekil 3.33 ve 3.34'te, veriler ise Tablo 3.34'de verilmiştir. Kurutma sıcaklığının artmasıyla beraber hünnap meyvesindeki antioksidan aktivitenin termal parçalanmasına ait reaksiyon hız sabitinin de arttığı gözlenmiştir. Reaksiyon hızının artmasına bağlı olarak yarılanma ömrü ve desimal azalma süresi ise azalmıştır. Antioksidan aktivitenin termal parçalanma reaksiyonuna ait aktivasyon enerjisi, Q_{10} (50-60 °C) ve Q_{10} (60-70 °C) sırasıyla 44,68 kJ mol⁻¹, 1,62 ve 1,63 olarak bulunmuştur. Q_{10} değerleri arasında önemli bir fark olmaması antioksidan aktivitenin termal parçalanmasının 10 °C'lik sıcaklık değişiminden istatistik olarak etkilenmediğini göstermektedir.



Şekil 3.33: Hünnap meyvesinin antioksidan aktivitenin birinci dereceden parçalanma kinetiğine ait grafiği



Şekil 3.34: Hünnap meyvesinin antioksidan aktivite kaybına ait Arrhenius grafiği

Tablo 3.34: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında toplam antioksidan aktivite parçalanma kinetiğine ait veriler

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	t _{1/2} (saat)	D (saat)	R ²	E _a (kcal mol ⁻¹)	E _a (kJ mol ⁻¹)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0194	35,72	118,71	0,9619				
60°C	0,0314	22,07	73,34	0,9683	10,68	44,68	1,62	1,63
70°C	0,0512	13,54	44,98	0,9684				

3.5 Renk Değerlerinin Kuruma ile Değişimi

50, 60 ve 70 °C'de kurutulan hünnap meyvelerinin kurutma sonrası renk değerleri Tablo 3.35'de verilmiştir. Kurutulan örneklerin L, a ve b değerleri taze meyveye göre azalmış olup, artan kuruma sıcaklıkları L, a ve b değerleri üzerinde istatistik olarak önem arz etmektedir (p<0,05). Renk özellikle kurutulmuş meyvelerde önemli bir kalite parametresi olmakla birlikte, taze meyvenin özelliklerine en yakın karakterde olan ürünlerin tercih edilirliliği daha yüksektir. Bu

bağlamda en yüksek L, a ve b değerine sahip olduğundan 70 °C’de kurutulan örnekler renk kalitesi açısından daha iyi olarak değerlendirilmektedir. L değerinin kurutulmuş örneklerde taze örnekten daha düşük olması meyvenin koyulaştığının bir göstergesidir. Fang ve diğ. (2009^a) 50, 60 ve 70 °C’de kuruttukları hünnap meyvesinde L değerinin azaldığını, a değerinin belli bir trende sahip olmadığını ve b değerinin ise arttığını bildirmiştir. Benzer olarak Wojdylo ve diğ. (2019) tarafından yürütülen çalışmada L, a ve b değerlerinde taze meyveye göre azalış gerçekleşmiş ancak kuruma sıcaklığı arttıkça renk değerlerinin de arttığı belirtilmiştir.

Tablo 3.35: Kurutma işlemi sonrası hünnap meyvesinin renk değerleri

	L	a	b
Tam Olgun	21.92±0.01 ^a	15.95±0.12 ^a	9.91±0.12 ^a
50°C kurutma	10.31±0.05 ^b	2.04±0.04 ^b	1.04±0.02 ^b
60°C kurutma	11.09±0.03 ^c	2.23±0.02 ^c	1.34±0.07 ^c
70°C kurutma	12.25±0.04 ^d	4.57±0.02 ^d	2.12±0.08 ^d

Aynı satırda bulunan farklı harfler istatistik olarak farkı ifade etmektedir (p<0,05)

3.5.1 a Değerinin Kurutma ile Değişimi

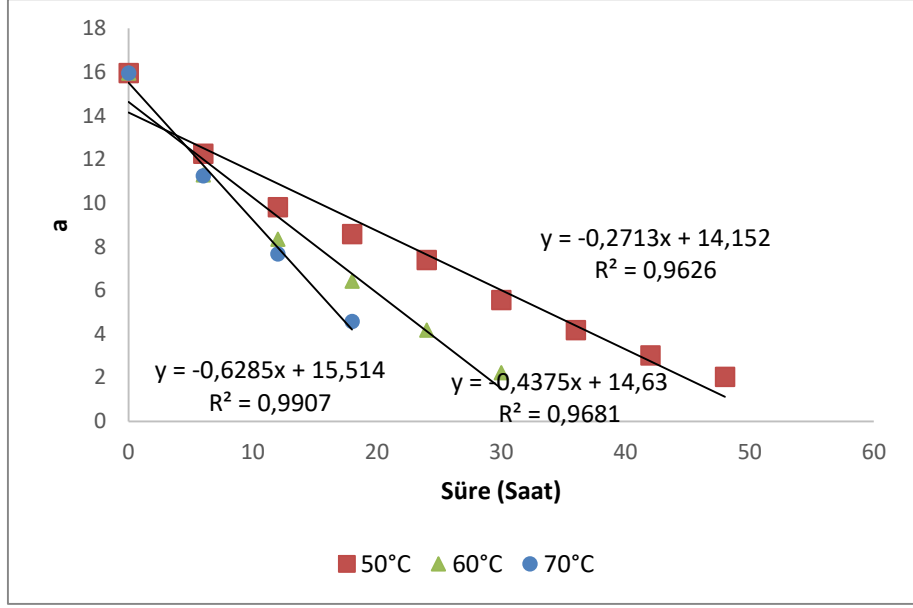
Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerinde kurutma sırasında a değerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.36’da verilmiştir. Tablo 3.36’dan da görüldüğü gibi kırmızılığı ifade eden a değeri kurutmayla önemli düzeyde azalmıştır (p<0,05). 50, 60 ve 70 °C’de kurutulan örneklerde a değeri sırasıyla 2,04, 2,23 ve 4,57 olarak bulunmuştur. Aynı eğilim 50, 60 ve 70 °C’de kurutulan vişnelerde Horuz ve diğ. (2017), 45, 55 ve 65 °C’de kurutulan havuç dilimlerinde ise Demiray ve Tülek (2015) tarafından da rapor edilmiştir. Kurutma ile a değerinde meydana gelen azalış kırmızı renkten sorumlu pigmentlerin sıcaklıkla parçalanması ile açıklanabilmektedir.

Tablo 3.36: Kurutma süresince hünnap meyvesine ait a değeri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

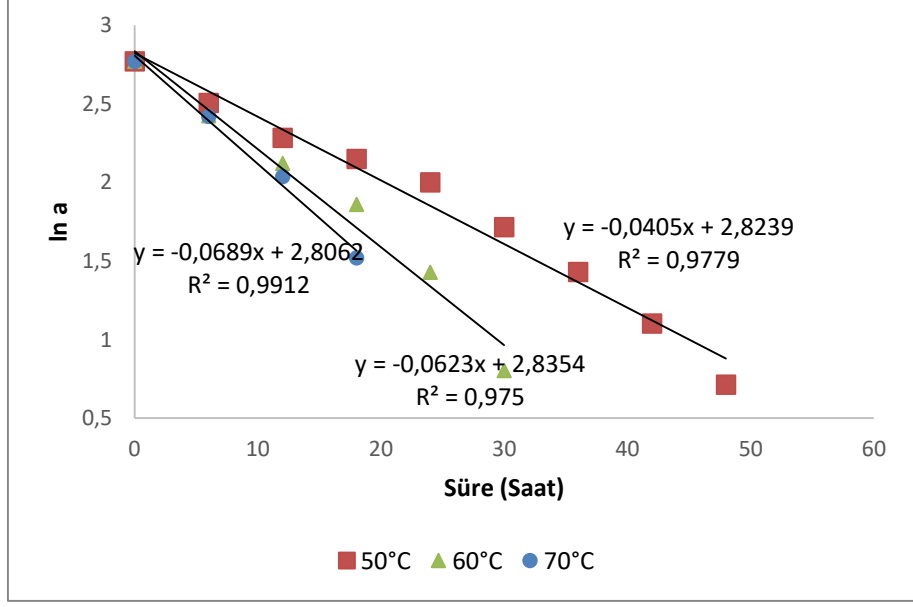
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	a değeri	Kayıp (%)
50	0	15,95	0,00
	6	12,26	23,13
	12	9,81	38,50
	18	8,57	46,27
	24	7,39	53,67
	30	5,56	65,14
	36	4,18	73,79
	42	3,01	81,13
	48	2,04	87,21
60	0	15,95	0,00
	6	11,29	29,22
	12	8,34	47,71
	18	6,42	59,75
	24	4,17	73,86
	30	2,23	86,02
70	0	15,95	0,00
	6	11,24	29,53
	12	7,67	51,91
	18	4,57	71,35

Hünnap meyvesine ait a değerlerinin kuruma zamanına göre değişimi hem sıfırcı (50, 60, 70 °C için R^2 sırasıyla 0,9626; 0,9681; 0,9907) hem de birinci dereceden (50, 60, 70 °C için R^2 sırasıyla 0,9779; 0,9750; 0,9912) kinetik modele uygunluk göstermektedir. Benzer olarak Demiray ve Tülek (2020) farklı sıcaklıklarda ve vakumda kurutulan kırmızıbiber dilimlerinde ve Demiray ve Tülek (2015) farklı sıcaklıklarda kurutulan havuç dilimlerinde a değerinin sıcaklık ile değişiminin hem sıfırcı hem de birinci dereceden kinetik modele uyduğunu bildirmiştir. Demirhan ve Özbek (2011) a değerinin sıcaklıkla değişiminin birinci dereceden kinetik modele uyduğunu belirtirken, Mohammadi ve diğ. (2008) ve

Dadalı ve diğ. (2007) sıfırncı dereceden kinetik modele uyduğunu bildirmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinde a değerine ait sıfırncı dereceden ve birinci dereceden kinetik modellere ait grafikler Şekil 3.35 ve Şekil 3.36'da, veriler ise Tablo 3.37 ve 3.38'de verilmiştir. Reaksiyon hız sabiti sıfırncı derece için 0,2713-0,6285 saat⁻¹, birinci derece için 0,0405-0,0689 saat⁻¹ olarak değişmekte olup, sıcaklık arttıkça arttığı gözlenmiştir. Benzer olarak farklı sıcaklıklarda ve vakumda kurutulan kırmızıbiber dilimlerinde a değerinin değişimine ait reaksiyon hız sabitinin sıcaklık arttıkça artış gösterdiği Demiray ve Tülek (2020) tarafından bildirilmiştir. Kurutma süresince hünnap meyvesinin a değerine ilişkin aktivasyon enerjisi sıfırncı derece reaksiyon için 38,73 kJ mol⁻¹, birinci dereceden reaksiyon için 24,62 kJ mol⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Farklı sıcaklıklarda kurutulan havuç dilimlerinde a değeri için aktivasyon enerjisi 58,61 (sıfırncı derece) ve 59,53 kJ mol⁻¹ (birinci derece) olarak rapor edilmiştir (Demiray ve Tülek 2015). Demiray ve Tülek (2020) ise vakum kurutucuda kurutulan kırmızıbiber dilimlerinde a değeri için aktivasyon enerjisini sıfırncı dereceden reaksiyon için 51,41 (48kPa) ve 43,32 (21,5 kPa) kJ mol⁻¹, birinci dereceden reaksiyon için ise 54,53 (48kPa) ve 43,95 kJ mol⁻¹ (21,5 kPa) olarak rapor etmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinin a değerine ait Q₁₀ (50-60 °C) ve Q₁₀ (60-70°C) değerleri sırasıyla sıfırncı derece reaksiyon için 1,61 ve 1,44 iken birinci derece reaksiyon için 1,54 ve 1,11 olarak bulunmuştur. Farklı sıcaklıklarda kurutulan havuç dilimlerinde a değerine ait Q₁₀ (45-55 °C) ve Q₁₀ (55-65 °C) değerleri sırasıyla sıfırncı dereceden reaksiyon için 2,28 ve 1,62, birinci dereceden reaksiyon için 2,35 ve 1,60 olarak bildirilmiştir (Demiray ve Tülek 2015).

