

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

**KIRINIM PENCERELİ (REFRACTANCE WINDOW) VE MİKRODALGA
DESTEKLİ SICAK HAVA KURUTMA TEKNİKLERİ İLE FONKSİYONEL
BİLEŞENLERCE ZENGİN NAR PESTİLİ ÜRETİMİ**

İsmail TONTUL

**DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2017

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

**KIRINIM PENCERELİ (REFRACTANCE WINDOW) VE MİKRODALGA
DESTEKLİ SICAK HAVA KURUTMA TEKNİKLERİ İLE FONKSİYONEL
BİLEŞENLERCE ZENGİN NAR PESTİLİ ÜRETİMİ**

İsmail TONTUL

**DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez çalışması Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2016-677 proje numarasıyla desteklenmiştir.

2017

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIRINIM PENCERELİ (REFRACTANCE WINDOW) VE MİKRODALGA
DESTEKLİ SICAK HAVA KURUTMA TEKNİKLERİ İLE FONKSİYONEL
BİLEŞENLERCE ZENGİN NAR PESTİLİ ÜRETİMİ

İsmail TONTUL

DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 27/01/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

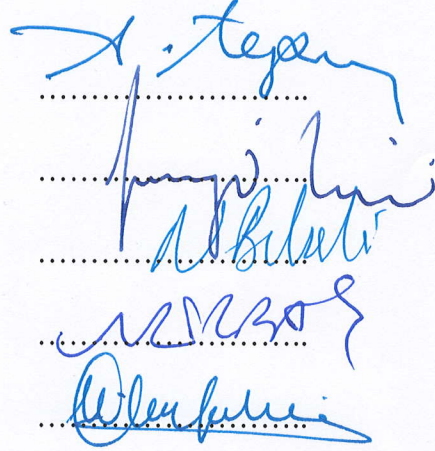
Prof. Dr. Ayhan TOPUZ (Danışman)

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

Doç. Dr. Mustafa ERBAŞ

Doç. Dr. Hilal ŞAHİN-NADEEM



ÖZET

KIRINIM PENCERELİ (REFRACTANCE WINDOW) VE MİKRODALGA DESTEKLİ SICAK HAVA KURUTMA TEKNİKLERİ İLE FONKSİYONEL BİLEŞENLERCE ZENGİN NAR PESTİLİ ÜRETİMİ

İsmail TONTUL

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Ocak 2017, 139 sayfa

Bu çalışmada fonksiyonelliği artırılmış nar pestili üretimi için formülasyon optimizasyonu, kurutma şartlarının belirlenmesi ve zenginleştirme faaliyetleri yürütülmüştür. Formülasyon optimizasyonu çalışmalarında soğukta jelleşen hidrokolloidler (keçiyoynuzu zankı, prejelatinize nişasta ve ksantan zank) karışım desenine göre belirlenen üçlü kombinasyonlar şeklinde denenerek pestil üretiminde kullanılmış ve fizikokimyasal olarak en iyi ürünü sağlayan optimum oranlar hesaplanmıştır. En uygun kurutma şartlarının belirlenmesi çalışmalarında tez kapsamında belirlenen optimum formülasyon ve geleneksel formülasyonla hazırlanan karışımlar sıcak hava akımında kurutma (50, 60 ve 70°C), iki farklı güçte (90 ve 180W) mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma (50, 60 ve 70°C) ve kırınım pencereless kurutma yöntemleri (90, 95 ve 98°C) ile kurutulmuş ve pestillerin kuruma kinetiği ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Zenginleştirme çalışmalarında ise nar pestil formülasyonlarına üç farklı oranda (%1, 3 ve 5) nar kabuğu fenolikleri ve nar çekirdek yağı ilave edilerek bu katkıların pestilin renk, tekstür ve duyuşal özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Son aşamada ise 4 farklı ürün 3 farklı sıcaklıkta depolanarak ürünün fizikokimyasal özelliklerindeki değişimler izlenmiştir.

Karışım deseni sonuçlarına göre fizikokimyasal özellikler açısından en iyi pestil üretimini sağlayan karışımın kurumadde bazında %7.5 keçiyoynuzu zankı ve %2.5 prejelatinize nişasta olduğu belirlenmiştir. Optimum formülasyonla ısıl işlem uygulanmadan üretilen pestillerin biyoaktif bileşenler ve tekstürel özellikler açısından konsantreden geleneksel yöntemle üretilen pestillerden daha üstün olduğu ve duyuşal olarak benzer değerlendirildiği tespit edilmiştir.

Kurutma şartlarından bağımsız olarak pestillerin kurutulmasını en iyi ifade eden kurutma modelinin Midilli modeli olduğu tespit edilmiştir. Fenolik maddeler açısından en iyi kurutma yöntemi mikrodalga destekli sıcak hava kurutma yöntemleri olarak belirlenmişken, antosiyanin miktarları, askorbik asit miktarı, HMF miktarı, uçucu bileşenler ve tekstürel özellikler açısından sıcak hava akımında kurutma ve kırınım pencereless kurutma ile üretilen pestiller daha üstün olmuştur.

Zenginleştirme amacıyla kullanılan nar çekirdek yağının pestilin duyuşal olarak kabul edilebilirliğini azalttığı, nar kabuğu fenoliklerinin ise konsantrasyondan bağımsız olarak kontrol pestiller ile benzer duyuşal özelliklere sahip olduğu bulgulanmıştır. Zenginleştirilmiş pestillerin toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarlarının kontrol örneklerine göre 1.5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

HMF ve ellajik asit dışındaki tüm kimyasal bileşenler depolama süresince kademeli olarak azalmıştır. Bu azalmalardan toplam monomerik antosiyaninler ve bireysel antosiyaninlerin degradasyonunun ikinci derece kinetiğe uygun olarak, askorbik asit kaybının ise sıfırncı derece kinetiğe uygun olarak geręekleřtięi belirlenmiştir. Özellikle 35 ve 22°C’de depolanan örneklerde sıfırncı dereceden kinetiği uygun olarak HMF artışının geręekleřtięi tespit edilmiştir. Pestillerin ellajik asit miktarları ellajitanenlerin depolama süresince muhtemelen degrade olması sonucu serbest forma dönüşen ellajik asitten dolayı artış göstermiştir. Depolama süresince özellikle enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının ürünü olan uçucu bileşenlerin olduğu tespit edilmiştir. Uçucu bileşenlere uygulanan istatistiksel analizler 35°C’de kısa süreli depolamaların, düşük sıcaklıklarda uzun süre depolamalara eşdeğer olduğunu göstermiştir. Depolanan örneklerin duyuusal analizine göre kontrol ve zenginleştirilmiş pestillerin benzer duyuusal özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tekstür dışında kırınım pencereleli kurutma ile üretilen pestiller ile sıcak hava akımında kurutma ile üretilen ürünler benzer duyuusal özellikler göstermiştir. Depolama sırasında tüm duyuusal özelliklerde beğeni kayıpları meydana gelmiştir.

Tez kapsamında elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde hidrokolloidler kullanılarak hem fonksiyonel bileşenlerce zengin hem de HMF ve furfural gibi toksik bileşikleri iğermeyen pestil üretimi geręekleřtirilebilmiřtir. Ayrıca ęalıřma sonuçları kırınım pencereleli kurutmanın sürekli pestil üretimi için önemli bir alternatif üretim prosesi olduğunu göstermiştir. Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme nar pestilinin duyuusal özelliklerini değiştirmeden fonksiyonel özelliklerini arttırmaktadır. Pestilin fonksiyonel özelliklerini daha uzun süre muhafaza edebilmesi için düşük sıcaklıkta depolanmasının uygun olacağı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER :Nar pestili, formülasyon optimizasyonu, kırınım pencereleli kurutma, zenginleştirme, depolama, kinetik

JÜRİ: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ (Danışman)
Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR
Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ
Doç. Dr. Mustafa ERBAŞ
Doç. Dr. Hilal ŞAHİN-NADEEM

ABSTRACT

PRODUCTION OF ENRICHED POMEGRANATE LEATHER WITH FUNCTIONAL COMPOUNDS USING REFRACTANCE WINDOW AND MICROWAVE ASSISTED HOT AIR DRYING

İsmail TONTUL

**Ph. D. Thesis in Food Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ
January 2017, 139 pages**

In this study, formulation optimization, determination of drying conditions and enrichment activities were carried out for the production of pomegranate pestil with increased functionality. In the formulation optimization studies, triple combinations of cold gelling hydrocolloids (locust bean gum, pregelatinized starch and xanthan gum) according to the mixture design were tested in pestil production and the optimum ratios of the hydrocolloids were calculated to provide pestil with the best physicochemical properties. Optimized formulation was dried using hot air drying (50, 60 and 70°C), microwave assisted hot air drying (50, 60 and 70°C) at two different microwave power (90 or 180W) and refractance window drying (90, 95 and 98°C) in drying experiments and their effect on drying kinetics and physicochemical properties of the pestils were investigated. Enrichment of pestils was done using either pomegranate peel phenolics or pomegranate seed oil at three different ratios (1%, 3% and 5%) and effects of these ingredients on colour, texture and sensorial properties of pestils were determined. In the last stage of the study, four different products were stored at three different temperatures and the changes in the physicochemical properties of the product were monitored.

According to the mixture design results, it was determined that the mixture providing the best pestil production in terms of physicochemical properties was 7.5% locust bean gum and 2.5% pregelatinized starch on dry matter basis. The results showed that, pestils produced using optimum formulation without heat treatment were superior in bioactive compounds and textural properties but they had similar sensorial properties compared to the pestil produced in traditional technique from pomegranate concentrate.

It has been determined that the drying model, which expresses the best of drying of the pestils, is the Midilli model, regardless to the drying conditions. While the best drying method for phenolic compounds is determined as microwave assisted hot air drying, hot air drying and refractance window drying were determined to be superior according to the anthocyanin content, ascorbic acid content, HMF content, volatile compounds and the texture.

Enrichment of pestils with pomegranate seed oil decreased sensory acceptability of pestil while enriched pestil with pomegranate peel phenolics had similar sensory properties to control pestils regardless of concentration. It was determined that the total phenolic and total flavonoid contents of the enriched pellets were 1.5 times higher than the control samples.

All chemical components except HMF and ellagic acid gradually decreased during storage. It has been determined that the degradation of total monomeric anthocyanins and individual anthocyanins is in accordance with the second order kinetics and the loss of ascorbic acid is in accordance with the zero order kinetics. Especially, HMF content of the samples stored at 35 and 22°C increased according to the zero order kinetics. The amounts of ellagic acid in the pestils increased probably due to formation of the free ellagic acid by degradation of ellagitannins during storage. It has been determined that the volatile components of nonenzymatic browning reactions were formed during storage. Statistical analyzes applied to volatile compounds showed that short-term storage at 35°C was equivalent to long-term storage at low temperatures. Sensory analysis of the stored samples revealed that control and enriched pellets had similar sensory properties. Additionally, hot air dried samples and refractance window dried pestils had similar sensorial properties except textural properties. Decrease in all sensorial properties occurred during storage of pestils.

When the results obtained within the scope of the thesis are evaluated in general, hydrocolloids can be used to produce pestils which is rich in functional components but does not contain toxic compounds. Furthermore, the results of the study shown refractance window is an important alternative production process for continuous pestil production. Enrichment with pomegranate peel phenolics enhances the functional properties of pomegranate pestil without changing its sensory properties. In order to maintain the functional properties of the pestil longer, it should be stored at low temperature.

KEYWORDS: Pomegranate pestil, formulation optimization, refractance window drying, enrichment, storage, kinetics

COMMITTEE: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ (Supervisor)
Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR
Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ
Assoc. Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ
Assoc. Prof. Dr. Hilal ŞAHİN-NADEEM

ÖNSÖZ

Son yıllarda insanların sağlık bilincinin artmasına bağlı olarak tüketici istekleri değişmiştir. Nitekim, tüketiciler doğal kaynaklardan üretilmiş ve sağlığa faydalı bileşenler içeren gıdalara yönelmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında geleneksel bir ürünümüz olan pestilin fonksiyonelliği artırılarak enerji değeri yüksek atıştırmalık gıdalara alternatif olarak üretilmesini sağlamak amacıyla formülasyon optimizasyonu, kuruma şartlarının belirlenmesi, zenginleştirme ve depolama faaliyetleri yürütülmüştür. Bu faaliyetlerin yürütülmesinde endüstriyel uygulanabilirlik göz önünde bulundurulmuştur.

Bu çalışmanın gerçekleşmesi sırasında;

Yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren, araştırmanın tüm detayları ile ele alınmasını, düzenlenmesini, değerlendirilmesini sağlayan ve engin fikirleriyle iyi bir akademisyen olma yolunda yetiştirme ve gelişmeye katkıda bulunan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ayhan TOPUZ'a (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi),

Deneyimleriyle çalışmama yön veren ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ (Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi) ve Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM'e (Adnan Menderes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi),

Tezin değerlendirilmesi sırasında öneri ve katkılarıyla teze katkıda bulunan hocalarım Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi) ve Doç. Dr. Mustafa ERBAŞ'a (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi)

Laboratuvar çalışmalarım süresince her ihtiyacımda yardımına koşan Emrah EROĞLU, Zehra KASIMOĞLU ve Handan BAŞÜNAL ile çeşitli yardımlarını gördüğüm Negin AZARABADİ, Sinem SALMAN, Serenay AŞIK, Tuğçe ATBAKAN, Ceren MUTLU, Cihadiye CANDAL ve Merve AL'a

Araştırmamı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi ve çalışanlarına,

Doktora eğitimim süresince BİDEB 2211 burs programı kapsamında maddi destek sunan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na

Bu süreçte maddi ve manevi olarak sürekli yanımda olan sevgili eşim Arş. Gör. Sultan ARSLAN TONTUL'a (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi),

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi büyük fedakarlıklar yaparak bu noktaya gelmemi sağlayan aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	3
2.1. Nar	3
2.1.1. Narın bileşimi	3
2.1.2. Nar ve bileşenlerinin fonksiyonel özellikleri.....	4
2.1.3. Nardan üretilen ürünler.....	5
2.2. Pestil Üretimi ve Özellikleri.....	5
2.3. Kurutma Yöntemleri	6
2.3.1. Güneşte ve gölgede kurutma	6
2.3.2. Sıcak hava ile kurutma.....	7
2.3.3. Mikrodalga ile kurutma	7
2.3.4. Diğer kurutma yöntemleri.....	8
2.3.5. Kırınım pencereci kurutma.....	8
2.4. Pestil Üzerine Yapılmış Çalışmalar	11
3. MATERYAL VE METOT	14
3.1. Materyal	14
3.2. Tez Çalışmasının Kapsamı	14
3.3. Nar Pestili Üretimi	14
3.3.1. Formülasyon optimizasyonu.....	16
3.3.2. Farklı kurutma teknikleri ile pestil üretimi.....	17
3.3.3. Fenolik maddeler ve nar çekirdek yağı ile zenginleştirme	17
3.4. Hidroksimetilfurfural (HMF) Azaltma Çalışmaları	18
3.5. Depolama	18
3.6. Analizler	19
3.6.1. Nem miktarı	19
3.6.2. Su aktivitesi	19
3.6.3. Renk analizi	19
3.6.4. Tekstür analizi	19
3.6.5. Fenolik maddelerin ekstraksiyonu ve analize hazırlanması	20
3.6.6. Toplam monomerik antosiyanin miktarı	20
3.6.7. Toplam proantosiyanidin miktarı	20
3.6.8. Toplam fenolik madde miktarı	21
3.6.9. Toplam flavonoid madde miktarı	21
3.6.10. Antioksidan aktivite tayini.....	21
3.6.11. HMF tayini	22
3.6.12. Esmerleşme indeksi	22
3.6.13. Askorbik asit tayini.....	23
3.6.14. HPLC ile antosiyanin ve fenolik madde kompozisyonun belirlenmesi ...	23
3.6.15. Uçucu bileşen kompozisyonu	23
3.6.16. Duyusal analiz	24
3.7. İstatistiksel Analizler.....	25

3.7.1. Kurutmanın modellenmesi.....	25
3.7.2. İstatistiksel metot	26
3.7.3. Temel bileşen analizi	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Optimum Pestil Formülasyonunun Belirlenmesi	28
4.1.1. Uygun model seçimi	28
4.1.2. Nem miktarı ve su aktivitesi	30
4.1.3. Renk özellikleri.....	32
4.1.4. HMF miktarı	33
4.1.5. Esmerleşme indeksi	34
4.1.6. Tekstürel özellikler	34
4.1.7. Toplam monomerik antosiyanin miktarı	35
4.1.8. Toplam proantosiyanidin miktarı	36
4.1.9. Toplam fenolik madde miktarı	37
4.1.10. Toplam flavonoid madde miktarı	38
4.1.11. Antioksidan aktivite.....	39
4.1.12. Duyusal özellikler	40
4.1.13. Formülasyon optimizasyonu.....	41
4.2. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Pestil Özellikleri Üzerine Etkisi	43
4.2.1. Kurutmanın matematiksel modellenmesi	43
4.2.2. Nem miktarı, su aktivitesi ve pH	49
4.2.3. Renk	51
4.2.4. Tekstürel özellikler	52
4.2.5. Fenolik madde miktarları.....	53
4.2.6. Toplam monomerik antosiyanin miktarı	56
4.2.7. Askorbik asit.....	57
4.2.8. HMF miktarı	58
4.2.9. Antioksidan aktivite.....	59
4.2.10. Fenolik madde profili	61
4.2.11. Antosiyanin profili.....	63
4.2.12. Uçucu bileşen profili.....	63
4.3. Zenginleştirilmiş Pestil Üretimi	69
4.3.1. Kurutmanın matematiksel modellenmesi	70
4.3.2. Zenginleştirilmiş pestilin renk özellikleri	71
4.3.3. Zenginleştirilmiş pestilin tekstürel özellikleri	72
4.3.4. Zenginleştirilmiş pestilin duysal özellikleri.....	72
4.4. Depolamanın Pestil Özellikleri Üzerine Etkisi	73
4.4.1. Nem miktarı ve su aktivitesi	73
4.4.2. Renk	76
4.4.3. Tekstürel özellikler	79
4.4.4. Fenolik madde miktarları.....	82
4.4.5. Toplam monomerik antosiyanin miktarı	85
4.4.6. Askorbik asit.....	89
4.4.7. HMF miktarı	91
4.4.8. Antioksidan aktivite.....	92
4.4.9. Fenolik madde profili	98
4.4.10. Antosiyanin profili.....	100
4.4.11. Uçucu bileşen profili.....	107

4.4.12. Duyusal özellikler.....	117
5. SONUÇ	120
KAYNAKLAR	123
EKLER.....	133
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

μL	Mikrolitre
μm	Mikrometre
μM	Mikromolar
A	Absorbans
cm	Santimetre
D	İstenirlik
d/dk	Devir/dakika
Deff	Efektif difüzyon katsayısı
dk	Dakika
Ea	Aktivasyon enerjisi
g	Gram / yerçekimi kuvveti
k	Kurutma katsayısı
kg	Kilogram
kJ	Kilojoule
L	Litre / kalınlık
m	Metre
M	Molar
mg	Miligram
mL	Mililitre
mM	Milimolar
N	DeneySEL olarak belirlenen nem oranı sayısı / Newton
n	Kurutma modelinde bulunan katsayı sayısı
nm	nanometre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrad derece
R^2	Belirleme katsayısı
s	Saniye
S	Flüoresans şiddeti
sa	Saat
Sf	Seyreltme faktörü
$t_{1/2}$	Yarılanma ömrü
W	Watt
χ^2	Ki-kare

Kısaltmalar

TÜİK	Türk İstatistik Kurumu
AA	Askorbik asit miktarı
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Aİ	Alıkonma indeksi
ANO	Ayrılabilir nem oranı
D3,5G	Delfinidin-3,5-diglikozit
D3G	Delfinidin-3-glikozit
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu
DSC	Diferansiyel taramalı kalorimetri
DVB/CAR/PDMS	Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane
F	F değeri
GAE	Gallik asit eşdeğeri

GCMS	Gaz kromatografisi kütle spektrometresi
HMF	Hidroksimetil furfural
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
KE	Kateşin eşdeğeri
KFM	Katı faz mikroekstraksiyonu
KPK	Kırınım pencereleli kurutma
KMS	Karboksimetilselüloz
KO	Kareler ortalaması
MD + SH	Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma
MÖ	Milattan önce
NIST	Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (National Institute of Standards and Technology)
ORAC	Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği
P3G	Pelargonidin-3-glikozit
RMSE	Hata kareler ortalaması
S3,5G	Siyanidin-3,5-diglikozit
S3G	Siyanidin-3-glikozit
SH	Sıcak hava akımında kurutma
SD	Serbestlik derecesi
SYD	Siyanidin
TEAA	Troloks eşdeğeri antioksidan aktivite
TFA	Trifloroasetik asit
TFC	Toplam flavonoid madde miktarı
TMA	Toplam monomerik antosiyanin
TPA	Toplam proantosiyanidin
TPC	Toplam fenolik madde miktarı
UV	Ultraviyole (Morötesi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ülkemizde nar üretimi yapılan alan ve üretim miktarının yıllara göre değişimi	3
Şekil 2.2. Pestil üretim yöntemi	6
Şekil 2.3. KPK yönteminin prensibi	9
Şekil 4.1. Nar pestili nem miktarının (g/100 g) hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	32
Şekil 4.2. Nar pestili ton açısı değerinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	33
Şekil 4.3. Nar pestili esmerleşme indeksinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	35
Şekil 4.4. Nar pestilinin uzamaya karşı direncinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	35
Şekil 4.5. Nar pestilinin toplam monomerik antosiyanin miktarının hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	36
Şekil 4.6. Nar pestilinin toplam proantosiyanidin miktarının hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	37
Şekil 4.7. Nar pestilinin toplam fenolik madde miktarının hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	38
Şekil 4.8. Nar pestilinin toplam flavonoid madde miktarının hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	39
Şekil 4.9. Nar pestilinin antioksidan aktivitesinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	40
Şekil 4.10. Nar pestilinin (a) duysal renk, (b) duysal görünüş ve (c) duysal tat ve koku özelliklerinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zatk, B: Keçiboynuzu zatkı, C: Prejelatinize nişasta).....	41
Şekil 4.11. Farklı kurutma şartlarında kurutulan pestillerin nem oranının zamana bağlı değişimi: (a) Hidrokolloid formülasyon, (b) geleneksel formülasyon (SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma).....	44
Şekil 4.12. Farklı kurutma şartlarında kurutulan geleneksel formülasyonla hazırlanan pestillerin uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları (SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma)	68
Şekil 4.13. Farklı kurutma şartlarında kurutulan hidrokolloidlerle hazırlanan pestillerin uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları	

(SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma).....	69
Şekil 4.14. 50°C sıcaklıkta kurutulan zenginleştirilmiş pestillerin nem oranının zamana bağıli değişimi.....	70
Şekil 4.15. Pestillerin depolama şartlarına bağıli antosiyanin degradasyonu	87
Şekil 4.16. Pestillerin depolama şartlarına bağıli askorbik asit degradasyonu	90
Şekil 4.17. Depolama şartlarına bağıli pestillerin HMF miktarı artışı	94
Şekil 4.18. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutma ile üretilmiş kontrol pestillerin uçucu bileşenlerine ait (a) temel bileşen analizi ve (b) hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları.....	110
Şekil 4.19. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereci kurutma ile üretilmiş kontrol pestillerin uçucu bileşenlerine ait (a) temel bileşen analizi ve (b) hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları	112
Şekil 4.20. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerin uçucu bileşenlerine ait (a) temel bileşen analizi ve (b) hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları	114
Şekil 4.21. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereci kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerin uçucu bileşenlerine ait (a) temel bileşen analizi ve (b) hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları.....	116

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Hicaz çeşidi narın bileşimi (Kipri 2010, Eyigün 2012)	4
Çizelge 3.1. Tez çalışmasının kapsamı, formülasyonlar ve kurutma koşulları.....	15
Çizelge 3.2. Pestil üretiminde kullanılan hidrokolloid karışımları	16
Çizelge 3.3. Farklı formülasyon ve kurutma şartlarında üretilen pestillerin kurutma süreleri.....	17
Çizelge 3.4. Askorbik asit analizi HPLC şartları	22
Çizelge 3.5. GC-MS analiz şartları	24
Çizelge 3.6. Formülasyon optimizasyonu çalışmalarında kullanılan duyusal analiz formu.....	24
Çizelge 3.7. Zenginleştirilmiş pestil üretimi ve depolama çalışmalarında kullanılan duyusal analiz formu	25
Çizelge 3.8. Kullanılan ince tabaka kurutma modelleri.....	25
Çizelge 4.1. Karışım desenine göre farklı formülasyonlarla üretilen pestillerin fizikokimyasal özellikleri	29
Çizelge 4.2. Karışım desenine ile analiz edilen cevaplar için seçilen modeller ve istatistiksel analiz sonuçları.....	30
Çizelge 4.3. İstatistiksel açıdan herhangi bir modelle ifade edilen parametrelerin model katsayıları	31
Çizelge 4.4. Karışım desenine göre optimum şartları sağlayan formülasyonlar ve istenirlik değerleri.....	42
Çizelge 4.5. Optimum formülasyon kullanılarak elde edilen modeller üzerinden hesaplanan cevaplar ile optimum formülasyon ve geleneksel üretim ile üretilen pestillerin fizikokimyasal özellikleri	43
Çizelge 4.6. Geleneksel formülasyonla hazırlanmış pestillerin kurutulmasının farklı kurutma modellerine uygunluğu.....	46
Çizelge 4.7. Hidrokolloidlerle hazırlanmış araştırma pestillerin kurutulmasının farklı kurutma modellerine uygunluğu.....	47
Çizelge 4.8. Farklı şartlarda kurutulmuş pestillere ait Midilli model katsayıları.....	48
Çizelge 4.9. Farklı şartlarda kurutulmuş pestillerin efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjileri	48
Çizelge 4.10. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin nem içeriği, su aktivitesi ve pH değeri üzerine etkisi.....	50
Çizelge 4.11. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin nem miktarı, su aktivitesine ve pH değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	50
Çizelge 4.12. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin renk değerleri üzerine etkisi	51
Çizelge 4.13. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin renk değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	52
Çizelge 4.14. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin tekstür özellikleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	53
Çizelge 4.15. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam proantosiyanidin miktarları üzerine etkisi	55

Çizelge 4.16. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam proantosiyanidin miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	55
Çizelge 4.17. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit miktarları üzerine etkisi	56
Çizelge 4.18. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	57
Çizelge 4.19. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin HMF miktarı üzerine etkisi	58
Çizelge 4.20. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin HMF miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	59
Çizelge 4.21. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin antioksidan aktivitesi üzerine etkisi	60
Çizelge 4.22. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin antioksidan aktivitesi ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	61
Çizelge 4.23. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin fenolik bileşiklerinin miktarı (mg/kg km) üzerine etkisi	62
Çizelge 4.24. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin fenolik madde miktarı (mg/kg km) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	62
Çizelge 4.25. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin antosiyanin miktarları (mg/kg km) üzerine etkisi	64
Çizelge 4.26. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin antosiyanin miktarları (mg/kg km) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	65
Çizelge 4.27. Geleneksel formülasyonla hazırlanan ve farklı kurutma şartlarında kurutulan pestillerin uçucu bileşenleri (%)	66
Çizelge 4.28. Hidrokolloidler ile hazırlanan ve farklı kurutma şartlarında kurutulan pestillerin uçucu bileşenleri (%)	67
Çizelge 4.29. Zenginleştirilmiş pestillerin kurutulmasının farklı kurutma modellerine uygunluğu	71
Çizelge 4.30. Zenginleştirilmiş pestillerin kurutulmasını ifade eden model katsayıları	71
Çizelge 4.31. Zenginleştirilmiş pestillerin renk değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	72
Çizelge 4.32. Zenginleştirilmiş pestillerin tekstür değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	72
Çizelge 4.33. Zenginleştirilmiş pestillerin duyu puanları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	73
Çizelge 4.34. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerleri değişimine ait varyans analiz sonuçları	74
Çizelge 4.35. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin nem miktarı (g/100 g) ve su aktivitesi değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	75

Çizelge 4.36. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin renk değerleri değişimine ait varyans analiz sonuçları.....	77
Çizelge 4.37. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin renk değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	78
Çizelge 4.38. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin tekstür değerleri değişimine ait varyans analiz sonuçları.....	80
Çizelge 4.39. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin tekstür değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	81
Çizelge 4.40. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı ve toplam proantosiyanidin miktarları değişimine ait varyans analiz sonuçları	83
Çizelge 4.41. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100 g km), toplam flavonoid madde miktarı (mg KE/100 g km) ve toplam proantosiyanidin miktarı (mg SYD/100 g km) değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	84
Çizelge 4.42. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı ve askorbik asit miktarı değişimine ait varyans analiz sonuçları.....	85
Çizelge 4.43. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg S3G/100 g km) ve askorbik asit (mg/100 g km) miktarı değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	86
Çizelge 4.44. Pestillerin farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler	88
Çizelge 4.45. Pestillerin farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında askorbik asidin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler	91
Çizelge 4.46. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin HMF miktarı değişimine ait varyans analiz sonuçları.....	92
Çizelge 4.47. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin HMF miktarı (mg/kg km) değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	93
Çizelge 4.48. Pestillerin farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında HMF miktarı artışına ilişkin kinetik parametreler	95
Çizelge 4.49. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin antioksidan aktivite değerleri değişimlerine ait varyans analiz sonuçları	96
Çizelge 4.50. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin DPPH radikalinin inhibisyonu (g TEAA/100 g km) ve Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (mM TE/100 g km) değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	97
Çizelge 4.51. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin fenolik madde miktarları değişimine ait varyans analiz sonuçları.....	98
Çizelge 4.52. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin fenolik madde miktarı (mg/kg km) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	99
Çizelge 4.53. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin antosiyanin miktarları değişimine ait varyans analiz sonuçları	101

Çizelge 4.54. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin antosiyanin miktarı (mg/kg km) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	102
Çizelge 4.55. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerin D3,5G degradasyonuna ait kinetik parametreler.....	103
Çizelge 4.56. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerin S3,5G degradasyonuna ait kinetik parametreler.....	104
Çizelge 4.57. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerin D3G degradasyonuna ait kinetik parametreler.....	105
Çizelge 4.58. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerin S3G degradasyonuna ait kinetik parametreler.....	106
Çizelge 4.59. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutulmuş kontrol pestillerin uçucu bileşenleri (%).....	109
Çizelge 4.60. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereli kurutma ile üretilmiş kontrol pestillerin uçucu bileşenleri (%).....	111
Çizelge 4.61. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerin uçucu bileşenleri (%).....	113
Çizelge 4.62. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereli kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerin uçucu bileşenleri (%).....	115
Çizelge 4.63. 22°C sıcaklıkta depolanmış pestil örneklerinin duyuşal analiz puanlarına ait varyans analiz sonuçları	118
Çizelge 4.64. 22°C sıcaklıkta depolanmış pestil örneklerinin duyuşal analiz puanları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	119

1. GİRİŞ

İyi bir mineral ve vitamin kaynağı olan meyveler oldukça kısa raf ömrüne sahip olması nedeniyle geleneksel olarak daha dayanıklı olan ürünlere işlenmektedir. Bu ürünler arasında önemli bir yere sahip olan pestil, son yıllarda fabrika ölçeğinde üretilen bir ürün haline gelmiştir (Boz 2012).

Pestilin geleneksel olarak üretiminde öncelikle meyve püresi veya suyu açık kazanda kaynatılarak konsantre edilir, istenen konsantrasyona ulaşıncaya un veya nişasta ilave edildikten sonra pişirme işlemine devam edilerek jelleşme sağlanır ve elde edilen ve bazı bölgelerde herle olarak isimlendirilen kıvamlı karışım ince bir tabaka halinde serilerek kurutulur. Meyvelerden üretilmesi nedeniyle vitamin ve mineral içeriğinin yüksek olması yanısıra çekici görüntüsü, oda koşullarında muhafaza kolaylığı ve pratik tüketimi pestili özellikle enerji değeri yüksek ve sağlıksız gıdaların iyi bir ikamesi yapmaktadır. Ancak pestillerin üretiminin özellikle konsantrasyon, jelatinizasyon ve kurutma aşamalarında biyoaktif bileşenlerde ciddi kayıplar meydana gelmekte ve nihai ürünün besleyici değerinde azalmalara neden olmaktadır. Ayrıca, pestilin usulüne uygun olmayan yöntemlerle üretilmesi beslenme açısından zararlı bileşenler içermesine neden olabilmektedir (Boz 2012). Nitekim meyve püresinin/suyunun konsantre edilmesi ve nişastanın jelleşmesi amacıyla kullanılan ısıtma işlemleri sırasında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu ürünleri olan 5-hidroksimetilfurfural, furfural ve akrilamid gibi insan sağlığına zararlı bileşenler oluşabilmektedir. Ayrıca geleneksel üretimde gölgede serilerek kurutulan pestil çevresel kontaminasyona açık olup son ürün mevsim şartlarına bağlı olarak değişkenlik göstermekte ve el işçiliği gerektirmektedir (Maskan vd 2002a). Kurutmanın endüstriyel olarak olarak sıcak hava akımında gerçekleştirilmesi ise enzimatik olmayan esmerleşme ürünlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle pestil üretiminde zararlı bileşenlerin oluşumunun azaltılabileceği ve fonksiyonel bileşenlerin korunabileceği alternatif yaklaşımların geliştirilmesi oldukça önemli bir konudur.

Birçok meyve pestil üretiminde kullanılabilirle birlikte ülkemizde pestil üretimi yaygın olarak dut ve üzümünden gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, siyah erik ve kayısı meyvelerinden de pestil üretildiği bilinmektedir.

Antalya, ülkemizde nar üretiminin en çok yapıldığı şehirdir. Ancak narın işlenebileceği ürün sayısının oldukça az olması, zaman zaman ihracatta sıkıntılarının oluşması ve taze ürünün bazı yıllarda maliyetini karşılamaması gibi nedenlerle nar üreticileri nar ağaçlarını sökmeye başlamışlardır. Bu nedenle nardan alternatif ürünlerin üretilmesi zorunlu bir hale gelmiştir. Geçmişte nardan pestil üretimine yönelik bazı ticari adımlar atılsa da günümüzde piyasada nar pestili bulunmamaktadır. Ayrıca, Nabais (2010) kimyasal yapısından ötürü narın pestil üretimine uygun bir meyve olmadığını bildirmiştir.

Bu nedenle mevcut tez çalışması dört farklı aşama da gerçekleştirilmiştir.

- İlk aşamada pestil üretimine uygun olmayan nardan pestil üretimini sağlayacak ve ısıtma işlemi gerektirmeyen bir üretim yöntemi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla jelleşmek için ısıtma işlemi gerek duymayan hidrokolloidler kullanılarak, bu hidrokolloidlerin oranları karışım desenine göre optimize edilmiştir.

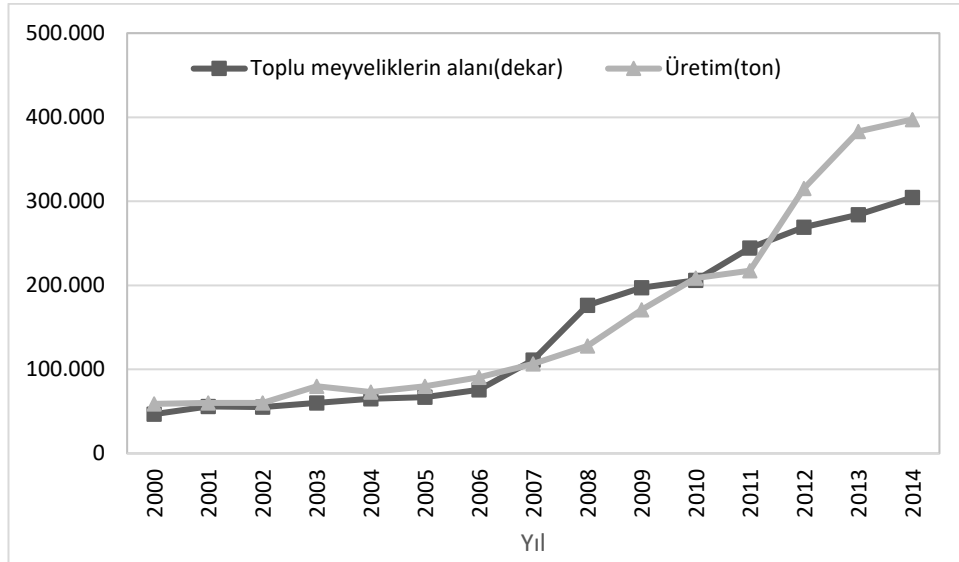
- İkinci aşamada ise farklı sıcaklıklarda dört farklı kurutma yönteminin nar pestilinin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla sıcak hava akımında kurutma, 90W güçte mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, 180W güçte mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma ve yeni bir kurutma tekniği olan kırımım pencereleli kurutma yöntemleri denenmiştir.
- Üçüncü aşamada ise daha önce literatürde rastlanmayan bir yaklaşım olan pestilin fonksiyonelliğini arttırmak amacıyla fenolik maddeler ve fonksiyonel yağ ile zenginleştirme işlemi uygulanmış ve ürünün renk, tekstür ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir.
- Dördüncü ve son aşamada ise 3 farklı sıcaklıkta depolanan 4 farklı ürünün (sıcak hava akımında kurutma ve kırımım pencereleli kurutma ile üretilmiş nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirilmiş ve kontrol pestilleri) fizikokimyasal özellikleri izlenmiştir. Özellikle narın biyoaktif bileşenlerinin degradasyonu ve toksik bileşenlerin oluşum kinetiği araştırılmış ve modellenmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Nar

Kültüre alınarak yetiştirilmesi 5000 yılı bulan nar (*Punica granatum* L.) Lythraceae familyasına ait bir meyvedir. İran ve Hindistan kökenli olduğu düşünülen nar günümüzde kışları ılıman ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak olan Akdeniz iklimine adapte olmuş olsa da nemli tropik ve subtropik bölgelerde de yetiştirilmektedir. Nar ağacı kök tuttuktan sonra olağanüstü kuraklık toleransına sahip olmasına rağmen meyve verimi, yüksek nem ile artmaktadır (Braidy 2015).

Son yıllarda yetiştirme ve işleme teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler sonucu ülkemizde nar üretimi, tüketimi ve ticareti yıldan yıla artmıştır. Nitekim ülkemizde nar üretimi yapılan alan ve üretim miktarı 2005 yılından itibaren sürekli artış göstermiştir (Şekil 2.1). 2005 yılında yaklaşık olarak 50 bin ton olan toplam nar üretimi 2014 yılında 397 bin tona çıkmıştır (TÜİK 2016).



Şekil 2.1. Ülkemizde nar üretimi yapılan alan ve üretim miktarının yıllara göre değişimi

Ülkemizde uzun yıllardır üretilen nar genellikle sofralık olarak tüketilmekteyken günümüzde uygulanan farklı muhafaza ve işleme teknikleri sayesinde gıda ve gıda dışı birçok ürünün üretiminde kullanılmaya başlamıştır. Bu ürünlere örnek olarak meyve suyu, şurup, konserve, nar tane kurusu, reçel, şarap, ekşi, pestil, şekerleme, nar çekirdek yağı ve nar kabuğu fenolik ekstraktları verilebilir.

2.1.1. Narın bileşimi

Dünyada yaklaşık 50 farklı nar çeşidi bulunmasına rağmen (Eyigün 2012) ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen ve ticari olarak önemli nar çeşitleri hicaz ve beynardır (Özalp 2010). Meyve bileşimleri çeşite, olgunluğa, yetiştirme ve muhafaza koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte hicaz narın bileşimi Çizelge 2.1'deki gibi rapor edilmiştir. Hicaznarın yenebilen kısmı, yani daneleri, meyvenin %48-62' sini

oluşturmakta ve bu danelerin de; %65-76'i meyve eti, %24-35'i ise çekirdekten oluşmaktadır (Çizelge 2.1). Nar yaklaşık %85 oranında su ve önemli miktarlarda şeker, fenolik maddeler ve askorbik asit içermektedir. Narın fonksiyonel özellikleri içerdiği fenolik maddeler, antosiyaninler ve askorbik asit içeriğinden kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmalar yenilebilir kısmı kadar, kabuk ve çekirdeğin de fenolik madde açısından zengin olduğunu göstermiştir (Yıldız Turgut 2012). Fischer vd (2011) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada narın kabuk, mezokarp ve suyunda 9 antosiyanin, 2 gallotanen, 2 ellajitanenler, 2 gallagil ester, 4 hidroksibenzoik asit, 7 hidroksisünamik asit, ve 1 dihidroflavonol olmak üzere toplam 47 fenolik madde belirlenmiştir. Tüm örneklerde ellajitanenler baskın fenolikler olarak bildirilmiştir.

Çizelge 2.1. Hicaz çeşidi narın bileşimi (Kipri 2010, Eyigün 2012)

Özellik	Miktar
Meyve ağırlığı (g)	259.84-740.80
Dane randımanı (%)	48.68-61.91
Meyve suyu randımanı (%)	64.79-75.87
Suda çözünür kuru madde (%)	15.67-18.73
pH	2.86-3.25
Titrasyon asitliği (%)	0.99-1.52
Toplam fenolik madde (mg/L)	1500-3010
Gallik asit (mg/L)	36.63-61.13
Kateşin (mg/L)	21.40-35.70
Klorojenik asit (mg/L)	57.50-97.40
Kafeik asit (mg/L)	6.80-12.67
Ellajik asit (mg/L)	4.83-8.70
Toplam monomerik antosiyanin (mg/L)	117.95
Askorbik asit miktarı (mg/100 g)	7.63-14.37
İndirgen şeker miktarı (g/100 mL)	13.62
Toplam Şeker (g/100 mL)	14.00

Elche çeşidi nardan elde edilen nar suyunda en fazla bulunan antosiyaninler delfinidin 3,5-diglikozit, siyanidin 3,5-diglikozit, pelargonidin 3,5-diglikozit, delfinidin 3-glikozit, siyanidin 3-glikozit, ve pelargonidin 3-glikozit olarak bildirilmiştir (Mena vd 2013, Peña-Estévez vd 2016).

Nar çekirdeği, nar suyu ve kabuğuna nazaran polifenoller açısından fakir olsa da kendine özgü bir konjuge linolenik asit esteri olan punisik asit ve fitosteroller de içermektedir (Liu vd 2009).

2.1.2. Nar ve bileşenlerinin fonksiyonel özellikleri

Geçmişten günümüze nar ve nardan elde edilen bileşenler çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır. Nitekim yaklaşık MÖ 1550 yıllarına ait olduğu düşünülen Ebers Tıp Papirüsü'nde antik Mısırlıların nar köklerinden elde ettikleri tanence zengin ekstraktları tenya tedavisinde kullandığını yazıldığını bildirilmektedir. Benzer şekilde Hipokrat'ın (~MÖ 400) nar ekstraktlarını deri ve göz iltihaplarında plaster olarak veya sindirim yardımcısı olarak kullandığı rapor edilmiştir. Dioscorides (MS 40-90) narın karın ağrısı, ülser ve burun deliği tıkanıklıklarında kullanılabileceğini söylemiştir. Bunun dışında farklı nar ürünleri geleneksel olarak cüzzam, yılan sokması, diyabet, diyare, kanama ve bronşit gibi hastalıkların tedavisinde de kullanılmaktadır (Braidı 2015).

Narın fonksiyonel bileşenleri temel olarak meyve eti ve kabuklarda yoğun olarak bulunan fenolik maddeler ve çekirdekte bulunan yağdır. Narda bulunan fenolik bileşiklerin birçok biyolojik aktivitesi bulunmaktadır. Bu biyolojik aktiviteler özetle, kuvvetli antioksidan etki, çeşitli tümörleri engelleme, kanser hücrelerinin çoğalmasını engelleme, antiproliferatif etki, antimikrobiyal etki ve yüksek kan şekereğine bağlı göz, böbrek, kalp ve eklem rahatsızlıklarını engelleme olarak sayılabilir (Sepulveda vd 2011).

Narın biyolojik açıdan diğer önemli bileşenlerini nar çekirdek yağı oluşturmaktadır. Çekirdek yağı büyük oranda (%70-80) çoklu doymamış bir yağ asidi olan punisik asit içermektedir. Punisik asitin kanser ve obeziteye karşı faydalı etkileri olduğu bildirilmiştir (Arao vd 2004, Lansky vd 2005).

2.1.3. Nardan üretilen ürünler

Narın meyve olarak tüketimindeki güçlükler ve kısa depolama süresi nedeniyle işlenerek tüketilmesi yaygınlaşmıştır. Ayrıca besleyici özelliklerinden üretim sezonu dışında da faydalanmak amacıyla daha dayanıklı ürünlere işlenmektedir. Bu amaçla danelenmiş nar çeşitli şekillerde kurutulmakta veya meyve suyu ve konsantresi, konserve, pekmez, reçel ve pestil gibi ürünlere işlenmektedir. Bu ürünlerden birisi olan pestil, enerjisi yüksek, besleyici değeri olmayan ve dengesiz beslenmeye yol açan hazır ürünler (şekerlemeler, şekerli içecekler, cipsler, bisküviler vb.) yerine tercih edilmeye başlamıştır.

2.2. Pestil Üretimi ve Özellikleri

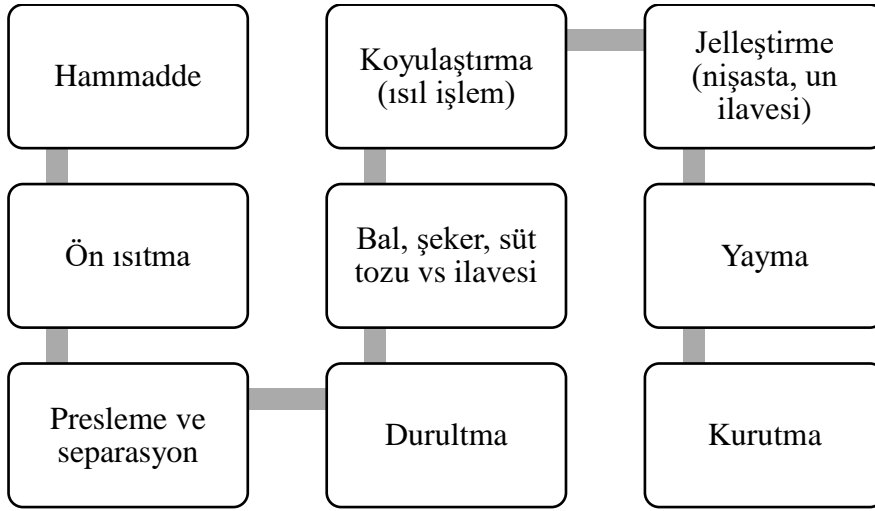
Türk Standardları Enstitüsü tarafından hazırlanan pestil standartlarına göre "pestil, üzüm, erik, kayısı ve duttan elde edilen pulp veya meyve sularının yenilebilir nişasta, beyaz şeker, çeşni ve katkı maddeleri ilavesi ile tekniğine uygun olarak kıvamının artırılmasından sonra usulüne uygun şekilde yayılıp kurutulması ile elde edilen bir üründür". Bu meyveler dışında incir, şeftali, nar gibi meyvelerde pestil üretiminde kullanılabilir. Pestilin orijini Pers İmparatorluğuna kadar dayanmaktadır. Pestil, Ermenice'de "Bastegh", Arapça'da "Qamar al deen" ve İngilizce'de "fruit leather (meyve derisi)" isimleriyle bilinmektedir (Ruiz vd 2011).

Yüksek oranda karbonhidrat içeriğine sahip olan pestil iyi bir enerji kaynağı olması yanında oldukça dayanıklı bir üründür (Ekşi ve Artık 1984, Cagindi ve Otles 2005). Farklı meyvelerden (dut, erik, kayısı ve üzüm) üretilen pestillerin %79 – 87.6 karbonhidrat, %1.9 – 4.1 protein, 0.1 – 2.6 yağ, 1.4 – 3.5 kül ve başta potasyum ve kalsiyum olmak üzere fosfor, sodyum, magnezyum, demir ve bakır gibi mineralleri içerdiği rapor edilmiştir (Ekşi ve Artık 1984, Cagindi ve Otles 2005).

Pestilin çekici görüntüsü, oda koşullarında uzun süre muhafaza edilebilmesi, kolay ve pratik tüketilmesi gibi avantajları vardır. Başta Amerika olmak üzere uluslararası alanda sürekli büyüyen bir pazara sahiptir. Rengi ve tadı taze meyveye benzeyen, tekdüze yapıya sahip, yapışkan olmayan, besleyici, stabil, görece olarak ucuz, paketlemeye uygun ve her yerde tüketilebilecek bir ürün olan pestil günlük diyet meyve bazlı biyoaktif bileşenler, fenolik antioksidanlar ve diyet lif dahil etmek için iyi bir gıdadır (Valenzuela ve Aguilera 2013, Suna vd 2014).

Pestil üretiminde çeşitli ön işlemler sonrası elde edilen meyve sularına gerekli miktarda un ve/veya nişasta eklenerek ürün konsantre edilmekte ve yayma kıvamına ulaşıncaya ısı işlem sonlandırılmaktadır (Şekil 2.2). Pişirme işleminden sonra karışım 0.5-5 mm yüksekliğinde yayılmakta ve güneşte birkaç gün süre ile kurutulmaktadır. Kurutulan ürün istenilen şeklin verilebileceği elastik bir yapı kazanmaktadır. Kurutulmuş ürün üzerine yapışmayı önlemek için un, nişasta veya pudra şekeri serpilerek katlanır ve nem geçirgenliği düşük ambalajlarda muhafaza edilir. Kullanılan hammaddeye göre farklılık göstermekle birlikte 100 kg meyveden yaklaşık 20-30 kg pestil üretilmektedir (Ekşi ve Artık 1984).

Meyvelerin pestile işlenmesi sırasında içerdiği biyoaktif bileşenlerde oluşan en büyük kayıplar kurutma sırasında meydana gelmektedir. Kurutma sırasında fenolik bileşenler, vitaminler ve renkte istenmeyen kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıplar nedeniyle ürünün besleyici değeri azalmaktadır. Bu nedenle kurutma sırasında meydana gelen kayıpların önlenmesi büyük önem arz etmekte olup kayıpları azaltmak için farklı kurutma yöntemleri denenmektedir.



Şekil 2.2. Pestil üretim yöntemi

2.3. Kurutma Yöntemleri

Pestil üretiminde geleneksel olarak gölgede veya güneşte doğal konveksiyonla kurutma uygulanmaktadır. Ancak ticari işletmelerde sıcak hava akımında kurutma prensibi ile çalışan kabin kurutucular ve tünel kurutucular da kullanılmaya başlamıştır. Ayrıca çeşitli bilimsel çalışmalarda mikrodalga kurutma, infrared kurutma ve güneş kollektörlü kurutma gibi farklı kurutmalar da denenmiştir. Birçok üründe olduğu gibi pestil üretiminde de uygun olmayan kurutma, üründe istenmeyen ve geri dönüşümü olmayan sorunlara yol açmakta ve ekonomik zararlara sebep olmaktadır. Bu nedenle farklı kurutma tekniklerinin pestil kurutmada etkinliği araştırılmıştır.

2.3.1. Güneşte ve gölgede kurutma

Güneşte ve gölgede kurutma herhangi bir yardımcı enerji kaynağı ve ekipmana gerek olmaması nedeniyle kırsal bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kartal 2011).

Pestil üretiminde de geleneksel olarak uygulanan kurutma yöntemi güneşte veya gölgede kurutmadır. Pestilin güneşte veya gölgede kurutulması ürüne zengin renk, şeffaf görünüş ve elastik tekstür kazandırır da bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri işlemin; yavaş, çevresel kontaminasyona açık, mevsim şartlarına bağlı olması ve el işçiliği gerektirmesidir (Maskan vd 2002a).

2.3.2. Sıcak hava ile kurutma

Sıcak hava ile kurutma çeşitli kurutucularda gerçekleştirilmektedir. Bunlardan pestil üretiminde yaygın olarak kullanılanları fırın kurutucular, kabin tipi kurutucular ve tünel kurutuculardır. Fırın kurutucularda bir oda veya hazne buhar veya elektrikli rezistanslar tarafından ısıtılır ve sıcak hava vantilatörlerle fırın içinde dolaştırılır. Kabin tipi kurutucularda ürün, tepsilere serildikten sonra kabin içindeki raflara yerleştirilir. Bu sırada hava akışını engellenmemelidir. Kuru ve sıcak hava kabinlere fan yardımıyla ürünün üstüne doğru beslenir ve üründen nemi uzaklaştırır. Tünel tipi kurutucular ise kabin tipi kurutucuların gelişmiş şeklidir. Bu sistemlerde raflardan oluşan arabalar bir tünel boyunca hareket etmektedir. Tünel kurutucularda hava akışı paralel ve zıt olabilir (Kartal 2011).

Kabin tipi kurutucu ile yapılan bir çalışmada farklı kurutma sıcaklıkları (55, 65 ve 75°C), hava hızları (0.86, 1.27 ve 1.82 m/s) ve örnek kalınlıklarının (0.71, 1.53, 2.20 ve 2.86 mm) üzüm pestili kurutmadaki etkinlikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada sıcaklık ve kalınlığa bağlı olarak 40 – 240 dk aralığında sürelerde kurumanın gerçekleştiği ve hava hızlarının kuruma hızı üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Maskan vd 2002a). Mango pestili ile yapılan bir çalışmada ise 80°C ve 0.5 g/cm² püre besleme oranında kurutmanın 120 dk içinde tamamlandığı ve son ürün aromasının duyu panelde iyi bulunduğu ancak ürünün normalden sert olduğu tespit edilmiştir (Azeredo vd 2006).

2.3.3. Mikrodalga ile kurutma

Mikrodalgalar elektromanyetik dalga olarak yayılırlar ve genellikle 300-300000 MHz frekans aralığını kapsar. Mikrodalga kurutucularda ürün üzerine gönderilen dalgalar iyonik parçaların göçü ve/veya dipolar parçaların rotasyonu ile moleküler harekete neden olurlar. Özellikle gıdada bulunan dipol karakterli su moleküllerinin titreşmesi nedeniyle gerçekleşen sürtünme nedeniyle üründe ısınma gerçekleşmektedir. Ürün homojen bir su dağılımına sahip ise her noktada eş ısınma sağlanır. Bu tip kurutucularda enerji sadece ürüne aktarıldığı için oldukça verimlidir. Ancak mikrodalgaların nüfuz etme derinliği sınırlıdır.

Atıcı (2013) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada erik pestili kuruma süresi 60°C sıcaklıkta çalışan fırın kurutucuda 300 - 420 dk'da sürerken, 100 W güçte çalışan mikrodalga fırında ise 120 - 165 dk sürmüştür. Bu çalışmada ayrıca mikrodalga ile kurutulmuş erik pestillerinin sıcak havada kurutulmuş pestillere göre antioksidan aktivitesi daha yüksek ve HMF değeri daha düşük bulunmuştur. Yapılan başka bir tez çalışmasında ise sadece mikrodalga kurutma yönteminin pestil üretimi için uygun olmadığı vurgulanmış, mikrodalga ile kombine kabin kurutucu sistemlerinin kullanılmasının ürün için daha uygun olabileceği bildirilmiştir (Kartal 2011).

2.3.4. Diğer kurutma yöntemleri

Pestil üretiminde yukarıda anlatılan kurutma yöntemleri dışında kızılötesi (Jaturonglumlert ve Kiatsiriroat 2010) ve güneş kolektörlü tünel (Bala vd 2005) kurutma da denenmiş ancak bu kurutmaların ürünlerin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri araştırılmamıştır.

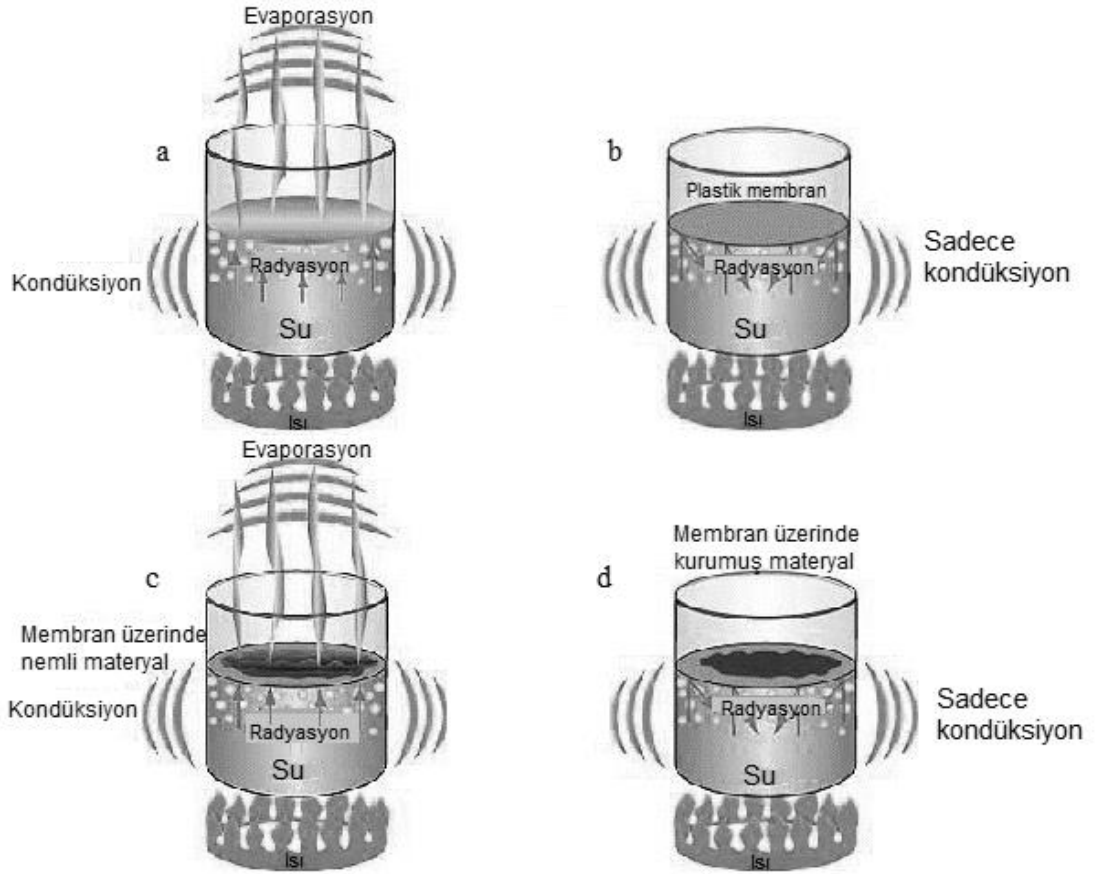
2.3.5. Kırınım pencereleli kurutma

Son yıllarda meyve-sebze püreleri, meyve suları ve bitkisel ekstraktlar gibi akışkan ürünlerin kurutulması için geliştirilen Kırınım Pencereleli kurutma (KPK) çeşitli avantajları nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu teknoloji ile akışkan yapılı ürünler kısa sürede rengi ve ısıya hassas bileşenleri korunarak kurutulabilmektedir. Bu teknolojinin çalışma prensibi kısaca şöyle özetlenebilir. Bir kapta bulunan su alttan ısıtıldığında enerji temel olarak konveksiyonla iletilmekte ve daha sonra ısı enerjisi evaporasyon sonucu ışıkmaktadır (Şekil 2.3a). Ancak su yüzeyi yansıtıcı özellikli bir plastik membran ile kaplandığında ısı kaybı engellenmekte ve ısı transferi sadece kondüksiyon ile gerçekleşmektedir. Bu durumda kızılötesi enerji suya yansıtılmaktadır (Şekil 2.3b). Bu filmin üzerine nemli bir gıda konulduğunda ise gıdada bulunan nem plastik membrandan ısının radyasyonla geçişini sağlar. Bu durumda ısı herhangi bir membran yokmuş gibi sudan gıdaya doğru transfer olur (Şekil 2.3c). Birkaç dakika içinde gıdada bulunan nemin buharlaşması ile membran radyasyon enerjisini tekrar geri yansıtmaya başlar (Şekil 2.3d).

Günümüzde yumurta karışımı, çeşitli meyve püreleri, bitkisel ekstraktlar, beslenme takviyelerinin kurutulmasında kullanılan KPK'nın çeşitli avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar, kurutmanın çok kısa sürede tamamlanması, kurutma sırasında hassas bileşen kayıplarının oldukça düşük seviyede kalması, son ürün renginin taze ürüne oldukça yakın olması, çapraz kontaminasyon riskinin bulunmaması, kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması olarak bildirilmiştir (Nindo ve Tang 2007). Yukarıda sayılan avantajları nedeniyle püre tipi ince tabaka halinde kurutulan gıdalara uygun bir kurutma tekniği olan KPK yönteminin pestil için kullanımına dair herhangi bir literatüre rastlanılmamıştır. Literatürde KPK'yı konu alan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Caparino vd (2013) KPK ve donuk kurutma ile kurutulmuş mangoların sorpsiyon izotermelerini karşılaştırmıştır. Kuruma süresi KPK için 3 dk, donuk kurutma için 1860 dk sürmüştür. Tek tabaka su içeriği KPK ile üretilmiş ürün için 0.078 kg su/kg kuru madde, donuk kurutma ile üretilmiş ürün için ise 0.045 kg su/kg kuru madde olarak belirlenmiştir. KPK ile üretilmiş ürünlerin camsı geçiş sıcaklığının (55.82°C) donuk kurutma ile üretilenlere göre (63.61°C) daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Ochoa-Martinez vd (2012) 1 ve 2 mm kalınlıktaki mango dilimlerinin 62°C KPK yöntemi ile kurutulmasında kurutma kinetiği, su aktivitesi ve renk değişimlerini 62°C'de tepsili kurutma ile kıyaslamışlardır. KPK için efektif difüzyon katsayısı daha düşük olarak hesaplanmıştır. KPK 1 sa, tepsili kurutma 4 sa sürmüştür. Renk değişimleri iki kurutma için benzer olarak bulunmuştur.



Şekil 2.3. KPK yönteminin prensibi

Pavan vd (2012) KPK, donuk kurutma ve sıcak hava akımında kurutma yöntemleriyle kurutulmuş açai suyunun sorpsiyon izotermilerin belirlemişler ve 3 aylık depolama süresince ürünün nem miktarı ve su aktivitesinin izlemişlerdir. Tüm örneklerin nem içeriğinin tek tabaka su içeriğinin altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen sorpsiyon izoterm verileri Brunauer-Emmett-Teller (BET) and Guggenheim-Anderson-de-Boer (GAB) modelleri ile uyumlu olarak belirlenmiştir. Ürünlerin camsı geçiş sıcaklığı 50-60°C arasında bulunmuştur.

Farklı kalınlıkta (1-3 mm) serilen tarçın püresinin KPK yöntemi ile kurutulmasının çalışıldığı bir çalışmada serme kalınlığının artması pürenin kuruma hızını azaltmıştır (Wang vd 2009).

Kaspar vd (2012) 3 farklı kurutma yönteminin (donuk kurutma, tambur kurutma, ve KPK) beyaz, sarı, kırmızı ve mor renkli patateslerin biyoaktif bileşenlerinin degradasyonu üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışma sonuçlarına göre, ürünlerin toplam fenolik madde miktarı kurutma yöntemi ve patates rengine göre farklılık göstermemiştir. Ancak kırmızı ve mor patateslerde en yüksek toplam antosiyanin miktarı kayıpları tambur kurutucuda tespit edilmiştir. Benzer şekilde sarı patateslerde toplam karotenoid miktarı tambur kurutucuda daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak kurutma maliyetleri dikkate alınarak KPK'nın uygulanması önerilmiştir.

Nindo vd (2003a) balkabağı kurutulmasında KPK'nın ısı etkinliği ve mikrobiyal yükü azaltma etkisini belirlemiştir. Isıl etkinlik %52-70 arasında bulunmuştur. 5 dk kurutma süresince toplam aerobik bakteri, koliform, *Escherichia coli* ve *Listeria innocua* sayılarında sırasıyla 4.6, 6.1, 6.0 ve 5.5 log azalma olduğu bildirilmiştir.

Caparino vd (2012) 4 farklı yöntemle (donuk kurutma, tambur kurutma, püskürterek kurutma ve KPK) mango tozu üretmiş ve elde edilen tozların fiziksel özellikleri ve mikro yapısını araştırmıştır. Kuruma süresi KPK'da 3 dk, donuk kurutmada 31 sa, tambur kurutmada 54 s, püskürterek kurutmada ise 1-3 s sürmüştür. Renk açısından püreye en yakın örnek KPK ile üretilmiş örnek olarak belirlenmiş, bunu sırasıyla donuk kurutma, püskürterek kurutma ve tambur kurutma izlemiştir. En yüksek porozite donuk kurutma ve püskürterek kurutma yöntemleri ile üretilmiş örneklerde belirlenmiştir. KPK ve donuk kurutma yöntemleri ile üretilen tozlar benzer higroskopisiteye sahip olmuştur. Sonuç olarak KPK ile tambur kurutma ve püskürterek kurutma ile üretilen tozlara göre çok daha iyi ve donuk kurutma ile üretilen tozlara benzer özelliklere sahip ürünün üretilebildiği belirlenmiştir.

Topuz vd (2011) donuk kurutma, fırın kurutma, doğal konveksiyonla kurutma ve KPK yöntemleri ile kurutmanın kırmızıbiberlerin karotenoid ve kapsaisinoid içeriği üzerine etkisini belirlemiştir. Karotenoid içeriği (mutatoksantin dışında) ve A vitamini aktivitesi doğal konveksiyonla kurutma yöntemi hariç tüm kurutma yöntemlerinde benzer oranda azalmıştır. Ancak devam eden doğal sentez nedeniyle doğal konveksiyonla kurutma ile kurutulan kırmızıbiberlerin karotenoid içeriği püreden bile daha yüksek olarak belirlenmiştir. Kapsaisinoid içeriği ve Scoville yakıcılık birimi de benzer şekilde doğal konveksiyonla kurutma yöntemi ile kurutulmuş örneklerde püreden daha yüksek olarak belirlenmiştir. Diğer kurutma yöntemleri arasında en yüksek miktarlar donuk kurutma ile elde edilirken KPK ve sıcak hava akımında kurutma benzer sonuçlar vermiştir.

Abonyi vd (2002) püskürterek kurutma, donuk kurutma, tambur kurutma ve KPK'nın çilek ve havuç tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini belirledikleri bir çalışmada toplam karoten, α -karoten ve β -karoten içeriği açısından KPK ve donuk kurutma yöntemlerinde kayıplar benzer ve %10'un altında belirlenmiştir. Askorbik asit kaybı da benzer şekilde her iki yöntemde de %6 olarak belirlenmiştir.

Portakal yağı mikroenkapsülasyonunda püskürterek kurutma ve KPK yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada KPK yağ korunumunu arttırmış ve yüzey yağ miktarını azaltmıştır. Ancak, limonen oksit, oktanal ve linalool bileşenlerinde kayıplar KPK'da daha yüksek bulunmuştur. DSC analizleri KPK ile kurutulan örneklerin daha kristal yapıda olduğunu göstermiştir. Ayrıca sorpsiyon analizleri KPK ile üretilen ürünlerin nem değişimlerine karşı daha dayanıklı olduğunu göstermiştir (Cadwallader vd 2010).

Nindo vd (2003b) donuk kurutma, tepsili kurutma, akışkan yatak kurutma, mikrodalga destekli akışkan yatak kurutma ve KPK yöntemlerinin kuşkonmaz kurutma kinetiği, ürün rengi ve fenolik içeriği üzerine etkisini araştırılmışlardır. Donuk kurutma 18-24 sa, tepsili kurutma 2.5-5.5 sa, akışkan yatak kurutma 1.2-2.3 sa, mikrodalga destekli akışkan yatak kurutma 0.5-1.6 sa ve KPK 0.074 sa sürmüştür. Renk değişimi en düşük donuk kurutmada belirlenmiş bunu sırasıyla akışkan yatak kurutma ve KPK izlemiştir. Toplam antioksidan aktivite donuk kurutma ve KPK'da benzer ve diğer

yöntemlere göre daha yüksek bulunmuştur. Askorbik asit miktarı ise en yüksek KPK ile kurutulmuş örneklerde belirlenmiştir.

4 farklı yöntemle (doğal konveksiyonla kurutma, sıcak hava akımında kurutma, halojen fırında kurutma ve KPK) kurutulmuş keçiyoynuzu dilimlerinin fizikokimyasal özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada KPK hem fizikokimyasal özellikler açısından hem de organoleptik olarak daha iyi sonuçlar vermiştir (El-Safy 2014)

Topuz vd (2009) donuk kurutma, sıcak hava akımında kurutma, doğal konveksiyonla kurutma ve KPK yöntemleri ile kurutmanın kırmızıbiberlerin renk özellikleri üzerine etkisini belirlemişlerdir. KPK ve donuk kurutma yöntemleri ile üretilen kırmızıbiber tozları benzer renk özelliklerine sahip olmuş ve diğer kurutma yöntemlerine göre daha az renk kaybı belirlenmiştir. Aynı zamanda bu yöntemlerle üretilen tozların esmerleşme indeksi diğer yöntemlere göre daha düşük bulunmuştur.

Püskürterek kurutma, donuk kurutma ve KPK yönteminin nar tozu fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin belirlendiği bir çalışmada ise en az renk değişimi donuk kurutma yöntemi ile elde edilmiştir. Ancak toplam antosiyanin miktarı açısından en iyi korunumu KPK sağlamıştır. Antioksidan aktivite açısından ise donuk kurutma ve KPK yöntemleri benzer sonuçlar vermiştir. Yine bu çalışmada donuk kurutmanın KPK'ya göre 30 kat daha fazla enerji tükettiği hesaplanmıştır (Baeghbalı vd 2016).

KPK yöntemi ile *Lonicera caerulea* tozu üretilen bir çalışmada KPK sonrası antosiyanin korunumunun %90'ın üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Celli vd 2016).

Jafari vd (2016) farklı kalınlıktaki (0.8, 1.6 ve 2.4 mm) kivi dilimlerinin farklı sıcaklıklarda (80, 90 ve 100°C) konvektif kurutma ve KPK ile kurutulmasının ürünün kuruma karakteristiği ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Her iki kurutmada da kalınlığın artması ve kurutma sıcaklığının azalması kurutma süresini arttırmıştır. 80 ve 90°C sıcaklıklarda KPK kuruma süresini konvektif kurutmaya göre sırasıyla yaklaşık 100 ve 50 dk azaltmıştır. Ancak 100°C'de her iki kurutma yöntemi benzer sürede tamamlanmıştır. KPK yöntemi ile kurutulan ürünlerin daha iyi tekstürel ve organoleptik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Hernández-Santos vd (2016) farklı kalınlıktaki (2 ve 4 mm) havuç dilimlerinin farklı sıcaklıklarda (74 ve 94°C) konvektif kurutma ve KPK ile kurutulmasının ürünün kuruma karakteristiği ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini belirlemişlerdir. KPK yöntemi konvektif kurutma yöntemine göre kurutma süresini %26-51 arasında kısaltmıştır. Renk, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite açısından KPK ile kurutulmuş ürün ile taze havuç arasında istatistikî açıdan bir fark olmadığı belirlenmiştir. Ancak tekstürel açıdan kurutma yöntemleri arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir.

2.4. Pestil Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Pestil üzerine yapılan çalışmalar genellikle farklı meyvelerin bu ürüne işlenebilmesi üzerine odaklanmıştır. Nitekim havuç (Crowe vd 1989), papaya (Sandhu vd 2008, Kumar vd 2010, Addai vd 2016), jackfruit (Man ve Sin 1997), kivi (Saenz vd 1999, Vatthanakul vd 2010) ve durian (Wandi ve Man 1996) gibi farklı meyve ve sebzelerden pestil üretimi araştırılmıştır.

Ayrıca ticari olarak piyasada bulunan pestillerin fizikokimyasal özelliklerinin belirlendiği birçok çalışma da bulunmaktadır (Cagindi ve Otlis 2005, Torley vd 2006, Sengul vd 2010, Keser vd 2013, Yıldız 2013, Kamiloglu ve Capanoglu 2014,).

Huang ve Hsieh (2005) farklı formülasyonlarda hazırlanan elma pestillerinin yapısal özellikler ile duyuşal özellikleri arasında bir korelasyon olduğunu bildirmiştir.

Chowdhury vd (2011) jackfruit pestilinin kurutulmasını modellemek için 9 farklı matematiksel model denemiş ve en uygun modelin modifiye Page modeli olduğunu belirlemiştir.

Farklı ambalajlama materyalleri (lamine alüminyum folyo, yüksek yoğunluklu polietilen, düşük yoğunluklu polietilen ve polipropilen) ile ambalajlanan durian pestillerinin 12 haftalık depolama süresince fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada ürünün fizikokimyasal özellikleri koruması açısından en uygun ambalajlama materyalinin lamine alüminyum folyo olduğu, ancak duyuşal özellikleri koruma açısından ise 4 ambalaj materyalinin de kabul edilebilir sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Irwandi vd 1998).

Phimpharian vd (2011) tam faktöriyel deneme deseni kullanarak ananas pestili üretiminde kullanılacak katkıların oranını optimize etmişlerdir. Bu çalışmada formülasyon faktörleri olarak pektin konsantrasyonu (%0.5, 1 ve 1.5) ve glikoz şurubu konsantrasyonu (%2, 4 ve 6) değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre pestil kalınlığı pektin ve glikoz konsantrasyonundan etkilenmezken (2.0-2.1 mm), renk değerleri özellikle pektin konsantrasyonuna bağlı olarak değişmiştir. Ayrıca nem düzeyi ve su aktivitesi üzerine pektin konsantrasyonunun daha etkili olduğu ve konsantrasyonunun artmasının bu değerlerde düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Ürünün yapısal özellikleri de araştırılmış ve en yüksek germe kuvveti %2 glikoz şurubu ve %1.5 pektin kullanılarak üretilen pestillerde ölçülmüştür. Çalışmada optimizasyon duyuşal panel sonuçları üzerinden gerçekleştirilmiş ve optimum pestil formülasyonunun %3.5-6.0 glikoz şurubu ve %0.5-1.0 pektin kullanımı ile sağlandığı belirlenmiştir. Bu katkılar kullanılarak üretilen pestillerin değerlendirilen tüm parametreler (görünüş, tatlılık, ekşilik, genel tat, sertlik ve genel beğeni) açısından 9 puanlık hedonik skalada 6-7.3 aralığında genel beğeni puanı aldığı belirlenmiştir.

Durian pestili için katkılanması gereken glikoz şurubu, sakaroz, hidrojenize palm yağı ve soya lesitini miktarlarının duyuşal özelliklere göre optimize edildiği bir çalışma iki aşamada yürütülmüştür. Öncelikli olarak en uygun glikoz şurubu ve sakaroz miktarları belirlenmiştir. İkinci aşamada ise belirlenen en uygun glikoz şurubu ve sakaroz ile hazırlanan pestillere ilave edilmesi gereken hidrojenize palm yağı ve soya lesitini miktarları tespit edilmiştir. Bu çalışmanın ilk aşamasında en uygun glikoz şurubu ve sakaroz oranları sırasıyla %10 ve %5 olarak bulunmuştur. İkinci aşamada ise en uygun hidrojenize palm yağı ve soya lesitini oranları ise sırasıyla %2.45-2.95 ve %0.5-0.75 aralığında belirlenmiştir. Ancak soya lesitini eklendiği durumda genel beğeni puanı düşük olduğundan (7 üzerinden <4) soya lesitini kullanılmaması önerilmiştir (Jaswir vd 1998).

Huang ve Hsieh (2005) armut pestili üretimi için armut püresine katkılanacak su (%4-8), pektin (%16-20) ve mısır şurubu (%0-8) miktarlarını tam faktöriyel deneme desenine göre araştırmışlardır. Bu çalışma sonuçlarına göre pestil nem değeri pektin miktarı arttıkça genel olarak azalmıştır. Camsı geçiş sıcaklığı ise pestil formülasyonunda

özellikle pektin oranı artması ile artmıştır. Bu çalışmada ayrıca tekstürel özellikler ile duyuşsal özellikler arasında bir korelasyon olduğu bulunmuştur.