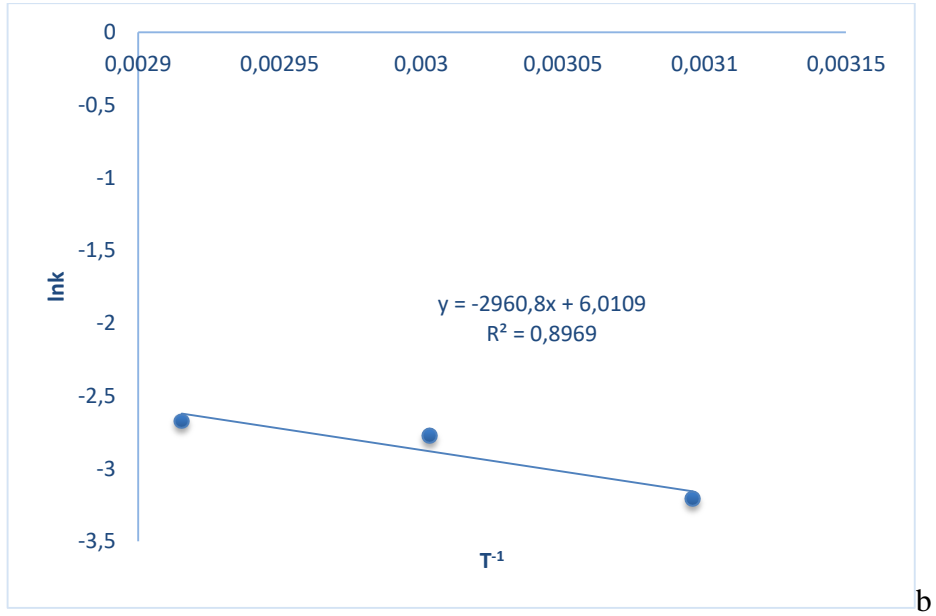
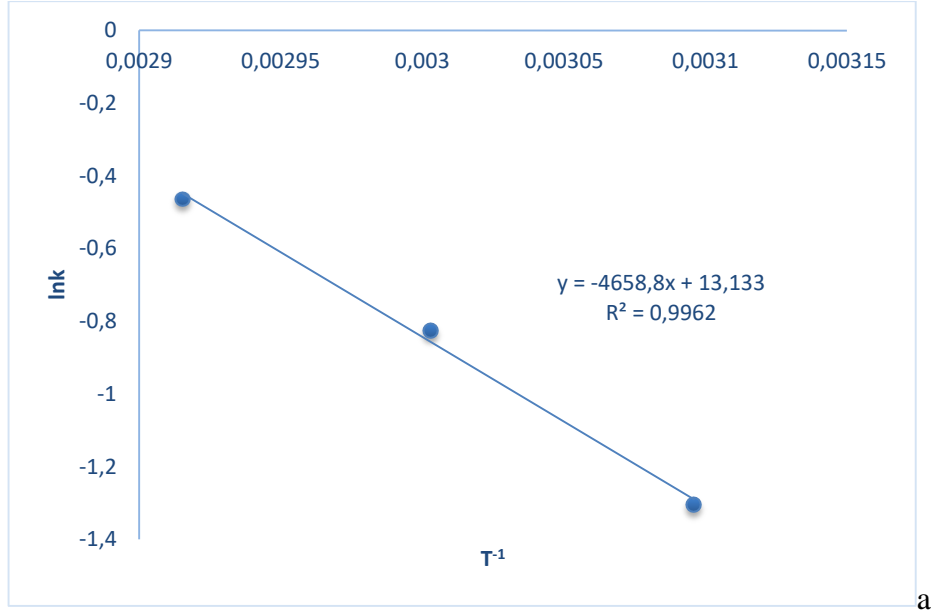


a



b

Şekil 3.35: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesine ait a değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model



Şekil 3.36: Kurutma sırasında hünnap meyvesinin a değerinde meydana gelen kayba ait Arrhenius grafiği a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model

Tablo 3.37: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında a değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (sıfırıncı dereceden)

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	R ²	E _a (kcal/mol)	E _a (kJ/mol)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,2713	0,9626				
60°C	0,4375	0,9681	9,26	38,73	1,61	1,44
70°C	0,6285	0,9907				

Tablo 3.38: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında a değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (birinci dereceden)

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	R ²	E _a (kcal/mol)	E _a (kJ/mol)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0405	0,9779				
60°C	0,0623	0,9750	5,88	24,62	1,54	1,11
70°C	0,0689	0,9912				

3.5.2 b Değerinin Kurutma ile Değişimi

Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerinde kurutma sırasında b değerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.39’da verilmiştir. Tablo 3.39’dan da görüldüğü gibi sarı rengi ifade eden b değeri kurutmaya önemli düzeyde azalmıştır ($p < 0,05$). Kurutma sıcaklığı arttıkça b değerindeki düşüşün azaldığı tespit edilmiştir. Başlangıçta 9,91 olan b değeri 50, 60 ve 70 °C’de kurutulan örneklerde sırasıyla 1,04, 1,34 ve 2,12 olarak tespit edilmiştir. Benzer olarak Aral ve Beşe (2016) taze alıç meyvesinin b değerini 50,49; 50, 60 ve 70 °C’de 1,3 m s⁻¹ hava hızı ile kurutulan örnekler için ise sırasıyla 23,02, 35,48 ve 46,23 olarak bildirmiştir. Bu durum, daha uzun süre sıcaklığa maruz kalma sonucunda renk maddelerinin daha fazla parçalanması ile açıklanmıştır.

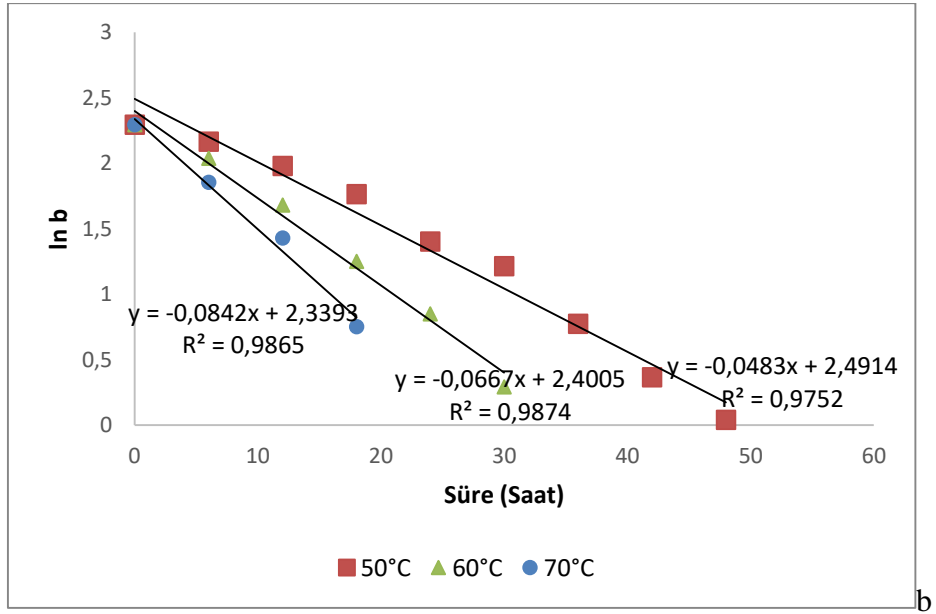
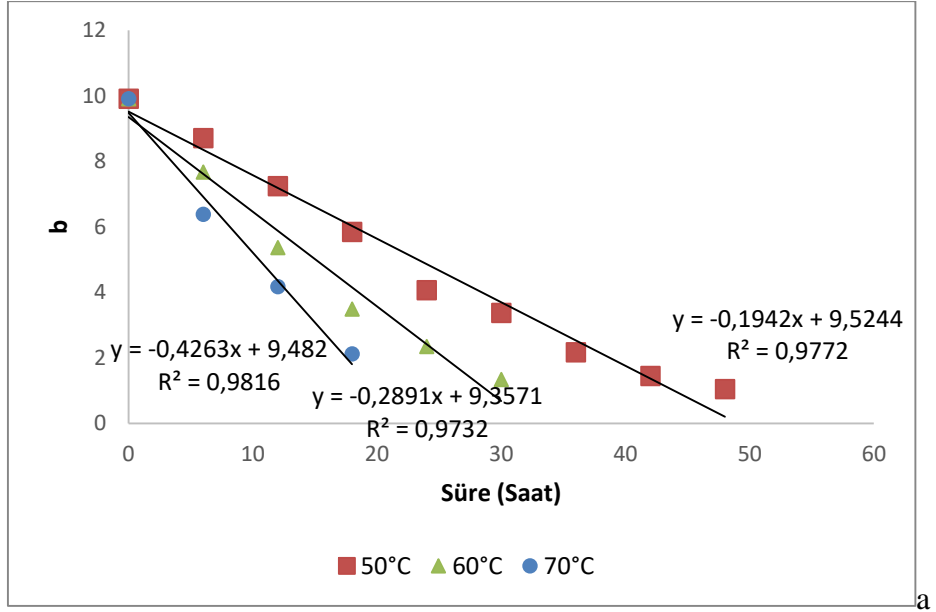
Tablo 3.39: Kurutma süresince hünnap meyvesine ait b değeri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	b değeri	Kayıp (%)
50	0	9,91	0,00
	6	8,71	12,11
	12	7,24	26,94
	18	5,84	41,07
	24	4,06	59,03
	30	3,37	65,99
	36	2,17	78,10
	42	1,44	85,47
	48	1,04	89,51

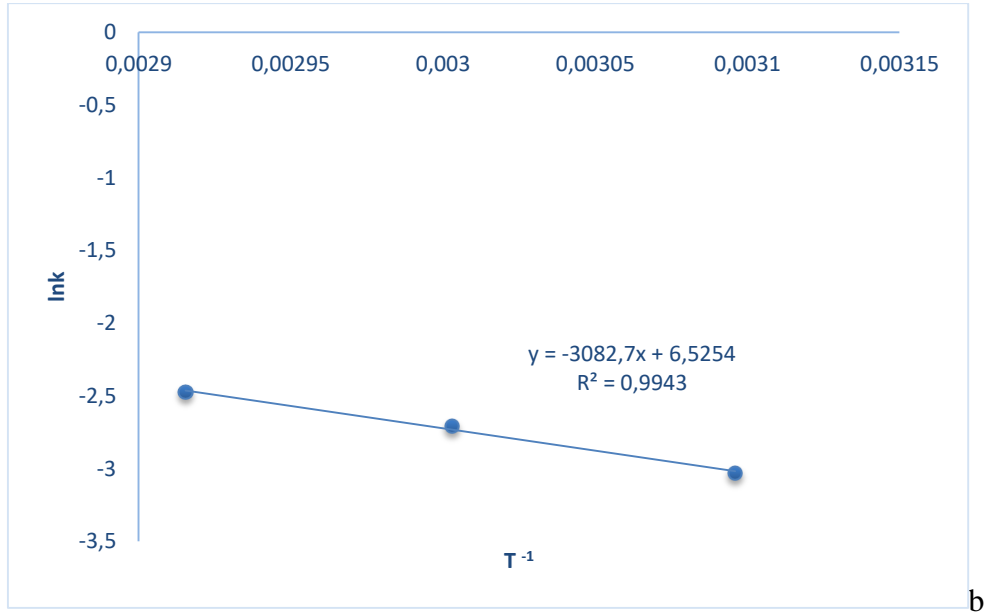
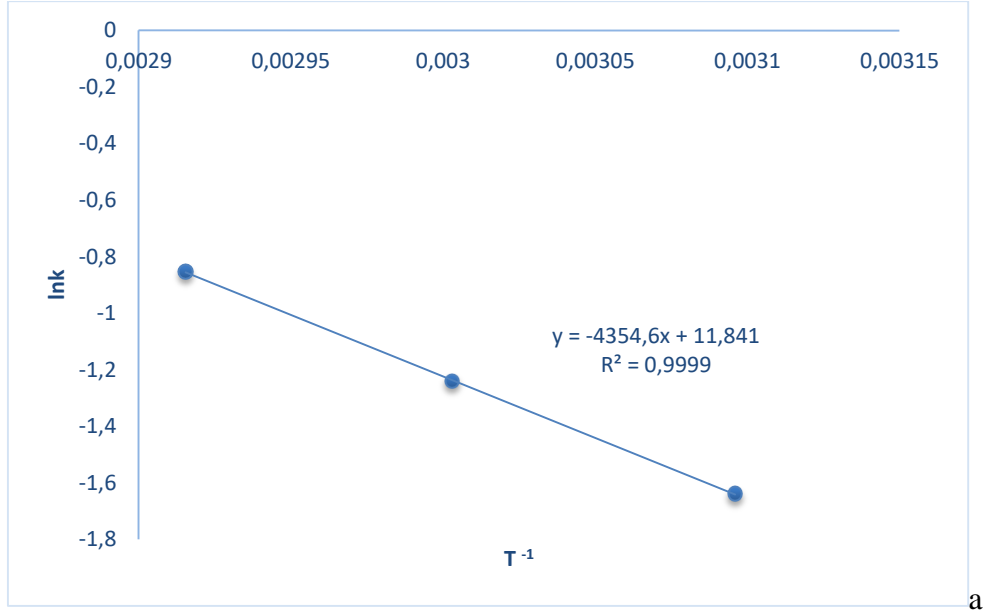
Tablo 3.39: Kurutma süresince hünnap meyvesine ait b değeri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları (Devam)

60	0	9,91	0,00
	6	7,67	22,60
	12	5,37	45,81
	18	3,49	64,78
	24	2,34	76,39
	30	1,34	86,48
70	0	9,91	0,00
	6	6,38	35,62
	12	4,17	57,92
	18	2,12	78,61

b değerinin kuruma zamanına göre değişimi de a değerine benzer olarak hem sıfıncı hem de birinci dereceden kinetik modele uygunluk göstermektedir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına benzer olarak farklı sıcaklıklarda ve vakumda kurutulan kırmızıbiber dilimlerinde (Demiray ve Tülek 2020) ve farklı sıcaklıklarda kurutulan havuç dilimlerinde (Demiray ve Tülek 2015) b değeri değişiminin hem sıfıncı hem de birinci dereceden kinetik modele uygunluk gösterdiği bildirilmiştir. Dadalı ve diğ. (2007), Demirhan ve Özbek (2011), Mohammadi ve diğ. (2008) b değerinin sıcaklıkla değişiminin birinci dereceden kinetik modele uyduğunu rapor etmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerine ait b değerinin sıfıncı dereceden ve birinci dereceden kinetik modellere ait grafikleri Şekil 3.37 ve 3.38’de, veriler ise Tablo 3.40 ve 3.41’de verilmiştir. Reaksiyon hız sabiti artan kurutma sıcaklığı ile birlikte artmıştır. Aktivasyon enerjisi sıfıncı dereceden reaksiyon için 36,20 kJ mol⁻¹, birinci dereceden reaksiyon için 25,63 kJ mol⁻¹ olarak hesaplanmıştır. b değeri değişimine ait aktivasyon enerjisi 45, 55 ve 65 °C’de kurutulan havuç dilimlerinde sıfıncı ve birinci dereceden reaksiyonlar için sırasıyla 40,95 ve 44,30 kJ mol⁻¹ (Demiray ve Tülek 2015), vakum kurutucuda kurutulan kırmızıbiber dilimlerine ise 32,04 ve 37,18 kJ mol⁻¹ (48 kPa) (Demiray ve Tülek 2020) olarak rapor edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinin b değerine ait Q₁₀ (50-60 °C) ve Q₁₀ (60-70°C) değerleri sırasıyla sıfıncı derece reaksiyon için 1,49 ve 1,47 iken birinci derece reaksiyon için 1,38 ve 1,26 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.37: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesine ait b değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model



Şekil 3.38: Kurutma sırasında hünnap meyvesinin b değerinde meydana gelen kayba ait Arrhenius grafiği a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model

Tablo 3.40: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında b değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (sıfırıncı dereceden)

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	R ²	E _a (kcal/mol)	E _a (kJ/mol)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,1942	0,9772				
60°C	0,2891	0,9732	8,65	36,20	1,49	1,47
70°C	0,4263	0,9816				

Tablo 3.41: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında b değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (birinci dereceden)

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	R ²	E _a (kcal/mol)	E _a (kJ/mol)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0483	0,9752				
60°C	0,0667	0,9874	6,12	25,63	1,38	1,26
70°C	0,0842	0,9865				

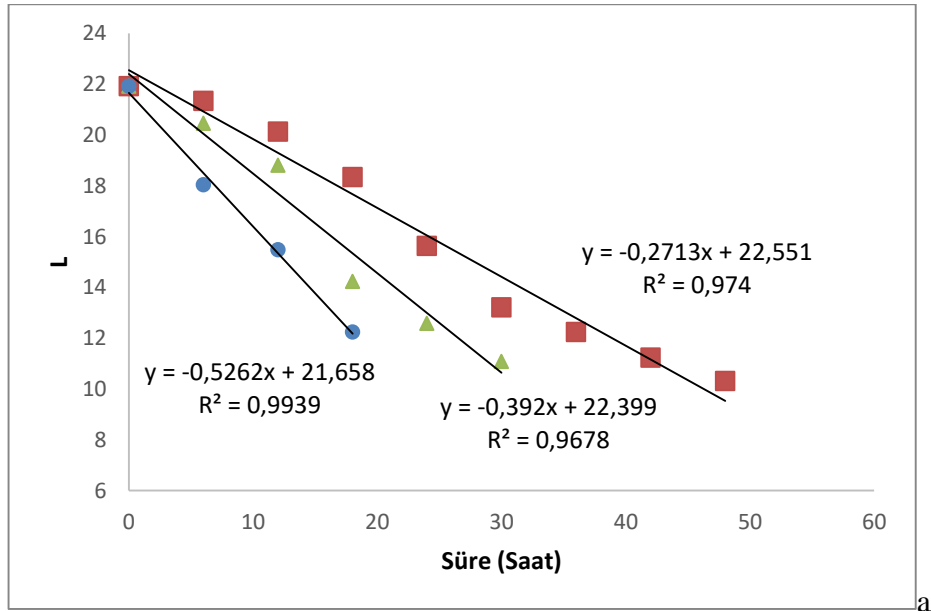
3.5.3 L Değerinin Kurutma ile Değişimi

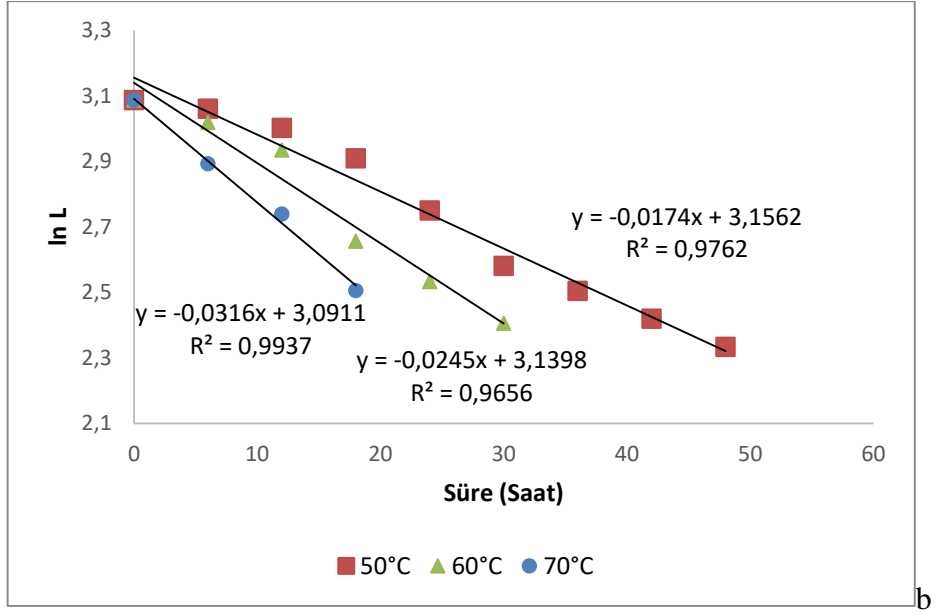
Farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan hünnap meyvelerine ait L değerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.42’de verilmiştir. Tablo 3.42’den de görüldüğü gibi koyuluğu ifade eden L değeri kurutmaya önemli düzeyde azalmıştır (p<0,05). Bu azalış renk pigmentlerinin sıcaklık ile parçalanması ve koyu renkli Maillard reaksiyonu ürünlerinin oluşması ile açıklanabilmektedir (Wang ve diğ. 2017).

Tablo 3.42: Kurutma süresince hünnap meyvelerindeki L değeri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

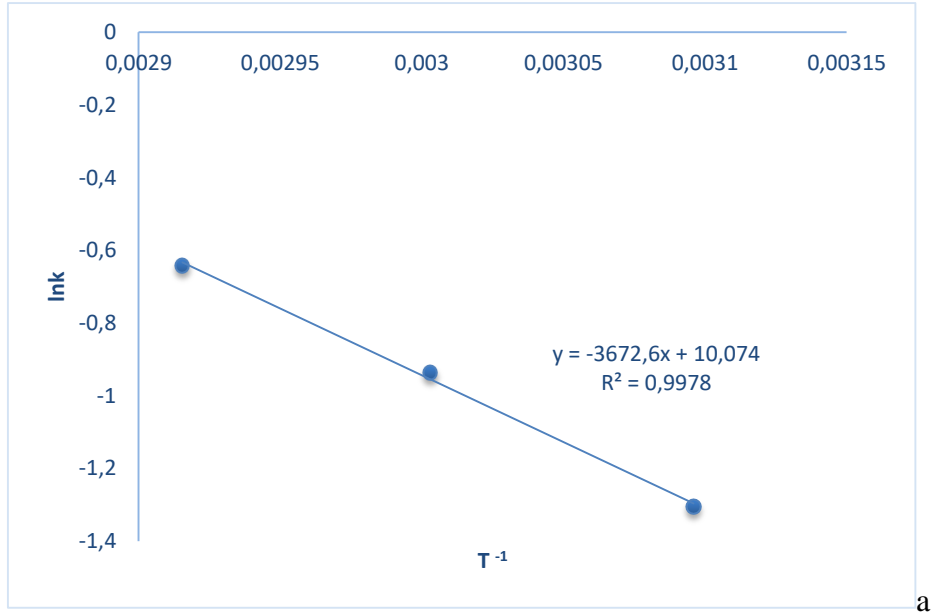
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	L değeri	Kayıp (%)
50	0	21,92	0,00
	6	21,34	2,65
	12	20,13	8,17
	18	18,34	16,33
	24	15,64	28,65
	30	13,21	39,74
	36	12,24	44,16
	42	11,24	48,72
	48	10,31	52,97
60	0	21,92	0,00
	6	20,46	6,66
	12	18,81	14,19
	18	14,24	35,04
	24	12,59	42,56
	30	11,09	49,41
70	0	21,92	0,00
	6	18,04	17,70
	12	15,48	29,38
	18	12,25	44,11

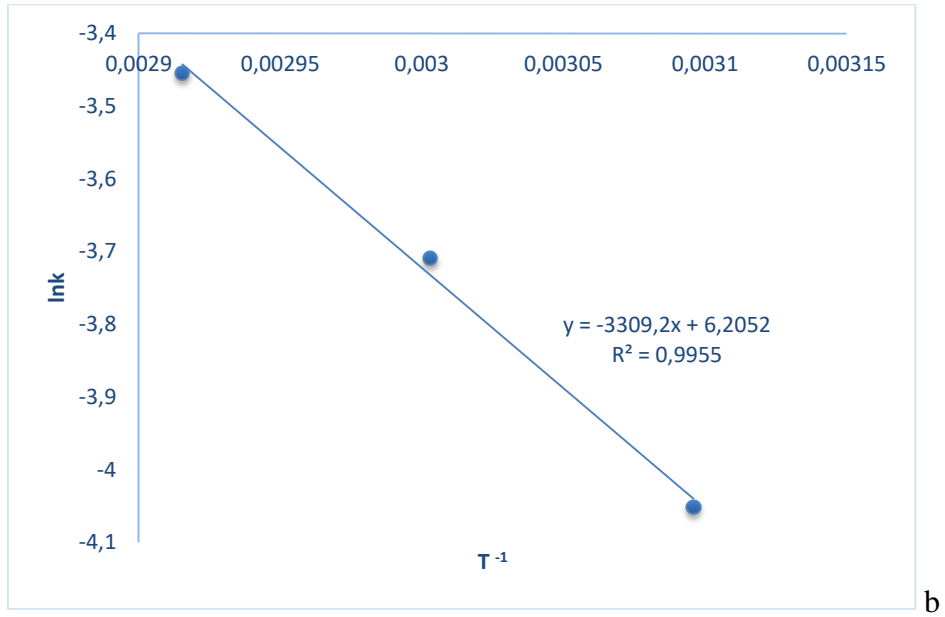
L değerinin kuruma zamanına göre değişimi de hem sıfırıncı hem de birinci dereceden kinetik modele uygunluk göstermektedir. Benzer olarak farklı sıcaklıklarda ve vakumda kurutulan kırmızıbiber dilimlerinde (Demiray ve Tülek 2020) ve farklı sıcaklıklarda kurutulan havuç dilimlerinde (Demiray ve Tülek 2015) L değeri değişiminin hem sıfırıncı hem de birinci dereceden kinetik modele uygunluk gösterdiği rapor edilmiştir. Mohammadi ve diğ. (2008), Dadalı ve diğ. (2007), Demirhan ve Özbek (2011) L değerinin sıcaklıkla değişiminin birinci dereceden kinetik modele uyduğunu rapor etmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinde L değerine ait sıfırıncı dereceden ve birinci dereceden kinetik modellere ait grafikler Şekil 3.39 ve Şekil 3.40'ta, veriler ise Tablo 3.43 ve 3.44'de verilmiştir. Reaksiyon hız sabiti artan kurutma sıcaklığına bağlı olarak artış göstermiştir. Hünnap meyvesinin farklı sıcaklıklarda kurutulması sırasında L değerinde meydana gelen değişimin aktivasyon enerjisi sıfırıncı derece reaksiyon için $30,53 \text{ kJ mol}^{-1}$ ve birinci derece reaksiyon için $27,51 \text{ kJ mol}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Farklı sıcaklıklarda kurutulan havuç dilimlerinde L değerine ait aktivasyon enerjisi sıfırıncı derece reaksiyon için $48,50 \text{ kJ mol}^{-1}$, birinci dereceden reaksiyon için $50,29 \text{ kJ mol}^{-1}$ olarak rapor edilmiştir (Demiray ve Tülek 2015).