Gujral ve Khanna (2002) üç farklı konsantrasyonda (%0, 4.5 ve 9) tam faktöriyel deneme desenine göre yağsız süt tozu, soya protein konsantratu ve şeker ilavesinin mango pestili özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçlara göre katkı ilavesi mango pestili kuruma hızını düşürmüştür. Bu durumun bu katkıların su bağlama özelliğinden kaynaklandığı düşünölmüştür. Ayrıca bu katkıları pestillerin uzayabilirlik özelliğini ve kopma enerjisini de düşürmüştür. Pestillerin uzayabilirlik ve kopma enerjisi bakımından büyükten küçüğe sıralaması kontrol, yağsız süt tozu ilaveli pestil, soya protein konsantratu ilaveli pestil ve sakkaroz ilaveli pestil olarak belirlenmiştir. Renk değeri açısından yağsız süt tozu miktarının artması tüm renk parametrelerini (L^* , a^* ve b^*) artırırken, soya protein konsantratının artması tüm renk parametrelerini azaltmıştır. Benzer şekilde sakkaroz miktarı ile duyuşsal analiz parametreleri (renk, aroma, tekstür) pozitif korelasyon varken, soya protein konsantratu miktarı ile negatif korelasyon tespit edilmiştir. Sonuç olarak %4.5 yağsız süt tozu ve %4.5 sakkaroz ilavesi ile üretilen pestillerin duyuşsal olarak en yüksek kabul edilebilirliğe sahip olduğu bildirilmiştir.

Mango pestili üretiminde ayrı ayrı üç farklı oranda (%1, 2 ve 3) guar zankı, karboksimetilselüloz (KMS), Arap zankı, pektin ve sodyum aljinat ilavesinin kuruma kinetiğı, renk ve yapısal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre tüm katkılara ait kurutma hız katsayısı (k) kontrole göre daha düşük ve şekil faktörü (a) ise kontrole göre daha yüksek olarak hesaplanmıştır. Kullanılan katkıları kuruma hızını düşürmüştür. Su aktivitesi açısından yapılan değeriendirmede guar zankı dışındaki tüm hidrokolloidlerin su aktivitesini arttırdığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde guar zankı dışındaki tüm hidrokolloidler özellikle yüksek konsantrasyonlarda, a^* renk değeriinde azalmaya neden olmuştur. Hidrokolloidlerden guar zankı ve sodyum aljinat pestillerin uzayabilirliğini, guar zankı ve pektin ise kopma enerjisini arttırmıştır (Gujral ve Brar 2003).

Feng (2016) kivi-frenk üzümü karışımlarından pestil üretiminde cevap yüzey metodu kullanarak en uygun meyve karışımı, şeker ve pektin oranını belirlenmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda optimum formölasyonun %81.02 kivi püresi, %8.95 frenk üzümü püresi, %10 şeker ve %0.03 pektin olduğu rapor edilmiştir. Aynı şartlarda kurutma şartları da optimize edilerek 67.3°C sıcaklıkta 14.7 sa kurutma süresi optimum kurutma koşulları olarak belirlenmiştir. Bu koşullar kullanılarak üretilen meyve pestillerinin 164.51 mg/100 g km askorbik asit içerdiği belirlenmiştir.

Fulchand and Pralhad (2015) kurutma sıcaklığının papaya-elma karışımından hazırlanan pestillerin askorbik asit içeriğine etkisini araştırmışlardır. Kurutma sıcaklığının 55°C'den 75°C'ye yükseltilmesi askorbik asit miktarını 23 mg/100 g'dan 17 mg/kg seviyesine düşürmüştür.

Literatürde pestilin fonksiyonel özelliklerinin artırılması amacıyla biyoaktif bileşenlerle zenginleştirildiğı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada durultma sonrası 65.3 Briks çözünür kurumaddeye kadar konsantre edilen nar suyu konsantresi kullanılmış ve bu konsantre Meykon AŞ (Antalya)'den temin edilmiştir. Formülasyonda kullanılan bal ve yağsız süt tozu sırasıyla Özkovan Bal Tic. (Şok Market AŞ, Antalya) ve Pınar Süt'ten (İzmir) satın alınmıştır. Nar pestili formülasyonlarının oluşturulmasında hidrokolloid olarak ksantan zankı, keçiyoynuzu zankı ve prejelatinize nişasta kullanılmıştır. Bu katkı maddeleri GRAS (Genel olarak güvenilir kabul edilen) listesinde yer alan gıda amaçlı katkı maddeleridir. HPLC analizlerinde standard olarak kullanılan HMF, askorbik asit, ellajik asit ve punikalagin Sigma GmbH (Taufkirchen, Almanya), antosiyaninler ise Extrasynthese (Lyon, Fransa) firmalarından satın alınmıştır. Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Sigma ve Merck firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Tez Çalışmasının Kapsamı

Tez çalışması 4 farklı aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

3.3. Nar Pestili Üretimi

Pestil ingrediyeentlerinin seçimi: Pestil ingrediyeentleri ve kullanılacak hidrokolloidlerin seçimi için bazı ön denemeler yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle kullanılması gereken nar suyu konsantrasyonu belirlenmiştir. 30, 40 ve 50 Briks başlangıç konsantrasyonları kullanılarak geleneksel şartlarda üretilen pestillerde 40 Briks konsantreden üretilen pestilin yapısal olarak ticari ürünlere daha yakın olduğu gözlenmiştir. Ancak ürünlerin aşırı ekşi olmasından dolayı duyuusal olarak kabul edilmediği belirlenmiştir. Bu nedenle pestile ayrı ayrı kuru maddenin %20'si oranında bal ve yağsız süt tozu ilave edilmiştir. Ancak duyuusal panelde bal ilavesinin pestilin yapısal özelliklerinde olumsuzluklara neden olduğu, süt tozu ilavesinin ise tekstürel özellikleri geliştirmesine rağmen yabancı tat içerdiği belirlenmiştir. Bu nedenle farklı oranlarda bal ve süt tozu karışımları ilave edilmiş pestiller üretilmiş ve bu üretimler sonunda en beğenilen pestil formülasyonu toplam 40 Briks konsantrasyonda %80 nar konsantresi, %10 bal, %10 yağsız süt tozu olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında bu formülasyona eklenecek hidrokolloid oranı kuru maddenin %10'u olarak sabitlenmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılacak hidrokolloidlerin seçimi için de bazı ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ksantan zank, keçiyoynuzu zankı, jelatin, prejelatinize nişasta ve sodyum aljinat farklı konsantrasyonlarda ilave edilmiştir. Bu hidrokolloidlerden jelatin karışımın pH'sından dolayı jelleşmemiştir. Ayrıca sodyum aljinat karışımında çözünmemiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında %4 düzeyine kadar ksantan zank ile %10 düzeyine kadar keçiyoynuzu zankı ve prejelatinize nişasta kullanılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tez çalışmasının kapsamı, formülasyonlar ve kurutma koşulları

Aşama	Formülasyon	Kurutma koşulları
1. Aşama Formülasyon optimizasyonu	- Kurumaddede %80 nar konsantresi, %10 bal ve %10 süt tozu içeren 40 Briks karışım tepe üstü karıştırıcı ile 750 d/dk hızda 5 dk karıştırılmıştır. Bu süre sonunda herleye hidrokolloid karışımı (kuru maddenin %10'u oranında) ilave edilmiş ve tepe üstü karıştırıcı kullanılarak 2000 d/dk hızda 3 dk karıştırılmıştır.	4 mm kalınlıkta pişirme kağıdı üzerine serilen herle 70°C sıcaklıkta 15 sa kurutulmuştur.
2. Aşama - Farklı kurutma tekniklerinin kullanılması	<i>Geleneksel formülasyon:</i> Kurumaddede %80 nar konsantresi, %10 bal ve %10 süt tozu içeren 40 Briks karışıma kurumaddenin %10'u oranında buğday nişastası ilave edildikten sonra tepe üstü karıştırıcı ile 500 d/dk hızda sürekli karıştırılarak 10 dk ısıtım uygulanmıştır. <i>Hidrokolloid formülasyon:</i> Formülasyon optimizasyonu çalışmaları ile aynı şartlarda üretim gerçekleştirilmiş ancak hidrokolloid karışımı olarak %7.5 keçiyoynuzu zımkı ve %2.5 prejelatinize nişasta kullanılmıştır.	Geleneksel formülasyonla üretilen herle polyester kumaş veya KPK filmi üzerine, hidrokolloid formülasyonla üretilen herle ise pişirme kağıdı veya KPK filmi üzerine 4 mm kalınlığında serilerek kurutulmuştur. Sıcak hava akımında kurutma ve iki farklı güçte (90 ve 180W) mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma 50, 60 ve 70°C sıcaklıkta, KPK ise 90, 95 ve 98°C sıcaklıklarda nem miktarı %10-12 aralığına düşene kadar gerçekleştirilmiştir.
3. Aşama Zenginleştirilmiş pestil üretimi	- Kuru maddede %75, 77 veya 79 nar konsantresi, %10 bal, %10 süt tozu ve %1, 3 veya 5 nar çekirdek yağı veya nar kabuğu fenolikleri ile içeren 40 Briks karışım tepe üstü karıştırıcı ile 750 d/dk hızda 5 dk karıştırılmıştır. Bu süre sonunda herleye hidrokolloid karışımı (kuru maddede %7.5 keçiyoynuzu zımkı ve %2.5 prejelatinize nişasta) ilave edilmiş ve tepe üstü karıştırıcı kullanılarak 2000 d/dk hızda 3 dk karıştırılmıştır.	Ürün doğrudan cam plakalar üzerine 4 mm kalınlıkta serilerek 50°C sıcaklıkta sıcak hava akımında kurutulmuştur.
4. Aşama - Sıcak hava akımında kurutulmuş depolama örnekleri	Kontrol pestiller hidrokolloid formülasyonla aynı şekilde üretilmiştir. Zenginleştirilmiş pestiller 3. aşamada belirlenen en uygun zenginleştirme oranı kullanılarak (Kurumaddede %75 nar konsantresi, %10 bal, %10 süt tozu ve %5 nar kabuğu fenolikleri) üretilmiştir.	Ürün doğrudan cam plakalar üzerine 4 mm kalınlıkta serilerek 50°C sıcaklıkta sıcak hava akımında kurutulmuştur.
4. Aşama - KPK ile üretilmiş depolama örnekleri	Kontrol pestiller hidrokolloid formülasyonla benzer şekilde ancak bal yerine şeker şurubu (Kurumaddede %80 nar konsantresi, %10 şeker şurubu ve %10 süt tozu) kullanılarak üretilmiştir. Zenginleştirilmiş pestiller formülasyonda bal yerine şeker şurubu (Kurumaddede %75 nar konsantresi, %10 şeker şurubu, %10 süt tozu ve %5 nar kabuğu fenolikleri) kullanılarak üretilmiştir. Diğer işlemler 3. aşamada belirlenen şartlarla aynıdır.	Ürün doğrudan KPK filmi üzerine 4 mm kalınlıkta serilerek 95°C sıcaklıkta kurutulmuştur.

3.3.1. Formülasyon optimizasyonu

Hidrokolloid kullanımı ile pestil üretiminde hidrokolloidlerin optimum oranlarını belirlemek amacıyla D-optimal karışım deseni kullanılmıştır. Bu amaçla ön denemelerde belirlenen üst sınırlara göre Design Expert 9 (Stat-Ease Inc. Minneapolis, ABD) yazılımı kullanılarak deneme deseni hazırlanmıştır. Bu amaçla oluşturulan deneme deseni Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Pestil üretiminde kullanılan hidrokolloid karışımları

Formülasyon	Ksantan zamk	Keçiboynuzu zamkı	Prejelatinize nişasta
1	0.1 (1)*	0.2 (2)	0.7 (7)
2	0.4 (4)	0 (0)	0.6 (6)
3	0.2 (2)	0 (0)	0.8 (8)
4	0 (0)	0 (0)	1 (10)
5	0 (0)	0.5 (5)	0.5 (5)
6	0.2 (2)	0.6 (6)	0.2 (2)
7	0.2 (2)	0.8 (8)	0 (0)
8	0 (0)	1 (10)	0 (0)
9	0.4 (4)	0.6 (6)	0 (0)
10	0 (0)	0.5 (5)	0.5 (5)
11	0 (0)	1 (10)	0 (0)
12	0 (0)	0 (0)	1 (10)
13	0.2 (2)	0.4 (4)	0.4 (4)
14	0.4 (4)	0 (0)	0.6 (6)
15	0.3 (3)	0.2 (2)	0.5 (5)
16	0.4 (4)	0.6 (6)	0 (0)

* Kodlanmış değerlerdir. Parantez içindeki değerler 100 g kuru madde içeren pestil karışımına ilave edilmesi gereken miktarları (g) göstermektedir.

Formülasyon optimizasyonunda analiz edilen nem miktarı, su aktivitesi, renk, tekstürel özellikler, toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı, toplam proantosiyadin miktarı, antioksidan aktivite, HMF miktarı, esmerleşme indeksi ve duyu özellikler karışım deseninin bir cevabı olarak kabul edilmiş ve çeşitli modellere uygunluğu ayrı ayrı analiz edilmiştir. Ancak sadece önemli ve yüksek regresyon katsayısına sahip parametreler optimum formülasyonun belirlenmesinde kullanılmıştır. Optimum formülasyon ise istenirlik (*desirability*) fonksiyonu kullanılarak belirlenmiştir. Bu teknikte tüm cevaplar, 0 ile 1 arasında değişen bireysel bir fonksiyona dönüştürülmekte ve daha sonra genel çekiciliği maksimize eden değişken seviyeleri seçilmektedir (Eşitlik 3.1).

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_m)^{1/m} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte D genel istenirliği, d her bir cevap için istenirliği, m ise cevap sayısını temsil etmektedir.

Çalışmanın bu kısmında hazırlanan pestil karışımları 70°C sıcaklıkta 15 ssa süresince kurutulmuştur.

3.3.2. Farklı kurutma teknikleri ile pestil üretimi

Sıcak hava akımında (SH) kurutma: Yaklaşık 100 g pestil herlesi kurutma cihazı (Siemens HB86K575, Almanya) ile sabit hava hızında 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Kurutucunun hava hızı 1.0 m/s olarak ölçülmüştür. Toplam kurutma süreleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Mikrodalga destekli sıcak hava (MD + SH) kurutma: Yaklaşık 100 g pestil herlesi kurutma cihazı (Siemens HB86K575, Almanya) ile sabit hava hızında (1.0 m/s) kurutulmuştur. Kurutma üç farklı hava sıcaklığı (50, 60 ve 70 °C) ve 2 farklı mikrodalga gücünde (sabit ürün ağırlığında 90 ve 180 W) gerçekleştirilmiştir. Toplam kurutma süreleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Kırınım pencereci kurutma: Tez çalışması kapsamında imal edilen Kırınım Pencereci İnce Tabaka Kurutma sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kurutma 90, 95 ve 98°C’de akan su ile gerçekleştirilmiştir. KPK kurutucuda 0.25 mm kalınlıkta Mylar film kullanılmıştır. Toplam kurutma süreleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Farklı formülasyon ve kurutma şartlarında üretilen pestillerin kurutma süreleri

Kurutma yöntemi	Sıcaklık (°C)	Kurutma süreleri (dk)	
		Formülasyon	
		Hidrokolloid	Geleneksel
SH	50	200	250
	60	150	175
	70	120	135
MD + SH90	50	80	80
	60	60	65
	70	50	50
MD + SH180	50	40	40
	60	35	35
	70	30	30
KPK	90	60	55
	95	45	50
	98	40	45

3.3.3. Fenolik maddeler ve nar çekirdek yağı ile zenginleştirme

Tez çalışması kapsamında nar çekirdek yağı ve nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirilmiş pestil üretimi denenmiştir. Zenginleştirme işlemi sadece fizikokimyasal açıdan en iyi olduğu belirlenen kurutma şartlarında üretilen pestillerde dolayısıyla hidrokolloidlerle üretilip 50°C sıcaklıkta sıcak hava akımında kurutulan pestillerde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kullanılan nar çekirdek yağı Necdet Bükey Tarım Ürünleri San. ve Tic. AŞ.’den (İzmir, Türkiye) temin edilmiştir. Zenginleştirme işleminde kullanılan nar kabuğu fenolikleri ise pazardan temin edilen narlardan Çam vd (2014) tarafından bildirilen metoda göre ekstrakte edilmiştir. Bu metoda göre dondurularak kurutulmuş nar kabukları blender vasıtasıyla toz halde öğütülmüştür. Elde edilen nar kabuğu tozundan 200 g tartılarak 2 litrelik şişeye aktarılmış ve üzerine 1 L kaynamış saf su eklenmiştir. Daha sonra 100°C’de 5 dk bekletilen karışım 250 µm filtreden süzölmüş

ve elde edilen süzöntü hemen dondurulmak üzere -86°C 'de bekletilmiştir. Yaklaşık 3 sa dondurma süresi sonunda, 2 gün süre ile dondurarak kurutulmuştur. Elde edilen toz haldeki ekstre -20°C 'de depolanmıştır.

Nar çekirdek yağı ve nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme amacıyla pestil herlesi karışımına son üründe kuru madde üzerinden %1, %3 ve %5 olacak şekilde ilave edildikten sonra karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. Nar çekirdek yağı ile zenginleştirilen ürünlerde hidrokolloidlerin jelleşmesi sonrasında ve serme sırasında herhangi bir yağ ayrılması gözlenmemiştir. Bu durumun formülasyonda bulunan süt tozunun emülgatör görevi üstlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.4. Hidroksimetilfurfural (HMF) Azaltma Çalışmaları

Çalışma sırasında uygulanan kurutma işlemleri sonunda pestillerin HMF miktarının 50°C 'de sıcak hava kurutma dışında elde edilen tüm ürünlerde yasal sınırın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, özellikle KPK yöntemi ile üretilen pestillerin depolama çalışmaları için HMF miktarını azaltıcı bazı önlemlerin alınması gerektiği değerlendirilmiştir. Bu amaçla öncelikle pestillerin daha yüksek nem içeriğine kadar kurutulması (%14 nem içeriğine kadar) dolayısıyla daha kısa kurutma işlemine tabi tutulması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca herle pH değerinin 4.0'a yükseltilmesi ve herle karışımında bal yerine şeker şurubu kullanılması da denenmiştir.

Herle pH değerinin yükseltilmesi karışım hazırlandıktan sonra pH değeri kalsiyum karbonat çözeltisi kullanılarak ayarlanmış ve sonra serme ve kurutma işlemleri uygulanmıştır.

Tez çalışması kapsamında uygulanan her iki yaklaşımla üretilen pestillerin yasal sınırın altında HMF içerdiği belirlenmiştir. Formülasyonda bal yerine şeker şurubu kullanılan örneklerin HMF miktarı yaklaşık 23 mg/kg olarak belirlenmişken, pH yükseltilmesi ile üretilen pestillerin HMF içeriği 25 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Ancak pH değerinin yükseltilmesi ile üretilen pestillerin renklerinde değişim meydana gelmesi nedeniyle HMF azaltılmasında yalnızca formülasyonda bal yerine şeker şurubu kullanılması uygun görülmüştür.

3.5. Depolama

Çalışma kapsamında 2 farklı formülasyonla hazırlanıp 2 farklı kurutma yöntemi ile kurutulan 4 farklı ürün depolama analizlerine tabii tutulmuştur. Depolama çalışmalarında kullanılan örnekler aşağıda sıralanmıştır.

1. 50°C sıcak hava akımında kurutulmuş kontrol (zenginleştirilmemiş) pestil
2. 95°C sıcaklıkta kırımım pencereleli kurutma ile üretilmiş bal yerine şeker şurubu içeren kontrol (zenginleştirilmemiş) pestil
3. 50°C sıcak hava akımında kurutulmuş zenginleştirilmiş pestil
4. 95°C sıcaklıkta kırımım pencereleli kurutma ile üretilmiş bal yerine şeker şurubu içeren zenginleştirilmiş pestil

Depolama 3 farklı sıcaklıkta [4 , 22 (oda sıcaklığı) ve 35°C] farklı sürelerde gerçekleştirilmiştir. 4 ve 22°C 'de sıcaklığında depolanan pestiller ayda bir örnekleme

yapılarak toplam 4 ay, 35°C'de depolanan pestiller ise haftada bir örnekleme yapılarak 4 hafta depolanmıştır.

3.6. Analizler

3.6.1. Nem miktarı

Pestil örneklerinin nem içeriği 2 g örneğin 70°C sıcaklıkta sabit tartıma gelene kadar kurutma dolabında (Memmert, Almanya) kurutulması ile belirlenmiştir.

3.6.2. Su aktivitesi

Örneklerin su aktivitesi Aqualab 4TE (Decagon, Washington, ABD) kullanılarak 25°C sıcaklıkta ölçülmüştür.

3.6.3. Renk analizi

Örneklerin renk analizi Konica-Minolta CR-400 (Osaka, Japonya) renk ölçer cihazı kullanılarak 5 farklı noktadan yapılan ölçümlerle gerçekleştirilmiştir. Ölçümler öncesinde cihaz kendi kalibrasyon plakası kullanılarak kalibre edilmiştir. Daha sonra örneklerin L^* (koyuluk-açıklık), a^* (yeşillik-kırmızılık), b^* (mavilik-sarıklık) parametreleri ölçülmüş ve bu değerlerden ton açısı (Hue angle, Eşitlik 3.2) ve doygunluk (Chroma, Eşitlik 3.3) aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$Ton\ açısı = \frac{180}{\pi} \times \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (3.2)$$

$$Doygunluk = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.3)$$

3.6.4. Tekstür analizi

Çalışma süresince formülasyon optimizasyonu sırasında pestillerin kopmaya karşı direnci ölçülmüş, daha sonraki çalışmalarda ise tekstür profil analizi gerçekleştirilmiştir.

Pestilin uzamaya karşı direnç özelliği yapı analiz cihazı [TA.XT 2Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Birleşik Krallık)] ile germe sondası kullanılarak ölçülmüştür. Bu amaçla pestiller bıçak yardımıyla 2.5 × 5 mm şeritler halinde kesilmiş ve cihazın sondası arasına yerleştirilmiştir. Analiz süresince pestiller kopuncaya kadar 4 mm/s hızla çekilmiş ve bu sırada harcanan kuvvet kaydedilmiştir. Kopma sonrası cihaz durdurulmuş ve elde edilen grafikte maksimum kuvvet uzamaya karşı direnç olarak değerlendirilmiştir (Shafi' vd 2013).

Tekstür profil analizi de yine aynı cihaz kullanılarak 2.5 cm çapında dairesel olarak kesilen pestiller analiz edilmiştir. Bu analizde ise 3 cm çapında silindir sonda kullanılmıştır. Elde edilen iki sıkıştırılmalı tekstür profil grafiğinden sertlik, elastikiyet, ve çignenebilirlik değerleri hesaplanmıştır. Analiz şartları ön test hızı 0.50 mm/s, test hızı 0.20 mm/s, sıkıştırma oranı %30, bekleme süresi 5 s ve tetikleme gücü 20 g şeklinde ayarlanmıştır (Boz 2012). Tekstür profil analizi sonucu elde edilen kuvvet grafiği kullanılarak cihazın yazılımı yardımıyla sertlik, elastikiyet ve çignenebilirlik değerleri hesaplanmıştır. Sertlik, ilk sıkıştırma sırasında harcanan maksimum kuvvettir. Elastikiyet

ise pestilin ilk sıkıştırılmadan sonra eski yüksekliğine kadar çıkabilme yeteneğinin bir göstergesidir ve ikinci sıkıştırılmadaki mesafenin ilk sıkıştırılmadaki mesafeye oranlanması ile hesaplanmaktadır. Çiğnenebilirlik, katı bir gıdayı çiğneyip yutmaya hazır hale getirmek için gerekli olan enerjiyi kapsamakta ve sertlik, yapışkanlık ve elastikiyetin çarpımından hesaplanmaktadır (Boz 2012).

3.6.5. Fenolik maddelerin ekstraksiyonu ve analize hazırlanması

Toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı, toplam proantosiyadin miktarı, antioksidan aktivite ile fenolik madde ve antosiyanin profili belirlemede kullanılacak ekstraktlar Kamiloglu ve Capanoglu (2014)'na göre hazırlanmıştır. Bu amaçla 2 g küçük parçalara ayrılmış pestil örneği 15 mL hacimli santrifüj tüplerine tartılmış ve üzerine 5 mL ekstraksiyon çözeltisi (%0.1 formik asit içeren %70 metanol çözeltisi) ilave edilerek 15 dk boyunca buzlu ultrasonik banyoda (Bandelin, DT100H, Berlin, Almanya) ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Bu süre sonunda tüp içeriği 4°C ve 2700 g'de 10 dk santrifüj (Sigma, 3K-18, Osterode am Harz, Almanya) edilmiş ve süpernatant başka bir tüpe aktarılmıştır. Ekstraksiyon ve santrifüj işlemleri aynı şartlarda çökelti ile 3 kez daha tekrar edilerek süpernatantlar birleştirilmiş ve 20 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 0.45 membran filtreden (Naylon) süzülen bu ekstraktlar analizlere kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir.

3.6.6. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Pestillerin toplam antosiyanin miktarı pH diferansiyel metoduna göre belirlenmiştir. Bu amaçla ekstraktlar pH değeri 1 olan ve pH değeri 4.5 olan tamponları kullanılarak uygun oranda seyreltilmiştir (Cemeroğlu 2007). Absorbans değerleri maksimum absorbans değerinin elde edildiği 518 nm ile 700 nm dalga boylarında saf suya karşı okunmuştur. Toplam monomerik antosiyanin miktarı (TMA) siyanidin-3-glikozit (S3G) cinsinden aşağıdaki eşitliklere (Eşitlik 3.4 ve 3.5) göre hesaplanmıştır.

$$A = (A_{518} - A_{700})_{pH 1.0} - (A_{518} - A_{700})_{pH 4.5} \quad (3.4)$$

$$TMA (mg/L) = \frac{A \times 449.2 \times S_f \times 1000}{26900} \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte; A_{518} 518 nm dalga boyunda belirlenen absorbansı, A_{700} 700 nm dalga boyunda belirlenen absorbansı, A düzeltilerek hesaplanmış absorbans farkını, S_f ise seyreltme faktörünü göstermektedir.

3.6.7. Toplam proantosiyadin miktarı

Toplam proantosiyadin (TPA) miktarını belirlemek için 0.25 mL ekstrakt üzerine 2.5 mL demir sülfat çözeltisi [HCl:n-butanol (2/3) içinde çözündürülmüş 154 mg/L $FeSO_4 \cdot 7H_2O$] ilave edildikten sonra 95°C su banyosunda 15 dk inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası oda sıcaklığına soğutulan karışımın absorbansı 540 nm dalga boyunda su ile hazırlanmış köre karşı kaydedilmiştir. Toplam proantosiyadin miktarı Eşitlik 3.6 kullanılarak mg siyanidin eşdeğeri (SYD)/100 g kuru örnek cinsinden hesaplanmıştır (Kamiloglu ve Capanoglu 2014).

$$TPA (g/L) = \frac{Absorbans \times 287 \times 10}{34700} \quad (3.6)$$

3.6.8. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde miktarın belirlenmesi amacıyla elde edilen ekstraktlar 25 kat ekstraksiyon çözeltisi ile seyreltilmiş ve bu seyreltikten 0.5 mL tüplere aktarılmıştır. Üzerine sırasıyla 2.5 mL 0.2 N Folin Cioceltau çözeltisi ve 2 mL Na₂CO₃ çözeltisi (%7.5) ilave edildikten sonra girdap karıştırıcıda karıştırılmış ve 50°C su banyosunda 5 dk bekletilmiştir. Bu süre sonunda oda sıcaklığında soğutularak, absorbansı aynı şartlarda ekstrakt yerine ekstraksiyon çözeltisi ile hazırlanmış köre karşı 760 nm dalga boyunda belirlenmiştir (Dincer vd 2012). Elde edilen absorbans değerleri kullanılarak gallik asit çözeltileri ile oluşturulan eğri yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

3.6.9. Toplam flavonoid madde miktarı

Ekstraktların toplam flavonoid madde miktarı Dincer vd (2012) göre belirlenmiştir. Bu amaçla 0.5 mL ekstrakt üzerine öncelikle 2.5 mL saf su ve 150 µL NaNO₂ çözeltisi (%5) ilave edilerek karıştırılmış ve 5 dk dengelenmeye bırakılmıştır. Daha sonra üzerine 300 µL AlCl₃ çözeltisi (%10) eklenip karıştırıldıktan sonra tekrar 5 dk dengelenmeye bırakılmıştır. Bu süre sonunda 1 mL NaOH çözeltisi (1 M) ilave edilerek karıştırılmış ve 5 dk bekletmeden sonra absorbansı 510 nm dalga boyunda ekstrakt yerine ekstraksiyon çözeltisi ile hazırlanan köre karşı kaydedilmiştir. Elde edilen absorbans değerleri kateşin hidrat ile hazırlanan eğri yardımıyla mg kateşin eşdeğeri (KE)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

3.6.10. Antioksidan aktivite tayini

Pestil örneklerinin antioksidan aktivite tayini DPPH radikalinin inhibisyonu ve Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (ORAC) yöntemi ile analiz edilmiştir.

DPPH radikalinin inhibisyonuna dayalı antioksidan aktivite Fernández-León vd (2013) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla ekstraktlar 20 kat seyreltikten sonra 50 µL'lik kısmı 1.5 mL santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerlerine 950 µL taze hazırlanmış 60 µM DPPH çözeltisi (metanolde hazırlanmış) ilave edilerek karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dk bekletilmiştir. DPPH çözeltisinin absorbansı bekleme süresinin başında saf metanole karşı 517 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. 30 dk inkübasyon sonrası absorbans ölçümü yapılmış ve DPPH çözeltisine göre absorbans farkları hesaplanmıştır. Örneklerin antioksidan aktivitesi bu absorbans farkları kullanılarak, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eğri yardımıyla g troloks eşdeğeri antioksidan aktivite (TEAA)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden hesaplanmıştır.

Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (ORAC) ise Ena vd (2012) tarafından bildirilen yöntem kısmen modifiye edilerek analiz edilmiştir. Bu amaçla 2750 µL fluorescein çözeltisi (0.6136 µM) üzerine 37 µL fosfat tamponu (75 mM, pH 7.4) ve 75 µL örnek ekstraktı ilave edildikten sonra 37°C sıcaklıkta 30 dk inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda reaksiyon 75 µL 2,2'-azobis(2-metilpropionamidin)dihidroklorit (fosfat tamponu içinde hazırlanmış 0.32µM) ilave edilerek durdurulmuştur. Elde edilen

çözeltinin flüoresans şiddeti flüoresans spektrofotometresi (Cary Eclipse, Agilent Technologies, Kaliforniya, ABD) kullanılarak 490 nm uyarım (*eksitasyon*) ve 520 nm yayım (*emisyon*) dalga boylarında belirlenmiştir. Örneklerin Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği mM Troloks Eşdeğeri (TE)/g km cinsinden aynı şartlarda örnek yerine ekstraksiyon çözeltisi ile hazırlanmış Troloks standardı (100 µM) ve kör (fosfat tamponu) ile hazırlanan çözeltiler flüoresans şiddeti kullanılarak Eşitlik 3.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$ORAC (\mu M TE) = Sf \times \left(\frac{S_{\text{örnek}} - S_{\text{kör}}}{S_{\text{Troloks}} - S_{\text{kör}}} \right) \quad (3.7)$$

Bu formülde *Sf* seyreltme faktörü, *S_{örnek}*, *S_{kör}* ve *S_{Troloks}* sırasıyla örnek, kör ve Troloks'un flüoresans şiddetidir.

3.6.11. HMF tayini

HMF miktarının belirlenmesi amacıyla 2 g örnek su ile 100 mL'ye tamamlanmış ve ultratürax kullanılarak homojenize edilmiştir. Bu homojenat 10000 g'de 10 dk santrifüj edildikten sonra 10 mL berrak kısımdan alınarak başka bir santrifüj tüpüne aktarılmış ve üzerine 1'er mL Carrez I ve Carrez II çözeltileri eklenmiştir. Aynı şartlarda santrifüj edilen karışımın berrak kısmı 0.45 µm membran filtreden süzülükten sonra HPLC sistemiyle Çizelge 3.4'de belirtilen şartlarda analiz edilmiştir. HPLC sistemi DGU-20A5 degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını ve SPD-20M20A diode array detektörden oluşmaktadır.

Çizelge 3.4. Askorbik asit analizi HPLC şartları

Kolon	Nucleosil 5 C 18
Kolon sıcaklığı	32°C
Hareketli faz	Asetonitril (%5)
Akış hızı	0.6 mL/dk
Dedektör	Diode Array, 280 nm.
Enjeksiyon miktarı	20 µL
Analiz süresi	20 dk

HMF bileşeninin tanımlanması standard HMF pikinin alıkonma zamanı, UV spektrumları ve benzerlik indeksleri dikkate alınarak yapılmıştır. Ayrıca örneklere standard HMF çözeltisi ilave edilerek pik alanlarındaki değişimler dikkate alınarak doğrulanmıştır. Örneklerdeki HMF miktarı, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen 5 farklı konsantrasyondaki HMF standard çözeltileri ile oluşturulan eğri yardımıyla hesaplanmıştır (Ek 1).

3.6.12. Esmerleşme indeksi

Esmerleşme indeksi, HMF analizinin ilk aşamasında elde edilen berrak kısım kullanılarak belirlenmiştir. Bu berrak kısımdan 7 mL alınarak üzerine 7 mL %95'lik etanol çözeltisi ilave edilmiş ve 10000 g'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası berrak kısmın absorbansı 420 nm dalga boyunda suya karşı kaydedilmiştir (Gögüs vd 2000). Esmerleşme indeksi elde edilen absorbansın seyreltme faktörü ile çarpılması ile hesaplanmıştır.

3.6.13. Askorbik asit tayini

Örneklerin askorbik asit içeriğini ekstrakte etmek amacıyla yaklaşık 2 g örnek 20 mL metafosforik asit çözeltisi (%6) içinde ultraturrax vasıtasıyla homojenize edildikten sonra 10000 g'de 3 dk santrifüj edilmiş ve berrak kısım 0.45 µm membran filtreden süzöldükten sonra DGU-20A5 degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını ve SPD-20M20A diode array detektörden oluşan HPLC sistemi kullanılarak analiz edilmiştir. Mobil faz olarak 0.8 mL/dk akış hızında pH'sı sülfürik asit kullanılarak 2.2'ye ayarlanmış saf su kullanılmıştır. Enjeksiyon miktarı 20 µL olup, ayırım LiChroSpher (250×4.6 mm, 5µm) kolonda gerçekleştirilmiş ve 245 nm dalga boyunda çalışılmıştır. Örneklerdeki askorbik asit miktarı, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen 5 farklı konsantrasyondaki askorbik asit standard çözeltileri ile oluşturulan eğri yardımıyla hesaplanmıştır.

3.6.14. HPLC ile antosiyanin ve fenolik madde kompozisyonun belirlenmesi

Pestillerin antosiyanin ve fenolik madde kompozisyonu Kamiloğlu ve Capanoğlu (2015) tarafından uygulanan metoda göre belirlenmiştir. Bu amaçla daha önce elde edilen ekstraktlar HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Ayırım LiChroSpher (250×4.6 mm, 5µm) kolonda gerçekleştirilmiştir. Mobil faz A olarak %0.1 TFA içeren su, mobil faz B olarak ise %0.1 TFA içeren asetonitril kullanılmıştır. Akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlanmış olup, akış programı 0. dk %95 A, 45. dk %65 A, 47. dk %25 A ve 54. dk %95 A şeklinde uygulanmıştır. Dedeksiyon işlemi fenolik maddeler için 260 nm dalga boyunda antosiyaninler için ise 520 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir.

Tanımlama işlemi için dış standard yöntemi kullanılmış ve bu amaçla fenolik maddelerden punikalagin a, punikalagin b ve ellajik asit, antosiyaninlerden ise delfinidin-3,5-diglikozit, siyanidin-3,5-diglikozit, delfinidin-3-glikozit, siyanidin-3-glikozit ve pelargonidin-3-glikozit standartları kullanılmıştır. Fenolik madde standartları Sigma-Aldrich (Taufkirchen, Almanya), antosiyanin standartları ise Extrasynthese (Lyon, Fransa) firmasından temin edilmiştir. Bileşenlerin tanımlanması standard pikinin alınma zamanları, UV spektrumları ve benzerlik indeksleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca örneklere standard çözeltileri ilave edilerek pik alanlarındaki değişimler dikkate alınarak doğrulanmıştır. Örneklerdeki fenolik madde ve antosiyanin miktarı, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen 5 farklı konsantrasyondaki standard çözeltileri ile oluşturulan eğri yardımıyla hesaplanmıştır (Ek 1).

3.6.15. Uçucu bileşen kompozisyonu

Pestil örneklerinin uçucu bileşenleri GC-MS (QP2010-Plus, Shimadzu, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu katı faz mikroekstraksiyonu (KFM) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yaklaşık 1 g örnek 20 mL hacimli vialde aktarılmış ve 50°C sıcaklıkta ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. 250d/dk hızda karıştırılan vialler 10 dk ön inkübasyona bırakılmış daha sonra 10 dk süre ile uçucu bileşenlerin fibere [50/30 µm DVB/CAR/PDMS (Supelco, Pensilvanya, ABD)] adsorpsiyonu sağlanmıştır. Ekstraksiyon sonunda uçucu bileşenlerin desorpsiyonu için fiber enjeksiyon bloğunda 5 dk bekletilmiştir. GC-MS analiz koşulları Çizelge 3.5'te verilmiştir. Analiz sonucu elde edilen örnek bir kromatogram Ek 3'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. GC-MS analiz şartları

Kolon	TRB5-MS
Fırın sıcaklık programı	40°C (4dk bekleme), 4°C/dk hızla 200°C yükselme (1dk bekle), 10°C/dk hızla 280°C'ye yükselme (5dk bekleme)
Taşıyıcı gaz	He (1.61 mL/dk)
Enjeksiyon modu	Split 20
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	250°C
Arayüzey sıcaklığı	280°C
İyon kaynağı sıcaklığı	200°C
Kütle aralığı	40-400 amu
Tarama hızı	769 tarama/s
Analiz süresi	58 dk

Örnekte belirlenen uçucu bileşenlerin alıkonma indeksleri aynı metotla yürütülen alkan standardının alıkonma zamanları kullanılarak cihaz yazılımı (GCMSolution 5.60) ile hesaplanmıştır. Bileşenlerin tanımlanması kütle spektrumlarının cihaz yazılımında bulunan Wiley 7 ve NIST 02 kütüphaneleri benzetilmesi ve alıkonma indekslerinin literatür verileri (Anonim 2016) karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir.