Şekil 3.39: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesine ait L değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model





Şekil 3.40 Kurutma sırasında hünnap meyvesinin L değerinde meydana gelen kayba ait Arrhenius grafiği a) sıfırıncı derece kinetik model, b) birinci derece kinetik model

Tablo 3.43: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında L değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (sıfırıncı dereceden)

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	R ²	E _a (kcal/mol)	E _a (kJ/mol)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,2713	0,974				
60°C	0,3920	0,9678	7,29	30,53	1,44	1,34
70°C	0,5262	0,9939				

Tablo 3.44: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında L değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler (birinci dereceden)

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	R ²	E _a (kcal/mol)	E _a (kJ/mol)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,0174	0,9762				
60°C	0,0245	0,9656	6,57	27,51	1,41	1,29
70°C	0,0316	0,9937				

3.5.4 ΔE Değerinin Kurutma ile Değişimi

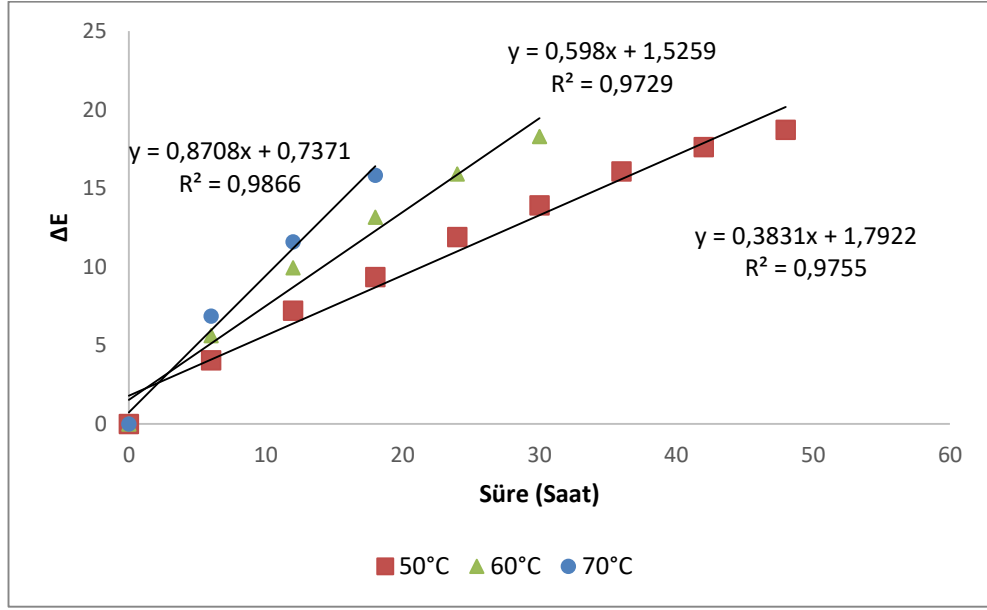
Toplam renk değişimi (ΔE), taze meyvelerle kurutulmuş örnekler arasındaki renk değişimini ifade etmekte olup kalite açısından düşük ΔE değerleri tercih edilmektedir. Kurutma sırasında hünnap meyvesinin ΔE değerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.45'te verilmiştir. 50, 60, 70 °C'de kurutulan hünnap meyvesinin ΔE değerleri sırasıyla 18,73, 18,31 ve 15,84 olarak hesaplanmıştır. 70 °C'de kurutulan hünnap meyvelerinin rengi daha kısa kurutma süresine bağlı olarak daha iyi korunmuştur.

Tablo 3.45: Kurutma süresince hünnap meyvelerine ait ΔE değeri ve başlangıç değerine göre meydana gelen % kayıp miktarları

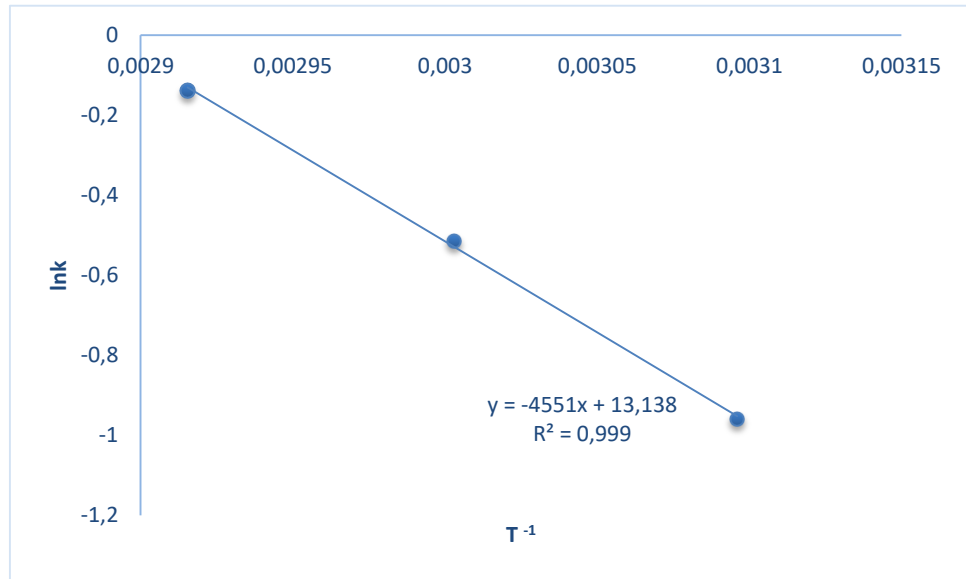
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	ΔE
50	0	0,00
	6	4,06
	12	7,21
	18	9,36
	24	11,90
	30	13,91
	36	16,07
	42	17,63
	48	18,73
	60	0
6		5,63
12		9,96
18		13,16
24		15,92
30		18,31
70		0
	6	6,86
	12	11,60
	18	15,84

ΔE değerinin kuruma zamanına göre değişimi sıfırıncı dereceden kinetik modele uygunluk göstermektedir. Benzer olarak Mohammadi ve diğ. (2008), Dadalı ve diğ. (2007), Demirhan ve Özbek (2011) ΔE değerinin sıcaklıkla değişiminin sıfırıncı dereceden kinetik modele uyduğunu bildirmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvelerinde ΔE değerine ait sıfırıncı dereceden kinetik modele ait grafikler Şekil 3.41 ve Şekil 3.42'de, veriler ise Tablo 3.46'da verilmiştir.

Reaksiyon hız sabitinin 0,3831-0,8708 saat⁻¹ arasında değiştiği ve kuruma sıcaklığı arttıkça reaksiyon hız sabitinin de arttığı gözlenmiştir. Bu, kurutma sıcaklığındaki artışla, gıda malzemesinin içine aktarılan yüksek enerjinin bir sonucu olarak rengin bozulma hızının arttığı anlamına gelmektedir. Aktivasyon enerjisi ve Q₁₀ değerleri sırasıyla 37,84 kJ mol⁻¹ ve 1,56 (Q₁₀ 50-60 °C), 1,45 (Q₁₀ 60-70 °C) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.41: Farklı sıcaklıklarda kurutulan hünnap meyvesine ait ΔE değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi



Şekil 3.42 Kurutma sırasında hünnap meyvesinin ΔE değerinde meydana gelen kayba ait Arrhenius grafiği

Tablo 3.46: Hünnap meyvesinin kurutulması esnasında ΔE değerinde meydana gelen değişime ait kinetik veriler

Sıcaklık (°C)	k (saat ⁻¹)	R ²	E _a (kcal/mol)	E _a (kJ/mol)	Q ₁₀ (50-60°C)	Q ₁₀ (60-70°C)
50°C	0,3831	0,9755				
60°C	0,5980	0,9729	9,04	37,84	1,56	1,45
70°C	0,8708	0,9866				

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında Denizli ili Çivril ilçesindeki bir bahçeden temin edilen hünnap meyvesinin farklı olgunlaşma evrelerinde fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Ayrıca tam olgun örnekler 50, 60 ve 70 °C’de kurutularak kuruma karakteristikleri ve kurutma ile bazı kimyasal bileşenlerindeki değişim ortaya konmuştur. Literatürde hünnap meyvesi ile ilgili oldukça kısıtlı sayıda çalışma bulunmakla beraber, ülkemizde bu sayı daha da azdır. Özellikle gıda alanında hünnap meyvesi ile ilgili yapılmış bilimsel araştırma sayısı oldukça yetersizdir. Bu tez çalışmasının sonuçlarının literatür açığını kapatmada faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Hünnap meyvesinin kimyasal bileşimi olgunlaşma evresine bağlı olarak değişmektedir.
- Suda çözünebilir vitamin miktarının olgunlaşmayla birlikte azalmasına rağmen, tam olgun hünnap meyvesi 789,05 mg/kg KM C vitamini, 0,2733 mg/kg KM tiamin, 0,8033 mg/kg KM pridoksin, 0,4100 mg/kg KM riboflavin ve 8,8333 mg/kg KM niasin içeriğiyle suda çözünebilir vitaminler açısından zengin bir kaynaktır.
- Hünnap meyvesinde organik asit miktarı olgunlaşmayla beraber değişmekte olup, baskın organik asit malik asit olarak bulunmuştur. Sarı olum evresi organik asit miktarının en yüksek olduğu olgunlaşma evresi olarak tespit edilmiştir.
- Hünnap meyvesinde yeşil olum evresinde baskın şeker glikoz ve fruktoz iken, olgunlaşmayla sakkaroz miktarının arttığı ve tam olgun örneklerde baskın şekerin sakkaroz olduğu tespit edilmiştir.
- Hünnap meyvesi, fenolik bileşikler bakımından oldukça zengin bir meyve olup, fenolik bileşik kompozisyonu da olgunlaşma ile değişim göstermiştir. Yeşil

olum evresinde baskın fenolik bileşik kateşin iken, tam olgun örneklerde klorojenik asit daha fazla bulunmaktadır.

- *Trans*-resveratrol önemli bir antioksidan olup, hünnap meyvesinde bulunan *trans*-resveratrol içeriği ilk defa bu çalışmada incelenmiştir. Yeşil olum evresinde 0,2166 mg/kg KM içeren hünnap meyvesinin tam olgun halinde *trans*-resveratrol tespit edilememiştir.

- Hünnap meyvesinin toplam fenolik madde içeriği olgunlaşma arttıkça azalmıştır. Buna paralel olarak antioksidan aktivitede de olgunlaşmayla bir azalma meydana gelmiştir.

- Hünnap meyvesi mineral madde açısından da zengin olup özellikle potasyum açısından dikkat çekmektedir.

- Hünnap meyvesinin 50 °C ve 70 °C’de kurutulması en iyi Page modeli ile, 60 °C için ise Parabolik model ile tanımlanmaktadır.

- Kuruma sıcaklığı arttıkça efektif difüzyon katsayısının arttığı ve buna bağlı olarak da kuruma süresinin kısaldığı tespit edilmiştir.

- Kurutmanın organik asitler üzerinde önemli bir etkisi gözlenmezken, şeker ve fenolik bileşik miktarı kurutmaya istatistik olarak azalmıştır.

- Hünnap meyvesinin kurutulması sırasında suda çözünen vitaminler, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite istatistiki olarak azalmıştır. Suda çözünen vitaminlerde en az kayıp 50°C’de kurutulan örneklerde gözlenirken, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitede meydana gelen kayıplar üzerinde sıcaklığın istatistik olarak önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Bu azalışın birinci derece kinetik model ile açıklanabildiği tespit edilmiştir.

- Renk değerlerinin kuruma ile değişiminin L, a ve b değerleri için hem sıfıncı hem de birinci dereceden kinetik model ile açıklandığı, ΔE değerinin ise sıfıncı dereceden kinetik model ile açıklandığı bulunmuştur. Renk değerlerinin en iyi korunduğu kurutma sıcaklığı 70 °C olarak tespit edilmiştir.

- İleriki çalışmalarda farklı bölgelerde yetişen hünnap meyvelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi önerilmektedir. Ek olarak farklı kurutma tekniklerinin karşılaştırılması, ülkemizde çoğunlukla kuru olarak tüketilen hünnap meyvesinin kurutulmasının optimize edilmesi ve kalitenin korunabileceği en iyi kurutma yönteminin tespit edilmesi endüstriyel açıdan önemlidir.

- Hünnap meyvesinde en yüksek *trans*-resveratrol içeriği yeşil olum ve sarı olum evrelerinde tespit edildiği için, bu olgunlaşma evrelerindeki meyvelerin farklı tüketim şekillerinde kullanım olanaklarının ve hünnap meyvesinin doğal *trans*-resveratrol kaynağı olarak kullanım potansiyelinin araştırılması önemlidir.

- Sarı olum evresindeki hünnap meyvesinin özellikle *trans*-resveratrol ve suda çözünebilir vitaminler açısından olgun meyveye göre daha zengin olması sebebiyle, meyvenin sarı olum evresinin farklı kullanım imkânlarının araştırılması önemlidir.

- Kurutmanın tam olgun hünnap meyvesine alternatif olarak, besleyici bileşenler açısından daha zengin olan sarı olum evresindeki hünnap meyveleri ile de gerçekleştirilmesi teknolojik ve bilimsel açıdan önem arz etmektedir.

5. KAYNAKLAR

Abd-Alrahman, S.H., Salem-Bekhit, M.M. and Elhalwagy, M.E., “Chemical composition and antimicrobial activity of Ziziphus jujuba seeds extract”, *J Pure Appl Microbio*, 7, 379-385, (2013)

Ahmad, I. and Beg, A.Z., “Antimicrobial and phytochemical studies on 45 Indian medicinal plants against multi-drug resistant human pathogens”, *J Ethnopharmacol*, 74(2), 113-123, (2001).

Akbolat, D., Ertekin, C., Menges, H.O., Ekinci, K. and Erdal, I., “Physical and nutritional properties of jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) growing in Turkey”, *Asian J Chem*, 20(1), 757-766, (2008).

Akdaş, S. and Başlar, M., “Dehydration and degradation kinetics of bioactive compounds for mandarin slices under vacuum and oven drying conditions”, *J Food Process Preserv*, 39(6), 1098-1107, (2015).

Alsmairat, N., Al-Qudah, T., El-Assi, N., Mehayar, G., Gammoh, I., Othman, Y. A., Araj, S. and Al-Antary, T. M., “Effect of Drying Process on Physical and Chemical Properties of 'MEDJOOL' Date Palm Fruits”, *Fresenius Environ Bull*, 28(2 A), 1563-1570, (2019).

An K, Zhao D, Wang Z, Wu J, Xu Y and Xiao G, “Comparison of different drying methods on Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure”, *Food Chem*, 197, 1292–1300, (2016).

Anjum, M. A., Haram, A., Ahmad, R., and Bashir, M. A., “Physico-chemical attributes of fresh and dried Indian jujube (*Zizyphus mauritiana*) fruits”, *Pak J Agri Sci*, 57(1), 165-176, (2020).

Annie, F. and Jean-Jacques, M., “Phenolic acids in fruits and vegetables”, *Flavonoids in Health and Disease*, 2nd edn. New York, USA: CRC Press, (2003).

Aral, S. and Beşe, A. V., “Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity”, *Food Chem*, 210, 577-584, (2016).

Atak, E., Yıldız, E. ve Uslu, M. E., “Fenolik Bileşiklerin Enkapsülasyonu”, *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 2(24), 82-92, (2017).

Atanacković, M., Petrović, A., Jović, S., Bukarica, L.G., Bursać, M. and Cvejić, J., “Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total phenolic content and antioxidant potential of red wines”, *Food Chem*, 131, 513–518, (2012).

Avila, I. M. L. B., and Silva, C. L. M., “Modelling kinetics of thermal degradation of color in peach puree”, *J Food Eng*, 39(2), 161-166, (1999).

Aydın, S. ve Üstün, F., “Tanenler 1 Kimyasal Yapıları, Farmakolojik Etkileri, Analiz Yöntemleri”, *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 33(1), 21-31, (2007).

Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S., “Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses”, *Food Chem*, 99, 191–203, (2006).

Bansal, V., Sharma, A., Ghanshyam, C. and Singla, M. L. “Rapid HPLC method for determination of vitamin c, phenolic acids, hydroxycinnamic acid, and flavonoids in seasonal samples of emblica officinalis juice”, *J Liq Chromatogr Relat Technol*, 38(5), 619-624. (2015).

Baomeng, Z., Xuesen, W. and Guodong, W., “Effect of pre-treatments on drying characteristics of Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller)”, *Int J Agr Biol Eng*, 7(1), 94-102, (2014).

Başlar, M., Karasu, S., Kiliçli, M., Us, A. A. and Sağdıç, O., “Degradation kinetics of bioactive compounds and antioxidant activity of pomegranate arils during the drying process”, *Int J Food Eng*, 10(4), 839-848, (2014).

Baysal, T. ve F. İçier, *Gıda Mühendisliğine Giriş*, Nobel Akademik Yayınevi, (2015).

Belitz, H.-D., Grosch, W. and Schieberle, P., “Fruits and fruit products”, *Food Chemistry*, 807–861. Berlin: Springer. (2009).

Bell, L. N., “Moisture effects on food's chemical stability”, (eds: G.V. Barbosa-Cánovas, A.J. Fontana Jr., S.J. Schmidt and T. P. Labuza), *Water activity in foods: Fundamentals and applications*, USA: Blackwell Publishing and the Institute of Food Technologists, 227-253, (2020).

Bi, J., Yang, A., Liu, X., Wu, X., Chen, Q., Wang, Q., Lv, J., and Wang, X., “Effects of pretreatments on explosion puffing drying kinetics of apple chips”, *LWT-Food Sci Technol*, 60(2), 1136-1142, (2015).

Bood, K. G. and Zabetakis, I., “The biosynthesis of strawberry flavor (II): Biosynthetic and molecular biology studies”, *J Food Sci*, 67(1), 2-8, (2002).

Brummell, D. A., “Cell wall disassembly in ripening fruit”, *Funct Plant Biol*, 33(2), 103-119, (2006).

Carocho, M., and Ferreira, I. C., “A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives”, *Food Chem Toxicol*, 51, 15-25, (2013).

Cemek, M., Aymelek, F., Büyükokuroğlu, M.E., Karaca, T., Büyükben, A. and Yilmaz, F., “Protective potential of Royal Jelly against carbon tetrachloride induced-toxicity and changes in the serum sialic acid levels” *Food Chem Toxicol*, 48(10), 2827-2832, (2010).

Cemeroğlu, B.S., *Gıda Analizleri*, Ankara: Bizim Grup Basımevi, (2013^b).

Cemeroğlu, B.S., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Ankara: Bizim Grup Basımevi, (2013^a).

Ceylan, Ş., Saral, Ö., Özcan, M. and Harşit, B. “Determination of antioxidant and antimicrobial activities of bilberry (*Vaccinium myrtillus L.*) extracts in different solvents”. *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, 18(1), 21-27, (2017).

Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. and Basak, T. “Microwave food processing—A review”, *Food Res Int*, 52(1), 243-261, (2013).

Chen, J., Liu, X., Li, Z., Qi, A., Yao, P., Zhou, Z., Dong, T.T.X. and Tsim, K.W.K., “A review of dietary *Ziziphus jujuba* fruit (jujube): Developing health food supplements for brain protection”, *Evid Based Complementary Altern Med.* (2017), <https://doi.org/10.1155/2017/3019568>.

Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L. and Zhou, Y., “Drying kinetics and quality attributes of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) slices dried by hot-air and short-and medium-wave infrared radiation”, *LWT-Food Sci Technol*, 64(2), 759-766, (2015).

Chirife, J. “Diffusional Process in the Drying of Tapioca Root”, *J Food Sci*, 36, 327–330, (1971).

Chirkin, V., Karpov, S., Selemenev, V. and Shumskiy, N., “Determination of fat-soluble vitamins in foods, vitamin and mineral formulations, feed premixes, and blood serum by reversed-phase HPLC”, *J Anal Chem*, 68(8), 820-825, (2013).

Choi, S. H., Ahn, J. B., Kozukue, N., Levin, C. E. and Friedman, M., “Distribution of free amino acids, flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea”, *J Agric Food Chem*, 59(12), 6594-6604, (2011).

Choi, S.H., Ahn, J.B., Kim, H.J., Im, N.K., Kozukue, N., Levin, C.E. and Friedman, M. “Changes in free amino acid, protein, and flavonoid content in jujube (*Ziziphus jujube*) fruit during eight stages of growth and antioxidative and cancer cell inhibitory effects by extracts”, *J Agric Food Chem*, 60, 10245-10255, (2012).

Cosmulescu, S., Trandafir, I., Violeta, N. O. U. R., Achim, G., Mihai, B. O. T. U. and Iordanescu, O., “Variation of bioactive compounds and antioxidant activity of Jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits at different stages of ripening”, *Not Bot Horti Agrobo*, 46(1), 134-137, (2018).

Crank, J., *The Mathematics of Diffusion*. UK, Oxford: Clarendon Press, (1975).

Cui, Z. W., Li, C. Y., Song, C. F. and Song, Y., “Combined microwave-vacuum and freeze drying of carrot and apple chips”, *Dry Technol*, 26(12), 1517-1523, (2008).

Dadalı, G., Kılıç Apar, D. and Özbek, B., “Color change kinetics of okra undergoing microwave drying”, *Dry Technol*, 25(5), 925-936, (2007).

Dai, J. and Mumper, R. J., “Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties”, *Molecules*, 15(10), 7313-7352, (2010).

Datta, A. K. and Davidson, P. M., “Microwave and radio frequency processing”, *J Food Sci*, 65, 32–41, (2000).

Davik, J., Kjersti Bakken, A., Holte, K. and Blomhoff, R., “Effects of genotype and environment on total anti-oxidant capacity and the content of sugars and acids in strawberries (*Fragaria× ananassa* Duch.)”, *J Hortic Sci Biotech*, 81(6), 1057-1063, (2006).

Deligöz, A., Gültekin, H., Yıldız, D., Gültekin, Ü. ve Genc, M., “Karaçalı (*Paliurus Spina-Christi* Mill.) Ve Hünnap (*Zizyphus Jujuba* Mill.) Tohumlarının Çimlendirilmesi Üzerine Ga₃, Çıtlatma Ve Ekim Zamanının Etkileri”, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 8(2), 51-60, (2007).

Demiray, E. and Tulek, Y., “Color degradation kinetics of carrot (*Daucus carota* L.) slices during hot air drying”, *J Food Process Preserv*, 39(6), 800-805, (2015).

Demiray, E., and Tulek, Y., “Color and Ascorbic Acid Degradation Kinetics of Red Pepper (*Capsicum annum* L.) Slices during Vacuum Drying”, *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 18(1), 19-26, (2020).

Demiray, E., Seker, A. and Tulek, Y., “Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying”, *Heat Mass Transfer*, 53(5), 1817-1827, (2017).

Demiray, E., Tulek, Y. and Yilmaz, Y., “Degradation kinetics of lycopene, β -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying”, *LWT-Food Sci Technol*, 50(1), 172-176, (2013).

Demirhan, E. and Özbek, B., “Color change kinetics of celery leaves undergoing microwave heating”, *Chem Eng Commun*, 198(10), 1189-1205, (2011).

Doymaz, I., “Drying kinetics of black grapes treated with different solutions”, *J Food Eng*, 76(2), 212-217, (2006).

Doymaz, I., “Drying of Eggplant Slices in Thin Layers at Different Air Temperatures”, *J Food Process Preservation*, 35, 280-289, (2011).

Dönmez, A., “Denizli bölgesinde yetiştirilen bazı üzüm çeşitlerinin resveratrol ve suda çözünen vitaminlerinin kuruma kinetiği”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2015).

Du, L. J., Gao, Q. H., Ji, X. L., Ma, Y. J., Xu, F. Y. and Wang, M., “Comparison of flavonoids, phenolic acids, and antioxidant activity of explosion-puffed and sun-dried jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.)”, *J Agric Food Chem*, 61(48), 11840-11847, (2013).

Ecevit, M.F., Hallaç, F., Dilmaç Ünal, T. “Denizli ili Çivril İlçesi Gümüşsu Yöresinde Yetişmekte Olan Ünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.)'ın Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerinde Araştırmalar”, TÜBİTAK TOGTAĞTARP-1988, Ankara, 42 S, (2002).

Ekinci, R. and Kadakal, C., “Determination of seven water-soluble vitamins in tarhana, a traditional Turkish cereal food, by high-performance liquid chromatography”, *ACTA chromatogr*, 15, 289, (2005).

Ekinci, R., “The effect of fermentation and drying on the water-soluble vitamin content of tarhana, a traditional Turkish cereal food”, *Food Chem*, 90(1-2), 127-132, (2005).

Elmas, F., Varhan, E. and Koç, M., “Drying characteristics of jujube (*Zizyphus jujuba*) slices in a hot air dryer and physicochemical properties of jujube powder”, *J Food Meas Charact*, 13(1), 70-86, (2019).

Erbay, Z. and Icier, F. “A review of thin layer drying of foods: theory, modeling, and experimental results”, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 50(5), 441-464, (2010).

Ertekin Filiz, B. and Seydim, A. C., “Kinetic changes of antioxidant parameters, ascorbic acid loss, and hydroxymethyl furfural formation during apple chips production”, *J Food Biochem*, 42(6), e12676, (2018).

Fang, S., Wang, Z., Hu, X., “Hot air drying of whole fruit Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller): Thin-layer mathematical modelling”, *Int J Food Sci Technol*, 44(9), 1818-1824, (2009^b).

Fang, S., Wang, Z., Hu, X., and Datta, A. K., “Hot-air drying of whole fruit chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller): Physicochemical properties of dried products”, *Int J Food Sci Technol*, 44(7), 1415-1421, (2009^a).

Fijalkowska, A., Nowacka, M., Wiktor, A., Sledz, M. and Witrowa-Rajchert, D., “Ultrasound as a pretreatment method to improve drying kinetics and sensory properties of dried apple”, *J Food Process Eng*, 39(3), 256-265, (2016).

Freire F.B., Vieira G.N.A., Freire J.T. and Mujumdar A.S., “Trends in modeling and sensing approaches for drying control”, *Dry Technol*, 32(13):1524–1532, (2014).

Frenich, A.G., Torres, M.H., Vega, A.B., Vidal, J.M. and Bolanos, P.P., “Determination of ascorbic acid and carotenoids in food commodities by liquid chromatography with mass spectrometry detection”, *J Agric Food Chem*, 53(19), 7371-7376, (2005).

Fulda, S., “Modulation of apoptosis by natural products for cancer therapy”, *Planta Med*, 76, 1075–1079, (2010).

Fuliaş, A., Vlase, G., Vlase, T., Oneţiu, D., Doca, N. and Ledeti, I., “Thermal degradation of B-group vitamins: B 1, B 2 and B 6”, *J Therm Anal Calorim*, 118(2), 1033-1038, (2014).

Gao, Q. H., Wu, C. S., Wang, M., Xu, B. N. and Du, L. J., “Effect of drying of jujubes (*Zizyphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic acids, α -tocopherol, β -carotene, and phenolic compounds”, *J Agric Food Chem*, 60(38), 9642-9648, (2012^b).

Gao, Q. H., Wu, C. S., Yu, J. G., Wang, M., Ma, Y. J. and Li, C. L., “Textural characteristic, antioxidant activity, sugar, organic acid, and phenolic profiles of 10 promising jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) selections”. *J Food Sci*, 77(11), C1218-C1225, (2012^a).

Gao, Q.H., Wu, C.S. and Wang, M., “The jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruit: A review of current knowledge of fruit composition and health benefits”, *J Agric Food Chem*, 61(14), 351-3363, (2013).