3.6.16. Duyusal analiz

Örneklerin duyusal özellikleri formülasyon optimizasyonu çalışmalarında Türk Standardlarına göre, zenginleştirme ve depolama çalışmalarında ise hedonik skala yöntemine göre belirlenmiştir.

Formülasyon optimizasyonu çalışmalarında örneklerin renk, görünüş ile tat ve koku özellikleri 15 kişilik (9 kadın, 6 erkek) eğitimli bir panel ile analiz edilmiştir. Duyusal analiz formu Türk standardlarına (TS 12677) göre nar için revize edilerek hazırlanmıştır. Bu form Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Formülasyon optimizasyonu çalışmalarında kullanılan duyusal analiz formu

Özellik	Puan
Renk	
Nar pestil herlesine özgü renge sahip	4
Çok hafif renk esmerleşmesi/açılması mevcut	3
Renk koyu/açık	2
Renk çok koyu/açık	1
Görünüş	
Topaklaşma yok, kalınlık yeknesak	4
Topaklaşma yok, kalınlık yeknesak değil	3
Topaklaşma var, kalınlık yeknesak	2
Topaklaşma var, kalınlık yeknesak değil	1
Tat ve koku	
Nar pestiline özgü aroma tat-koku	4
Nar pestiline özgü koku-tada sahip, çok az yabancı tat-koku mevcut	3
Nar pestili tadı hissediliyor ancak yabancı tat-koku baskın	2
Yabancı tat-koku	1

Zenginleştirilmiş pestil üretimi ve depolama çalışmalarında 9 puanlık hedonik skala yöntemi kullanılarak 10 panelist ile duyusal özellikler belirlenmiştir. Depolama çalışmaları sırasında yalnızca oda sıcaklığında 4 ay depolama süresince her ay alınan iki

paralelli 4 farklı örnek analiz edilmiştir. Duyusal paneller sırasında kullanılan form Çizelge 3.7’de sunulmuştur.

Çizelge 3.7. Zenginleştirilmiş pestil üretimi ve depolama çalışmalarında kullanılan duyusal analiz formu

Örnek kodu	Görünüş	Renk	Tekstür	Koku	Tat	Genel beğeni
9;aşırı beğendim, 8; çok beğendim, 7; beğendim, 6;az beğendim, 5;ne beğendim ne de beğenmedim, 4;az beğenmedim, 3;beğenmedim, 2;çok beğenmedim, 1;hiç beğenmedim						

3.7. İstatistiksel Analizler

3.7.1. Kurutmanın modellenmesi

Farklı kurutma şartlarında ve zenginleştirilmiş pestil üretiminde kurutmanın modellenebilmesi için ayrılabilir nem oranı dokuz farklı model (Çizelge 3.8) kullanılarak kıyaslanmıştır. Ayrılabilir nem oranı (ANO) kurutma sırasında herhangi bir zamandaki nem oranının (M_t), başlangıç nem oranına (M_0) bölünmesi ile hesaplanmıştır (Eşitlik 3.8). Model katsayıları OriginPro 2016 (OriginLab Corporation, Northampton, Massachusetts, ABD) yazılımı kullanılarak doğrusal olmayan regresyon analizi ile hesaplanmıştır.

$$ANO = \frac{M_t}{M_0} \quad (3.8)$$

Çizelge 3.8. Kullanılan ince tabaka kurutma modelleri

Model No	Model Adı	Model
1	Newton	$ANO = \exp(-kt)$
2	Page	$ANO = \exp(-kt^n)$
3	Modifiye Page	$ANO = \exp[-(kt)^n]$
4	Wang ve Singh	$ANO = 1+at+bt^2$
5	Difüzyon yaklaşımı	$ANO = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kbt)$
6	İki terimli üstel	$ANO = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$
7	Logaritmik	$ANO = a \exp(-kt) + c$
8	Henderson ve Pabis	$ANO = a \exp(-kt)$
9	Midilli	$ANO = a \exp(-kt^n)+bt$

k: kurutma sabitini, t zamanı, a, b, c ve n ise model katsayılarını göstermektedir.

DeneySEL verilere en uygun model belirlenirken en düşük hata kareler ortalaması (RMSE, Eşitlik 3.9) ve χ^2 (ki-kare, Eşitlik 3.10) ile en yüksek R^2 (belirleme katsayısı) değerleri dikkate alınmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (ANO_{hesaplanan} - ANO_{deneySEL})^2} \quad (3.9)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (ANO_{hesaplanan} - ANO_{deneysel})^2}{N - n} \quad (3.10)$$

Bu eşitliklerde $ANO_{hesaplanan}$ model katsayıları kullanılarak hesaplanan nem oranını, $ANO_{deneysel}$ deneysel olarak belirlenen nem oranını, N deneysel olarak belirlenen nem oranı sayısını, n ise modelde bulunan katsayı sayısınıdır.

Kurutma sırasında özellikle azalan hız periyodunda difüzyon ürünün karakteristik özelliklerindedir. Kurutma sırasında difüzyon katsayısı Fick'in difüzyon eşitliği (Eşitlik 3.11) kullanılarak hesaplanabilir.

$$ANO = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{[2n+1]^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (3.11)$$

Bu eşitlikte t kurutma süresini (s), D_{eff} efektif difüzyon katsayısını (m^2/s) ve L kalınlığını (m) temsil etmektedir. Uzun kuruma süreleri için kurutma işleminin difüzyon ile gerçekleştiği varsayılarak denklem aşağıdaki (Eşitlik 3.12) gibi sadeleştirilebilir.

$$\ln ANO = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \quad (3.12)$$

Eşitlik 12'den de anlaşılabilirdiği üzere ANO değerlerinin doğal logaritmalarının zamana karşı grafik edilmesi ile elde edilen doğrunun eğimi (K) Eşitlik 3.13'e eşittir. Bu eşitlik efektif difüzyon katsayısı hesaplanmasında kullanılmıştır.

$$K = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \quad (3.13)$$

Elde edilen efektif difüzyon katsayıları kullanılarak difüzyonun aktivasyon enerjisi ise Arrhenius tipi denklemin (Eşitlik 14) eğiminden hesaplanmıştır (Yılmaz vd 2015).

$$D_{eff} = D_0 \times e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)} \quad (3.14)$$

3.7.2. İstatistiksel metot

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiş olup her bir uygulama 2 tekerrürlü yapılmıştır. Her tekerrürden alınan her bir örnekte 2 paralelli olarak analizler gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir (Düzgüneş vd 1987). Varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi SAS istatistik programı (V9, SAS Institute, North Carolina, ABD) kullanılarak yapılmıştır.

3.7.3. Temel bileşen analizi

Nar pestilinde çok sayıda uçucu bileşen tespit edilmesi nedeniyle sonuçların anlamlandırılması güçleşmiştir. Bu nedenle sonuçları daha kolay yorumlanabilir bir forma dönüştürebilmek amacı ile temel bileşen analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi gerçekleştirilmiş ve sonuca önemli etki eden bileşenler belirlenmiştir. Bu analiz XLSTAT (Addinsoft, New York, USA) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Optimum Pestil Formülasyonunun Belirlenmesi

Pestil temel olarak çevresel su buharına yüksek affinite gösteren şekerler, pektinler ve selülozik maddeler içerdiği için yüksek derecede higroskopiktir. Bu nedenle higroskopisite üretim, paketlenme ve depolama süresince önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu problemin çözümü için formülasyona çeşitli katkıları ilave edilmektedir. Ayrıca, berrak meyve sularından maltodekstrin, pektin, çözünür nişasta, karboksimetil selüloz gibi uygun katkı maddeleri kullanılmadan pestil üretimi mümkün değildir (Suna vd 2014).

Optimum formülasyon belirleme çalışmalarında üretilen 16 farklı pestilden birbirinin tekerrürü olan ve yalnızca prejelatinize nişasta kullanılarak üretilen 4 ve 12 numaralı pestiller uygulanan kurutma şartlarında kurumuş, ancak çok yapışkan olduğu için pişirme kağıdından ayrılamamıştır. Bu nedenle bu örneklerle sadece renk ve nem miktarı analizleri uygulanmış diğer parametreler analiz edilmemiştir. Karışım desenine (Çizelge 3.2) ait istatistik analizler bu formülasyonlar eksik bırakılarak gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında her bir formülasyon için analiz edilen tüm parametrelerin sonuçları Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

4.1.1. Uygun model seçimi

Çizelge 4.1’de verilen sonuçlar karışım deseninin cevapları olarak değerlendirilmiş ve Design Expert 9 yazılımı kullanılarak farklı modellere uygunluğu test edilmiştir. Analiz edilen modeller doğrusal, kuadratik, kübik, özel kübik, kuartik ve özel kuartik modellerdir. Tüm cevaplar bu modellere göre test edilmiş ve en düşük tahmin edilen kareler toplamı, en yüksek regresyon katsayısı, istatistiksel açıdan önemli P değeri ve istatistiksel açıdan önemsiz uyum eksikliği (*lack of fit*)’ne sahip model, parametreyi en iyi ifade eden model olarak değerlendirilmiştir. Uygun olarak seçilen modeller Çizelge 4.2’de ve bu modellerin katsayıları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Karışım desenine göre farklı formülasyonlarla üretilen pestillerin fizikokimyasal özellikleri

Analiz Edilen parametreler	Formülasyonlar															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nem miktarı (g/100 g)	9.61	7.80	8.93	6.35	9.16	11.61	12.22	9.49	9.83	10.27	11.88	8.76	10.35	10.23	8.19	9.19
Su aktivitesi	0.343	0.346	0.355	a.e.*	0.311	0.444	0.375	0.328	0.408	0.446	0.435	a.e.	0.464	0.442	0.433	0.403
L*	39.33	40.97	41.55	34.88	37.01	37.07	37.78	35.34	39.98	34.27	35.18	32.19	37.40	39.25	40.15	43.02
a*	19.87	19.96	24.94	28.55	23.82	22.83	21.66	22.12	20.87	23.55	21.13	19.98	21.19	22.32	19.39	18.88
b*	13.10	14.00	14.67	13.98	12.24	11.68	11.11	11.09	12.95	12.58	9.92	8.40	10.77	12.04	13.57	14.25
Ton açısı	33.40	35.01	30.45	26.24	27.19	27.07	27.18	26.62	31.83	28.10	25.15	22.28	26.93	28.33	35.03	37.04
Doygunluk	23.80	24.38	28.93	31.81	26.78	25.64	24.35	24.74	24.56	26.70	23.34	21.78	23.77	25.36	23.67	23.66
HMF miktarı (mg/kg km)	333.3	229.7	220.4	a.e.	103.5	8.01	31.67	121.2	70.08	7.89	57.37	a.e.	41.73	134.02	143.7	216.6
Esmereleşme indeksi	11.45	28.05	24.53	a.e.	10.13	9.73	8.90	9.10	9.45	9.12	9.53	a.e.	10.43	22.93	10.88	11.90
Uzamaya karşı direnç (N)	1.44	3.84	1.11	a.e.	0.20	2.07	13.60	3.82	6.59	0.50	2.06	a.e.	2.94	2.02	5.74	13.21
Toplam monomerik antosiyanin (mg S3G/100 g km)	6.71	4.82	7.22	a.e.	9.05	8.78	7.39	12.64	8.07	9.64	9.66	a.e.	8.94	5.34	6.84	6.06
Toplam proantosiyandin miktarı (mg SYD/100 g km)	147.46	85.08	90.80	a.e.	123.81	135.12	137.71	178.48	147.31	123.31	167.12	a.e.	141.62	93.17	139.68	151.81
Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g km)	1005.79	664.80	690.04	a.e.	763.08	811.45	821.30	1176.86	902.13	815.14	1009.30	a.e.	874.39	548.10	916.32	926.43
Toplam flavonoid madde (mg KE/100 g km)	106.44	76.75	81.35	a.e.	95.97	98.63	97.05	124.07	101.64	95.31	114.93	a.e.	103.35	72.45	102.81	104.22
Antioksidan aktivite (g TEAA/100 g km)	1.84	1.34	1.40	a.e.	1.58	1.66	1.54	2.00	1.75	1.55	1.91	a.e.	1.80	1.24	1.74	1.79
Duyusal renk	2.40	1.33	1.60	a.e.	3.40	3.13	2.93	3.67	2.93	2.67	3.87	a.e.	3.53	1.80	2.40	1.53
Duyusal görünüş	1.47	1.80	1.20	a.e.	2.40	3.47	2.53	3.80	3.47	3.33	3.67	a.e.	1.80	1.40	1.93	3.33
Duyusal tat ve koku	3.13	3.13	3.20	a.e.	3.47	3.00	2.53	3.14	2.67	3.27	2.93	a.e.	3.33	3.20	2.93	2.33

* a.e. analiz edilmedi,

Çizelge 4.2. Karışım desenine ile analiz edilen cevaplar için seçilen modeller ve istatistiksel analiz sonuçları

Analiz edilen parametre	Uygun model	P değeri	Uyum eksikliği	R ²	Düzeltilmiş R ²
Nem miktarı	Doğrusal	0.0190	0.7425	0.4566	0.3730
Su aktivitesi	Hiçbir modelle ifade edilemedi				
L*	Doğrusal	0.0006	0.3899	0.6805	0.5149
a*	Hiçbir modelle ifade edilemedi				
b*	Hiçbir modelle ifade edilemedi				
Ton açısı	Doğrusal	0.0118	0.4579	0.4946	0.4169
Doygunluk	Hiçbir modelle ifade edilemedi				
HMF miktarı	Hiçbir modelle ifade edilemedi				
Esmerleşme indeksi	Kuadratik	0.0165	0.1577	0.8816	0.8076
Uzamaya karşı direnç	Doğrusal	0.0061	0.3434	0.6041	0.5321
Toplam monomerik antosiyanin	Doğrusal	0.0003	0.7981	0.7666	0.7242
Toplam proantosiyanidin	Özel kuartik	0.0010	0.3290	0.9859	0.9634
Toplam fenolik madde	Özel kuartik	0.0184	0.6100	0.9271	0.8104
Toplam flavonoid madde	Özel kuartik	0.0024	0.7279	0.9777	0.9421
Antioksidan aktivite	Özel kuartik	0.0004	0.9453	0.9838	0.9579
Duyusal renk	Doğrusal	0.0015	0.7435	0.6940	0.6383
Duyusal görünüş	Doğrusal	0.0003	0.2263	0.7724	0.7310
Duyusal tat ve koku	Doğrusal	0.0015	0.3102	0.6931	0.6373

4.1.2. Nem miktarı ve su aktivitesi

Farklı hidrokolloid karışımları ile üretilen pestillerin nem içeriği 6.35-12.22 g/100 g, su aktivitesi ise 0.311-0.464 aralığında belirlenmiştir. Pestil standardına (TS 12677) göre; pestiller en çok %20 nem içerebilir (Anonim 2000). Bu nedenle, pestil üretiminde bu nem düzeyinin altına düşene kadar kurutma yapılmış ve elde edilen ürünlerin nem düzeyinin standarda uygun olduğu görülmüştür. Farklı formülasyonlarla üretilen pestillerin standarda uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca %15 nem değerinin mikrobiyal gelişimi engellediği ve şeker kristalizasyonu, enzimatik olmayan esmerleşme, aroma kaybı ve lipit oksidasyonu gibi diğer reaksiyonları kısıtladığı bildirilmiştir (Suna vd 2014). Pestilin kurutulması sırasında kurutma süresi, sıcaklık, serme kalınlığı ve hava hızının nem üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada hava hızı dışındaki tüm faktörlerin nem düzeyi üzerine önemli etkisi olduğu görülmüştür (Maskan vd 2002b).

Farklı hidrokolloidlerle üretilen pestillerin nem miktarının değişimi incelendiğinde (Şekil 4.1) formülasyonda keçiyoynuzu zamkının artması ile nem miktarının arttığı görülmektedir. Bu durumun keçiyoynuzu zamkının yüksek hidrojen bağı yapma kapasitesi ile ilgili olduğu düşünülmüştür.

Literatür incelendiğinde üzüm pestili için nem değerleri 11.2 g/100 g (Ekşi ve Artık 1984), mango pestili için 17.2 g/100 g (Azeredo vd 2006), kayısı pestili için ise 13.0-18.3 olarak rapor edilmiştir (Cagindi ve Otles 2005). Torley vd (2006) Avustralya'da üretilen 6 farklı ticari pestil için nem değerini %7.4-18.1 olarak bildirmişlerdir. Farklı katkılarla üretilmiş durian pestilleri için ise nem miktarı %15.9-17.1 olarak tespit edilmiştir (Wandi ve Man 1996). Çalışma kapsamında elde edilen nem miktarı bulguları literatür verileri ile uyum içindedir.

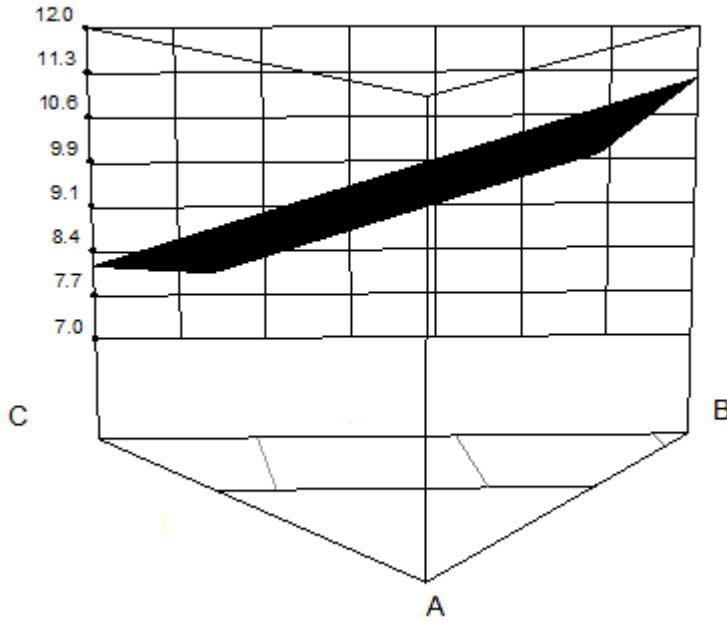
Çizelge 4.3. İstatistiksel açıdan herhangi bir modelle ifade edilen parametrelerin model katsayıları

Analiz Edilen parametre	A	B	C	AB	AC	BC	A ² BC	AB ² C	ABC ²
Nem miktarı	9.49*	11.18*	8.20*						
L*	50.08**	35.27**	35.21**						
Ton açısı	43.69*	26.04*	26.30*						
Esmereleşme indeksi	51.65**	10.11**	23.74**	-65.73	-43.20	-33.67*			
Uzamaya karşı direnç	17.69**	4.68**	-4.25**						
Toplam monomerik antosiyanin	1.21**	10.82**	8.01**						
Toplam proantosiyandin	475.3**	173.0**	161.9**	-600.1**	-826.7**	-174.5*	-1612.0	943.8	4452.1**
Toplam fenolik madde	3443.3**	1094.2**	1318.3**	-4654.94	-6515.8*	-1662.2*	-3807.9	5978.6	27922.9*
Toplam flavonoid madde	292.6**	119.5**	128.8**	-357.4*	-499.2**	-113.9*	243.2782	568.3939	1904.2*
Antioksidan aktivite	6.33**	1.96**	2.41**	-8.08**	-11.18**	-2.49**	-2.95	20.38*	37.44**
Duyusal renk	0.36**	3.81**	2.45**						
Duyusal görünüş	2.17**	3.76**	1.14**						
Duyusal tat ve koku	1.99**	2.96**	3.69**						

* p<0.05, ** p<0.01

Nar pestillerinin su aktivitesi değerleri 0.311-0.464 aralığında değişmiştir. Bu değerler literatürde farklı meyveler için bildirilen su aktivitesi verileriyle genel olarak uyumludur. Nitekim ananas pestillerinin pektin ve glikoz şurubu konsantrasyonuna bağlı olarak su aktivitesinin 0.395-0.546 aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Phimpharian vd 2011). Farklı oranlarda kaktüs meyvesi ve ayva karışımları ile üretilen pestillerin su aktivitesi 0.55 ile 0.60 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Sepulveda vd 2000). Kuşburnu pestilleri ile yapılan bir çalışmada ise su aktivitesi 0.56-0.58 aralığında rapor edilmiştir (Quintero Ruiz vd 2014). Elma pestilleri ile yapılan bir çalışmada ise su aktivitesi 0.70 düzeylerinde bildirilmiştir (Ruiz vd 2012). Farklı çalışmalarda pestillerin su aktivitesinin geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Pestillerin su aktivitesi temel olarak formülasyon, kurutma şartları ve depolamadan etkilenmektedir.

Tez çalışması kapsamında kullanılan hidrokolloidlerden keçiyoynuzu zampının formülasyonda daha yüksek oranda kullanılması nem düzeyini arttırmıştır (Şekil 4.1). Literatürde bu hidrokolloidlerin pestillerin nem düzeyi üzerine etkilerinin rapor edildiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

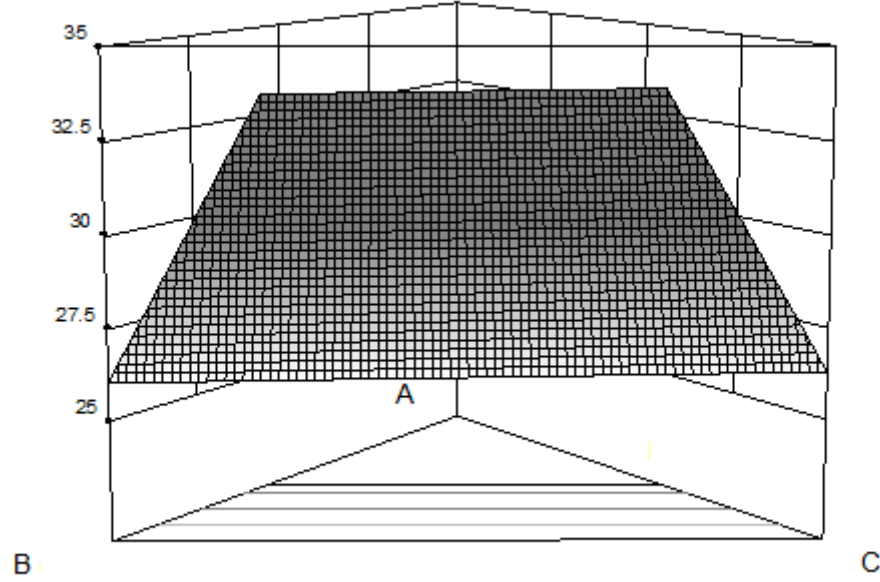


Şekil 4.1. Nar pestili nem miktarının (g/100 g) hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zamp, B: Keçiyoynuzu zampı, C: Prejelatinize nişasta)

4.1.3. Renk özellikleri

Pestillerin renk özellikleri L^* (koyuluk-açıklık), a^* (yeşillik-kırmızılık), b^* (mavilik-sarılık) parametreleri olarak ölçülmüş ve a^* ile b^* değerleri kullanılarak ton açısı ve doygunluk değerleri hesaplanmıştır. Formülasyona göre ton açısı ve doygunluk değerleri sırasıyla 22.3-37.0 ve 21.8-31.8 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Bu parametrelerden ton açısı doğrusal modelle ifade edilebilirken, doygunluk herhangi bir modele uymamıştır. Bu nedenle pestillerin doygunluk değerlerinin formülasyona göre

anamlı bir şekilde değişmediği belirlenmiştir. Model katsayıları incelendiğinde ton açısı değeri üzerine en etkili hidrokolloidin ksantan zamk olduğu (Çizelge 4.3) ve formülasyonda ksantan zamk oranının artmasının ton açısını arttırdığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Bu durumun ksantan zamkın kendi renginden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.2. Nar pestili ton açısı değerinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zamk, B: Keçiyoynuzu zamk, C: Prejelatinize nişasta)

Pestil üretiminde kullanılan ingrediyeentlerin renk üzerine farklı etkileri olduğu bazı araştırmalarda da rapor edilmiştir. Örneğin, Gujral ve Khanna (2002) üç seviyeli konsantrasyonda (%0, 4.5 ve 9) tam faktöriyel deneme desenine göre yağsız süt tozu, soya protein konsantratu ve şeker ilavesinin mango pestili özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Renk değerleri açısından yağsız süt tozu miktarının artması tüm renk parametrelerini (L^* , a^* ve b^*) artırırken, soya protein konsantratının artması tüm renk parametrelerini azaltmıştır. Mango pestiline ayrı ayrı üç farklı oranda (%1, 2 ve 3) guar zamk, karboksimetilselüloz, Arap zamk, pektin ve sodyum aljinat ilavesinin renk üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise guar zamk dışındaki tüm hidrokolloidler özellikle yüksek konsantrasyonlarda a^* renk değerinde azalmalara neden olmuştur (Gujral ve Brar 2003).

4.1.4. HMF miktarı

HMF, gıdalarda enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının bir indikatörü olarak kabul edilmektedir. Pestil üretiminde herlenin ısıtılması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları meydana gelmektedir. HMF oluşumu ise Maillard reaksiyonunun ilerleyen aşamalarında gerçekleşmekte ve reaksiyon sonunda ve melanoidinler adı verilen esmer renkli polimerler oluşmaktadır. Maillard reaksiyonu

indirgen şekerler ve aminoasitler arasında gerçekleşir ve birçok faktöre bağlıdır (Yıldız 2013). Pestil standartlarına göre; pestil en çok 50 mg/kg düzeyinde HMF içerebilir (Anonim 2000). Formülasyon optimizasyonu çalışması kapsamında üretilen pestillerin HMF düzeyi 7.89-333.33 mg/kg olarak belirlenmiştir. Pestillerin HMF miktarının formülasyona göre anlamlı bir değişim göstermediği bu nedenle herhangi bir modelle ifade edilemediği tespit edilmiştir.

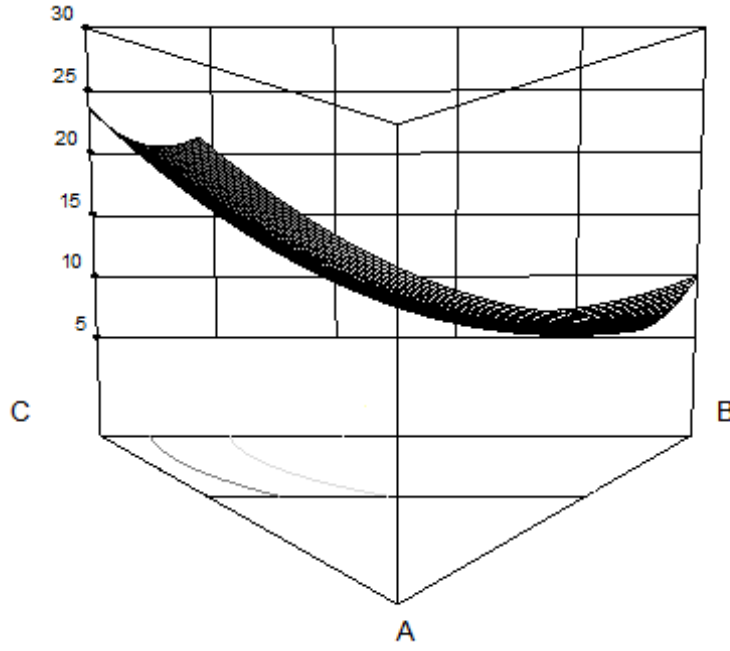
Yıldız (2013) sade ve kuruyemiş ilavesi (ceviz veya fındık) ile üretilmiş dut pestillerinin HMF içeriğini 18.15-27.94 mg/kg olarak belirlemiştir. Güneşte kurutma, mikrodalga kurutma ve vakumlu etüvde kurutma olmak üzere 3 farklı kurutma yönteminin kayısı pestilinin HMF içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada da en düşük HMF içeriği mikrodalga kurutma (13.62 mg/kg) ile sağlanmış ve bunu sırasıyla vakumlu etüvde kurutma (18.39 mg/kg) ve güneşte kurutma (45.64 mg/kg) izlemiştir (Suna vd 2014). Çalışma kapsamında üretilen pestiller 70°C sıcaklıkta uzun süre kurutulmaları (15 sa) nedeniyle HMF değerleri geniş bir aralıkta değişmiştir.

4.1.5. Esmerleşme indeksi

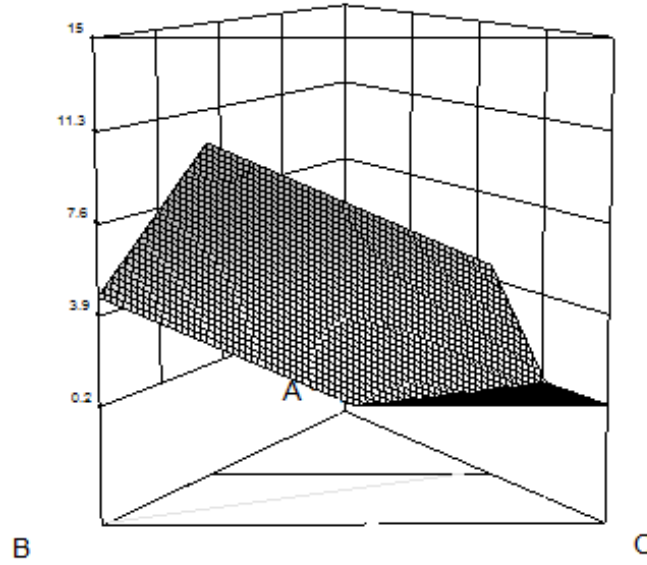
Pestil ve benzeri kurutulmuş meyve ürünlerinin önemli kalite parametrelerinden birisi esmerleşme indeksidir. Bu indeks değeri, ürünlerden uygun şekilde hazırlanmış ekstraktın 420 nm dalga boyunda ölçülen absorbansından hesaplanmaktadır. Bu çalışmada esmerleşme indeksi 8.9-28.5 (seyreltme faktörünü dikkate almadan 0.089-0.28) aralığında tespit edilmiştir. Esmerleşme indeksinin hidrokolloid formülasyonuna göre en iyi kuadratik modelle ifade edilebildiği ve esmerleşme indeksi üzerine tüm hidrokolloidlerin doğrusal faktörleri ve keçiyoynuzu zımkı × prejelatinize nişasta interaksiyonunun etkili olduğu belirlenmiştir. En düşük esmerleşme indeksi sadece keçiyoynuzu zımkı içeren pestillerde belirlenmiş ve formülasyonda ksantan zımkı ve prejelatinize nişastanın artmasının esmerleşme indeksini arttırdığı saptanmıştır (Şekil 4.3). İki farklı kurutma yöntemi ile üretilmiş durian pestilleri için esmerleşme indeksinin 0.3 ile 1.8 aralığında değiştiği ve kurutma sıcaklığı ve süresinin artmasının esmerleşme indeksini arttırdığı bildirilmiştir (Man vd 1997).

4.1.6. Tekstürel özellikler

Pestillerin tekstürel özelliği olarak uzamaya karşı direnci ölçülmüştür. Formülasyona bağlı olarak bu değer 0.20-13.60 N arasında ölçülmüştür. Formülasyona bağlı olarak uzamaya karşı direnci en iyi ifade eden matematiksel modelin doğrusal model olduğu ve formülasyonda ksantan zımkı ve keçiyoynuzu zımkı arttıkça direncin arttığı, prejelatinize nişasta arttıkça ise azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Uzamaya karşı direncin ne çok yüksek ne de çok düşük olması istenir. İdeal uzamaya karşı direnç değerlerinin 1.5-2.5 arasında olması gerektiği değerlendirilmiştir. Çünkü uzamaya karşı düşük dirence sahip pestiller dişe yapışan özellik gösterirken, uzamaya karşı yüksek dirence sahip pestillerin çiğnenmesi zorlaşmaktadır. Literatürde pestillerin uzamaya karşı direncinin temel olarak formülasyondan kaynaklandığı bildirilmektedir. Örneğin, mango pestillerine ilave edilen soya protein konsantratu, yağsız süt tozu ve sakaroz oranının değişimi uzayabilirlik ve kopma için gereken enerjiyi değiştirmiştir (Gujral ve Khanna 2002). Benzer sonuçlar çilek pestili için de rapor edilmiştir (Ratphitagsanti 2004).



Şekil 4.3. Nar pestili esmerleşme indeksinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zank, B: Keçiboynuzu zankı, C: Prejelatinize nişasta)

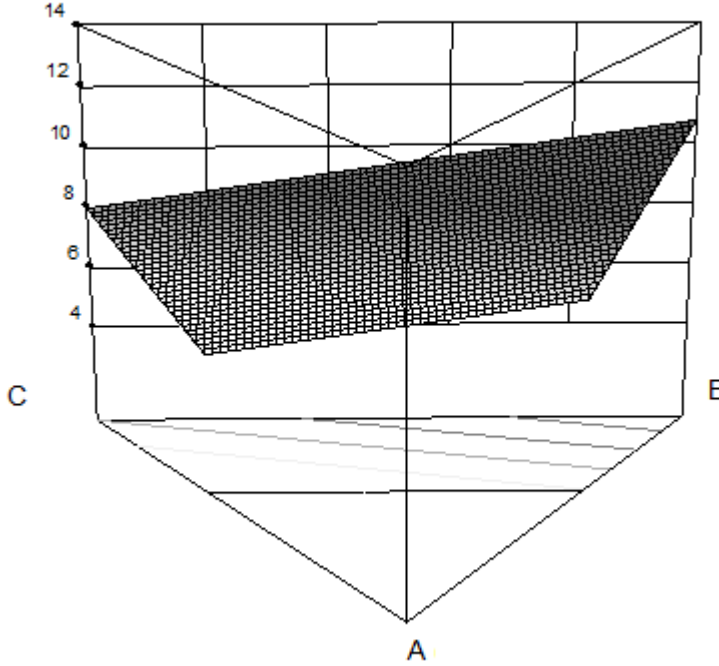


Şekil 4.4. Nar pestilinin uzamaya karşı direncinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zank, B: Keçiboynuzu zankı, C: Prejelatinize nişasta)

4.1.7. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Farklı formülasyonlarda üretilen pestillerin toplam monomerik antosiyanin miktarı 4.82-12.64 mg S3G/100 g kuru madde olarak tespit edilmiş ve doğrusal modelle

ifade edilebilmiştir. Yüksek oranda keçiyoynuzu zmkı ile üretilen pestillerin diğer formülasyonlara göre daha yüksek toplam monomerik antosiyanin içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4.5). Yapılan bir çalışmada erik pestilin toplam monomerik antosiyanin içeriği 9.60 mg S3G/100 g kuru madde olarak bildirilmiştir (Kamiloglu ve Capanoglu 2014). Tez kapsamında elde edilen sonuçlar bu çalışma ile uyumludur.



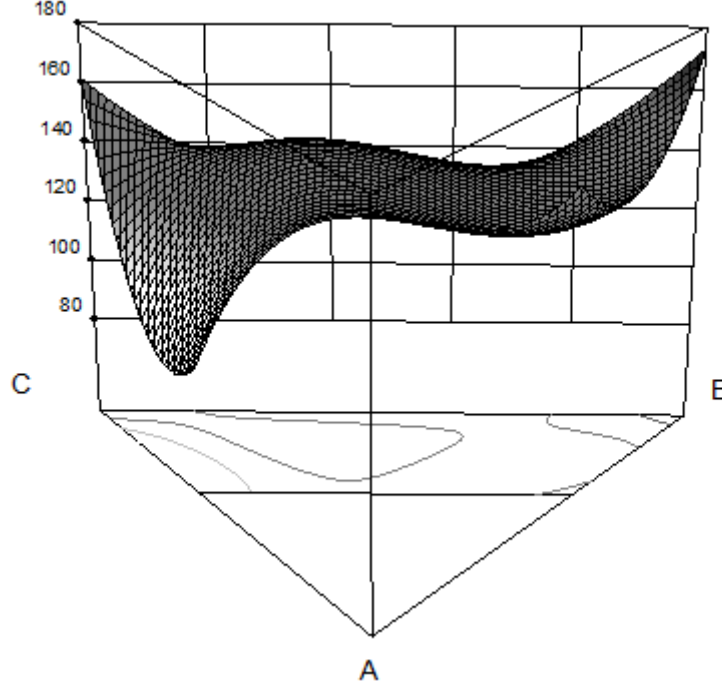
Şekil 4.5. Nar pestilinin toplam monomerik antosiyanin miktarının hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zmk, B: Keçiyoynuzu zmk, C: Prejelatinize nişasta)

4.1.8. Toplam proantosiyonidin miktarı

Nar pestillerinin toplam proantosiyonidin miktarı 85.08-178.48 mg SYD/100 g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Toplam proantosiyonidin miktarını tahminleyen en iyi model özel kuartik model olarak belirlenmiş ve istatistiksel açıdan önemli terimler doğrusal terimlere ilaveten ksantan zmk × keçiyoynuzu zmk, ksantan zmk × prejelatinize nişasta, keçiyoynuzu zmk × prejelatinize nişasta ve ksantan zmk × keçiyoynuzu zmk × prejelatinize nişasta × prejelatinize nişasta interaksiyonlarıdır (Çizelge 4.3). Toplam monomerik antosiyanin miktarına benzer şekilde en yüksek proantosiyonidin miktarı içeren pestil yalnızca keçiyoynuzu zmk kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca prejelatinize nişasta ve ksantan zmkın kombine olarak kullanılması proantosiyonidin miktarında azalmalara neden olmuştur (Şekil 4.6).