- Gao, Q.H., Wu, P.T., Liu, J.R., Wu, C.S., Parry, J.W. and Wang, M., “Physico-chemical properties and antioxidant capacity of different jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) cultivars grown in loess plateau of China”, *Sci Hortic*, 130(1), 67-72, (2011).
- Garau, M. C., Simal, S., Rossello, C. and Femenia, A., “Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products”, *Food Chem*, 104(3), 1014-1024, (2007).
- Giuffrè, A.M., “High performance liquid chromatography-diode array detector (HPLC-DAD) detection of trans-resveratrol: evolution during ripening in grape berry skins”, *Afr J Agric Res*, 8, 224–229, (2013).
- Gomes, W. F., França, F. R. M., Denadai, M., Andrade, J. K. S., da Silva Oliveira, E. M., de Brito, E. S., Rodrigues, S. and Narain, N., “Effect of freeze-and spray-drying on physico-chemical characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of papaya pulp”, *J Food Sci Technol*, 55(6), 2095-2102, (2018).
- Gull, J., Sultana, B., Anwar, F., Naseer, R., Ashraf, M. and Ashrafuzzaman, M., “Variation in antioxidant attributes at three ripening stages of guava (*Psidium guajava* L.) fruit from different geographical regions of Pakistan”, *Molecules*, 17(3), 3165-3180, (2012).
- Guo, S., Duan, J. A., Qian, D., Tang, Y., Wu, D., Su, S., Wang, H. and Zhao, Y., “Content variations of triterpenic acid, nucleoside, nucleobase, and sugar in jujube (*Ziziphus jujuba*) fruit during ripening”, *Food Chem*, 167, 468-474, (2015).
- Guo, S., Duan, J.A., Tang, Y.P., Zhu, Z.H., Qian, Y.F., Yang, N.Y., Shang, E.X. and Qian, D.W., “Characterization of nucleosides and nucleobases in fruits of *Ziziphus jujuba* by UPLC-DAD-MS”, *J Agric Food Chem*, 58(19), 10774-10780, (2010).
- Halliwell, B., “Biochemistry of oxidative stress”, *Biochem Soc Trans*, 35, 1147–1150 (2007).
- Haminiuk, C. W., Maciel, G. M., Plata-Oviedo, M. S. And Peralta, R. M., “Phenolic compounds in fruits—an overview”, *Int J Food Sci Technol*, 47(10), 2023-2044, (2012).
- He, X., Liu, J., Cheng, L. L. and Wang, B. J., “Quality properties of crispy winter jujube dried by explosion puffing drying”, *Int J Food Eng*, 9(1), 99-106, (2013).
- Henderson, S. M. and Pabis, S., “Grain drying theory I: temperature effect on drying”. (1961).

Heo, H.J., Park, Y.J., Suh, Y.M., Choi, S.J., Kim, M.J., Cho, H.Y., Chang, Y.J., Hong, B., Kim, H.K., Kim, E., Kim, C.J., Kim, B.G. and Shin, D.H., “Effects of oleamide on choline acetyltransferase and cognitive activities”, *Biosci Biotech Bioch*, 67(6), 1284-1291, (2003).

Hernandez, F., Noguera-Artiaga, L., Burlo, F., Wojdylo, A., Cabonell-Barrachina, A.A. and Legua, P., “Physico-chemical, nutritional, and volatile composition and sensory profile of Spanish jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) fruits”, *J Sci Food Agric*, 96(8), 2682-2691, (2016).

Hii, C. L., Law, C. L. and Cloke, M., “Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa”, *J Food Eng*, 90(2), 191-198, (2009).

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H. and Maskan, M., “Effects of hybrid (microwave-convectonal) and convectonal drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries”, *Food Chem*, 230, 295-305, (2017).

Hoshyar, R., Mohaghegh, Z., Torabi, N. and Abolghasemi, A., “Antitumor activity of aqueous extract of *Ziziphus jujube* fruit in breast cancer: An in vitro and in vivo study”, *Asian Pac J Reprod*, 4(2), 116-122, (2015).

Huang, X., Kojima-Yuasa, A., Norikura, T., Kennedy, D.O., Hasuma, T. and Matsui-Yuasa, I., “Mechanism of the anti-cancer activity of *Zizyphus jujuba* in HepG2 Cells”, *Am J Chinese Med*, 35(3), 517–532, (2007).

Hudec, J., Burdová, M., Kobida, L. U., Komora, L., Macho, V., Kogan, G., Turianica, I., Kochanova, R., Lozek, O., Haban, M. and Chlebo, P., “Antioxidant capacity changes and phenolic profile of *Echinacea purpurea*, nettle (*Urtica dioica* L.), and dandelion (*Taraxacum officinale*) after application of polyamine and phenolic biosynthesis regulators”, *J Agric Food Chem*, 55(14), 5689-5696, (2007).

Hudina, M., Liu, M., Veberic, R., Stampar, F. and Colaric, M., “Phenolic compounds in the fruit of different varieties of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.)”, *J Horticulture Sci Biotech*, 83(3), 305-308, (2008).

Hung, C.F., Hsu, B.Y., Chang, S.C. and Chen, B.H., “Antiproliferation of melanoma cells by polysaccharide isolated from *Zizyphus jujube*”, *Nutrition*, 28, 98–105, (2012).

Hürkan, Y. K., “Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.) Meyvesi: Geçmişten Günümüze Tıbbi Önemi”, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 1271-1281, (2019).

Irshad, Z., Hanif, M. A., Ayub, M. A., Hanif, A. and Afridi, H. I., Jujube, (Eds: M.A. Hanif, H. Nawaz, A.M.Khan, H.J. Byrne), *Medicinal Plants of South Asia*, Elsevier, (2020).

İslam, M.B. and Simmons, M.P., “A thorny dilemma: testing alternative intrageneric classifications within *Ziziphus* (Rhamnaceae)”, *Syst Bot*, 31, 826-842, (2006).

Ji, X., Peng, Q., Yuan, Y., Shen, J., Xie, X. and Wang, M., “Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.): A review”, *Food Chem*, 227, 349-357, (2017).

Jiang, J.G., Huang, X.J., Chen, J. and Lin, Q.S., “Comparison of the sedative and hypnotic effects of flavonoids, saponins, and polysaccharides extracted from Semen *Ziziphus jujube*”, *Nat Prod Res*, 21(4), 310-320, (2007).

Kadalkal, Ç. and Duman, T., “Thermal degradation kinetics of rutin and total phenolic compounds in rosehip (*Rosa canina* L.) nectar”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(7), 1370-1375, (2018).

Kadalkal, C., Duman, T. and Ekinçi, R., “Thermal degradation kinetics of ascorbic acid, thiamine and riboflavin in rosehip (*Rosa canina* L) nectar”, *Food Sci Technol Campinas*, 38(4), 667-673, (2017).

Kadam, D. M. and Balasubramanian, S., “Foam mat drying of tomato juice”, *J Food Process Preserv*, 35(4), 488-495, (2011).

Kamiloglu, O., Ercisli, S., Sengül, M., Toplu, C. and Serçe, S., “Total phenolics and antioxidant activity of jujube (*Zizyphus jujube* Mill.) genotypes selected from Turkey”, *Afr J Biotechnol*, 8(2), 303-307, (2009).

Karkacier, M., Erbas, M., Uslu, M. K., and Aksu, M. “Comparison of different extraction and detection methods for sugars using amino-bonded phase HPLC”, *J Chromatogr Sci*, 41(6), 331-333, (2003).

Kaur, R., Kaur, K. and Ahluwalia, P., “Effect of drying temperatures and storage on chemical and bioactive attributes of dried tomato and sweet pepper”, *LWT-Food Sci Technol*, 117, 108604, (2020).

Kavas, İ. ve Dalkılıç, Z., “Bazı Hünnap Genotiplerinin Morfolojik, Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Melezleme Olanaklarının Araştırılması”, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 57-72, (2015).

- Kelebek, H., Selli, S., Gubbuk, H. and Gunes, E., “Comparative evaluation of volatiles, phenolics, sugars, organic acids and antioxidant properties of Sel-42 and Tainung papaya varieties”, *Food Chem*, 173, 912-919, (2015).
- Kim, D. S., Kim, H. S., Hong, S. J., Cho, J. J., Lee, J. and Shin, E. C., “Comparison of the retention rates of thiamin, riboflavin, and niacin between normal and high-oleic peanuts after roasting”, *Appl Biol Chem*, 61(4), 449-458, (2018).
- Kim, R., Tanabe, K., Inoue, H. and Toge, T., “Mechanism(s) of antitumor action in protracted infusion of low dose 5- fluorouracil and cisplatin in gastric carcinoma”, *Int J Oncol*, 20(3):549–555, (2002).
- Köprüalan, Ö., Bodruk, A. ve Ertekin, F., “Meyve ve Sebzelerin Patlatmalı Puf Kurutma Yöntemi İle Kurutulması”, *Akademik Gıda*, 17(1), 81-88, (2019).
- Kou, X., Chen, Q., Li, X., Li, M., Kan, C., Chen, B., Zhang, Y. and Xue, Z., “Quantitative assessment of bioactive compounds and the antioxidant activity of 15 jujube cultivars”, *Food Chem*, 173, 1037-1044, (2015).
- Kurozawa, L. E., Terng, I., Hubinger, M. D. and Park, K. J., “Ascorbic acid degradation of papaya during drying: Effect of process conditions and glass transition phenomenon”, *J Food Eng*, 123, 157-164, (2014).
- Kutlu, N., İşci, A. ve Demirkol, Ö. Ş., “Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri”, *Gıda*, 40(1), 39-46, (2015).
- Labuza, T. P. and Riboh D., “Theory and application of Arrhenius kinetics to the predication of nutrient losses in foods”, *Food. Technol*, 36(10), 66-74, (1982).
- Lampila, P., van Lieshout, M., Gremmen, B. and Lahteenmaki, L., “Consumer attitudes towards enhanced flavonoid content in fruit”, *Food Res Int*, 42, 122–129, (2009).
- Lewis, W. K., “The rate of drying of solid materials”, *Ind Eng Chem*, 13(5), 427-432, (1921).
- Li, J., Li, Z., Wang, N., Raghavan, G. S. V., Pei, Y., Song, C. and Zhu, G., “Novel Sensing Technologies During the Food Drying Process”, *Food Eng Rev*, 1-28, (2020).
- Li, J.W., Fan, L.P., Ding, S.D. and Ding, X.L., “Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube”, *Food Chem*, 10, 454-460, (2007).

Li, S., Jin, Q., Jiang, X. and Park, J. J. H. (Eds.), *Frontier and Future Development of Information Technology in Medicine and Education: ITME 2013* (Vol. 269). Springer Science & Business Media. (2013).

Lim, T. K., *Edible medicinal and non-medicinal plants*, Dordrecht, The Netherlands: Springer. (2012).

Liu, N., Yang, M., Huang, W., Wang, Y., Yang, M., Wang, Y., and Zhao, Z., “Composition, antioxidant activities and hepatoprotective effects of the water extract of *Ziziphus jujuba* cv. Jinsixiaozao”, *RSC Adv*, 7(11), 6511-6522, (2017).

Lunn, J. and Theobald, H. E., “The health effects of dietary unsaturated fatty acids”, *Nutr Bull*, 31(3), 178-224, (2006).

Ma, C., Sun, Z., Chen, C., Zhang, L. and Zhu, S., “Simultaneous separation and determination of fructose, sorbitol, glucose and sucrose in fruits by HPLC–ELSD”, *Food Chem*, 145, 784-788, (2014).

Madhavi, D.L., Deshpande, S.S. and Salunkhe, D.K., *Food Antioxidants: Technological, toxicological and health perspectives*, Newyork: Markel Dekker, (1996).

Mans D.R., da Rocha A.B. and Schwartzmann G., “Anti-cancer drug discovery and development in Brazil: targeted plant collection as a rational strategy to acquire candidate anticancer compounds”, *Oncologist*, 5(3),185–198, (2000).

Marais, J.P.J., Deavours, B., Dixon, R.A. and Ferreira, D., The stereochemistry of flavonoids. (ed: E. Grotewold), *The Science of Flavonoids*, New York: Springer, (2006).

McMinn, W.A.M., “Thin layer modeling of the convective, microwave, microwave. Convective and microwave-vacuum drying of lactose powder”, *J Food Eng*, 72, 113-123, (2006).

Midilli, A., Kucuk, H., and Yapar, Z., “A new model for single layer drying”, *Dry Technol*, 20(7), 1503-1513, (2002).

Mohammadi, A., Rafiee, S., Emam-Djomeh, Z. and Keyhani, A., “Kinetic models for colour changes in kiwifruit slices during hot air drying”, *World J Agric Sci*, 4(3), 376-383, (2008).

Moradali, M.F., Mostafavi, H., Ghods, S. and Hedjaroude, G.A., “Immunomodulating and anticancer agents in the realm of macromycetes fungi (macrofungi)”, *Int Immunopharmacol*, 7(6), 701-724, (2007).