Üzüm, beyaz dut, kayısı ve erik pestillerinin toplam proantosiyonidin içeriği sırasıyla 26, 9.9, 28 ve 61 mg SYD/100 g kuru madde olarak bildirilmiştir (Kamiloglu ve

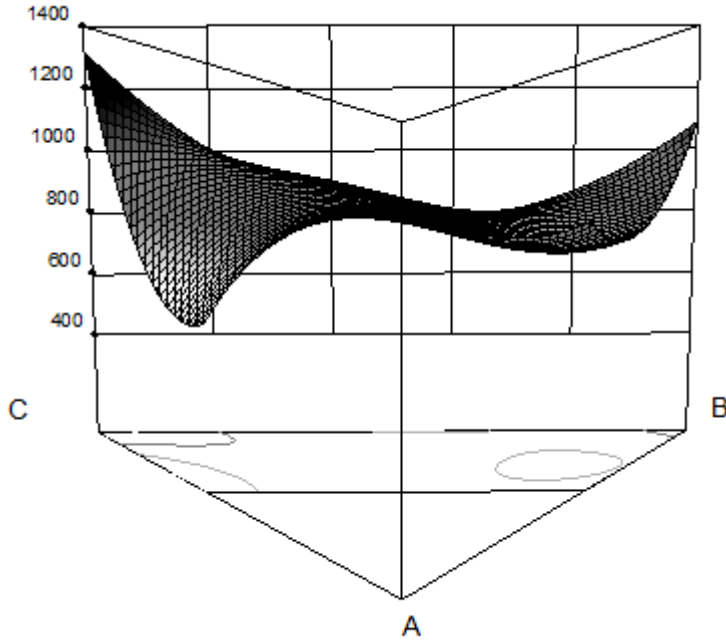
Capanoglu 2014). Tez çalışması kapsamında üretilen pestillerin toplam proantosiyanidin içeriğinin yüksek olmasının meyvenin doğasından ve pestil üretim tekniğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.6. Nar pestilinin toplam proantosiyanidin miktarının hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zamk, B: Keçiboynuzu zamkı, C: Prejelatinize nişasta)

4.1.9. Toplam fenolik madde miktarı

Pestillerin toplam fenolik madde miktarı 548.1 ve 1176.9 mg GAE/100 g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Formülasyona bağlı olarak toplam fenolik madde miktarı değişimini en iyi tahminleyen model özel kuartik model olarak belirlenmiştir. Tüm doğrusal terimlere ek olarak ksantan zamk \times prejelatinize nişasta, keçiboynuzu zamkı \times prejelatinize nişasta ve ksantan zamk \times keçiboynuzu zamkı \times prejelatinize nişasta \times prejelatinize nişasta interaksiyonları istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3). En yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip pestilin yüksek oranda prejelatinize nişasta ile hazırlanması gerektiği tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Bu durumun nişasta ve nişasta türevlerinin yapıya oksijen giriciliğini düşürmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim nişastanın ve nişasta türevlerinin gıda teknolojisinde hassas bileşenlerin oksidasyonunu önlemek için kullanıldığı bildirilmektedir (Tontul ve Topuz 2013).



Şekil 4.7. Nar pestilinin toplam fenolik madde miktarının hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zamk, B: Keçiboynuzu zamkı, C: Prejelatinize nişasta)

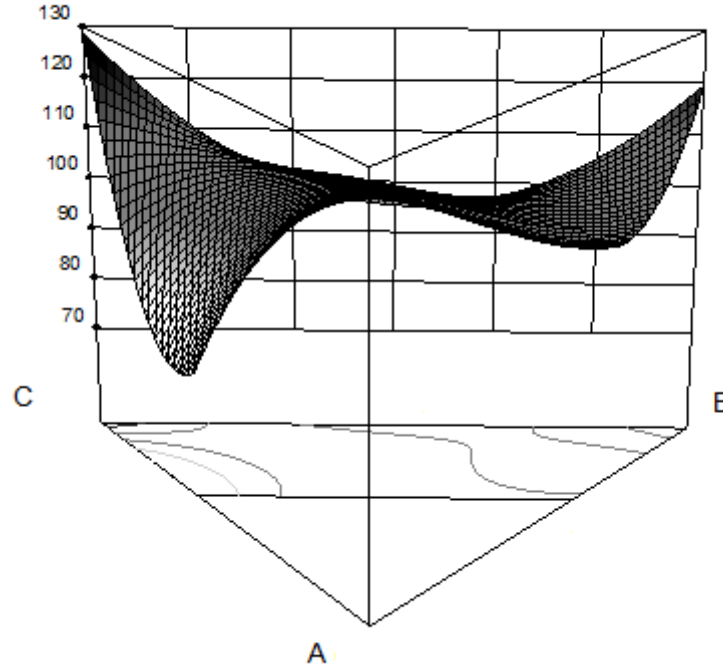
Sengul vd (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada dut, kıvılcık ve erik pestillerinin toplam fenolik madde miktarı 0.48-2.84 g GAE/kg olarak bildirilmiştir. Ticari dut pestilleri üzerine yapılan başka bir çalışmada ise toplam fenolik madde miktarı 25-32 mg GAE/100 g olarak rapor edilmiştir (Yıldız 2013). Erik pestili üzerine yapılan bir çalışmada ise toplam fenolik madde içeriği 147.7 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Atıcı 2013). Mevcut tez kapsamında üretilen pestillerin toplam fenolik madde içeriği, bahsedilen literatür değerlerinden çok daha yüksektir. Bu durum işlenen meyvelerin doğası ve depolanma süresi ile ekstraksiyon prosedüründen kaynaklanabilir. Mevcut ekstraksiyon prosedürünün aynısını uygulayan Kamiloğlu ve Capanoğlu (2014) erik pestilinin toplam fenolik madde miktarını 1015 mg GAE/100 g kuru madde olarak rapor etmişlerdir.

4.1.10. Toplam flavonoid madde miktarı

Pestillerin toplam flavonoid madde miktarı 72.4-124.07 mg KE/100 g kuru madde olarak belirlenmiştir. Formülasyona bağlı olarak toplam flavonoid madde miktarı değişimini en iyi tahminleyen model özel kuartik model olarak belirlenmiştir. İstatistiki açıdan önemli bulunan terimler doğrusal terimler, ksantan zamk × keçiboynuzu zamkı, ksantan zamk × prejelatinize nişasta, keçiboynuzu zamkı × prejelatinize nişasta ve ksantan zamk × keçiboynuzu zamkı × prejelatinize nişasta × prejelatinize nişasta etkileşimleridir (Çizelge 4.3). Toplam fenolik madde miktarına benzer şekilde en yüksek toplam flavonoid madde içeren formülasyonun yüksek oranda prejelatinize nişasta içermesi gerektiği belirlenmiştir (Şekil 4.8). Ancak prejelatinize nişasta ve ksantan

zamkın birlikte kullanılması toplam flavonoid madde miktarında büyük düşüşlere neden olmuştur.

Literatürde pestillerin toplam flavonoid madde içeriğinin rapor edildiği sadece bir adet çalışmaya rastlanılmıştır. Bu çalışmada üzüm, dut, kayısı ve erik pestilleri için toplam flavonoid madde miktarı sırasıyla 41, 16, 69 ve 1513 mg KE/100 g kuru madde olarak rapor edilmiştir (Kamiloglu ve Capanoglu 2014). Özellikle erik pestilinin toplam flavonoid miktarının nar pestiline göre çok daha yüksek çıkmasının nedeninin meyvelerin bileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim söz konusu çalışmada erik pestilinin toplam fenolik madde içeriği (1015 mg GAE/100 g kuru madde), toplam flavonoid madde içeriğinden (1513 mg GAE/100 g kuru madde) daha düşük olarak rapor edilmiştir (Kamiloglu ve Capanoglu 2014). Ancak, Farklı nar çeşitleri için toplam flavonoid madde miktarının toplam fenolik maddelere oranının %4.9 ile %16.8 arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir (Ardekani vd 2011).



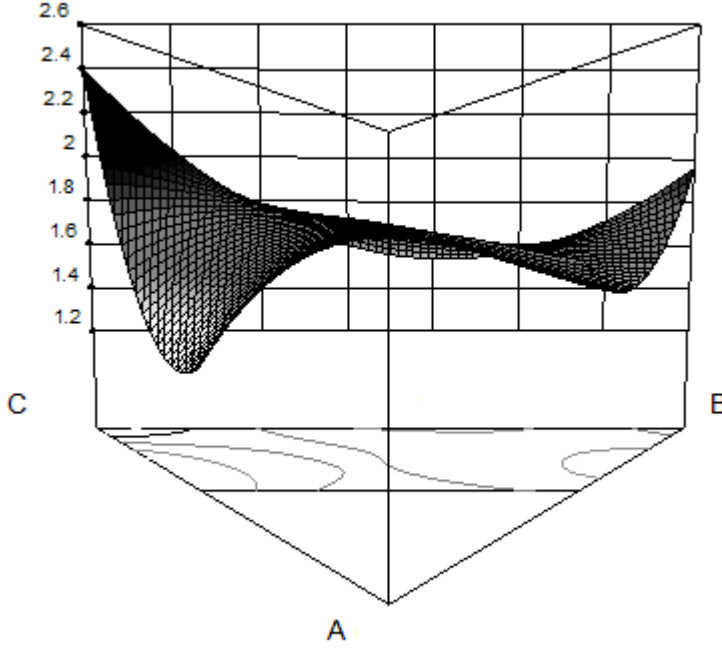
Şekil 4.8. Nar pestilinin toplam flavonoid madde miktarının hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zamk, B: Keçiboynuzu zamkı, C: Prejelatinize nişasta)

4.1.11. Antioksidan aktivite

Pestil örneklerinin antioksidan aktiviteleri 1.24-2.00 g TEAA/100 g kuru madde aralığında değişmiştir. Formülasyona bağlı olarak antioksidan aktivite değişimini en iyi ifade eden model özel kuartik model olarak belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan önemli olan terimler doğrusal terimler, ksantan zamk × keçiboynuzu zamkı, ksantan zamk × prejelatinize nişasta, keçiboynuzu zamkı × prejelatinize nişasta, ksantan zamk × keçiboynuzu zamkı × prejelatinize nişasta ve ksantan zamk × keçiboynuzu zamkı × keçiboynuzu zamkı × prejelatinize nişasta interaksiyonlarıdır (Çizelge 4.3). Yüksek oranda prejelatinize nişasta içeren pestil formülasyonları en yüksek

antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9). Bu durumun temel olarak prejelatinize nişastanın fenolik ve flavonoid maddeleri koruyucu etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

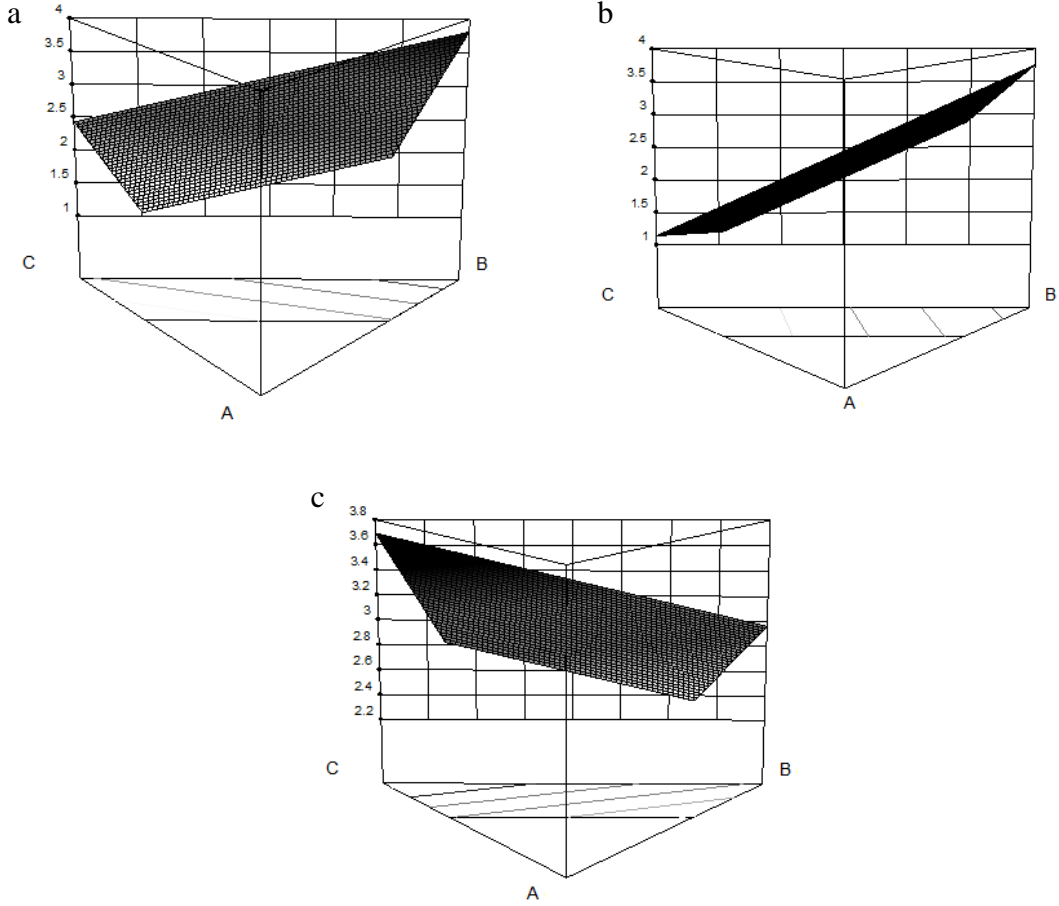
Erik pestili üzerine yapılan bir çalışmada erik pestilinin antioksidan aktivitesi 1.14 g TEAA/100 g kuru madde olarak rapor edilmiştir (Kamiloglu ve Capanoglu 2014). Elde edilen sonuçlar bu verilerle uyumlu olarak bulunmuştur.



Şekil 4.9. Nar pestilinin antioksidan aktivitesinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zank, B: Keçiboynuzu zankı, C: Prejelatinize nişasta)

4.1.12. Duyusal özellikler

Duyusal özellikler renk, görünüş ve tat-koku üzerinden değerlendirilmiş ve bu parametrelere ait değerler sırasıyla 1.33-3.87, 1.2-3.80 ve 2.33-3.47 aralığında belirlenmiştir. Tüm duyusal parametreler en iyi doğrusal modelle ifade edilebilmiştir. Bu özelliklerden renk ve görünüş puanları formülasyonda keçiboynuzu zankının artması ile artarken (Şekil 4.10a ve Şekil 4.10b), tat ve koku puanı prejelatinize nişasta artışıyla artmıştır (Şekil 4.10c).



Şekil 4.10. Nar pestilinin (a) duyusal renk, (b) duyusal görünüş ve (c) duyusal tat ve koku özelliklerinin hidrokolloid karışımına göre değişimi (A: Ksantan zamk, B: Keçiyoynuzu zamk, C: Prejelatinize nişasta)

4.1.13. Formülasyon optimizasyonu

Formülasyon optimizasyonu çalışmasında cevap olarak kullanılan parametrelerden herhangi bir modelle ifade edilebilen ve önemli olan parametreler optimum formülasyonun belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu kapsamda toplam monomerik antosiyanin miktarını, toplam proantosiyanidin miktarını, toplam fenolik madde miktarını, toplam flavonoid madde miktarını, antioksidan aktiveyi ve duyusal özellikleri maksimize eden, esmerleşme indeksini minimize eden ve uzamaya karşı direncin 1.47-2.45 N olacağı formülasyon optimum formülasyon olarak istenirlik fonksiyonu üzerinden belirlenmiştir. Optimum şartlarda tekstür değerinin sınırlandırılması panelistlerin çiğnenebilirliği kolay olan pestilleri tercih etmelerinden kaynaklanmaktadır. Nitekim benzer sonuçlar Vatthanakul vd (2010) tarafından da bildirilmiştir. Bu şartları sağlayan 5 farklı formülasyon belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Karışım desenine göre optimum şartları sağlayan formülasyonlar ve istenirlik değerleri

	Çözümler				
	1*	2	3	4	5
Ksantan zank (%)	0.00	0.16	0.98	0.90	2.92
Keçiboynuzu zankı (%)	7.50	7.12	4.36	4.22	0.30
Prejelatinize nişasta (%)	2.50	2.72	4.66	4.88	6.78
İstenirlik	0.648	0.631	0.623	0.622	0.205

* Çalışmanın ilerleyen aşamalarında optimum formülasyon olarak seçilmiştir.

Bu formülasyonlar arasından en yüksek istenirlik değeri sağlayan karışım olan %7.5 keçiboynuzu zank ve %2.5 prejelatinize nişasta formülasyonunun çalışmanın devamında kullanılmasına karar verilmiştir. Bu hidrokolloid karışımı kullanılarak 3 tekerrürlü üretim yapılmış ve teorik cevaplarla deneysel cevaplar karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.5). Hesaplanan teorik sonuçlarla deneysel sonuçlar Design Expert 9 yazılımı kullanılarak karşılaştırılmış ve %95 güven aralığında teorik ve deneysel nem miktarı, ton açısı, doygunluk, uzamaya karşı direnç, duyuusal renk, duyuusal görünüş, duyuusal tat ve koku özellikleri ile toplam monomerik antosiyanin miktarı sonuçlarının uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak optimum formülasyonla üretilen pestillerin toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı ve antioksidan aktivitesi teorik olan hesaplanan değerlere göre istatistiksel olarak daha yüksek olarak tespit edilmişken, toplam proantosiyanidin madde miktarı daha düşük olarak belirlenmiştir.

Optimum formülasyon kullanılarak üretilen pestiller ayrıca konsantreden geleneksel pişirme yöntemi ile üretilen pestillerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.5). Bu karşılaştırma sonuçlarına göre optimum formülasyon kullanılarak ısıl işlem uygulanmadan üretilen pestillerin toplam monomerik antosiyanin, toplam proantosiyanidin, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde içeriği, antioksidan aktivitesi ile birlikte uzamaya karşı direnci ısıl işlemle üretilen pestillere göre yüksek bulunmuştur. Ayrıca optimum formülasyon ile üretilen pestillerin esmerleşme indeksi de ısıl işlemle üretilen pestile göre daha düşük olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada geleneksel formülasyon taklit edilirken konsantre meyve suyu kullanılmış, geleneksel üretimde olduğu gibi ham meyve suyu açık kazanda konsantre edilmemiştir. Üretimin tam olarak geleneksel işleme yöntemi ile yapılması halinde özellikle fonksiyonel bileşenlerdeki kayıpların daha da artacağı dolayısıyla ısıl işlem kullanılmadan hidrokolloidlerle üretilen pestillere göre daha düşük biyoaktif bileşen içereceği düşünülmektedir.

Duyuusal açıdan değerlendirildiğinde ise geleneksel formülasyonla ısıl işlemsiz üretilen pestillerle geleneksel pestillerin duyuusal puanları istatistiksel açıdan farksız bulunmuştur ($P>0.05$). Ancak duyuusal panelde hidrokolloid içeren pestillerin daha kalın olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle bu pestillerin kalınlıkları da ölçülmüş (Çizelge 4.5) ve hidrokolloid içeren pestillerin daha kalın olduğu belirlenmiştir. Bu durumun hidrokolloidlerin üç boyutlu yapıda daha iyi jel oluşturma kabiliyetleriyle ve kuruma sırasında hacimlerini korumasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.5. Optimum formülasyon kullanılarak elde edilen modeller üzerinden hesaplanan cevaplar ile optimum formülasyon ve geleneksel üretim ile üretilen pestillerin fizikokimyasal özellikleri

Analiz edilen parametre	Teorik	Optimum formülasyon	Geleneksel formülasyon
Nem miktarı (g/100 g)	10.43	10.93±1.29a*	8.87±0.59a
Ton açısı	26.11	32.37±0.64a	21.03±2.49b
Doygunluk	25.15	21.38±0.90a	18.17±1.75a
Esmerleşme indeksi	7.20	4.70±1.46b	7.50±0.65a
Uzamaya karşı direnç (N)	2.45	3.40±0.43a	0.54±0.05b
Toplam monomerik antosiyanin (mg S3G/100 g km)	10.13	11.26±0.84a	7.94±0.91b
Toplam proantosiyanidin (mg SYD/100 g km)	137.45 §	108.80±4.99a	84.13±4.17b
Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g km)	838.53 §	1268.67±44.66a	1088.73±38.33b
Toplam flavonoid madde (mg KE/100 g km)	100.49 §	126.88±2.74a	112.55±0.69b
Antioksidan aktivite (g TEAA/100 g km)	1.60 §	2.12±0.06a	1.84±0.09b
Duyusal renk	3.47	2.95±0.49a	3.25±0.07a
Duyusal görünüş	3.10	3.30±0.14a	3.60±0.28a
Duyusal tat ve koku	3.15	3.20±0.28a	2.95±0.07a
Kalınlık (mm)		1.46±0.10a	0.89±0.11b

§ teorik hesaplanan değer ile deneysel veri p<0.05 düzeyinde farklıdır.

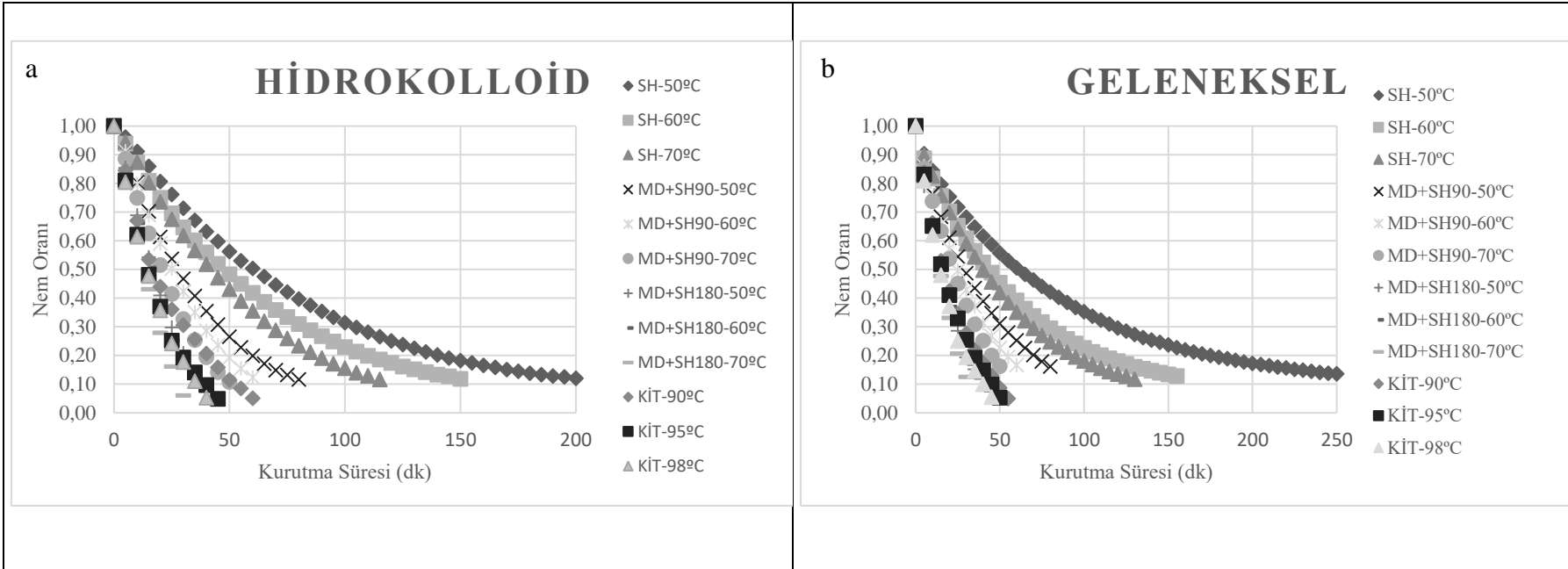
* Aynı satırdaki farklı harfler optimum formülasyonla üretilen ürün ile geleneksel formülasyonla üretilen ürün arasında p<0.05 düzeyinde farklılık ifade eder.

4.2. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Pestil Özellikleri Üzerine Etkisi

Tez çalışması kapsamında, optimize edilen pestil formülasyonu (%7.5 keçiyoynuzu zamjı ve %2.5 prejelatinize nişasta) ve geleneksel formülasyona göre hazırlanan pestil herleleri üç farklı sıcaklıkta (50, 60 ve 70°C) sıcak hava akımında kurutma ile iki farklı güçte (90 ve 180W) mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma (50, 60 ve 70°C)ve üç farklı sıcaklıkta (90, 95 ve 98°C) kırım pencereci kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ve kurutma yöntemlerinin pestillerin kuruma kinetiği ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

4.2.1. Kurutmanın matematiksel modellenmesi

İki farklı formülasyona göre hazırlanan ve farklı şartlarda kurutulan pestillerin kuruma zamanına bağlı nem oranı değişimi Şekil 4.11'de verilmiştir. Başlangıç nem yüzdesi hidrokolloidler ile hazırlanan herlelerde %56 iken, geleneksel pestillerde pişirme sırasında meydana gelen buharlaşmadan ötürü %53.5 olarak belirlenmiştir. Kurutma pestillerin nem oranı yaklaşık 0.1 olana kadar sürdürülmüş ve sıcak hava akımında ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma yöntemlerinde pestillerin ağırlıkları kuruma süresince her 5 dakikada tartılarak kaydedilmiş, kırım pencereci kurutma yönteminde her 5 dk'da alınan örneklerin nem içeriği belirlenerek değerlendirilmiştir. Elde edilen ayrılabilir nem oranlarının benzeri materyalleri modellemede yaygın olarak kullanılan 9 farklı matematiksel modele uygunluğu denenmiştir.



Şekil 4.11. Farklı kurutma şartlarında kurutulan pestillerin nem oranının zamana bağlı değişimi: (a) Hidrokolloid formülasyon, (b) geleneksel formülasyon (SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereleli kurutma)

Matematiksel modellerin uygunluğu düzeltilmiş R^2 , ki-kare (χ^2) ve hata kareler ortalaması (RMSE) değerleri kullanılarak test edilmiştir. En uygun model en yüksek R^2 ile en düşük χ^2 ve RMSE değerlerine sahip model olarak değerlendirilmiştir. Her bir kurutma denemesi için elde edilen R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre geleneksel üretimde χ^2 değeri 2.14×10^{-6} ile 0.0408 arasında, R^2 değeri 0.960 ile 1 arasında ve RMSE değeri ise 0.00146 ile 0.202 arasında değişmiştir. Hidrokolloidle üretilen pestillerde ise χ^2 değeri 4.09×10^6 ile 4.17×10^{-3} arasında, R^2 değeri 0.964 ile 1 arasında ve RMSE değeri ise 0.00202 ile 0.0646 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de verilen istatistiki analiz sonuçlarına göre her iki formülasyonla üretilen pestillerin kurutulmasını en iyi ifade eden model Midilli modelidir. Literatürde Midilli modeli patlıcan (Ertekin ve Yaldiz 2004), çilek (Akpinar ve Bicer 2006), trabzon hurması (Sampaio vd 2016), kivi (Mohammadi vd 2009) ve semizotu (Demirhan ve Özbek 2010) gibi ürünlerin kurutulmasında en uygun model olarak tespit edilmiştir.

Pestilin kurutulmasını en iyi modelleyen Midilli modelinin katsayıları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere hidrokolloid formülasyonda sıcak hava akımında kurutma ve mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yöntemlerinde sıcaklık ve mikrodalga gücünün artması modelde k değerini arttırmıştır. Benzeri sonuçlar birçok farklı araştırmacı tarafından da rapor edilmiştir (Doymaz 2004, Soysal vd 2006, Giri ve Prasad 2007). Geleneksel formülasyonla hazırlanan pestillerde ise sıcaklık artışı tüm kurutma yöntemlerinde n değerini arttırmıştır.

Çizelge 4.6. Geleneksel formülasyonla hazırlanmış pestillerin kurutulmasının farklı kurutma modellerine uygunluğu

Model No	SH			MD + SH90			MD + SH180			KPK			
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	90°C	95°C	98°C	
R ²	Newton	1.47E-03	5.05E-04	5.91E-05	1.71E-04	6.76E-05	3.34E-04	5.90E-04	1.26E-03	2.35E-03	1.27E-04	2.17E-04	4.63E-04
	Page	5.00E-05	3.19E-05	1.72E-05	1.55E-05	4.33E-05	9.40E-05	2.67E-04	1.55E-04	3.41E-04	1.52E-04	1.61E-04	1.04E-04
	Modifiye Page	5.00E-05	3.19E-05	1.72E-05	1.55E-05	4.33E-05	9.39E-05	2.67E-04	1.55E-04	3.41E-04	1.52E-04	1.61E-04	1.04E-04
	Wang ve Singh	2.08E-03	1.10E-03	4.85E-04	5.47E-04	1.31E-04	5.25E-05	1.46E-04	2.43E-05	5.77E-05	5.47E-04	3.60E-04	2.17E-04
	Difüzyon yaklaşımı	1.53E-03	5.76E-05	6.40E-05	2.14E-06	8.11E-05	4.17E-04	8.25E-04	1.76E-03	3.52E-03	4.68E-04	7.03E-04	9.01E-04
	İki terimli üstel	8.93E-03	7.10E-05	6.14E-05	5.23E-05	3.01E-05	6.16E-05	2.24E-04	1.54E-04	4.39E-04	1.55E-04	1.62E-04	1.03E-04
	Logaritmik	6.38E-05	4.26E-05	1.52E-05	4.78E-05	1.66E-05	8.12E-05	2.93E-04	6.71E-05	6.02E-05	7.42E-05	6.32E-05	1.44E-04
	Henderson ve Pabis	6.03E-04	2.24E-04	2.89E-05	7.86E-05	7.05E-05	3.11E-04	6.22E-04	1.20E-03	2.37E-03	3.33E-04	4.93E-04	6.18E-04
	Midilli	1.39E-05	2.19E-05	1.46E-05	7.27E-06	1.61E-05	2.30E-05	1.51E-04	8.39E-05	1.10E-04	7.77E-05	6.12E-05	8.87E-05
RMSE	Newton	3.83E-02	2.25E-02	7.69E-03	1.31E-02	8.22E-03	1.83E-02	2.43E-02	3.55E-02	4.85E-02	1.13E-02	1.47E-02	2.15E-02
	Page	7.07E-03	5.65E-03	4.15E-03	3.94E-03	6.58E-03	9.69E-03	1.63E-02	1.24E-02	1.85E-02	1.23E-02	1.27E-02	1.02E-02
	Modifiye Page	7.07E-03	5.65E-03	4.15E-03	3.94E-03	6.58E-03	9.69E-03	1.63E-02	1.24E-02	1.85E-02	1.23E-02	1.27E-02	1.02E-02
	Wang ve Singh	4.56E-02	3.32E-02	2.20E-02	2.34E-02	1.14E-02	7.25E-03	1.21E-02	4.92E-03	7.60E-03	2.34E-02	1.90E-02	1.47E-02
	Difüzyon yaklaşımı	3.91E-02	7.59E-03	8.00E-03	1.46E-03	9.01E-03	2.04E-02	2.87E-02	4.20E-02	5.93E-02	2.16E-02	2.65E-02	3.00E-02
	İki terimli üstel	9.45E-02	8.43E-03	7.84E-03	7.23E-03	5.48E-03	7.85E-03	1.50E-02	1.24E-02	2.10E-02	1.25E-02	1.27E-02	1.02E-02
	Logaritmik	7.99E-03	6.53E-03	3.90E-03	6.92E-03	4.08E-03	9.01E-03	1.71E-02	8.19E-03	7.76E-03	8.62E-03	7.95E-03	1.20E-02
	Henderson ve Pabis	2.46E-02	1.50E-02	5.37E-03	8.87E-03	8.40E-03	1.76E-02	2.49E-02	3.46E-02	4.87E-02	1.83E-02	2.22E-02	2.49E-02
	Midilli	3.73E-03	4.68E-03	3.82E-03	2.70E-03	4.01E-03	4.80E-03	1.23E-02	9.16E-03	1.05E-02	8.82E-03	7.82E-03	9.42E-03
Düzeltilmiş R ²	Newton	0.97198	0.99166	0.99912	0.99734	0.99906	0.99567	0.99341	0.98720	0.97722	0.99590	0.99420	0.99320
	Page	0.99904	0.99947	0.99974	0.99976	0.99940	0.99878	0.99702	0.99842	0.99669	0.99838	0.99834	0.99899
	Modifiye Page	0.99904	0.99947	0.99974	0.99976	0.99940	0.99878	0.99702	0.99842	0.99669	0.99838	0.99834	0.99899
	Wang ve Singh	0.96024	0.98190	0.99281	0.99149	0.99818	0.99932	0.99838	0.99975	0.99944	0.99418	0.99628	0.99789
	Difüzyon yaklaşımı	0.97197	0.99905	0.99905	0.99997	0.99887	0.99458	0.99079	0.98208	0.96583	0.99502	0.99275	0.99121
	İki terimli üstel	0.99652	0.99883	0.99909	0.99919	0.99958	0.99920	0.99750	0.99843	0.99573	0.99835	0.99833	0.99899
	Logaritmik	0.99878	0.99930	0.99977	0.99926	0.99977	0.99810	0.99080	0.99810	0.99800	0.99900	0.99920	0.99860
	Henderson ve Pabis	0.98847	0.99630	0.99957	0.99878	0.99902	0.99597	0.99306	0.98779	0.97699	0.99645	0.99491	0.99397
	Midilli	0.99890	0.99960	0.99980	0.99990	0.99980	0.99970	0.99830	0.99910	0.99950	0.99900	0.99920	0.99910

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Çizelge 4.7. Hidrokolloidlerle hazırlanmış araştırma pestillerin kurutulmasının farklı kurutma modellerine uygunluğu

Model No	SH			MD + SH90			MD + SH180			KPK			
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	90°C	95°C	98°C	
χ^2	Newton	6.35E-05	1.09E-05	4.19E-04	2.67E-04	1.34E-03	1.72E-03	2.11E-03	2.37E-03	2.78E-03	1.17E-04	5.20E-04	1.16E-03
	Page	6.52E-05	9.81E-06	6.79E-06	1.83E-05	7.85E-06	3.32E-05	5.58E-05	1.40E-04	8.08E-05	2.38E-04	1.15E-04	2.36E-04
	Modifiye Page	6.52E-05	9.80E-06	6.79E-06	1.82E-05	7.85E-06	3.32E-05	5.58E-05	1.40E-04	8.08E-05	2.38E-04	1.15E-04	2.36E-04
	Wang ve Singh	2.73E-04	2.50E-04	3.29E-05	7.19E-05	1.12E-04	1.02E-04	1.30E-04	8.78E-05	1.95E-04	9.41E-04	2.06E-04	1.07E-04
	Difüzyon yaklaşımı	6.69E-05	1.17E-05	1.16E-05	3.05E-04	1.61E-03	2.15E-03	2.96E-03	3.32E-03	4.17E-03	3.48E-04	1.05E-03	1.73E-03
	İki terimli üstel	6.53E-05	3.04E-05	1.42E-05	3.63E-05	1.52E-05	5.71E-05	1.02E-04	2.30E-04	1.96E-04	2.40E-04	1.18E-04	2.76E-04
	Logaritmik	1.98E-05	6.20E-06	5.59E-05	7.52E-05	1.68E-04	1.86E-04	1.88E-04	1.88E-04	3.86E-04	1.65E-04	1.34E-04	6.81E-05
	Henderson ve Pabis	5.68E-05	7.67E-06	2.06E-04	1.37E-04	9.08E-04	1.32E-03	1.86E-03	2.20E-03	2.72E-03	2.82E-04	7.20E-04	1.23E-03
	Midilli	6.71E-06	2.59E-05	6.79E-06	1.32E-05	4.63E-06	7.75E-06	4.09E-06	2.69E-05	1.87E-05	1.79E-04	7.70E-05	5.75E-05
RMSE	Newton	7.97E-03	3.31E-03	2.05E-02	1.64E-02	3.67E-02	4.14E-02	4.60E-02	4.87E-02	5.28E-02	1.08E-02	2.28E-02	3.40E-02
	Page	8.07E-03	3.13E-03	2.61E-03	4.27E-03	2.80E-03	5.76E-03	7.47E-03	1.19E-02	8.99E-03	1.54E-02	1.07E-02	1.54E-02
	Modifiye Page	8.07E-03	3.13E-03	2.61E-03	4.27E-03	2.80E-03	5.76E-03	7.47E-03	1.19E-02	8.99E-03	1.54E-02	1.07E-02	1.54E-02
	Wang ve Singh	1.65E-02	1.58E-02	5.73E-03	8.48E-03	1.06E-02	1.01E-02	1.14E-02	9.37E-03	1.40E-02	3.07E-02	1.44E-02	1.03E-02
	Difüzyon yaklaşımı	8.18E-03	3.42E-03	3.41E-03	1.75E-02	4.02E-02	4.63E-02	5.44E-02	5.76E-02	6.46E-02	1.87E-02	3.24E-02	4.16E-02
	İki terimli üstel	8.08E-03	5.51E-03	3.77E-03	6.03E-03	3.90E-03	7.56E-03	1.01E-02	1.52E-02	1.40E-02	1.55E-02	1.09E-02	1.66E-02
	Logaritmik	4.45E-03	2.49E-03	7.48E-03	8.67E-03	1.30E-02	1.36E-02	1.37E-02	1.37E-02	1.96E-02	1.28E-02	1.16E-02	8.25E-03
	Henderson ve Pabis	7.54E-03	2.77E-03	1.44E-02	1.17E-02	3.01E-02	3.63E-02	4.31E-02	4.69E-02	5.22E-02	1.68E-02	2.68E-02	3.51E-02
	Midilli	2.59E-03	5.09E-03	2.61E-03	3.63E-03	2.15E-03	2.78E-03	2.02E-03	5.19E-03	4.32E-03	1.34E-02	8.78E-03	7.58E-03
Düzeltilmiş R ²	Newton	0.99907	0.99984	0.99456	0.99669	0.98461	0.98183	0.97815	0.97745	0.97608	0.99680	0.99610	0.98780
	Page	0.99905	0.99986	0.99991	0.99977	0.99991	0.99965	0.99942	0.99867	0.99931	0.99735	0.99889	0.99620
	Modifiye Page	0.99905	0.99986	0.99991	0.99977	0.99991	0.99965	0.99942	0.99867	0.99931	0.99735	0.99889	0.99620
	Wang ve Singh	0.99600	0.99639	0.99957	0.99911	0.99872	0.99892	0.99866	0.99917	0.99833	0.98954	0.99801	0.99899
	Difüzyon yaklaşımı	0.99902	0.99983	0.99985	0.99622	0.98153	0.97728	0.96941	0.96844	0.96412	0.99613	0.98989	0.98777
	İki terimli üstel	0.99904	0.99956	0.99980	0.99955	0.99980	0.99940	0.99894	0.99782	0.99831	0.99733	0.99886	0.99741
	Logaritmik	0.99971	0.99991	0.99927	0.99907	0.99808	0.99803	0.99810	0.99820	0.99670	0.99780	0.99780	0.99940
	Henderson ve Pabis	0.99917	0.99989	0.99732	0.99831	0.98960	0.98604	0.98079	0.97912	0.97661	0.99686	0.99305	0.98844
	Midilli	0.99990	0.99960	0.99990	0.99980	0.99990	0.99990	1.00000	0.99970	0.99980	0.99780	0.99920	0.99950

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD+SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Çizelge 4.8. Farklı şartlarda kurutulmuş pestillere ait Midilli model katsayıları

Kurutma şartları	Geleneksel				Hidrokolloid				
	a	k	n	b	a	k	n	b	
SH	50°C	0.9876	0.0202	0.8644	2.00E-04	1.0073	0.0098	1.0505	2.05E-04
	60°C	0.9897	0.0219	0.9216	1.52E-04	0.987	0.01	1.1016	2.71E-04
	70°C	0.9922	0.0184	0.9885	8.30E-05	1.0027	0.0105	1.1255	3.71E-06
MD + SH90	50°C	0.9977	0.0332	0.8973	-3.04E-04	0.9878	0.0124	1.2211	6.22E-04
	60°C	0.9977	0.0286	0.9759	-8.23E-04	1.0009	0.0133	1.2218	-2.58E-04
MD + SH180	70°C	0.9975	0.0279	1.0041	-1.70E-03	0.9994	0.0163	1.2254	-7.13E-04
	50°C	0.9983	0.0425	0.9719	-3.47E-03	0.9997	0.02	1.2369	-1.71E-03
	60°C	0.9974	0.0306	1.1235	-2.13E-03	0.9982	0.0233	1.2164	-2.19E-03
KPK	70°C	0.9979	0.0284	1.1282	-4.99E-03	0.999	0.0261	1.28	-1.59E-03
	90°C	1.0054	0.0387	1.0112	-8.90E-04	1.008	0.0426	0.9651	-8.20E-04
	95°C	1.004	0.0380	1.0282	-1.19E-03	1.0008	0.0356	1.106	-8.05E-04
	98°C	1.0006	0.0360	1.1057	-6.40E-04	1.0006	0.0372	1.075	-2.16E-03

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, k: kurutma sabitini, a, b, ve n ise model katsayılarını göstermektedir.