- Moradinezhad, F., Setayesh, F., Mahmoodi, S. and Khayyat, M., “Physicochemical properties and nutritional value of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit at different maturity and ripening stages”, *Int J Horti Sci Technol*, 3(1), 43-50, (2016).
- Motevali, A., Abbaszadeh, A., Minaei, S., Khoshtaghaza, M. H. and Ghobadian, B., “Effective moisture diffusivity, activation energy and energy consumption in thin-layer drying of Jujube (*Ziziphus jujube* Mill.)”, *J Agr Sci Tech*, 14, 523-532, (2012).
- Musielak G., Mierzwa D. and Kroehnke J., “Food drying enhancement by ultrasound—a review”, *Trends Food Sci Technol*, 56, 126–141, (2016).
- Naczk, M. and Shahidi, F., “Extraction and analysis of phenolics in food”, *J Chromatogr A*, 1054, 95–111, (2004).
- Nisha, P., Singhal, R. S. and Pandit, A. B., “A study on degradation kinetics of niacin in potato (*Solanum tuberosum* L.)”, *J Food Compost Anal*, 22(6), 620-624, (2009).
- Nisha, P., Singhal, R. S. and Pandit, A. B., “A study on degradation kinetics of riboflavin in spinach (*Spinacea oleracea* L.)”, *J Food Eng*, 67(4), 407-412, (2005).
- Nizamlioglu N.M ve Nas S.. “Meyve ve Sebzelerde Bulunan Fenolik bileşikler, Yapıları ve Önemleri”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1): 20-35, (2010).
- NMKL (Nordic Committee on Food Analysis), 186, <http://www.nmkl.org/Engelsk/index.htm> (2007).
- Oancea, A. M., Turturică, M., Bahrim, G., Râpeanu, G. and Stănciuc, N., “Phytochemicals and antioxidant activity degradation kinetics during thermal treatments of sour cherry extract”, *LWT-Food Sci Technol*, 82, 139-146, (2017).
- Ogbourne SM, Suhrbier A, Jones B., Jones, B., Cozzi, S. J., Boyle, G. M., Morris, M., McAlpine, D., Johns, J., Scott, T.M., Sutherland, K.P., Gardner, J.M., Le, T.T.T., Lenarczyk, A., Aylward, J.H. and Parsons, P.G., “Antitumor activity of 3-ingenyl angelate: plasma membrane and mitochondrial disruption and necrotic cell death”, *Cancer Res*, 64(8):2833–2839, (2004).
- Oliveira S.M., Brandao T.R.S. and Silva C.L.M., “Influence of drying processes and pretreatments on nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: a review”, *Food Eng Rev*, 8, 134–163, (2016).
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R., Abdan, K., Chen, G. and Oladejo, A. O., “Non-thermal hybrid drying of fruits and vegetables: A review of current technologies”, *Innov Food Sci Emerg Technol*, 43, 223–238, (2017).

Orikasa, T., Koide, S., Okamoto, S., Imaizumi, T., Muramatsu, Y., Takeda, J. I., Shiina, T. and Tagawa, A., “Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices”, *J Food Eng*, 125, 51-58, (2014).

Otağ, M. R., “Denizli Çal yöresinde yetişen bazı üzüm çeşitlerinin farklı olgunlaşma evreleri ve kurutulması sonrası bazı özellikleri ile resveratrol içeriğinin belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2015).

Özdemir, M., and Devres, Y. O., “The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting”, *J Food Eng*, 42(4), 225-233, (1999).

Özkan, H. İ., “Hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill.) meyvesinin bazı biyokimyasal bileşenleri ile antibakteriyel, hipoglisemik ve total antioksidan aktivitesinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Balıkesir, (2017)

Page, G. E., “Factors Influencing the Maximum Rates of Air Drying Shelled Corn in Thin layers”, Ann Arbor: 1300089: Purdue University., (1949).

Pandey, A., Singh, R., Radhamani, J. and Bhandari, D. C., “Exploring the potential of *Zizyphus Nummularia* (Burm. f.) Wight et Arn. from drier regions of India”, *Genet Resour Crop Ev*, 57(6), 929-936, (2010).

Pareek, S., “Nutritional composition of jujube fruit”, *Emir J Food Agr*, 25, 463-470, (2013).

Patel, P. R. and Rao, T. V. R., “Physiological changes in relation to growth and ripening of khirni [*Manilkara hexandra* (Roxb.) Dubard] fruit”, *Fruits*, 64(3), 139-146, (2009).

Plastina, P., Bonofiglio, D., Vizza, D., Fazio, A., Rovito, D., Giordano, C., Barone, I., Catalano, S. and Gabriele, B., “Identification of bioactive constituents of *Zizyphus jujube* fruit extracts exerting antiproliferative and apoptotic effects in human breast cancer cells”, *J Ethnopharmacol*, 140, 325–332, (2012).

Poyrazoglu, E., Gokmen, V. and Artik, N., “Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica grgranatum* L.) grown in Turkey”, *J Food Compost Anal*, 14, 567–75, (2002).

Prasanna, V., Prabha, T. N., and Tharanathan, R. N., “Fruit ripening phenomena—an overview”, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 47(1), 1-19, (2007).

Pu, Y., Ding, T., Wang, W., Xiang, Y., Ye, X., Li, M. and Liu, D., “Effect of harvest, drying and storage on the bitterness, moisture, sugars, free amino acids and phenolic

compounds of jujube fruit (*Zizyphus jujuba* cv. Junzao)", *J Sci Food Agric*, 98(2), 628-634, (2018).

Pu, Y., Ding, T., Wang, W., Xiang, Y., Ye, X., Li, M. and Liu, D., "Effect of harvest, drying and storage on the bitterness, moisture, sugars, free amino acids and phenolic compounds of jujube fruit (*Zizyphus jujuba* cv. Junzao)", *J Sci Food Agric*, 98(2), 628-634, (2018).

Rabiei, Z., Rafieian-Kopaei, M., Heidarian, E., Saghaei, E. and Mokhtari, S., "Effects of *Zizyphus jujube* extract on memory and learning impairment induced by bilateral electric lesions of the nucleus basalis of meynert in rat", *Neurochem Res*, 39(2), 353-360, (2014).

Rahman, E., Momin, A., Zhao, L., Guo, X., Xu, D., Zhou, F. and Ji, B., "Bioactive, nutritional composition, heavy metal and pesticide residue of four Chinese jujube cultivars", *Food Sci Biotechnol*, 27(2), 323-331, (2018).

Ratti, C., "Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review", *J Food Eng*, 49(4), 311-319, (2001)

Ratti, C., Freeze drying for food powder production, (Eds: B., Bhandari, N. Bansal, M. Zhang, P.Schuck), *Handbook of food powders*, England: Woodhead Publishing, (2013).

Reche, J., Hernández, F., Almansa, M. S., Carbonell-Barrachina, Á. A., Legua, P. and Amorós, A., "Effects of organic and conventional farming on the physicochemical and functional properties of jujube fruit", *LWT-Food Sci Technol*, 99, 438-444, (2019).

Rekha, P. N., Singhal, S. and Pandit, A. B., "A study on degradation kinetics of thiamine in red gram splits (*Cajanus cajan* L.)", *Food Chem*, 85(4), 591-598, (2004).

Ren, L., Perera, C. and Hemar, Y., "Antitumor activity of mushroom polysaccharides: A review", *Food Funct*, 3(11), 1118-1130, (2012).

Ricce, C., Rojas, M. L., Miano, A. C., Siche, R. and Augusto, P. E. D., "Ultrasound pre-treatment enhances the carrot drying and rehydration", *Food Res Int*, 89, 701-708, (2016).

Rizvi, S.S.H. Thermodynamic Properties of Foods in Dehydration, (eds: M.A., Rao, S.S.H. Rizvi, A.K. Datta), *Engineering Properties of Foods*, New York: Marcel Dekker, (2005).

Rodríguez, Ó., Gomes, W., Rodrigues, S. and Fernandes, F. A., “Effect of acoustically assisted treatments on vitamins, antioxidant activity, organic acids and drying kinetics of pineapple”, *Ultrason Sonochem*, 35, 92-102, (2017).

Routray, W. and Orsat, V., “Microwave-assisted extraction of flavonoids: a review”, *Food Bioprocess Tech*, 5(2), 409-424, (2012).

Sağdıç, O., “Sensitivity of Four Patogenic Bacteria to Turkish Thyme and Oregano Hydrosols”, *LWT-Food Sci Technol*, 36(5), 467-473, (2003).

Saint-Eve, A., Deleris, I., Aubin, E., Semon, E., Feron, G., Rabillier, J. M., Ibarra, D., Guichard, E. and Souchon, I., “Influence of composition (CO₂ and sugar) on aroma release and perception of mint-flavored carbonated beverages”, *J Agric Food Chem*, 57(13), 5891-5898, (2009).

San, B. and Yildirim, A.N., “Phenolic, alpha-tocopherol, beta-carotene and fatty acid composition of four promising jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) selections”, *J Food Compos Anal*, 23, 706-710, (2010).

Saravacos, G.D. and Charm, S.E., “A Study of the Mechanism of Fruit and Vegetable Dehydration”, *Food Technol*, 16 (1), 78–81, (1962).

Sarpong, F., Yu, X., Zhou, C., Amenorfe, L. P., Bai, J., Wu, B., and Ma, H., “The kinetics and thermodynamics study of bioactive compounds and antioxidant degradation of dried banana (*Musa* spp.) slices using controlled humidity convective air drying”, *J Food Meas Charact*, 12(3), 1935-1946, (2018).

Schwab, W., Davidovich-Rikanati, R. and Lewinsohn, E., “Biosynthesis of plant-derived flavor compounds”, *Plant J*, 54(4), 712-732, (2008).

Senadeera, W., Bhandari, B. R., Young, G. and Wijesinghe, B., “Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidized bed drying”, *J Food Eng*, 58(3), 277-283, (2003).

Shahrajabian, M. H., Khoshkharam, M., Zandi, P., Sun, W. and Cheng, Q., “Jujube, a super-fruit in traditional Chinese medicine, heading for modern pharmacological science”, *J Med Plants Stud*, 7(4), 173-178, (2019).

Sharma, R. and Rana, J.C., “Nutritional composition and value added products of Chinese ber (*Ziziphus jujuba* Mill.) growing in Northern hill regions of India”, *Indian J Nat Prod Resour*, 7(4), 323-327, (2017).

Sharma, R., Sharma, S. and Siddiqui, S., “Physiology of fruit ripening in jujube-a review”, *Haryana J Horti Sci*, 29(1/2), 1–5, (2000).

- Shen, X., Tang, Y., Yang, R., Yu, L., Fang, T. and Duan, J.A., “The protective effect of Zizyphus jujube fruit on carbon tetrachloride-induced hepatic injury in mice by anti-oxidative activities”, *J Ethnopharmacol.* 122(3), 555-560, (2009).
- Shishir, M. R. I. and Chen, W., “Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices”, *Trends Food Sci Techol*, 65, 49-67, (2017).
- Singh, G., and Pai, R. S., “A rapid reversed-phase HPLC method for analysis of trans-resveratrol in PLGA nanoparticulate formulation” *ISRN Chromatography*, (2014).
- Singleton, V. L., and Rossi, J. A., “Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents”, *Am J Enol Viticult*, 16(3), 144-158, (1965).
- Siriamornpun, S., Weerapreeyakul, N. and Barusrux, S. “Bioactive compounds and health implications are better for green jujube fruit than for ripe fruit”, *J Funct Foods*, 12, 246-255, (2015).
- Sobukola, O. P., and Dairo, O. U., “Modeling drying kinetics of fever leaves (*Ocimum viride*) in a convective hot air dryer”, *Nigerian Food J*, 25(1), 146-154, (2007).
- Song, J., Bi, J., Chen, Q., Wu, X., Lyu, Y. and Meng, X., “Assessment of sugar content, fatty acids, free amino acids, and volatile profiles in jujube fruits at different ripening stages”, *Food Chem*, 270, 344-352, (2019).
- Sousa, A. D., Ribeiro, P. R. V., Canuto, K. M., Zocolo, G. J., Pereira, R. D. C. A., Fernandes, F. A. N. and Sousa de Brito, E., “Drying kinetics and effect of air-drying temperature on chemical composition of *Phyllanthus amarus* and *Phyllanthus niruri*”, *Dry Technol*, 36(5), 609-616, (2018).
- Soyer, Y., Koca, N. and Karadeniz, F., “Organic Acid Profile of Turkish White Grapes and Grape Juices”, *J Food Comp Anal*, 16, 629-636, (2003).
- Srikiatden, J., and Roberts, J. S., “Moisture transfer in solid food materials: A review of mechanisms, models, and measurements”, *Int J Food Prop*, 10(4), 739-777, (2007).
- Stalikas, C. D., “Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids”, *J Sep Sci*, 30(18), 3268-3295, (2007).
- Su W.H., He H.J. and Sun D.W., “Non-destructive and rapid evaluation of staple foods quality by using spectroscopic techniques: a review”, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57, 1039–1051, (2017).