Pestillerin efektif difüzyon katsayısı 2.42×10^{-9} - 22.15×10^{-9} m²/s aralığında belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Hidrokolloidler ile üretilen pestillerin efektif difüzyon katsayısı geleneksel pestile göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Gujral vd (2013) farklı katkıları ile hazırlanan ananas pestillerinin efektif difüzyon katsayısını 6.64×10^{-7} ile 12.93×10^{-7} m²/s, mango pestilleri için ise 1.65×10^{-7} - 4.03×10^{-7} m²/s olarak rapor etmişlerdir. Lee and Hsieh (2008) farklı kalınlıkta serilerek farklı sıcaklıklarda kurutulmuş çilek pestillerinin efektif difüzyon katsayılarını 2.40×10^{-9} - 12.1×10^{-9} m²/s olarak bildirmişlerdir. Üzüm pestilinin farklı sıcaklıklarda kurutulduğu bir çalışmada ise efektif difüzyon katsayıları 3.96×10^{-10} - 6.45×10^{-10} m²/s olarak belirlenmiştir (Gupta ve Alam 2014).

Çizelge 4.9. Farklı şartlarda kurutulmuş pestillerin efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjileri

Kurutma şartları	Geleneksel			Hidrokolloid		
	$D_{eff} \times 10^9$ (m ² /s)	Ea (kJ/mol)	R ²	$D_{eff} \times 10^9$ (m ² /s)	Ea (kJ/mol)	R ²
SH	50°C	2.42		2.81		
	60°C	3.46	30.74	3.76	30.08	0.9935
	70°C	4.71		5.40		
MD + SH90	50°C	6.56		7.70		
	60°C	9.10	24.44	10.58	24.07	0.9882
	70°C	11.14		12.97		
MD + SH180	50°C	16.27		17.83		
	60°C	17.06	9.37	18.60	9.94	0.8785
	70°C	19.96		22.15		
KPK	90°C	9.98		11.07		
	95°C	13.89	64.89	12.29	29.97	0.9679
	98°C	15.74		13.80		

D_{eff} : Efektif difüzyon katsayısı, Ea: Aktivasyon enerjisi, R²: belirleme katsayısı, SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Kurutmalara ait aktivasyon enerjisi KPK dışında tüm kurutma uygulamalarında her iki formülasyonda da benzer bulunmuştur. KPK'da görülen bu farklılık ısı transfer

mekanizmasının (kondüksiyon + radyasyon) bu kurutma yönteminde diğer yöntemlere göre farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Mikrodalga destekli kurutma aktivasyon enerjisini sıcak hava akımında kurutmaya göre azaltmıştır (Çizelge 4.9). Ayrıca mikrodalga gücünün artması da aktivasyon enerjisini düşürmüştür. Benzer sonuçlar Sharma ve Prasad (2004) tarafından da rapor edilmiştir.

Yılmaz vd (2015) 3 mm kalınlıkta kabin kurutucuda kurutulmuş nar pestili için aktivasyon enerjisini 43.73 kJ/mol olarak belirlemişlerdir. Ayrıca pestil herlesinin serme kalınlığının artması aktivasyon enerjisini azaltmıştır. Üzüm pestili ile yapılmış bir çalışmada ise 0.71 ile 2.81 mm arasında serilmiş pestillerin kurutulmasında aktivasyon enerjisi 10.3 ile 21.7 kJ/mol arasında hesaplanmıştır (Maskan vd 2002b). Çilek pestili üzerine yapılmış bir çalışmada ise 3.6 mm kalınlıkta hesaplanan aktivasyon enerjisi 30.46 kJ/mol olarak bildirilmiştir (Lee ve Hsieh 2008). Benzer şekilde 5 mm kalınlıkta kurutulmuş jackfruit pestili için aktivasyon enerjisi 31.49 kJ/mol olarak rapor edilmiştir (Chowdhury vd 2011). Tez kapsamında elde edilen sonuçlar ve literatür verilerindeki farklılığın serme kalınlığı, pestil formülasyonu, hammadde kimyası ve hava hızı gibi değişkenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.2. Nem miktarı, su aktivitesi ve pH

Literatürde pestil benzeri ürünlerin nem değerinin %15'in altında olmasının mikrobiyal gelişimi engellediği ve diğer bozulma reaksiyonlarını (şeker kristalizasyonu, enzimatik olmayan esmerleşme, aroma bozulmaları, lipid oksidasyonu vd) da kısıtladığı bildirilmiştir (Suna vd 2014). Ayrıca, pestil için izin verilen en yüksek nem değeri %20'dir (Anonim 2000). Bu nedenle tüm kurutma işlemleri pestillerin nem içeriği yaklaşık %10-12 oluncaya kadar gerçekleştirilmiştir. Nitekim çalışma kapsamında farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin nem içeriği 10.13-12.04 g/100 g aralığında değişmiştir (Çizelge 4.10). Elde edilen bulgular literatürde bildirilen nem değerleriyle uyumlu bulunmuştur (Ekşi ve Artık 1984, Cagindi ve Otles 2005, Azeredo vd 2006, Torley vd 2006).

Çalışma kapsamında üretilen pestillerin su aktivitesi 0.548-0.580 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Literatür verileri incelendiğinde pestillerin su aktivitesinin 0.395 ile 0.700 arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir (Sepulveda vd 2000, Phimpfarian vd 2011, Ruiz vd 2012, Quintero Ruiz vd 2014). Pestilin su aktivitesi formülasyon, kurutma şartları ve depolamadan etkilenmektedir. Nitekim, tez çalışmasında da ürünler benzer nem içeriklerine kadar kurutulmasına rağmen farklı formülasyonlarla üretilen pestiller istatistiki açıdan farklı su aktivitesi değerlerine sahip olmuştur (Çizelge 4.11). Geleneksel formülasyonla üretilmiş pestillerin su aktivitesinin hidrokolloidler ile üretilen pestillerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu farklılığın üretimde kullanılan nişasta ve hidrokolloidlerin farklı su tutma kapasitesine sahip olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim keçiyoynuzu zambında daha fazla hidroksil grubu bulunmaktadır. Benzer şekilde Gujral ve Brar (2003) 5 farklı hidrokolloid (guam zamb, sodyum aljinat, karboksimetilselüloz, Arap zambı ve pektin) ile üretilen mango pestillerinin denge bağıl neminin hidrokolloid çeşidine göre farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.10. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin nem içeriği, su aktivitesi ve pH değeri üzerine etkisi

Kurutma yöntemi	Sıcaklık (°C)	Nem miktarı (g/100 g)		Su aktivitesi		pH	
		Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel
SH	50	10.92±0.22	11.65±0.10	0.557±0.002	0.561±0.001	3.590±0.050	3.630±0.000
	60	10.89±0.17	11.32±0.39	0.551±0.001	0.556±0.001	3.708±0.012	3.653±0.008
	70	11.48±0.23	11.90±0.00	0.560±0.000	0.580±0.001	3.648±0.013	3.643±0.003
MD + SH90	50	11.11±0.21	11.27±0.13	0.559±0.000	0.578±0.001	3.643±0.008	3.665±0.005
	60	11.94±0.10	11.32±0.09	0.551±0.003	0.570±0.001	3.630±0.010	3.653±0.013
	70	10.69±0.32	11.50±0.20	0.544±0.001	0.579±0.001	3.650±0.005	3.635±0.000
MD + SH180	50	12.04±0.01	10.13±0.05	0.552±0.001	0.567±0.002	3.675±0.020	3.643±0.003
	60	11.34±0.44	10.83±0.08	0.559±0.002	0.567±0.001	3.678±0.003	3.655±0.000
	70	11.38±0.13	11.70±0.30	0.556±0.002	0.559±0.001	3.663±0.002	3.655±0.000
KPK	90	11.03±0.27	11.84±0.71	0.549±0.001	0.560±0.002	3.678±0.003	3.620±0.015
	95	11.54±0.19	11.53±0.02	0.548±0.001	0.557±0.001	3.665±0.010	3.623±0.002
	98	11.29±0.24	11.95±0.15	0.550±0.000	0.560±0.001	3.658±0.008	3.638±0.008

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Pestillerin pH değerleri hazırlandığı meyveye ve ilave edilen katkılara bağlı olarak değişmektedir. Sengul vd (2010) farklı pestiller için pH değerini 3.39-5.72 aralığında belirlemiştir. Çalışma kapsamında üretilen pestillerin pH değerinin 3.590 ile 3.708 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Literatürde nar konsantrelerinin pH'sının 3.35-3.38 olduğu bildirilmiştir (Onsekizoglu 2013). Pestillerin pH değerinin formülasyona ilave edilen bal ve süt tozuna bağlı olarak arttığı değerlendirilmiştir. Geleneksel formülasyon ile üretilen pestillerin pH değerinin hidrokolloidler ile üretilen pestillerden daha düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.11). Bu durumun enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu sonucu oluşan asidik karakterli bileşenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.11. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin nem miktarı, su aktivitesi ve pH değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sıcaklık (°C)	Nem miktarı (g/100 g)	Su aktivitesi	pH
Geleneksel		11.41±0.12a	0.566±0.002a	3.643±0.003b
Hidrokolloid		11.30±0.10a	0.553±0.001b	3.657±0.007a
SH	50	11.29±0.23ab	0.559±0.002cd	3.610±0.033c
	60	11.11±0.22ab	0.554±0.002e	3.680±0.024a
	70	11.69±0.15a	0.570±0.008a	3.645±0.008b
MD + SH90	50	11.19±0.11ab	0.568±0.008a	3.654±0.011ab
	60	11.63±0.19ab	0.560±0.008cd	3.641±0.013b
	70	11.10±0.28ab	0.561±0.014bc	3.643±0.007b
MD + SH180	50	11.08±0.55b	0.559±0.006cd	3.659±0.018ab
	60	11.08±0.23b	0.563±0.004b	3.666±0.009ab
	70	11.54±0.16ab	0.558±0.002d	3.659±0.003ab
KPK	90	11.43±0.39ab	0.554±0.004e	3.649±0.025b
	95	11.53±0.08ab	0.552±0.004e	3.644±0.018b
	98	11.62±0.22ab	0.555±0.004e	3.648±0.010b

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

4.2.3. Renk

Pestillerin renk özellikleri Hunter L*, a* ve b* renk sistemi ile ölçülmüştür. a* ve b* değerleri kullanılarak ton açısı ve doyunluk değerleri hesaplanmıştır. Pestillerin L* değeri 24.50-34.00, ton açısı 30.27-47.68 ve doyunluk 12.28-29.46 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.12). Hidrokolloid formülasyonla üretilen pestillerin L* ve doyunluk değerlerinin geleneksel formülasyona göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Genel olarak 60°C’de hem sıcak hava hem de mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutulmuş ürünler diğer sıcaklıklara göre daha yüksek L* değerine sahip olmuştur. Bu durumun 50°C’de uzun kurutma süresine, 70°C’de ise yüksek sıcaklığa bağlı olarak artan enzimatik esmerleşmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca KPK genel olarak daha yüksek L* değeri sağlamıştır (Çizelge 4.12). Farklı sıcaklıklarda (50, 60 ve 70°C) kabin ve vakum kurutucuda farklı serme kalınlıklarında (1, 2 ve 3 mm) kurutulmuş nar pestillerinin L* değerinin 34.19 ile 39.19 arasında değiştiği bildirilmiştir (Yüksekkaya 2013). İki çalışma arasındaki farklılığın formülasyon ve üretim koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.12. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin renk değerleri üzerine etkisi

Kurutma yöntemi	Sıcaklık (°C)	L*		Ton açısı		Doyunluk	
		Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel
SH	50	33.25±0.23	29.55±1.12	31.55±0.08	30.27±0.57	29.46±0.36	17.65±1.02
	60	33.03±0.26	29.89±1.31	34.77±1.02	31.66±0.43	26.35±0.4	19.76±0.46
	70	32.32±0.02	29.41±0.82	36.64±0.74	35.97±0.34	24.55±0.45	13.79±0.25
MD + SH90	50	33.05±0.16	24.50±0.11	39.40±0.69	34.45±0.34	24.09±1.02	13.25±0.12
	60	32.72±0.63	32.14±0.08	38.77±0.56	41.76±0.07	22.60±0.92	12.28±1.50
	70	32.04±0.10	26.87±0.64	40.15±0.98	34.94±0.52	22.35±0.12	14.01±0.58
MD + SH180	50	30.49±0.14	28.20±0.69	41.08±0.70	43.74±1.08	20.26±0.15	14.31±0.33
	60	30.72±0.34	34.00±0.42	47.68±0.90	45.77±0.04	18.36±0.53	17.00±1.70
	70	30.73±0.68	29.13±2.27	34.84±0.63	35.55±0.96	21.11±0.87	18.59±1.20
KPK	90	33.96±0.88	27.86±0.68	42.29±0.65	34.99±0.95	23.17±0.34	16.98±1.44
	95	32.68±0.55	29.53±1.04	41.37±0.13	35.06±0.97	23.96±0.18	15.64±0.53
	98	35.09±0.11	27.85±0.31	44.91±0.90	34.96±0.99	26.54±0.83	13.98±1.05

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencere kurutma

Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma ve KPK yöntemleri ile üretilen pestillerin L* ve doyunluk değerleri sıcak hava akımında kurutulmuş pestillere göre daha düşük olarak belirlenirken, ton açısı ise daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu nedenle renk açısından en iyi sonuçlar sağlayan kurutma yönteminin sıcak hava akımında kurutma yöntemi olduğu söylenebilir. Farklı kurutma teknikleri (sıcak hava akımında kurutma, vakum kurutma ve kızılötesi kurutma) ve sıcaklıkları (60 ve 70°C) kuşburnu pestillerinin renk değerleri (doyunluk ve ton açısı) üzerinde fark yaratmamıştır (Quintero Ruiz vd 2014). Öte yandan, mango pestilinin farklı güçlerde mikrodalga ile kurutulduğu bir çalışmada güç artışının pestilin L*, a* ve b* değerlerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir (Pushpa vd 2006). Benzer sonuçlar Gujral ve Khanna (2002) tarafından da bildirilmiştir. Farklı sıcaklık ve sürelerde kabin kurutma ve fırında kurutma

yöntemleri ile kurutulmuş durian pestillerine ait L*, a* ve b* değerlerinin birbirine yakın olduğu rapor edilmiştir (Man vd 1997).

Çizelge 4.13. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin renk değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sıcaklık (°C)	L*	Ton açısı	Doygunluk
Geleneksel		29.08±0.52b	36.59±0.95b	15.60±0.51b
Hidrokolloid		32.51±0.29a	39.45±0.92a	23.57±0.61a
SH	50	31.4±1.65ab	30.91±0.62j	23.56±4.86a
	60	31.46±1.5ab	33.22±1.42i	23.05±2.71a
	70	30.86±1.28abcd	36.31±0.55gh	19.17±4.4bcd
MD + SH90	50	28.78±3.49e	36.93±2.07fg	18.67±4.46bcd
	60	32.43±0.43a	40.27±1.26c	17.44±4.33d
	70	29.45±2.14cde	37.54±2.22efg	18.18±3.42cd
MD + SH180	50	29.34±1.02de	42.41±1.32b	17.28±2.44d
	60	32.36±1.37a	46.72±0.94a	17.68±1.17d
	70	29.93±1.51bcde	35.19±0.72h	19.85±1.34bc
KPK	90	30.91±2.57abcd	38.64±3.05de	20.07±2.67bc
	95	31.11±1.45abc	38.21±2.63ef	19.80±3.41bc
	98	31.47±2.96ab	39.94±4.14cd	20.26±5.19b

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

4.2.4. Tekstürel özellikler

Farklı kurutma teknikleri ile farklı sıcaklıklarda kurutularak üretilen pestillerin tekstürel özellikleri tekstür profil analizi kullanılarak belirlenmiş ve sertlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri hesaplanmıştır. Geleneksel formülasyona göre üretilmiş pestiller aşırı yapışkan özelliğe olmalarından ötürü düzgün bir şekilde kesilemediklerinden analiz edilememiştir. Hidrokolloidlerle üretilen pestillerin sertlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri Çizelge 4.14’de sunulmuştur.

Sertlik; katı gıdaların dişler arasındaki, yarı katı gıdaların ise damak ve dil arasındaki basınca karşı koyması için gerekli güçtür. Pestil, genellikle arasına ceviz, fındık ve fıstık gibi kuruyemişler konulduktan sonra rulo haline getirildiği için sertliklerinin çok yüksek olması arzu edilmez (Boz 2012). Tez çalışması kapsamında farklı kurutma yöntemleri ile üretilmiş pestillerin sertlik değeri 8.37 ile 29.12 N aralığında değişmiştir. En yüksek sertliğe sahip pestiller KPK yöntemi ile üretilen pestiller olmuştur. Sıcak hava kurutma ve mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yöntemleri ile 50°C’de kurutulan pestillerin sertlikleri benzer olarak belirlenmiştir. Ancak bu yöntemlerde sıcaklık artışı farklı varyasyonlara neden olmuştur. En az sertliğe sahip pestiller 60 ve 70°C sıcaklıkta 180W mikrodalga gücünde mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yöntemi ile üretilmiş pestiller olmuştur. Bu durumun hızlı nem difüzyonu nedeniyle oluşan difüzyon kanallarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Farklı katkıları (un, sakaroz şurubu ve glikoz şurubu) ile üretilmiş dut pestillerinin sertlik değerleri 15.36-26.55 N aralığında belirlenmiştir (Boz 2012).

Çizelge 4.14. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin tekstür özellikleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sıcaklık (°C)	Sertlik (N)	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik (N.s)
SH	50	20.66±0.86ef	0.92±0.01abc	18.00±0.04c
	60	23.51±0.74cd	0.91±0.01abcde	20.17±0.37b
	70	25.46±0.53bc	0.91±0.01abcde	21.60±0.03b
MD + SH90	50	21.62±1.43de	0.88±0.01ef	20.20±0.84b
	60	15.03±0.21g	0.89±0.01def	12.70±0.04d
	70	18.18±1.25f	0.90±0.01bcdef	10.69±0.11e
MD + SH180	50	21.48±0.37ed	0.90±0.01cdef	17.97±0.12c
	60	9.08±1.34h	0.93±0.00a	5.60±0.33f
	70	8.37±0.79h	0.92±0.01abcd	6.73±0.75f
KPK	90	29.12±0.23a	0.93±0.00ab	23.67±0.05a
	95	27.06±0.36ab	0.92±0.01ab	23.67±0.83a
	98	23.50±0.46cd	0.87±0.00f	20.35±0.99b

Aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Elastikiyet, pestil ve benzeri ürünlerde arzu edilen bir özelliktir. Dolayısıyla elastikiyet değerinin yüksek olması istenir. Tez çalışması kapsamında üretilen pestillerin elastikiyet değerinin 0.87 ile 0.93 arasında değiştiği belirlenmiştir. Literatürde dut pestili ile yapılan bir çalışmada elastikiyet değerinin 0.730-0.969 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Boz 2012). Ayrıca bu çalışmada 98°C sıcaklıkta KPK yöntemi ile kurutulan pestillerin en düşük elastikiyet değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunu sıcaklıktan bağımsız olarak 90W güçte mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yöntemi ile kurutulmuş pestiller izlemiştir. Diğer kurutma yöntemleri ile üretilen pestillerin elastikiyet değerleri istatistiki açıdan benzer bulunmuştur.

Çiğnenebilirlik, katı bir gıdayı yutmaya hazır hale getirmek için gerekli olan enerji olarak tanımlanmaktadır. Çiğnenebilirlik değeri ürünün sertliği ve elastikiyetinin bir fonksiyonudur. Tez çalışması kapsamında üretilen ürünlerin çiğnenebilirliği 5.60 ile 23.67 N.s arasında değişmiştir. Sıcak hava akımında kurutma dışındaki diğer tüm kurutma yöntemlerinde sıcaklık artışı çiğnenebilirlik değerini azaltmıştır.

4.2.5. Fenolik madde miktarları

Farklı kurutma teknikleri ile farklı sıcaklıklarda kurutularak üretilen pestillerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam proantosiyanidin miktarları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde pestillerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam proantosiyanidin içerikleri üretildikleri meyvenin doğal bileşimi, üretim şartları ve ekstraksiyon şartlarına bağlı olarak çok geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir.

Farklı kurutma teknikleri ile farklı sıcaklıklarda kurutularak üretilen pestillerin toplam fenolik madde içeriği 628.5-1503.1 mg GAE/100 g km aralığında değişmiştir (Çizelge 4.15). Dut, kıvılcık ve erik pestili için toplam fenolik madde içeriği 4.79-28.36 mg GAE/kg olarak rapor edilmiştir (Sengul vd 2010). Ticari dut pestillerinin toplam fenolik madde içeriği ise 25-32 GAE/100 g olarak tespit edilmiştir (Yıldız 2013). Üzüm pestili ile yapılan bir çalışmada ise toplam fenolik madde içeriği su ekstraktı için 22.9 mg quercetin eşdeğeri/g, etanol ekstraktı için ise 42.92 mg kuersetin eşdeğeri/g olarak rapor edilmiştir (Keser vd 2013). Kamiloglu ve Capanoglu (2014) tarafından gerçekleştirilen

bir çalışmada ise erik pestili için toplam fenolik madde içeriği 1015 mg GAE/100 g km olarak belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise kurutma sıcaklığı ve serme kalınlığına bağlı olarak hicaz nar çeşidinden üretilmiş pestillerin toplam fenolik içeriği 982.3 -1592.5 mg/100 g, zivzik nar çeşidinden üretilmiş pestillerin toplam fenolik içeriği ise 330.5-574.2 mg/100 g aralığında değiştiği bildirilmiştir (Yüksekkaya 2013). Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular literatürle uyumlu bulunmuştur.

Pestillerin toplam fenolik madde içeriği hem formülasyona hem de kurutma şartlarına bağlı olarak önemli düzeyde ($P<0.05$) değişmiştir (Çizelge 4.16). Hidrokolloidlerle üretilen pestillerin toplam fenolik madde içeriği geleneksel yöntemle üretilen pestillere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında iki farklı güçte uygulanan mikrodalga destekli sıcak hava kurutma yöntemiyle kurutulan pestillerin toplam fenolik madde içeriğinin diğer kurutma yöntemlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. KPK yöntemi dışındaki diğer kurutma yöntemlerinde daha yüksek sıcaklıkta kurutulan pestillerin genel olarak daha yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu bulgulanmıştır. Benzer şekilde, Yüksekaya (2013) daha yüksek sıcaklıklarda kurutulan nar pestillerinin toplam fenolik madde içeriklerinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir. KPK yönteminde ise sıcaklık değişimi pestillerin toplam fenolik madde içeriğinde herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır.

Farklı kurutma teknikleri ile farklı sıcaklıklarda kurutularak üretilen pestillerin toplam flavonoid madde içeriği 83.16-135.87 mg KE/100 g km aralığında değişmiştir (Çizelge 4.15). Pestillerin toplam flavonoid madde içeriğinin belirlendiği yalnızca bir adet yayına ulaşılabilmiştir. Bu çalışmada piyasadan temin edilen üzüm, dut, kayısı ve erik pestillerinin toplam flavonoid madde miktarları sırasıyla 41, 16, 69 ve 1513 mg KE/100 g km olarak rapor edilmiştir (Kamiloglu ve Capanoglu 2014).

Toplam flavonoid madde içeriği bakımından hidrokolloidler ile üretilen pestiller geleneksel formülasyonla üretilmiş pestillere göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.16). Bu durumun geleneksel yöntemde nişastanın jelleşmesi için uygulanan ısı işlemin flavonoid maddelerin degradasyonuna neden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Genel olarak mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutulan pestiller, sıcak hava akımında kurutma ve KPK yöntemleri ile üretilen pestillere göre daha yüksek toplam flavonoid madde miktarına sahip olmuştur. 90W güçte mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yöntemi ile daha yüksek kurutma sıcaklığı uygulanarak üretilen pestiller daha yüksek toplam flavonoid madde miktarına sahip olmuştur. KPK'da ise sıcaklığın 98°C'ye yükselmesi pestillerin toplam flavonoid madde içeriğinde azalmaya neden olmuştur.

Proantosiyanidinler genellikle C4-C8 veya C4-C6 bağı ile birleşmiş flavan-3-ollerin dimer ve oligomerlerin karışımıdır. Farklı kurutma teknikleri ile farklı sıcaklıklarda kurutularak üretilen pestillerin toplam proantosiyanidin miktarları 72.50-216ç18 mg SYD/100 g km aralığında değişmiştir (Çizelge 4.15). Piyasadan temin edilen üzüm, dut, kayısı ve erik pestillerinin toplam flavonoid madde miktarları sırasıyla 26, 9.9, 28 ve 61 mg SYD/100 g km olarak rapor edilmiştir (Kamiloglu ve Capanoglu 2014). Tez çalışmasında elde edilen yüksek proantosiyanidin miktarlarının narın doğal proantosiyanidin içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.15. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam proantosiyanidin miktarları üzerine etkisi

Kurutma yöntemi	Sıcaklık (°C)	Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g km)		Toplam flavonoid madde (mg KE/100 g km)		Toplam proantosiyanidin (mg SYD/100 g km)	
		Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel
SH	50	904.9±49.5	799.8±6.3	101.47±0.19	106.95±2.31	165.27±2.23	101.01±0.61
	60	990.8±15.2	790.6±7.8	100.50±1.43	105.21±0.41	169.97±1.15	99.66±0.37
	70	1107.8±3.7	866.6±20.3	99.95±0.21	107.83±0.11	168.79±2.05	101.42±5.47
MD + SH90	50	1254.3±32.4	857.9±25.8	110.24±2.25	107.96±0.52	200.98±1.78	108.61±1.33
	60	1316.0±13.5	897.8±16.9	113.27±0.10	102.94±2.59	198.30±1.08	106.13±0.55
	70	1503.1±16.3	1150.9±25.6	114.76±0.82	119.09±0.86	216.18±0.72	141.78±7.01
MD + SH180	50	1378.5±14.1	991.9±31.7	133.36±1.38	114.26±0.40	195.14±2.02	109.11±3.62
	60	1165.5±96.9	1059.9±16.5	135.87±0.15	102.36±2.07	201.66±0.77	133.69±1.22
	70	1308.5±9.5	1141.8±25.4	124.00±0.00	121.06±1.65	186.10±0.36	134.37±1.97
KPK	90	1112.0±5.3	628.5±41.4	119.72±1.25	83.26±0.11	169.36±2.95	74.71±1.38
	95	1060.9±17.2	656.5±8.9	116.56±0.44	86.07±0.57	157.86±2.04	74.95±1.81
	98	1140.8±6.0	666.9±9.3	110.28±0.98	83.16±0.48	161.34±1.57	72.50±1.75

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, GAE: Gallik asit eşdeğeri, KE: Katesin eşdeğeri, SYD: Siyanidin

Hidrokolloidler kullanılarak üretilen nar pestillerinin toplam proantosiyanidin içerikleri geleneksel formülasyonla üretilen pestillere göre 1.8 kat daha yüksek olarak belirlenmiştir. En yüksek toplam proantosiyanidin miktarı sağlayan kurutma yöntemi 180W mikrodalga gücünde 70°C sıcaklıkta mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma iken, en düşük toplam proantosiyanidin miktarını 98°C sıcaklıkta KPK yöntemi sağlamıştır.

Çizelge 4.16. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam proantosiyanidin miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sıcaklık (°C)	Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g km)	Toplam flavonoid madde (mg KE/100 g km)	Toplam proantosiyanidin (mg SYD/100 g km)
Geleneksel		875.78±36.44b	103.35±2.60b	104.83±4.71b
Hidrokolloid		1186.92±34.85a	115.00±2.38a	182.58±3.89a
SH	50	852.36±51.67e	104.21±2.61d	133.14±26.27e
	60	890.71±82.29e	102.86±2.11de	134.81±28.71e
	70	987.20±99.21d	103.89±3.22de	135.10±27.71e
MD + SH90	50	1056.10±163.56c	109.10±1.63c	154.79±37.73d
	60	1106.91±171.18c	108.10±4.47c	152.21±37.63d
	70	1327.02±144.84a	116.92±1.90b	178.98±30.65a
MD + SH180	50	1185.24±159.08b	123.81±7.84a	152.12±35.20d
	60	1112.71±71.26c	119.11±13.73b	167.67±27.76b
	70	1225.14±69.81b	122.53±1.53a	160.23±21.15c
KPK	90	870.28±198.86e	101.49±14.90e	122.04±38.69f
	95	858.69±165.46e	101.32±12.45e	116.41±33.88g
	98	903.83±193.59e	96.72±11.09f	116.92±36.29g

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, GAE: Gallik asit eşdeğeri, KE: Katesin eşdeğeri, SYD: Siyanidin

4.2.6. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Formülasyona ve kurutma şartlarına bağlı olarak pestillerin toplam monomerik antosiyanin içeriği 3.73 ile 21.87 mg S3G/100 g km arasında değişmiştir (Çizelge 4.17). Piyasadan temin edilmiş erik pestilinin toplam monomerik antosiyanin içeriğinin yaklaşık olarak 10 mg S3G/100 g km olduğu bildirilmiştir (Kamiloglu ve Capanoglu 2014). Nar pestili ile yapılan başka bir çalışmada ise kurutma sıcaklığı ve serme kalınlığına bağlı olarak iki farklı nar çeşidinden üretilen nar pestillerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği araştırılmıştır. Bu çalışmada hicaz nar çeşidinden üretilmiş pestillerin 19.1-33.6 mg S3G/100 g, zivzik nar çeşidinden üretilmiş pestillerin ise 27.8-40.6 mg S3G/100 g aralığında toplam monomerik antosiyanin içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir (Yüksekkaya 2013). Literatür ile tez kapsamında elde edilen sonuçlardaki farklılığın üretim tekniğinden ve nar çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hidrokolloidlerle üretilen pestillerin toplam monomerik antosiyanin içerikleri geleneksel formülasyonla üretilen pestillere göre yaklaşık 3 kat daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.18). İki formülasyon arasındaki farklılığın toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam proantosiyanidin madde miktarından daha yüksek olması antosiyaninlerin geleneksel formülasyonda nişasta jelleşmesi için uygulanan ısı işleme karşı daha hassas olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.17. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit miktarları üzerine etkisi

Kurutma yöntemi	Sıcaklık (°C)	Toplam monomerik antosiyanin (mg S3G/100 g km)		Askorbik asit (mg/100 g km)	
		Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel
SH	50	21.75±0.16	9.33±0.03	249.87±38.51	196.42±1.42
	60	18.27±1.27	8.11±0.35	271.39±3.81	163.81±1.77
	70	14.16±0.23	6.13±0.08	241.13±2.50	164.18±0.39
MD + SH90	50	20.21±0.58	4.43±0.23	120.79±0.34	166.47±3.70
	60	17.16±1.01	7.20±0.66	182.74±4.61	175.92±4.29
	70	16.13±0.09	7.43±0.02	179.31±4.59	199.42±1.23
MD + SH180	50	16.07±0.31	4.05±0.18	223.15±2.64	117.90±0.72
	60	17.05±0.51	4.65±0.16	267.86±2.76	86.17±2.93
	70	19.89±0.30	7.12±0.13	318.05±6.76	74.60±0.70
KPK	90	18.99±0.57	4.46±0.11	250.46±1.85	239.06±8.35
	95	20.49±0.04	3.73±0.13	223.40±3.17	276.55±8.75
	98	21.87±0.25	4.18±0.07	272.13±5.69	263.64±4.20

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırımın pencereci kurutma

Toplam monomerik antosiyanin miktarı açısından en iyi kurutma yöntemi 50°C'de sıcak hava akımında kurutma yöntemi iken, en yüksek kayıp 180W mikrodalga gücünde 50°C sıcaklıkta kurutma yönteminde gözlenmiştir. Sıcak hava ve 90W mikrodalga gücünde kurutma sıcaklığının artması toplam monomerik antosiyanin miktarını azaltıcı etki gösterirken, diğer kurutma yöntemlerinde sıcaklık artışı ile daha yüksek toplam monomerik antosiyanin içeriğine sahip pestil üretilmiştir. Bu durumun

sıcak hava akımında kurutma ve 90W güçte mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yöntemlerinin daha uzun sürmesine bağlı olduğu değerlendirilmiştir. Yüksekkeya (2013) vakum ve kabin kurutucuda sıcaklık artışının toplam monomerik antosiyanin miktarını azaltıcı etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

4.2.7. Askorbik asit

Formülasyona ve kurutma şartlarına bağlı olarak pestillerin askorbik asit içeriği 74.6 ile 318.1 mg/100 g km arasında değişmiştir (Çizelge 4.17). Wandı ve Man (1996) farklı katkılarla üretilmiş durian pestilinin askorbik asit miktarını 21.6-26.6 mg/100 g olarak tespit etmişlerdir. Elma ve frenk üzümü karışımları ile üretilen pestillerin askorbik asit içeriği ise 21.52-38.98 mg/100 g km olarak rapor edilmiştir (Diamante vd 2013). Nar pestili ile yapılmış bir çalışmada ise kurutma şartlarına bağlı olarak askorbik asit miktarı 102.9-160.5 mg/100 g aralığında değişmiştir (Yüksekkeya 2013). Literatürde bildirilen bu farklılıkların hammadde olarak kullanılan meyveden, meyvelerin çeşit farklılıklarından ve üretim tekniğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.18. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sıcaklık (°C)	Toplam monomerik antosiyanin (mg S3G/100 g km)	Askorbik asit (mg/100 g km)
Geleneksel		5.90±0.38b	177.01±12.77b
Hidrokolloid		18.50±0.50a	233.36±10.76a
SH	50	15.54±5.07a	223.15±31.16c
	60	13.19±4.22bc	217.60±43.99cd
	70	10.14±3.28g	202.66±31.45de
MD + SH90	50	12.32±6.46cde	143.63±18.77h
	60	12.18±4.12de	179.33±4.58fg
	70	11.78±3.56ef	189.37±8.65efg
MD + SH180	50	10.06±4.91g	170.52±43.00g
	60	10.85±5.07g	177.01±74.21fg
	70	13.51±5.22b	196.33±99.46ef
KPK	90	11.72±5.94ef	244.76±6.79b
	95	12.11±6.84de	249.97±22.35ab
	98	13.03±7.22bcd	267.88±5.36a

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Hidrokolloidlerle üretilmiş pestillerin askorbik asit içeriği geleneksel yöntemle üretilmiş pestillere göre daha yüksek olarak bulunmuştur (Çizelge 4.18). Kurutma yöntemleri arasında askorbik asit kaybının en az olduğu yöntem KPK olup bunu sıcak hava akımında kurutma yöntemi takip etmiştir. Sıcak hava akımında kurutma yönteminde sıcaklık artışı askorbik asit miktarını azaltırken, diğer yöntemlerde daha yüksek sıcaklıklarda kurutulan pestillerin askorbik asit içeriği daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.18). Durian ile yürütülen bir çalışmada, farklı sıcaklık ve sürelerde kurutulmuş pestillerin askorbik asit içeriği sıcaklık artışı ve sürenin uzamasına bağlı olarak %30'a kadar azalmıştır (Man vd 1997).

4.2.8. HMF miktarı

HMF miktarı, ısıtma işlemi uygulanarak üretilen ürünlerde Maillard ve esmerleşme reaksiyonlarının bir indikatörü olarak kabul edilmektedir. Genellikle şekerli gıdaların ısıtılması sırasında karamelizasyon başta olmak üzere enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları meydana gelmekte ve bu reaksiyonların ilerleyen aşamalarında HMF oluşumu gerçekleşmektedir. İndirgen şekerler ve aminoasitler arasında gerçekleşen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu, ortam pH değeri, sıcaklık, metal iyonları, şeker ve aminoasit cinsi gibi birçok faktöre bağlıdır (Yıldız 2013). Nitekim yapılan bir çalışmada toplam ve invert şeker miktarı arttıkça HMF miktarının arttığı belirlenmiştir (Yıldız 2013). Türk standartlarına göre pestillerin en fazla 50 mg/kg HMF içermesi gerekmektedir (Anonim 2000).

Tez çalışması kapsamında hidrokolloidlerle üretilen pestillerin HMF miktarı 26.78-625.42 mg/kg km olarak, geleneksel formülasyonla üretilen pestillerin HMF miktarı ise 128.55-1137.8 mg/kg km olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Yıldız (2013) sade ve kuruyemiş ilavesi (ceviz veya fındık) ile üretilmiş dut pestillerinin HMF içeriğini 18.15-27.94 mg/kg olarak belirlemiştir. Güneşte kurutma, mikrodalga kurutma ve vakumlu etüvde kurutma olmak üzere 3 farklı kurutma yönteminin kayısı pestilinin HMF içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada en düşük HMF içeriği mikrodalga kurutma (13.62 mg/kg) ile sağlanmış ve bunu sırasıyla vakumlu etüvde kurutma (18.39 mg/kg) ve güneşte kurutma (45.64 mg/kg) izlemiştir (Suna vd 2014). Dut pestili ile yapılmış bir çalışmada ise formülasyona bağlı olarak HMF miktarının 57.5 ile 217.5 mg/kg aralığında değiştiği bildirilmiştir (Boz 2012). Çalışmalar arasındaki bu farklılığın temel olarak üretimde kullanılan meyve, formülasyon ve kurutma şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.19. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin HMF miktarı üzerine etkisi

Kurutma yöntemi	Sıcaklık (°C)	HMF miktarı (mg/kg km)	
		Hidrokolloid	Geleneksel
SH	50	26.78±0.82	603.02±7.44
	60	57.54±3.37	921.22±11.95
	70	114.42±3.49	1137.8±21.98
MD + SH90	50	103.03±3.50	266.49±5.08
	60	174.21±3.08	242.99±1.25
	70	183.49±11.9	181.81±12.62
MD + SH180	50	625.42±17.31	253.76±8.76
	60	491.78±21.61	196.46±4.36
	70	179.79±12.28	128.55±10.61
KPK	90	118.01±7.51	207.95±10.6
	95	109.42±0.86	176.19±3.76
	98	108.25±2.29	200.91±0.98

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Farklı kurutma şartlarında kurutulan pestillerin HMF içeriği formülasyona bağlı olarak farklı değişimler göstermiştir. Nitekim, hidrokolloidlerle üretilen pestillerin HMF içeriği 180W güçte mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutmada diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek olarak belirlenirken, geleneksel formülasyonda en yüksek HMF içeriği sıcak hava akımında kurutma yönteminde belirlenmiştir. Bu durumun

geleneksel formülasyonda kurutmada önce nişastanın jelleşmesi için uygulanan ısı işleminin HMF oluşumunu başlatmasından ve uzun kurutma sırasında HMF oluşumu arttırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İki formülasyon arasındaki bu farklılığın bir diğer nedeninin ise, geleneksel formülasyonda oluşan HMF'nin ileri reaksiyonlarla melanoidinlere dönüşmesinden kaynaklanmış olabileceği de değerlendirilmiştir.

Geleneksel yöntem ile üretilmiş pestillerin HMF içeriği hidrokolloidlerle üretilen pestillere göre 2 kat daha fazla bulunmuştur. Kurutma yöntemleri arasında ise en düşük HMF içeriğini KPK sağlamıştır. Sıcak hava akımında kurutma yönteminde sıcaklığın artışı HMF içeriğini arttırırken, 180 W güçte mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yönteminde tam tersi bir durum gözlenmiştir (Çizelge 4.20).

HMF sonuçları toplu olarak değerlendirildiğinde yasal sınırlar içinde üretim sağlamak için hidrokolloid formülasyon kullanılarak 50°C sıcaklıkta sıcak hava akımında kurutma yönteminin uygulanması gerektiği belirlenmiştir. Diğer kurutma yöntemleri ise yasal sınır üzerinde HMF oluşumuna neden olmuştur. Bu nedenle bu yöntemlerde HMF oluşumunu azaltıcı önlemlerin alınması gerekmektedir.

Çizelge 4.20. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin HMF miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sıcaklık (°C)	HMF miktarı (mg/kg km)
Geleneksel		376.43±66.07a
Hidrokolloid		191.01±36.02b
SH	50	314.90±235.29e
	60	489.38±352.67b
	70	626.11±417.99a
MD + SH90	50	184.76±66.83g
	60	208.60±28.15f
	70	182.65±10.04gh
MD + SH180	50	439.59±152.14c
	60	344.12±121.24d
	70	154.17±22.92i
KPK	90	162.98±37.48hi
	95	142.80±27.35i
	98	154.58±37.85i

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

4.2.9. Antioksidan aktivite

İki farklı formülasyonla hazırlanıp farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pestillerin antioksidan aktivitesi DPPH radikalinin inhibisyonu ve Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (ORAC) yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.21'de sunulmuştur. Geleneksel yöntemle hazırlanmış pestillerin DPPH radikalinin inhibisyonu 1.18-2.38 g TEAA/100 g km olarak tespit edilirken hidrokolloidler ile üretilen pestiller için bu değer 1.88-2.82 olarak belirlenmiştir. Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği ise geleneksel pestiller için 3.65-7.31 mM TE/100 g km olarak, hidrokolloidler ile üretilen pestiller için ise 7.00-11.92 mM TE/100 g km aralığında değişmiştir. Farklı formülasyon ve kurutma yöntemleri ile üretilmiş pestillerin her iki yöntemle belirlenen antioksidan aktiviteleri istatistiki olarak birbirine kısmen korelasyon göstermiştir ($R^2=0.777$). Ticari dut pestillerinin antioksidan aktivitesi 81-92

mM TE/g kuru madde olarak rapor edilmiştir (Yildiz 2013). Farklı yöntemlerle pestilin su ve etanol ekstraktlarında antioksidan aktivitenin test edildiği bir çalışmada ise ABTS radikalini süpürme etkisi %72.2-73.7, DPPH radikalini süpürme etkisi %7.9-14.1, Superoksit süpürme etkisi %89.6-97.2 ve metal bağlama etkisi %57.7-81.2 olarak belirlenmiştir (Keser vd 2013).

Çizelge 4.21. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin antioksidan aktivitesi üzerine etkisi

Kurutma yöntemi	Sıcaklık (°C)	DPPH radikalinin inhibisyonu (g TEAA/100 g km)		Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (mM TE/100 g km)	
		Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel
SH	50	1.93±0.02	1.83±0.00	8.68±0.25	6.50±0.02
	60	1.93±0.02	1.72±0.01	10.72±0.26	6.42±0.42
	70	1.88±0.00	1.82±0.06	9.00±0.05	6.24±0.16
MD + SH90	50	2.07±0.06	1.84±0.01	11.92±0.24	5.73±0.05
	60	2.18±0.01	2.03±0.01	10.98±0.08	6.66±0.79
	70	2.18±0.00	2.38±0.06	11.80±0.08	6.80±0.24
MD + SH180	50	2.41±0.00	2.19±0.00	7.00±0.02	6.82±0.23
	60	2.79±0.00	2.05±0.01	7.99±0.11	7.31±0.11
	70	2.46±0.00	2.27±0.01	6.44±0.14	6.33±0.39
KPK	90	2.55±0.00	1.18±0.00	8.66±0.58	3.70±0.12
	95	2.31±0.00	1.42±0.03	7.37±0.12	3.65±0.08
	98	2.82±0.06	1.34±0.03	9.29±0.63	4.05±0.15

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Hidrokolloidlerle üretilen pestillerin antioksidan aktivitesi her iki yöntemde de geleneksel formülasyonla üretilmiş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Genel olarak sıcak hava akımında kurutma ve KPK yöntemleri ile üretilmiş pestillerin antioksidan aktivitesi mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutululara göre daha düşük olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.22). Bitkisel materyallerin içerdiği fenolik maddeler ve askorbik asit, bu materyallerden elde edilen ürünlerin antioksidan aktivitesine büyük oranda katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutulmuş pestillerin daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olması beklenen bir durumdur. Ayrıca enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda antioksidan özellikli maddelerin oluştuğu bilinen bir olgudur. Bu maddelerin de mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma ile üretilen pestillerin antioksidan aktivitesine olumlu etki gösterdiği düşünülmektedir. İki farklı sıcaklıkta (60 ve 70°C) üç farklı kurutma yönteminin (sıcak hava akımında kurutma, vakum kurutma ve kızılötesi kurutma) kuşburnu pestilinin antioksidan aktivitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada en yüksek antioksidan aktivite korunumu 60°C'de vakum kurutma yöntemi ile sağlanmıştır (Quintero Ruiz vd 2014). Diğer bir çalışmada ise 50, 60 ve 70°C kurutma sıcaklıklarda kurutulularak üretilen elma pestillerinin antioksidan aktivitesinde sırasıyla %90, 93 ve 94 kayıplar olduğu bildirilmiştir (Demarchi vd 2013).

Çizelge 4.22. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin antioksidan aktivitesi ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sıcaklık (°C)	DPPH radikalinin inhibisyonu (g TEAA/100 g km)	Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (mM TE/100 g km)
Geleneksel		1.84±0.08b	5.85±0.27b
Hidrokolloid		2.29±0.06a	9.15±0.37a
SH	50	1.88±0.04f	7.59±0.90c
	60	1.82±0.08f	8.57±1.78b
	70	1.85±0.04f	7.62±1.13c
MD + SH90	50	1.96±0.10e	8.83±2.53ab
	60	2.11±0.06d	8.82±1.82ab
	70	2.28±0.09c	9.30±2.05a
MD + SH180	50	2.30±0.09c	6.91±0.15d
	60	2.42±0.30a	7.65±0.29c
	70	2.37±0.08b	6.38±0.24de
KPK	95	1.87±0.56f	6.18±2.05e
	98	2.08±0.61d	5.51±1.52f
			6.67±2.17ed

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma,

4.2.10. Fenolik madde profili

İki farklı formülasyonla hazırlanıp farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pestillerde punikalagin a, punikalagin b ve ellajik asit miktarları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.23’de sunulmuştur.

Kurutma şartlarına bağlı olarak pestillerin punikalagin a miktarı 123.22-357.76 mg/kg km arasında değişmiştir. 180W güçte mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma dışındaki tüm kurutma şartlarında hidrokolloidler kullanılarak hazırlanan pestillerin punikalagin a miktarı geleneksel formülasyona göre daha yüksek olarak bulunmuştur.

Pestillerin punikalagin b miktarı sırasıyla 68.54-218.34 mg/kg km arasında değişim göstermiş ve tüm kurutma şartlarında hidrokolloidler ile üretilen pestillerin punikalagin b miktarı geleneksel formülasyona göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Örneklerin ellajik asit miktarlarının 508.67-1001.82 mg/kg km arasında olduğu belirlenmiştir. Ellajik asit genellikle hidrokolloidlerle hazırlanan formülasyonlarda daha yüksek miktarda tespit edilmiştir. Ancak, 50 ve 60°C sıcaklıklarda sıcak hava akımında kurutma ve 70°C sıcaklıkta mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma (180W) ile geleneksel formülasyonla üretilen pestillerin ellajik asit içeriği daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durumun bu kurutma şartlarında ellajitanenlerin degrade olması sonucu serbest forma dönüşen ellajik asitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim benzer bir durumun nar suyunun depolanması sırasında da meydana geldiği Perez-Vicente vd (2004) tarafından da bildirilmiştir.

Çizelge 4.23. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin fenolik bileşiklerinin miktarı (mg/kg km) üzerine etkisi

Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	Punikalagin a		Punikalagin b		Ellajik asit	
		Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid
SH	50	123.22±3.66	206.71±3.38	87.04±0.78	100.35±17.45	576.96±2.16	508.67±0.18
	60	129.23±3.99	215.39±2.11	90.95±0.05	120.83±6.02	637.76±9.72	582.81±3.27
	70	132.04±3.43	237.06±3.12	88.82±3.22	126.02±1.92	700.39±0.85	678.07±2.12
MD + SH90	50	217.73±8.83	328.91±6.27	101.4±0.71	207.00±0.26	770.79±1.37	861.07±38.78
	60	226.39±3.89	357.76±7.33	102.07±0.46	212.17±6.48	794.98±21.58	964.38±12.46
	70	324.80±8.41	334.31±0.46	120.83±1.95	218.34±1.68	826.14±8.49	1001.82±13.72
MD + SH180	50	315.88±20.61	252.08±7.63	119.17±2.99	182.73±1.85	816.81±0.41	904.07±0.97
	60	319.16±2.59	265.68±10.21	123.47±5.89	184.41±2.37	832.80±9.21	980.54±1.53
	70	326.12±22.52	244.45±4.08	145.11±4.46	175.71±2.11	935.43±6.22	861.96±11.59
KPK	90	136.65±15.51	271.28±0.73	71.43±3.59	135.36±4.52	542.09±31.47	861.12±22.71
	95	175.52±0.97	231.34±24.03	74.33±0.33	114.53±7.57	574.78±0.25	766.02±25.97
	98	167.00±2.13	282.45±5.23	68.54±3.55	142.05±7.12	585.97±9.41	814.54±64.22

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre çalışma kapsamında değerlendirilen tüm fenolik maddelerin hidrokolloidlerle üretilen pestillerde geleneksel formülasyonla üretilmiş pestillere göre daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite sonuçlarına benzer şekilde tüm fenolik maddeler mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma ile üretilen pestillerde diğer kurutma yöntemleri ile üretilenler göre daha yüksek miktarlarda tespit edilmiştir. Ayrıca KPK ile üretilen pestillerin fenolik maddeler açısından sıcak hava akımında kurutulan pestillere göre daha zengin olduğu da görülmektedir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin fenolik madde miktarı (mg/kg km) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon kaynakları	Sıcaklık (°C)	Punikalagin a	Punikalagin b	Ellajik asit
Geleneksel		216.14±16.98b	99.43±4.79b	716.24±26.1b
Hidrokolloid		268.95±9.88a	159.96±8.4a	815.42±31.58a
SH	50	164.96±34.2e	93.7±11.46e	542.81±27.91f
	60	172.31±35.27e	105.89±12.68cd	610.29±23.2e
	70	184.55±42.96de	107.42±15.34c	689.23±9.21d
MD + SH90	50	273.32±45.82b	154.2±43.11b	815.93±43.13c
	60	292.08±53.85b	157.12±45.1b	879.68±70.64ab
	70	329.55±6.22a	169.58±39.84a	913.98±72.32a
MD + SH180	50	283.98±28.97b	150.95±26.03b	860.44±35.63b
	60	292.42±22.66b	153.94±25.15b	906.67±60.55a
	70	285.28±35.86b	160.41±12.81ab	898.7±30.94ab
KPK	90	203.97±55.69d	103.39±26.31cde	701.6±132.16d
	95	203.43±26.69d	94.43±16.98de	670.4±79.5d
	98	224.72±47.25c	105.29±30.36cd	700.25±100.56d

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Önceki çalışmalarda taze narda bulunan punikalaginlerin miktarı ellajik asitten daha yüksek olarak rapor edilmiştir (Peña-Estévez vd 2016, Martí vd 2002, Qu vd 2012). Ancak Mena vd (2013) nar suyunun ellajik asit içeriğini punikalagin içeriğinden daha fazla olarak bildirmiştir. Tez çalışması kapsamında da benzer şekilde ellajik asit miktarları punikalaginlere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

4.2.11. Antosiyanin profili

İki farklı formülasyonla hazırlanıp farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pestillerde 5 farklı antosiyanin [delfinidin-3,5-diglikozit (D3,5G), siyanidin-3,5-diglikozit (S3,5G), delfinidin-3-glikozit (D3G), siyanidin-3-glikozit (S3G) ve pelargonidin-3-glikozit (P3G)] analiz edilmiş ve miktarları Çizelge 4.25’de sunulmuştur.

Pestillerde bulunan antosiyanin miktarları $S3,5G > S3G > D3,5G > D3G > P3G$ şeklinde sıralanmıştır. Peña-Estévez vd (2016) narda bulunan antosiyaninlerin miktarlarının $S3,5G > S3G > P3G > P3,5G > D3,5G$ şeklinde sıralandığını bildirmişlerdir. Mena vd (2013) ise nar suyunda bulunan antosiyaninlerin $S3,5G > S3G > D3,5G > D3G > P3G > D3,5G$ olarak sıralandığı rapor etmiştir.

Hidrokolloidlerle hazırlanan pestillerin antosiyanin miktarları geleneksel formülasyonla hazırlanan pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durum geleneksel formülasyonda nişastanın jelleşmesi için uygulanan ısı işlem sırasında gerçekleşen degradasyondan kaynaklanmaktadır. Nitekim Duncan Çoklu karşılaştırma Testi sonuçları da bu durumu doğrulamaktadır (Çizelge 4.26).

Genellikle yüksek sıcaklıkta KPK (95 ve 98°C) ve düşük sıcaklıkta sıcak hava akımında kurutma (50 ve 60°C) yöntemleri ile üretilen pestillerin antosiyanin miktarları mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pestillere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

4.2.12. Uçucu bileşen profili

Geleneksel formülasyonla ve hidrokolloidlerle hazırlanan herlelerin farklı şartlarda kurutulması ile elde edilen pestillerin uçucu bileşenleri sırasıyla Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28’de sunulmuştur.

Geleneksel formülasyonla üretilen pestillerde 29 farklı uçucu bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenlerden etanol, aseton, asetik asit ve furfural örneklerde ana bileşenler olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında tanımlanabilen bileşenlerden 2-etilhekzanol, linalool, nonanal, 5-hidroksimetilfurfural ve 1,4-diasetilbenzen sadece geleneksel formülasyonla üretilen pestillerde tespit edilmiştir (Çizelge 4.27). Bu bileşenlerden nonanal lipid oksidasyonu sonucu oluşan bir bileşiktir. Diğer yandan 5-hidroksimetilfurfural ve 1,4-diasetilbenzen bileşikleri ise enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının ileri aşama ürünleridir (Corbett 1971). Bu bileşenler geleneksel formülasyonla üretilen pestillerde meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının diğer göstergeleri olmuştur. Ayrıca, 2-furankarbohidrazonik asit yalnızca geleneksel formülasyonla üretilen ve mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma ile kurutulan pestillerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.25. Farklı formülasyon ve kurutma koşullarının pestillerin antosiyanin miktarları (mg/kg km) üzerine etkisi

Kurutma	Sıcaklık (°C)	Delfinidin-3,5-diglikozit		Siyanidin-3,5-diglikozit		Delfinidin-3-glikozit		Siyanidin-3-glikozit		Pelargonidin-3-glikozit	
		Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid	Geleneksel	Hidrokolloid
SH	50	20.30±0.23	20.55±0.31	48.18±0.92	44.98±2.01	10.18±0.46	9.26±0.32	20.19±0.54	33.68±5.47	1.65±0.14	3.13±0.50
	60	19.22±1.69	20.95±0.04	41.89±0.60	42.94±0.83	6.15±1.12	11.98±0.31	15.06±0.26	32.92±1.66	0.68±0.18	2.86±0.31
	70	17.16±0.07	17.20±0.69	32.42±1.56	32.15±2.44	5.06±0.55	8.67±0.12	12.03±0.23	22.93±1.05	0.47±0.04	1.73±0.02
MD + SH90	50	13.14±0.33	26.25±0.84	23.70±0.25	46.53±0.70	3.24±0.35	15.60±0.18	5.07±0.04	40.47±0.65	0.29±0.09	3.58±0.19
	60	10.66±0.26	27.32±0.03	22.91±0.29	46.14±1.48	2.78±0.05	13.18±0.34	5.58±0.14	32.09±2.92	0.28±0.02	2.64±0.33
	70	12.39±0.21	25.59±0.07	25.85±0.57	42.96±0.20	2.94±0.11	12.03±1.52	5.76±0.08	30.51±0.66	0.33±0.00	2.52±0.09
MD + SH180	50	10.39±1.34	23.59±0.33	22.82±1.36	39.33±0.66	2.80±0.22	9.77±0.23	5.19±0.60	23.09±0.88	0.19±0.03	1.76±0.06
	60	13.22±1.07	21.01±0.42	28.94±0.91	37.02±1.47	3.73±0.71	9.58±0.17	8.70±0.41	20.57±0.83	0.40±0.31	1.82±0.00
	70	20.38±0.58	23.71±0.69	39.82±2.21	37.61±0.25	6.07±0.32	12.37±0.12	11.83±0.95	29.03±0.46	0.93±0.04	2.45±0.09
KPK	90	14.59±0.45	22.15±0.19	27.21±0.12	34.89±0.50	3.74±0.13	10.88±0.27	7.82±0.14	27.29±0.41	0.50±0.01	2.19±0.05
	95	13.88±1.10	31.65±0.34	25.31±1.07	58.97±3.44	3.87±0.45	10.62±0.60	6.36±0.03	29.30±3.24	0.59±0.03	2.42±0.02
	98	15.55±0.89	37.07±2.54	27.75±0.87	79.77±2.56	3.71±0.34	17.58±0.00	7.37±0.05	36.43±1.28	0.53±0.03	3.31±0.41

SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Çizelge 4.26. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş pestillerin antosiyanın miktarları (mg/kg km) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon kaynakları	Sıcaklık (°C)	delfinidin-3,5-diglikozit	siyanidin-3,5-diglikozit	delfinidin-3-glikozit	siyanidin-3-glikozit	pelargonidin-3-glikozit
Geleneksel		15.07±0.72b	30.568±1.68b	4.52±0.44b	9.25±0.94b	0.57±0.08b
Hidrokolloid		24.75±1.09a	45.273±2.601a	11.79±0.54a	29.86±1.25a	2.53±0.13a
SH	50	20.42±0.18cd	46.58±1.827b	9.72±0.5ab	26.93±6.36a	2.39±0.68a
	60	20.09±0.85de	42.412±0.729c	9.07±2.48b	23.99±7.35ab	1.77±0.91bcd
	70	17.18±0.28fg	32.289±1.676ef	6.86±1.51cde	17.48±4.49efg	1.1±0.51ef
MD + SH90	50	19.7±3.8de	35.112±9.329e	9.42±5.05b	22.77±14.46bc	1.93±1.35b
	60	18.99±4.81def	34.527±9.523e	7.98±4.25c	18.84±10.95de	1.46±0.98de
	70	18.99±3.81def	34.404±6.991e	7.48±3.81cd	18.14±10.11ef	1.43±0.89de
MD + SH180	50	16.99±3.85g	31.075±6.793f	6.28±2.85e	14.14±7.33g	0.97±0.64f
	60	17.11±2.3fg	32.98±3.443ef	6.65±2.42de	14.64±4.88fg	1.11±0.61ef
	70	22.04±1.03bc	38.718±1.568d	9.22±2.58b	20.43±7.04cde	1.69±0.62bcd
KPK	90	18.37±2.19efg	31.052±3.149f	7.31±2.92cde	17.56±7.95efg	1.35±0.69def
	95	22.77±5.15b	42.14±13.895c	7.25±2.79cde	17.83±9.55ef	1.5±0.75cde
	98	26.31±6.31a	53.761±21.297a	10.65±5.67a	21.9±11.89bcd	1.92±1.16bc

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütündeki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikroalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Hidrokolloidlerle üretilen pestillerde ise 27 farklı bileşen belirlenmiştir. Bu bileşenlerden etanol, aseton, asetik asit ve propanoik asit örneklerde ana bileşenler olarak belirlenmiştir. Bazı bileşenler yalnızca hidrokolloidlerle üretilen pestillerde tespit edilmiştir. Bu bileşenler 2-metilpropanoik asit, 2,3-bütandiol, metional ve benzenasetaldehit olmuştur (Çizelge 4.28). 5-metil-3-hidrofuran-2-on, metional, asetilfuran, 5-metil-2-furfural, 2,4-dihidroksi-2,5-dimetil-3(2h)-furan-3-on, benzenasetaldehit ve 2-furankarbohidrazonik asit bileşenleri sadece hidrokolloidlerle üretilen ve mikroalga destekli sıcak hava akımında kurutma ile kurutulan pestillerde bulunabilmişlerdir.

Çizelge 4.27. Geleneksel formülasyonla hazırlanan ve farklı kurutma şartlarında kurutulmuş pestillerin uçucu bileşenleri (%)

Aİ	SH			MD + SH90			MD + SH180			KPK		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	90°C	95°C	98°C
408	1.36±0.21	1.43±0.21	2.32±0.55	2.29±0.54	2.04±0.34	2.24±0.35	2.30±0.71	2.14±0.36	3.95±0.12	2.28±0.12	3.70±1.07	2.46±0.57
412	0.41±0.09	0.40±0.06	0.69±0.19	0.58±0.08	0.52±0.04	0.74±0.13	0.84±0.38	0.79±0.26	1.43±0.04	0.73±0.08	1.03±0.33	0.74±0.19
450	33.13±13.00	30.51±2.89	9.13±3.83	26.58±13.99	37.33±5.25	10.33±4.65	19.13±17.89	9.85±8.84	1.36±0.07	17.84±3.39	12.51±10.77	14.78±4.69
503	24.20±1.29	18.04±2.43	15.29±6.23	13.08±0.61	17.51±0.74	15.31±3.63	7.85±4.64	7.65±4.41	4.30±0.37	19.57±2.51	12.13±6.79	12.92±0.57
520	t.e.	t.e.	1.03±1.03	0.91±0.91	1.51±1.51	1.37±1.37	2.35±2.35	2.23±0.40	3.88±0.27	1.41±1.41	3.31±0.03	2.58±0.11
540	t.e.	t.e.	0.30±0.30	0.24±0.24	0.35±0.35	0.32±0.32	0.43±0.43	0.62±0.11	0.89±0.08	0.51±0.51	0.74±0.00	0.63±0.03
602	7.52±1.61	7.35±1.32	11.04±2.41	9.28±3.16	8.80±1.29	10.23±1.16	8.96±3.37	8.67±2.07	16.75±0.42	9.69±0.91	15.6±3.96	10.34±2.98
610	0.55±0.55	0.44±0.14	1.04±0.38	0.27±0.27	0.61±0.24	1.05±0.01	0.95±0.46	0.52±0.23	1.39±0.27	1.24±0.17	1.42±0.03	0.97±0.18
700	t.e.	t.e.	0.23±0.23	0.23±0.23	0.17±0.17	0.55±0.16	1.02±0.59	0.81±0.35	1.42±0.17	0.61±0.24	0.72±0.19	0.58±0.12
719	0.46±0.08	0.59±0.04	2.29±0.23	1.03±0.02	1.02±0.19	1.96±0.06	1.74±0.81	1.87±0.79	2.84±0.77	1.05±0.27	1.24±0.40	1.08±0.09
723	t.e.	0.40±0.09	0.81±0.06	0.59±0.18	t.e.	0.15±0.15	0.69±0.32	0.15±0.15	0.29±0.29	0.17±0.17	t.e.	0.37±0.12
728	1.17±0.37	0.98±0.17	2.01±0.07	1.04±0.26	1.29±0.35	1.64±0.12	1.71±1.00	1.43±0.63	2.30±0.01	1.98±0.37	1.77±0.32	1.36±0.01
791	1.03±0.29	1.13±0.20	1.68±0.10	0.94±0.44	1.14±0.23	1.57±0.05	1.21±0.76	0.88±0.32	2.16±0.35	1.66±0.44	2.32±0.18	1.24±0.29
800	1.12±0.35	0.75±0.13	1.67±0.19	0.63±0.07	0.69±0.14	1.47±0.08	1.54±1.04	0.75±0.26	1.52±0.36	1.93±0.84	1.65±0.17	1.21±0.18
832	20.8±6.74	29.25±2.67	38.05±1.79	28.88±9.28	17.87±3.51	36.75±1.41	34.22±7.58	45.52±4.69	40.94±1.32	26.85±1.35	31.16±9.31	38.21±2.77
855	0.21±0.21	0.52±0.05	0.32±0.32	0.58±0.20	0.37±0.10	0.69±0.11	0.38±0.03	0.91±0.59	0.51±0.02	1.14±0.57	0.70±0.18	0.83±0.11
867	t.e.	t.e.	t.e.	0.34±0.34	0.18±0.18	0.18±0.18	0.31±0.31	0.69±0.15	0.66±0.15	t.e.	t.e.	0.30±0.30
908	0.17±0.17	0.41±0.08	0.27±0.27	0.62±0.11	0.21±0.21	0.51±0.04	0.55±0.09	0.65±0.23	0.36±0.36	0.94±0.45	0.40±0.40	0.65±0.01
962	0.74±0.25	1.26±0.23	1.05±0.67	1.31±0.55	0.53±0.22	1.35±0.19	1.08±0.39	1.26±0.76	0.94±0.35	2.59±1.35	1.09±0.54	1.59±0.26
969	0.53±0.13	0.86±0.05	1.30±0.35	1.24±0.50	0.56±0.16	1.10±0.55	1.20±0.39	0.46±0.46	1.36±0.19	1.20±0.13	0.80±0.06	0.79±0.06
977	t.e.	t.e.	t.e.	0.19±0.19	t.e.	t.e.	0.60±0.25	0.81±0.29	t.e.	t.e.	t.e.	0.39±0.07
983	0.13±0.13	0.24±0.24	0.28±0.28	0.44±0.44	0.42±0.42	0.32±0.32	0.70±0.10	0.69±0.05	0.92±0.20	0.64±0.04	0.37±0.37	0.58±0.15
1030	2.68±0.39	0.87±0.37	1.33±0.36	0.63±0.38	0.50±0.12	1.12±0.31	0.76±0.53	0.60±0.15	1.28±0.28	1.59±0.04	1.93±0.63	1.68±0.71
1083	t.e.	t.e.	t.e.	0.18±0.18	0.19±0.19	t.e.	0.17±0.17	0.49±0.16	0.38±0.38	t.e.	t.e.	t.e.
1100	0.84±0.22	0.36±0.04	0.86±0.28	0.81±0.51	0.48±0.02	1.25±0.56	0.69±0.41	0.39±0.03	t.e.	0.21±0.21	t.e.	t.e.
1104	0.45±0.16	0.32±0.00	0.67±0.25	0.42±0.04	0.33±0.02	0.67±0.21	0.70±0.36	0.60±0.07	0.87±0.14	0.74±0.09	0.56±0.56	0.78±0.31
1225	t.e.	t.e.	t.e.	0.67±0.23	0.30±0.30	0.17±0.17	0.62±0.20	0.82±0.19	0.92±0.92	0.60±0.07	0.38±0.38	0.46±0.02
1317	t.e.	0.41±0.10	0.65±0.11	0.74±0.02	0.47±0.06	0.86±0.13	0.91±0.22	1.48±0.14	0.40±0.40	t.e.	t.e.	t.e.
1513	2.51±0.27	3.47±0.69	5.69±1.11	5.27±0.03	4.59±0.29	6.10±0.54	6.41±1.63	6.24±0.39	5.99±0.61	2.82±0.14	4.48±1.30	2.48±0.90

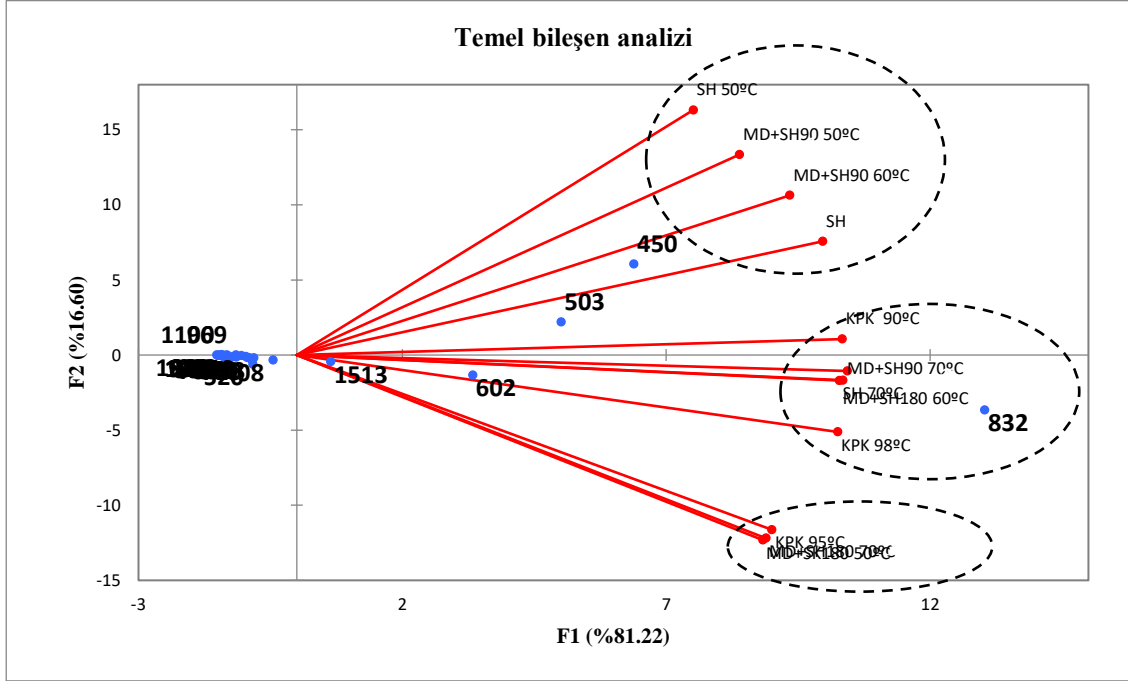
*Bileşenlerin adları Ek-4'de verilmiştir. Aİ: Alıkonma indeksi, X±Standard Hata. t.e.: Tespit edilemedi, SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Çizelge 4.28. Hidrokolloidler ile hazırlanan ve farklı kurutma şartlarında kurutulan pestillerin uçucu bileşenleri (%)

Aİ	SH			MD + SH90			MD + SH180			KPK		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	90°C	95°C	98°C
408	3.46±0.70	3.48±0.07	2.89±1.65	3.59±1.32	3.41±0.45	2.82±0.39	2.22±0.35	2.22±0.18	2.27±0.02	4.07±0.37	3.57±0.77	3.61±0.13
412	0.83±0.18	0.92±0.00	0.83±0.47	1.00±0.36	1.10±0.18	1.12±0.08	1.09±0.12	1.09±0.04	0.97±0.28	1.22±0.13	1.08±0.40	1.25±0.04
450	25.48±11.35	8.64±7.24	29.41±25.68	24.52±21.3	11.87±9.64	11.06±2.52	4.63±3.54	4.03±1.05	9.47±5.91	8.54±4.44	19.37±13.47	16.09±1.71
503	18.84±3.06	10.45±4.94	16.66±6.10	12.39±4.15	9.38±0.64	11.74±2.17	8.65±2.53	5.96±0.84	5.74±0.76	11.01±0.53	18.09±1.56	20.75±1.18
520	t.e.	t.e.	1.34±1.34	1.17±1.17	3.26±0.64	3.48±0.18	2.70±0.86	2.40±0.18	2.20±0.46	3.23±0.07	3.78±0.42	4.05±0.65
540	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.65±0.05	0.80±0.04	0.68±0.02	0.55±0.13	0.28±0.28	0.96±0.14	1.08±0.15
602	25.03±5.81	29.91±1.3	22.47±12.98	26.3±10.03	23.29±2.64	18.77±3.07	12.76±2.20	12.94±0.51	14.23±1.00	30.18±2.65	21.36±6.41	19.21±2.42
670	0.51±0.51	14.3±14.3	0.58±0.30	0.36±0.36	1.14±0.52	1.64±0.10	1.39±0.17	1.04±0.11	1.20±0.07	0.91±0.09	3.19±0.39	3.71±0.05
700	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.51±0.51	1.20±0.14	1.59±0.15	1.35±0.04	0.89±0.37	0.32±0.32	1.34±0.31	1.74±0.34
719	1.83±0.47	2.14±0.25	1.89±1.01	1.88±0.70	2.01±0.41	2.13±0.11	2.00±0.22	1.75±0.05	1.40±0.27	2.49±0.17	2.54±0.72	2.45±0.11
728	13.49±3.40	15.08±0.93	10.62±6.00	13.16±4.95	10.42±1.32	10.48±0.33	5.36±1.54	5.25±0.13	6.56±0.05	13.31±1.28	10.4±2.44	9.81±1.51
768	1.66±0.50	2.17±0.15	1.61±0.89	1.92±0.73	1.66±0.27	1.59±0.14	1.00±0.33	0.93±0.04	1.17±0.08	2.29±0.15	1.59±0.37	1.46±0.25
791	2.87±0.79	4.17±0.11	2.91±1.81	3.48±1.65	3.40±0.29	2.74±0.49	1.52±0.32	1.69±0.24	2.18±0.05	3.86±0.79	3.37±0.81	3.59±0.07
798	t.e.	0.27±0.27	0.44±0.20	0.76±0.36	0.63±0.01	0.53±0.11	t.e.	0.20±0.20	0.35±0.35	1.21±0.07	0.26±0.26	0.81±0.21
800	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.27±0.27	0.51±0.08	0.23±0.23	0.35±0.04	0.24±0.24	0.62±0.07	0.67±0.17	3.44±2.73
832	0.63±0.04	2.05±0.81	4.13±2.87	3.97±2.06	19.38±2.58	19.96±0.80	42.19±10.17	43.44±3.15	41.80±3.68	10.14±1.12	4.74±1.49	3.24±2.51
855	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.71±0.15	0.83±0.02	1.50±0.55	1.83±0.04	0.59±0.59	0.90±0.04	t.e.	t.e.
867	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.45±0.00	1.19±0.46	1.19±0.24	0.75±0.75	t.e.	t.e.	t.e.
905	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.46±0.02	0.61±0.07	0.76±0.06	0.36±0.36	t.e.	t.e.	t.e.
908	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.86±0.86	0.80±0.31	0.73±0.10	0.45±0.45	t.e.	t.e.	t.e.
962	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.55±0.04	1.19±0.43	1.22±0.09	0.44±0.44	t.e.	t.e.	t.e.
969	1.24±0.55	1.10±0.16	0.54±0.54	1.10±0.21	1.10±1.10	0.67±0.21	t.e.	0.58±0.02	0.86±0.49	0.40±0.40	t.e.	t.e.
976	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.48±0.90	1.21±0.09	2.34±0.72	4.09±0.10	1.72±1.72	t.e.	t.e.	t.e.
983	1.01±0.29	1.53±0.09	1.20±0.69	1.42±0.41	2.01±0.16	1.67±0.34	1.22±0.10	1.38±0.03	1.28±0.44	1.67±0.11	0.71±0.01	1.06±0.01
1042	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.43±0.03	0.41±0.05	0.44±0.00	0.21±0.21	t.e.	t.e.	t.e.
1083	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.33±0.33	0.71±0.71	0.78±0.08	0.17±0.17	t.e.	t.e.	t.e.
1513	3.12±1.18	3.79±0.13	2.48±1.01	2.99±1.13	2.98±0.61	2.13±0.41	1.90±0.65	1.68±0.31	1.95±0.13	3.34±0.37	3.00±0.45	2.66±0.10

*Bileşenlerin adları Ek-4'de verilmiştir. Aİ: Alıkonma indeksi, X±Standard Hata. t.e.: Tespit edilemedi. SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Farklı formülasyonlarla üretilen pestillerin uçucu bileşenlerinin kurutma şartlarına bağlı benzerlik ya da farklılıkların ortaya koyulması amacıyla uçucu bileşen sonuçlarına Temel Bileşen Analizi uygulanmıştır. Temel bileşen analizi sonuçları elde edilen grafikler geleneksel formülasyonla üretilen pestiller için Şekil 4.12’de, hidrokolloidler ile üretilen pestiller için Şekil 4.13’de verilmiştir.