- Tahergorabi, Z., Abedini, M.R., Mitra, M., Fard, M.H. and Beydokhti, H., “Ziziphus jujuba, A red fruit with promising anticancer activities”, *Pharmacogn Rev*, 9(18), 99, (2015).
- Talens, C., Arboleya, J. C., Castro-Giraldez, M., and Fito, P. J., “Effect of microwave power coupled with hot air drying on process efficiency and physico-chemical properties of a new dietary fibre ingredient obtained from orange peel”, *LWT-Food Sci Technol*, 77, 110-118, (2017).
- Tewari, J. C., Tripathi, D. and Pratap, N., “Jujube: A multipurpose tree crop for arid land farming systems”. *The Botanica*, 51, 121-126, (2001).
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D. H., “Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts”, *J Food Compos Anal*, 19(6-7), 669-675, (2006).
- Toor, R. K. and Savage, G. P., “Antioxidant activity in different fractions of tomatoes”, *Food Res Int*, 38(5), 487-494, (2005).
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim 24 Mart 2020.
- Vaccarezza, L.M., Lombardi, J.L. and Chirife, J., “Kinetics of Moisture Movement during Air Drying of Sugar Beet Root”, *J Food Technol*, 9, 317–327, (1974).
- Vahedi, F., Najafi, M.F. and Bozari, K., “Evaluation of inhibitory effect and apoptosis induction of Zizyphus Jujube on tumor cell lines, an in vitro preliminary study”, *Cytotechnol*. 56, 105-111, (2008).
- Van Boekel, M. A., “Kinetic modeling of food quality: a critical review”, *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 7(1), 144-158, (2008).
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J. and Perez-Won, M.. “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 Chem*, 117(4), 647-653, (2009).
- Wang, B., Huang, Q., Venkitasamy, C., Chai, H., Gao, H., Cheng, N., Cao, W., Lv, X. and Pan, Z., “Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) during three edible maturity stages”, *LWT-Food Sci Technol*, 66, 56-62, (2016).
- Wang, C., Cheng, D., Cao, J. and Jiang, W., “Antioxidant capacity and chemical constituents of chinese jujube (*Ziziphus jujuba* mill.) at different ripening stages”, *Food Sci Biotechnol*, 22(3), 639-644, (2013).

Wang, C.Y. and Sing, R.P., “A Single Layer Drying Equation for Rough Rice”. *Am. Soc. Agr. Eng.*, St. Joseph. MI, 78: 3001. (1978).

Wang, J., Fang, X. M., Mujumdar, A. S., Qian, J. Y., Zhang, Q., Yang, X. H., Liu, Y.H., Gao, Z.J. and Xiao, H. W., “Effect of high-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) on drying and quality of red pepper (*Capsicum annuum* L.)”, *Food Chem*, 220, 145-152, (2017).

Wang, L., Fu, H., Wang, W., Wang, Y., Zheng, F., Ni, H. and Chen, F., “Analysis of reducing sugars, organic acids and minerals in 15 cultivars of jujube (*Ziziphus jujuba* mill.) fruits in China”, *J Food Compos Anal*, 73, 10-16, (2018).

Wang, Y.G., Ma, Y.L., Liu, X.F., Wang, X.L., Wang, Y.L. and Ren, H.W., “Composition analysis and nutritional evaluation of *Zizyphus jujube* Mill. Cv. Xiaokou”, *Modern Food Sci Technol*, 30, 23, (2014).

Wasser, S.P., “Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides”, *Appl Microbiol Biotechnol*, 60(3), 258-274, (2002).

Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Legua, P. and Hernandez, F., “Phenolic composition, ascorbic acid content, and antioxidant capacity of Spanish jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) fruits”, *Food Chem*, 201, 307–314 (2016^b).

Wojdyło, A., Figiel, A., Legua, P., Lech, K., Carbonell-Barrachina, Á. A., and Hernández, F., “Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method”, *Food Chem*, 207, 170-179, (2016^a).

Wojdyło, A., Lech, K., Nowicka, P., Hernandez, F., Figiel, A. and Carbonell-Barrachina, A. A., “Influence of different drying techniques on phenolic compounds, antioxidant capacity and colour of *Ziziphus jujube* Mill. Fruits”, *Molecules*, 24(13), 2361, (2019).

Wu, C. S., Gao, Q. H., Guo, X. D., Yu, J. G., and Wang, M., “Effect of ripening stage on physicochemical properties and antioxidant profiles of a promising table fruit ‘pear-jujube’ (*Zizyphus jujuba* Mill.)”, *Sci Hortic*, 148, 177-184, (2012).

Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., and Tagawa, A., “Vacuum drying characteristics of eggplants”, *J Food Eng*, 83(3), 422-429, (2007).

Xie, P. J., You, F., Huang, L. X. and Zhang, C. H., “Comprehensive assessment of phenolic compounds and antioxidant performance in the developmental process of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.)”, *J Funct Foods*, 36, 233-242, (2017).

Xue, Z., Feng, W., Cao, J., Cao, D. and Jiang, W., "Antioxidant activity and total phenolic contents in peel and pulp of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill) fruits", *J Food Biochem*, 33(5), 613-629, (2009).

Yan, J.K., Wang, W.Q. and Wu, J.Y., "Recent advances in *Cordyceps sinensis* polysaccharides, Mycelial fermentation, isolation, structure, and bioactivities, A review", *J Funct Foods*, 6, 33-47, (2014).

Yan, Y.H. and Gao, Z.P., "Industrialization of Chinese jujube", *J Northwest Sci Tech Univ Agri For*, 30, 95-8, (2002).

Yaşa, F., "Türkiye’de yetiştirilen hünnap meyvesinin bileşimi ve meyvenin kurutulması sırasında bileşiminde meydana gelen değişimler", Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2016).

Yi, X. K., Wu, W. F., Zhang, Y. Q., Li, J. X. and Luo, H. P., "Thin-layer drying characteristics and modeling of Chinese jujubes", *Math Probl Eng*, (2012).

Zarein, M., Samadi, S. H., and Ghobadian, B., "Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices", *J Saudi Soc Agric Sci*, 14(1), 41-47, (2015).

Zhan, X., Yang, M., Yuan, L., Gong, Y., Xie, Y., Peng, Q., Ye, S., Li, Q. and Li, Z., "Prying into the limit of CIE value for TPE-based blue AIEgens in organic light-emitting diodes", *Dyes Pigm*, 128, 60-67, (2016).

Zhang, H., Jiang, L., Ye, S., Ye, Y. and Ren, F., "Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) from China", *Food Chem Toxicol*, 48(6), 1461-1465, (2010).

Zhao, H. X., Zhang, H. S., and Yang, S. F. "Phenolic compounds and its antioxidant activities in ethanolic extracts from seven cultivars of Chinese jujube", *Food Sci Hum Well*, 3(3-4), 183-190, (2014).

Zhao, J., Li, S.P., Yang, F.Q., Li, P. and Wang, Y.T., "Simultaneous determination of saponins and fatty acids in *Ziziphus jujube* (Suanzaoren) by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering detection and pressurized liquid extraction", *J Chromatogr A*, 1108, 188–194, (2006).

Zheng, H. Z., Kim, Y. I. and Chung, S. K., "A profile of physicochemical and antioxidant changes during fruit growth for the utilisation of unripe apples", *Food Chem*, 131(1), 106-110, (2012).

Zhu, Z., Zhang, Z.Q., Qin, G.Z. and Tian, S.P., “Effects of brassinosteroids on postharvest disease and senescence of jujube fruit in storage”, *Postharvest Biol Technol*, 56 (1), 50–55, (2010).

Zozio, S., Servent, A., Casal, G., Mbéguié-A-Mbéguié, D., Ravion, S., Pallet, D., and Abel, H., “Changes in antioxidant activity during the ripening of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk)”, *Food Chem*, 150, 448-456, (2014).

EKLER

6. EKLER

EK A. Hünnap Meyvesinin Kurutulma İşleminde, Kuruma Hızına ve Kinetiğine Ait Deneysel Veriler

Kurutma sıcaklığı	Süre	Nem İçeriği (%)	Nem içeriği (g su g ⁻¹ KM)	Nem Oranı (MR)
50°C	0	65,41	1,891	1,000
	6	61,15	1,574	0,832
	12	56,10	1,278	0,676
	18	50,36	1,014	0,536
	24	44,15	0,790	0,418
	30	38,82	0,635	0,336
	36	32,62	0,484	0,256
	42	26,50	0,361	0,191
	48	21,26	0,270	0,143
60°C	0	65,41	1,891	1,000
	6	56,46	1,297	0,686
	12	44,96	0,817	0,432
	18	33,07	0,494	0,261
	24	25,53	0,343	0,181
	30	21,27	0,270	0,143
	36	21,27	0,270	0,143
70°C	0	65,41	1,891	1,000
	6	52,21	1,092	0,578
	12	33,75	0,509	0,269
	18	21,40	0,272	0,144

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fadime Begüm TEPE

Doğum Yeri ve Tarihi : Sivas 20.05.1989

Lisans Üniversite : Ankara Üniversitesi

Y. Lisans Üniversite : Erciyes Üniversitesi

Elektronik posta : begumotag@gmail.com

İletişim Adresi : Halkalı Merkez Mah. Fatih Cad. No:28/26,
Küçükçekmece/İstanbul

Yayın Listesi :

• **Tepe, B.** and Ekinci, R., “Drying Characteristics and Some Quality Parameters of Whole Jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) during Hot Air Drying”, Italian Journal of Food Science, 33 (1): 13–27, (2021). DOI 10.15586/ijfs.v33i1.1947

• Tepe, T. K. and **Tepe, B.**, “The comparison of drying and rehydration characteristics of intermittent-microwave and hot-air dried-apple slices”, Heat Mass Transfer, 56(11), 3047-3057, (2020).

• Kadakal, Ç., Nizamoğlu, N. M., Tepe, T. K., Arısoy, S., **Tepe, B.** and Batu, S., “Relation Between Ergosterol and Various Mycotoxins in Different Cheeses”, Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 8(4), 895-900, (2020).

• Özer, Ç. and **Tepe, B.**, “Farklı Pişirme Tekniklerinin Havuç Dilimlerinin Bazı Kimyasal ve Biyoaktif Özellikleri”, Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 7 (4), 2630- 2643, (2019).

• Kadakal, Ç., Batu, H. S., Tepe, T. K., Sengun, P. and **Otağ, F. B.**, “Which One May be the Best Quality Parameter of Risky Foods in terms of Mold: Aflatoxins, Patulin, Ochratoxin A and Ergosterol”, *Agriculture and Food*, 6, 159-169, (2018).

• Kadakal Ç, Arisoy S, Tepe TK, **Otağ FB**, Batu S, Nizamlioğlu NM and Ekinci, R., “High Performance Liquid Chromatographic Method for the Determination of Patulin in Oil-based Products: Cheese Approach”, *Austin Chromatogr*, 4(1): 1047, (2017).

• **Otağ, F. B.** and Hayta, M., “Nohut Protein Hidrolizatlarının Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (ADE) İnhibitör Aktivitesi Üzerine Ultrason, Mikrodalga, Fermantasyon ve Pişirmenin Etkileri”, *Gıda*, 41(1), 9-14, (2016).

• A Coskun, K., Ozgur, A., **Otağ, B.**, Mungan, M. and Tutar, Y., “Heat shock protein 40-Gok1 isolation from *Toxoplasma gondii* RH strain”, *Protein and Peptide Letters*, 20(12), 1294-1301, (2013).

• **Otağ, F. B.** and Hayta, M., “Gıdalarda Biyoaktif Peptit Oluşumu ve Aktivitesi Üzerine Isıl İşlem ve Fermantasyonun Etkileri”, *Gıda*, 38(5), 307-314, (2013).

Konferans listesi :

• Otağ Fadime Begüm, Tepe Tolga Kağan, Özer Çağla, “Rehydration Kinetics of Microwave and Convective Dried Apple Slices”, *International Congress on Natural and Engineering Sciences*, 2019

• Otağ Fadime Begüm, Ağan Cansu, Özer Çağla, “Converting the Terra Madre Day and The Earth Markets into Rural Tourism Potential”, *3rd International Rural Tourism and Development Congress*, 2019

• Ağan Cansu, Otağ Fadime Begüm, Özer Çağla, Ekinci Raci, “Sustainability of Sherbets in Turkish Cuisine”, *3rd International Tourism and Cultural Heritage Congress*, 2019

- Özer Çağla, Ağan Cansu, Otağ Fadime Begüm, “Reversion of Product from Rural to Universal: Apricot of Malatya”, 2nd International Rural Tourism and Development Congress, 2018
- Özer Çağla, Otağ Fadime Begüm, Ağan Cansu, “The use of Tırşik (Arum dioscoridis) in the Field of Gastronomy and Potential Effect of Rural Tourism”, 2nd International Rural Tourism and Development Congress, 2018
- Tepe Tolga Kağan, Otağ Fadime Begüm, Ağan Cansu, Kadakal Çetin, Özer Çağla, Batu Heysem Suat, “Comparative Analysis of Anatolian Fermented Food: Tarhana”, The 4th International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus”, 2018
- Atay Eser, Özer Çağla, Otağ Fadime Begüm, “Examination of Misi Culinary Culture in the Scope of Rural Tourism”, 1st International Rural Tourism and Development, 2017
- Otağ Fadime Begüm, Özer Çağla, Aytaç Sait Aykut, Sağlam Filiz, “Optimization of process conditions for developing yogurt-like product with Silybum marianum(milk thistle)”, International Symposium on Biodiversity and Edible Wild Species, 2017
- Özer Çağla, Otağ Fadime Begüm, Kadakal Çetin, Ekinci Raci, “Bioactive Properties of Edible Flowers”, 10th Food Engineering Congress, 2017
- Özer Çağla, Otağ Fadime Begüm, Yetim Adem, “Marmara Region Local Product Festival Inventory”, Gastronomy Tourism Congress, 2016
- Özer Çağla, Yetim Adem, Otağ Fadime Begüm, “ Innovative Approaches to Traditional Products with Sous Vide Methods”, II.Rize Symposium:Tourism, 2016
- Otağ Fadime Begüm, Hayta Mehmet, “Yüksek Hidrostatik Basınç, Vurgulu Elektrik Alan Ve Ultrason Uygulamalarının Gıda Proteinlerinin Biyoaktif Özelliklerine Etkileri”, 8.Gıda Mühendisliği Kongresi, 2013