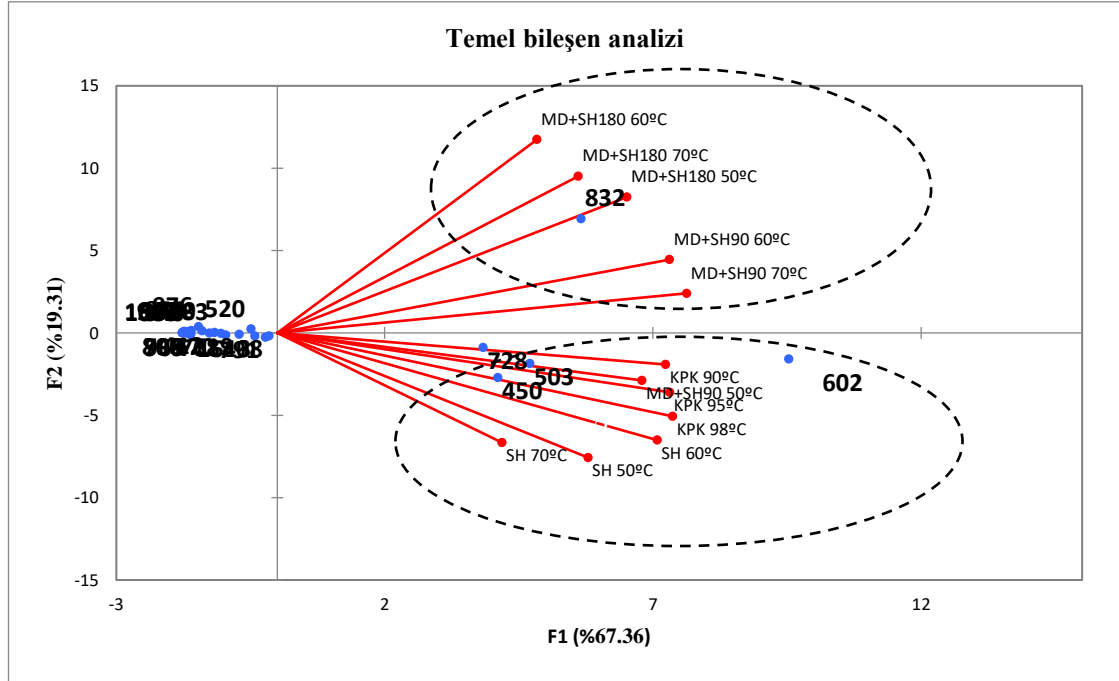


Şekil 4.12. Farklı kurutma şartlarında kurutulan geleneksel formülasyonla hazırlanan pestillerin uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları (SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereli kurutma)

Şekil 4.12’de verilen geleneksel formülasyonla üretilen pestillere ait temel bileşen analizi sonuçlarına göre 3 farklı grup oluşmuştur. İlk grupta 50 ve 60°C sıcaklıkta sıcak hava akımında ve mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma (90W) yöntemi ile üretilmiş pestiller toplanmıştır. Bu grubun ayırıcı bileşenleri etanol ve aseton olarak belirlenmiş ve bu gruptaki pestillerde furfural bileşeni daha düşük olarak belirlenmiştir. İkinci ve üçüncü grubun ayırıcı bileşenleri asetik asit ve furfural olmuş ve bu gruplar KPK ve mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma (180W) ile üretilmiş pestillerden oluşmuştur. Ancak mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma (180W) yöntemi ile üretilen pestillerin furfural miktarı çok daha yüksek olması nedeniyle mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutmalar kendi içinde ayrı bir grup oluşturmuştur.

Hidrokolloidler ile üretilen pestillerin temel bileşen analiz sonuçları geleneksel formülasyonla üretilen pestillere göre farklı sonuçlar vermiştir. Bu formülasyonda esmerleşme reaksiyonları yalnızca kurutma sırasında gerçekleştiği için mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutmalar ile üretilen pestiller ile sıcak hava akımında ve KPK yöntemi ile üretilen pestiller farklı gruplar oluşturmuştur. Beklenildiği üzere mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutmanın oluşturduğu grubun ayırıcı bileşeni

furfural olmuştur. İkinci grubun ayırıcı bileşenleri ise propanoik asit, etanol ve aseton olmuştur. Yüksek uçuculuğa sahip bu bileşenlerin mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma sırasında daha fazla kaybedilmesinin de bu grupların oluşmasında etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.13. Farklı kurutma şartlarında kurutulan hidrokolloidlerle hazırlanan pestillerin uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları (SH: Sıcak hava akımında kurutma, MD + SH: Mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencere kurutma)

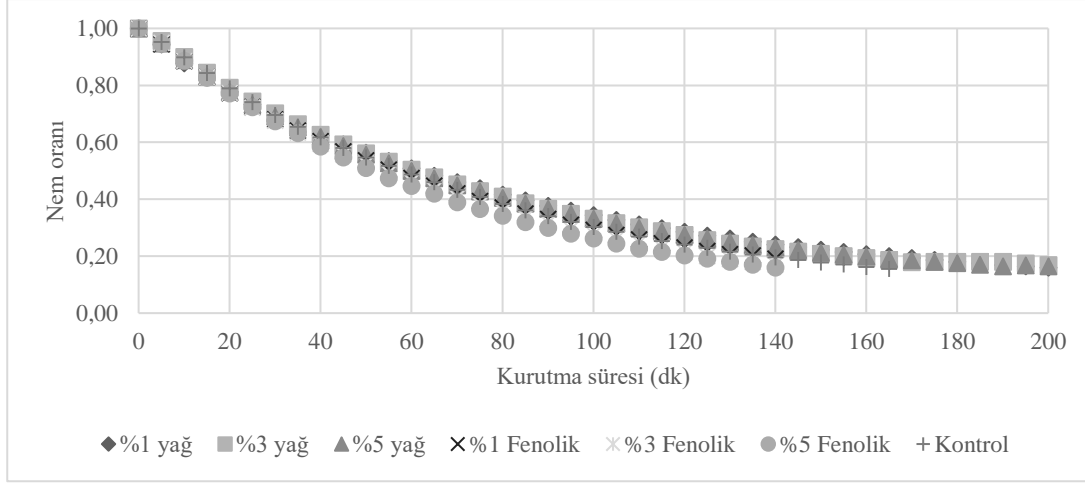
4.3. Zenginleştirilmiş Pestil Üretimi

Pestilin fonksiyonel bileşenler olan nar kabuğu fenolikleri veya nar çekirdek yağı ile zenginleştirilmesi tez projesinin özgün yönlerinden birisidir. Sanayide ve literatürde pestil ve benzeri ürünler genellikle kuruyemişlerle zenginleştirilmektedir. Pestilin sağlığa olumlu etkileri olan bileşenlerle zenginleştirilerek fonksiyonel özelliklerinin artırılmasına yönelik bir çalışma yürütülmemiştir. Yalnızca mango pestilinin soya proteini ile zenginleştirildiği bir çalışmaya rastlanılmıştır (Pushpa vd 2006).

Tez çalışması kapsamında zenginleştirme işlemi HMF açısından en iyi üretim koşulları olan hidrokolloid formülasyonu ve 50°C sıcak hava akımında kurutma uygulanmıştır. Bu amaçla, formülasyonda bulunan nar konsantresinin bir kısmı ayrı ayrı nar kabuğu fenolik ekstraktı veya nar çekirdek yağı ile değiştirilerek (son ürün kuru maddesinde %1, %3 veya %5 olacak şekilde) üretim gerçekleştirilmiş ve elde edilen zenginleştirilmiş pestillerin kuruma kinetiği ile renk, tekstür ve duyu özellikleri belirlenerek en iyi zenginleştirme oranları araştırılmıştır.

4.3.1. Kurutmanın matematiksel modellenmesi

Farklı oranlarda nar kabuğu ekstresi ve nar çekirdek yağı ile zenginleştirilen pestillerin kuruma zamanına bağlı nem oranı değişimi Şekil 4.14’de verilmiştir. Kurutma pestillerin nem oranı yaklaşık 0.15 olana kadar sürdürülmüştür. Sonuçlar değerlendirildiğinde pestile nar kabuğu ekstresi ilavesinin pestil kuruma süresini azalttığı, nar çekirdek yağı ilavesinin ise kuruma süresini arttırdığı görülmektedir. Elde edilen verilerin benzeri materyalleri modellemede yaygın olarak kullanılan 9 farklı matematiksel modele uygunluğu denenmiştir (Çizelge 4.29).



Şekil 4.14. 50°C sıcaklıkta kurutulan zenginleştirilmiş pestillerin nem oranının zamana bağlı değişimi

Her bir zenginleştirme denemesi için elde edilen R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri Çizelge 4.29’da sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre χ^2 değeri 8.66×10^{-6} ile 8.29×10^{-4} arasında, R^2 değeri 0.9855 ile 0.9999 arasında ve RMSE değeri ise 0.00236 ile 0.02880 arasında değişmiştir. Zenginleştirilmiş pestillerin kurumasını en iyi ifade eden modeller logaritmik ve Midilli modelleridir.

Zenginleştirilmiş pestillerin kurutulmasını en iyi modelleyen logaritmik ve Midilli modelleri katsayıları Çizelge 4.30’de verilmiştir. Logaritmik modele göre fenolik maddelerce zenginleştirilmiş pestillerin k değeri nar çekirdek yağı ile zenginleştirilmiş örneklere ve kontrole göre daha yüksektir. Ancak, Midilli modele göre belirlenen k değerleri varyasyon göstermiştir.

Çizelge 4.29. Zenginleştirilmiş pestillerin kurutulmasının farklı kurutma modellerine uygunluğu

Model No	Kontrol	Nar çekirdek yağı ile zenginleştirme			Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme			
		%1 yağ	%3 yağ	%5 yağ	%1 Fenolik	%3 Fenolik	%5 Fenolik	
χ^2	1	3.66E-05	6.00E-04	6.58E-04	5.87E-04	2.84E-05	4.62E-05	4.78E-05
	2	3.16E-05	6.09E-05	2.84E-04	1.21E-04	2.76E-05	8.36E-06	2.50E-05
	3	3.16E-05	6.09E-05	2.84E-04	1.21E-04	2.76E-05	8.35E-06	2.50E-05
	4	1.73E-04	8.29E-04	5.20E-04	6.79E-04	1.91E-04	2.65E-04	3.00E-04
	5	3.90E-05	6.30E-04	6.91E-04	1.37E-05	3.06E-05	4.98E-05	5.15E-05
	6	3.78E-05	2.62E-05	1.76E-04	6.25E-04	2.63E-05	6.60E-06	1.71E-05
	7	8.66E-06	1.63E-05	5.38E-05	1.35E-05	2.54E-05	8.54E-06	1.74E-05
	8	3.77E-05	3.56E-04	5.65E-04	4.14E-04	2.93E-05	3.26E-05	4.56E-05
	9	5.76E-06	5.57E-06	3.86E-05	1.03E-05	2.50E-05	6.22E-06	1.74E-05
RMSE	1	6.05E-03	2.45E-02	2.57E-02	2.42E-02	5.33E-03	6.80E-03	6.91E-03
	2	5.62E-03	7.81E-03	1.69E-02	1.10E-02	5.26E-03	2.89E-03	5.00E-03
	3	5.62E-03	7.81E-03	1.69E-02	1.10E-02	5.26E-03	2.89E-03	5.00E-03
	4	1.32E-02	2.88E-02	2.28E-02	2.61E-02	1.38E-02	1.63E-02	1.73E-02
	5	6.24E-03	2.51E-02	2.63E-02	3.70E-03	5.53E-03	7.06E-03	7.18E-03
	6	6.15E-03	5.12E-03	1.33E-02	2.50E-02	5.13E-03	2.57E-03	4.14E-03
	7	2.94E-03	4.04E-03	7.33E-03	3.68E-03	5.04E-03	2.92E-03	4.17E-03
	8	6.14E-03	1.89E-02	2.38E-02	2.03E-02	5.41E-03	5.71E-03	6.75E-03
	9	2.40E-03	2.36E-03	6.21E-03	3.22E-03	5.00E-03	2.49E-03	4.17E-03
Düzeltilmiş R ²	1	0.9994	0.9895	0.9890	0.9899	0.9996	0.9993	0.9993
	2	0.9995	0.9989	0.9952	0.9979	0.9996	0.9999	0.9996
	3	0.9995	0.9989	0.9952	0.9979	0.9996	0.9999	0.9996
	4	0.9973	0.9855	0.9913	0.9883	0.9971	0.9957	0.9953
	5	0.9994	0.9890	0.9884	0.9998	0.9995	0.9992	0.9992
	6	0.9994	0.9995	0.9970	0.9893	0.9996	0.9999	0.9997
	7	0.9999	0.9997	0.9991	0.9998	0.9996	0.9999	0.9997
	8	0.9994	0.9938	0.9905	0.9929	0.9996	0.9995	0.9993
	9	0.9999	0.9999	0.9994	0.9998	0.9996	0.9999	0.9997

Çizelge 4.30. Zenginleştirilmiş pestillerin kurutulmasını ifade eden model katsayıları

Zenginleştirme		Logaritmik			Midilli			
		a	k	c	a	k	n	b
Kontrol		0.97457	0.01289	0.03555	1.0048	0.0114	1.024	0.000209
Nar çekirdek yağı ile zenginleştirme	%1	0.89412	0.01295	0.09519	1.0023	0.0157	0.9314	0.000238
	%3	0.90759	0.01389	0.1051	1.0033	0.0113	1.0233	0.000448
	%5	0.89957	0.01362	0.09916	1.0032	0.0142	0.9661	0.000329
Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme	%1	0.9883	0.01477	0.01427	0.9998	0.0139	1.0143	0.000115
	%3	0.96317	0.01448	0.03502	1.0032	0.0158	0.9689	6.6E-05
	%5	0.96794	0.01496	0.03612	1.0077	0.0159	0.9758	9.58E-05

4.3.2. Zenginleştirilmiş pestilin renk özellikleri

Zenginleştirilmiş pestillerin L* değeri 31.04-34.78, ton açısı 27.05-31.55 ve doygunluk değeri 21.55-29.46 aralığında değişmiştir (Çizelge 4.31). Pestillerin fenolik maddelerce zenginleştirilmesi L* ve ton açısı değerlerinde farklılığa neden olmazken, doygunluk değerlerinde azalmalara neden olmuştur. Formülasyonda fenolik madde miktarının artması doygunluk değerinde kademeli azalışa neden olmuştur. Nar çekirdek yağı ile zenginleştirme ise tüm renk değerlerinde azalmalara neden olmuştur. Genel olarak fenolik maddelerce zenginleştirilen pestillerin renk değerleri aynı oranda nar çekirdek yağı ile zenginleştirilen örneklere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. Zenginleştirilmiş pestillerin renk değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Zenginleştirme		L*	Ton açısı	Doygunluk
Kontrol		33.25±0.23ab	31.55±0.08a	29.46±0.36a
Nar çekirdek yağı ile zenginleştirme	%1	32.62±0.05ab	27.65±0.04c	24.44±0.24c
	%3	31.37±0.28ab	27.47±0.12c	22.49±0.15d
	%5	31.04±0.18b	27.05±0.31c	21.55±0.37d
Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme	%1	33.93±0.47ab	28.99±0.00b	27.29±0.38b
	%3	34.78±2.53a	31.24±0.97a	24.23±0.19c
	%5	32.49±0.1ab	31.11±0.20a	24.08±0.08c

Aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.3.3. Zenginleştirilmiş pestilin tekstürel özellikleri

Zenginleştirilmiş pestillerin sertlik değerinin 17.37-30.25 N, elastikiyet değerinin 0.91-0.97 ve çignenebilirlik değerinin 16.78-26.01 N.s aralığında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Pestilin fenolik madde ile zenginleştirilmesi değerlendirilen tüm tekstür karakteristiklerinde azalmalara neden olurken, nar çekirdek yağı ile zenginleştirme ise artışa neden olmuştur.

Çizelge 4.32. Zenginleştirilmiş pestillerin tekstür değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Zenginleştirme		Sertlik (N)	Elastikiyet	Çignenebilirlik (N.s)
Kontrol		23.00±0.91b	0.94±0.00bc	20.24±0.44c
Nar çekirdek yağı ile zenginleştirme	%1	23.00±1.74b	0.94±0.00c	26.01±0.00b
	%3	27.74±0.15a	0.97±0.01ab	25.28±1.14b
	%5	30.25±0.81a	0.97±0.00a	29.32±0.19a
Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme	%1	19.99±0.02bc	0.91±0.02cd	19.29±0.37cd
	%3	17.37±2.41c	0.93±0.00cd	18.03±0.54de
	%5	18.96±0.86bc	0.92±0.00c	16.78±0.70e

Aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.3.4. Zenginleştirilmiş pestilin duyuşal özellikleri

Zenginleştirilmiş pestillerin duyuşal özellikleri formülasyon optimizasyon çalışmalarından farklı olarak 9 puanlık hedonik skala yöntemi kullanılarak görünüş, renk tekstür, koku, tat ve genel beğeni üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.33'de verilmiştir.

Kontrol pestilin görünüş ve renk puanları sırasıyla 6.17 ve 5.83 olarak belirlenmiş ve hem nar çekirdek yağı ile zenginleştirme hem de fenolik maddelerce zenginleştirme ile görünüş ve renk puanları artmıştır. Tekstür, koku ve tat puanları açısından değerlendirildiğinde fenolik maddelerle zenginleştirilen pestiller ile kontrol pestillerin benzer puanlar aldığı, ancak nar çekirdek yağı ile zenginleştirmenin bu özellikler açısından negatif etki gösterdiği tespit edilmiştir. Tat ve koku puanlarına paralel şekilde kontrol ve nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirilmiş örnekler konsantrasyondan bağımsız olarak en yüksek genel beğeni puanına sahip olmuştur.

Zenginleştirme çalışmalarından elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde nar çekirdek yağı ile zenginleştirmenin duyuşsal olarak kabul edilebilir olmadığı bu nedenle ilerleyen çalışmalarda nar çekirdek yağı ile zenginleştirme yapılmamasına karar verilmiştir. Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirilen pestillerin konsantrasyondan bağımsız olarak benzer beğeni puanları alması nedeniyle fonksiyonelliği arttırmak için depolama çalışmalarında %5 oranında zenginleştirilmiş ürünlerin kullanılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 4.33. Zenginleştirilmiş pestillerin duyuşsal puanları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnek		Görünüş	Renk	Tekstür
Kontrol		6.17±0.75d	5.83±0.50d	7.00±0.25ab
Nar çekirdek yağı ile zenginleştirme	%1	7.45±0.12abc	7.55±0.12ab	6.92±0.08ab
	%3	7.92±0.08ab	8.38±0.04a	6.83±0.42ab
	%5	8.25±0.08a	8.54±0.04a	6.58±0.08b
Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme	%1	7.17±0.42ab	7.46±0.04a	7.33±0.25ab
	%3	7.75±0.25a	8.08±0.33a	7.13±0.29ab
	%5	7.75±0.08a	7.79±0.54a	7.50±0.08a
		Koku	Tat	Genel beğeni
Kontrol		6.63±0.21a	7.33±0.08a	6.92±0.08a
Nar çekirdek yağı ile zenginleştirme	%1	5.48±0.19b	6.21±0.21b	6.10±0.24bc
	%3	4.67±0.17c	4.54±0.21c	5.00±0.00d
	%5	5.21±0.13bc	4.92±0.17c	5.63±0.04c
Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme	%1	6.88±0.04ab	6.92±0.25a	7.17±0.08a
	%3	7.29±0.13a	7.21±0.04a	7.33±0.08a
	%5	7.04±0.21ab	7.00±0.25a	7.21±0.29a

Aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.4. Depolamanın Pestil Özellikleri Üzerine Etkisi

Tez çalışması kapsamında fizikokimyasal özellikler açısından en iyi pestil üretimini sağlayan formülasyon kullanılarak hazırlanan 4 farklı pestil 4, 22 ve 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde depolanmıştır. Depolama çalışmalarında kullanılan örnekler aşağıda sıralanmıştır.

1. 50°C sıcak hava akımında kurutulmuş kontrol (zenginleştirilmemiş) pestil
2. 95°C sıcaklıkta kırım pencereleli kurutma ile üretilmiş bal yerine şeker şurubu içeren kontrol (zenginleştirilmemiş) pestil
3. 50°C sıcak hava akımında kurutulmuş zenginleştirilmiş pestil
4. 95°C sıcaklıkta kırım pencereleli kurutma ile üretilmiş bal yerine şeker şurubu içeren zenginleştirilmiş pestil

Depolama süresince 35°C sıcaklıkta haftalık olarak, 4 ve 22°C sıcaklıklarda ise aylık olarak örnekleme yapılarak pestillerin fizikokimyasal özellikleri analiz edilmiştir.

4.4.1. Nem miktarı ve su aktivitesi

Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin nem miktarı ve su aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.34'de, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.35'de verilmiştir.

Pestil örneklerinin kurutulması sırasında mümkün olduğunca benzer nem düzeyine kadar kurutulması amaçlanmıştır. Bu nedenle pestillerin başlangıç nem içeriği yaklaşık 14 g/100 g olarak belirlenmiştir. Ancak depolama süresince meydana gelen nem değişimleri nedeniyle tüm depolama sıcaklıklarında bazı faktörler ve faktörlerin interaksyonları önemli düzeyde etkili olmuştur (Çizelge 4.34). Tüm depolama sıcaklıklarında kırım pencere kurutma ile kurutulan pestillerin nem içeriği sıcak hava akımında kurutulan pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Depolama süresince pestillerin nem içeriği azalma göstermiştir. Bu azalış 35°C’de depolanan pestillerde daha belirgin olarak gözlenmiştir (Çizelge 4.35). Durian pestillerinin depolanması süresince fizikokimyasal özelliklerinin izlendiği bir çalışmada da nem içeriğinde benzeri varyasyonların görüldüğü rapor edilmiştir (Irwandi vd 1998).

Pestillerin su aktivitesi depolama süresince 0.594-0.566 arasında değişim göstermiştir. Su aktivitesinde meydana gelen değişimler pestillerin nem içeriğine benzer şekilde seyretmiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada, başlangıç su aktivitesi 0.597 olan durian pestillerinin depolama süresince su aktivitesinin 0.517-0.623 arasında varyasyon gösterdiği bildirilmiştir (Irwandi vd 1998). Azeredo vd (2006) mango pestillerinin su aktivitesinde depolama süresince artış meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.34. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerleri değişimine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Nem miktarı						
	4°C		22°C		35°C		F
	SD	KO	F	KO	F	KO	
Formülasyon (F)	1	4.90	26.12**	1.35	5.12*	0.22	1.63
Kurutma yöntemi (K)	1	6.32	33.73**	3.43	12.98**	7.68	56.66**
Depolama süresi (D)	1	2.23	11.89**	2.14	8.13**	13.33	98.32**
F×K	4	0.20	1.08	0.13	0.49	0.76	5.64*
F×D	4	1.00	5.31**	0.93	3.53*	0.86	6.37**
K×D	4	0.25	1.32	0.30	1.15	0.32	2.38
F×K×D	4	0.99	5.27**	1.95	7.41**	0.54	3.98*
Hata	20	0.19		0.26		0.14	
Su aktivitesi							
Formülasyon (F)	1	0.00029	28.24**	0.00009	6.18*	0.00002	1.8
Kurutma yöntemi (K)	1	0.00022	21.39**	0.00008	5.37*	0.00030	24.2**
Depolama süresi (D)	1	0.00014	13.93**	0.00015	10.22*	0.00086	68.7**
F×K	4	0.00000	0.35	0.00001	0.51	0.00063	5.0*
F×D	4	0.00005	4.80**	0.00005	3.21*	0.00003	2.3
K×D	4	0.00004	3.47*	0.00004	3.19*	0.00006	4.7**
F×K×D	4	0.00005	4.89**	0.00011	7.98**	0.00002	1.5
Hata	20	0.00001		0.00001		0.00001	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.35. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin nem miktarı (g/100 g) ve su aktivitesi değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)					
	Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.	
4°C	Nem miktarı	14.18±0.14a	13.48±0.23b	14.23±0.13a	13.44±0.23b	14.67±0.25a	13.7±0.26b	13.89±0.32b	13.69±0.34b	13.22±0.29c
	Su aktivitesi	0.589±0.001a	0.584±0.002b	0.589±0.001a	0.584±0.002b	0.594±0.002a	0.585±0.002bc	0.587±0.002b	0.585±0.003bc	0.583±0.002c
22°C	Nem miktarı	14.06±0.15a	13.69±0.24b	14.17±0.14a	13.58±0.24b	14.67±0.25a	14.13±0.25b	13.62±0.23bc	13.44±0.3c	13.52±0.38c
	Su aktivitesi	0.588±0.001a	0.586±0.002b	0.589±0.001a	0.586±0.002b	0.594±0.002a	0.589±0.002b	0.586±0.002bc	0.583±0.002c	0.584±0.003c
35°C	Nem miktarı	12.79±0.33a	12.94±0.28a	13.31±0.26a	12.43±0.32b	14.67±0.25a	13.42±0.17b	12.71±0.24c	12.35±0.28c	11.19±0.3d
	Su aktivitesi	0.578±0.003a	0.58±0.002a	0.582±0.002a	0.577±0.003b	0.594±0.002a	0.585±0.002b	0.578±0.002c	0.575±0.002d	0.566±0.002e

SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereleli kurutma, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.4.2. Renk

Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin renk değerleri üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.36'da, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Örneklerin L* değerlerinin varyans analiz sonuçları incelendiğinde tüm sıcaklıklarda depolama süresinin önemli düzeyde ($P<0.01$) etkili olduğu, formülasyonun ise 4 ve 22°C sıcaklıklarda depolanan örneklerin L* değeri üzerine etkili olduğu görülmektedir. 22°C ve 35°C'de depolanan örneklerin L* değeri formülasyon × kurutma yöntemi interaksyonundan da önemli düzeyde ($P<0.01$) etkilenmiştir (Çizelge 4.36).

Örneklerin L* değerleri 32.08 ile 36.05 arasında değişmiştir (Çizelge 4.37). Kontrol ve zenginleştirilmiş örneklerin L* değerleri tüm sıcaklıklarda benzer olarak tespit edilmiştir. Sıcak hava akımında kurutulan ve 4 ve 22°C'lerde depolanan örneklerin L* değerleri kırım pencere kurutma yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha yüksek olarak bulunurken, bu farklılık 35°C'de gözlenmemiştir. 22 ve 35°C sıcaklıklarda depolama, örneklerin L* değerinde kademeli bir azalmaya neden olmuştur. 4°C'de 120 günlük depolama süresince örneklerin L* değeri istatistiki açıdan benzerlik göstermiştir.

Örneklerin ton açısı değerinin varyans analiz sonuçları incelendiğinde tüm sıcaklıklarda tüm uygulamaların ve bunların interaksyonlarının önemli düzeyde ($P<0.01$) etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Ton açısı değerleri açısından zenginleştirilmiş örneklerin kontrol örneklerine göre, kırım pencere kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise sıcak hava akımında kurutulan örneklere göre daha yüksek ton açısı değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.37). Çizelge 4.37 incelendiğinde pestillerin depolanması ile ton açısı değerlerinin kademeli bir artış gösterdiği görülmektedir. Beklenildiği üzere, ton açısı değerlerinde gözlenen bu artışın 4°C'de depolanan örneklerde, yüksek sıcaklıklarda depolanan örneklere göre daha yavaş olduğu gözlenmiştir.

Örneklerin doygunluk değerleri tüm sıcaklıklarda kurutma yöntemi, depolama süresi ve formülasyon × kurutma yöntemi interaksyonuna göre farklılık göstermiştir (Çizelge 4.36). Kontrol ve zenginleştirilmiş örneklerin ton açısı değerleri genel olarak benzer bulunmuştur. Kırım pencere kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ton açısı değerleri sıcak hava akımında kurutulan örneklere göre daha düşük olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.37). Çizelge 4.37'de görüldüğü üzere pestillerin depolanması ile doygunluk değerleri kademeli bir azalış göstermiştir.

Wandi ve Man (1996) 3 farklı formülasyonla üretilen durian pestillerini oda sıcaklığında 12 hafta boyunca depolamış ve depolama boyunca ürün rengini analiz etmişlerdir. Depolama süresince örneklerin L* ve b* değerlerinde kademeli bir azalış gözlenirken, a değerinde ise artış gözlenmiştir. Depolama başında formülasyona bağlı olarak bir renk farklılığı gözlenirken 12 hafta depolama sonunda analiz edilen L*, a* ve b* değerleri birbirine benzer bulunmuştur. Farklı materyaller ile albalajlanmış durian pestillerinin 12 hafta sonunda L* ve b* değerlerinde azalma, a* değerlerinde ise artma olduğu tespit edilmiştir (Irwandi vd 1998). Bu değişimlerin en yüksek düşük yoğunluklu polietilen film ile ambalajlanmış pestillerde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Renk değişimlerinde en az değişim ise lamine alüminyum folyo ile ambalajlanmış pestillerde belirlenmiştir (Irwandi vd 1998). Diğer çalışmaların aksine Azeredo vd (2006) 6 aylık

depolama süresince mango pestilinin L*, a* ve b* değerlerinin istatistiksel açıdan benzer olduğunu bildirmiştir. Sonuçlar arasında görülen farklılıkların örneklerin kimyasal özellikleri, ambalajlama materyali ve depolama koşullarından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında elde edilen renk sonuçları değerlendirildiğinde pestillerin nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirilmesinin depolama süresince renk farklılıklarına neden olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresince kırınım pencereli kurutma yöntemi ile kurutulan pestillerde daha fazla renk değişimi gözlenmiştir. Depolama süresince örneklerin renk değerleri kademeli değişim göstermiştir. Renk değişimlerini sınırlandırmak için pestillerin 4°C’de depolanması gerekmektedir.

Çizelge 4.36. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin renk değerleri değişimine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	L*						
	4°C			22°C		35°C	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	0.60	1.69	0.83	1.84	0.45	0.98
Kurutma yöntemi (K)	1	10.54	29.97**	7.57	16.66**	0.21	0.47
Depolama süresi (D)	1	16.34	46.44**	8.80	19.38**	14.39	31.44**
F×K	4	1.92	1.37	13.31	29.30**	5.04	11.01**
F×D	4	0.95	0.68	1.19	2.62	0.13	0.30
K×D	4	2.90	2.06	0.29	0.64	0.45	0.98
F×K×D	4	3.56	2.53	1.00	2.21	0.64	1.40
Hata	20	0.35		0.45		0.46	
Ton açısı							
Formülasyon (F)	1	12.78	17.76**	11.80	12.53**	24.75	28.07**
Kurutma yöntemi (K)	1	89.52	124.33**	72.72	77.19**	88.33	100.17**
Depolama süresi (D)	1	289.93	402.70**	897.83	952.94**	600.40	680.87**
F×K	4	12.87	17.88**	13.00	13.80**	32.94	37.36**
F×D	4	42.18	58.59**	49.06	52.07**	34.25	38.85**
K×D	4	6.90	9.59**	7.88	8.37**	13.45	15.26**
F×K×D	4	4.59	6.38*	4.47	4.75**	19.55	22.18**
Hata	20	0.72		0.94		0.88	
Doygunluk							
Formülasyon (F)	1	0.46	1.23	0.16	0.35	4.47	4.76*
Kurutma yöntemi (K)	1	49.35	131.62**	23.23	50.90**	4.38	4.66*
Depolama süresi (D)	1	13.13	35.02**	82.44	180.59**	146.08	155.42**
F×K	4	11.21	29.89**	8.84	19.37**	10.81	11.50**
F×D	4	0.77	2.06	1.26	2.76	0.74	0.79
K×D	4	0.42	1.11	2.01	4.42*	1.51	1.61
F×K×D	4	1.08	2.89*	0.66	1.45	0.79	0.84
Hata	20	0.37		0.46		0.94	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.37. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin renk değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

		Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)				
		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.
4°C	L*	35.66±0.30a	35.42±0.16a	36.05±0.22a	35.03±0.20b	35.35±0.36a	35.74±0.55a	35.87±0.27a	35.38±0.43a	35.36±0.23a
	Ton açısı	37.37±1.21b	38.50±1.57a	36.44±1.45b	39.43±1.28a	29.91±1.28e	34.63±1.28d	37.58±1.48c	43.06±0.73b	44.51±0.37a
	Doygunluk	24.90±0.45a	25.12±0.37a	26.12±0.30a	23.9±0.35b	27.09±0.57a	25.27±0.67b	24.64±0.43bc	24.23±0.37cd	23.82±0.54d
22°C	L*	34.15±0.30a	33.86±0.33a	34.44±0.31a	33.57±0.29b	35.35±0.36a	34.72±0.31a	33.83±0.29b	33.42±0.28b	32.69±0.58c
	Ton açısı	45.96±2.05b	47.05±2.48a	45.16±2.37b	47.86±2.14a	29.91±1.28e	43.01±1.47d	49.06±1.53c	54.58±0.38b	55.97±0.44a
	Doygunluk	21.75±0.70a	21.88±0.73a	22.58±0.74a	21.05±0.64b	27.09±0.57a	22.44±0.60b	20.69±0.41c	19.86±0.25d	19.01±0.32e
35°C	L*	33.81±0.30a	33.60±0.33a	33.78±0.33a	33.63±0.31a	35.35±0.36a	34.65±0.28a	33.72±0.17b	32.73±0.2c	32.08±0.28c
	Ton açısı	43.36±1.40b	44.93±2.33a	42.66±1.79b	45.63±2.00a	29.91±1.28d	42.69±0.42c	46.38±0.52b	50.53±1.7a	51.20±1.66a
	Doygunluk	19.61±0.88b	20.28±0.94a	20.28±0.97a	19.62±0.84b	27.09±0.57a	20.52±0.35b	18.24±0.32c	17.50±0.38c	16.38±0.45d

SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.4.3. Tekstürel özellikler

Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin sertlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.38'de, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Varyans analiz sonuçları incelendiğinde 4°C'de depolanan örneklerin sertlik değerlerinin tüm faktörlerden ve bu faktörlerin interaksyonlarından, 22°C'de depolanan örneklerin sertlik değerlerinin formülasyon dışındaki faktörlerden ve tüm faktörlerin interaksyonlarından önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. 35°C'de depolanan örneklerin sertlik değerleri ise yalnızca kurutma yöntemi, depolama süresi ve kurutma yöntemi × depolama süresi interaksyonundan önemli düzeyde etkilenmiştir (Çizelge 4.38).

Örneklerin sertlik değerleri 21.64 ile 30.68 N arasında değişmiştir (Çizelge 4.38). Genel olarak kontrol ve zenginleştirilmiş örneklerin sertlik değerleri benzer olarak tespit edilmiştir. Sıcak hava akımında kurutulan örneklerin sertlik değerleri kırımım pencereci kurutma yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha düşük olarak belirlenmiştir. Tüm sıcaklıklarda depolama süresince pestillerin sertlik değerlerinde azalış meydana gelmiştir.

Benzer şekilde mango pestilinin 6 aylık depolama süresince tekstürel özelliği Volodkevich ısırma çenesi probu kullanılarak analiz edilmiş ve depolama ile kademeli olarak azalarak 10.72 kgf'den 6.11 kgf'ye düştüğü bildirilmiştir (Azeredo vd 2006). Ancak dut pestilinin sertliğinin 4 aylık depolama süresince varyasyon gösterdiği rapor edilmiştir (Boz 2012).

Örneklerin elastikiyet değerleri 0.94 ile 0.98 arasında değişmiş ve depolama süresince varyasyon göstermiştir. Tüm depolama sıcaklıkları genel olarak değerlendirildiğinde elastikiyet değerlerinin yalnızca formülasyondan etkilendiği söylenebilir (Çizelge 4.38). Nitekim kontrol pestillerin elastikiyet değerinin zenginleştirilmiş pestillere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.39). Bu farklılığın zenginleştirme sırasında meyve konsantresinin bir kısmının nar kabuğu fenolikleri ile değiştirilmesinden kaynaklanan değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Örneklerin çiğnenebilirlik değerlerinin varyans analiz sonuçları incelendiğinde, tüm sıcaklıklarda kurutma yöntemi, depolama süresi ve formülasyon × depolama süresi interaksyonlarının bu özellik üzerine önemli düzeyde etkili ($P < 0.01$) olduğu belirlenmiştir. Formülasyonun ise 4 ve 35°C'de depolanan örneklerin çiğnenebilirlik değeri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir.

Pestillerin çiğnenebilirlik değerleri 20.33 ve 29.81 N.s arasında değişim göstermiştir. Çiğnenebilirlik değeri sertlik ve elastikiyet değerlerinin bir fonksiyonu olduğu için sonuçlar sertlik sonuçlarına paralel olarak bulunmuştur. Nitekim sıcak hava akımında kurutulan örneklerin çiğnenebilirlik değerleri kırımım pencereci kurutma yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha düşük olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.39). Depolama ile pestillerin çiğnenebilirlik değerlerinde azalış meydana gelmiştir.

Tez çalışması kapsamında elde edilen tekstür sonuçları değerlendirildiğinde pestillerin nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirilmesinin pestillerin elastikiyetini arttırdığı belirlenmiştir. Depolama süresince kırım pencere kurutma yöntemi ile kurutulan pestillerin sertlik ve çignenebilirlik değerleri daha yüksek bulunmuştur. Depolama süresince örneklerin sertlik ve çignenebilirlik değerleri kademeli azalış göstermiştir.

Çizelge 4.38. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin tekstür değerleri değişimine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sertlik						
	4°C		22°C		35°C		
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	18.02	14.48**	0.04	0.03	0.006	0.01
Kurutma yöntemi (K)	1	185.68	149.18**	193.69	146.85**	32.06	37.47**
Depolama süresi (D)	1	82.01	65.89**	88.67	67.23**	9.55	11.17**
F×K	4	19.95	16.03**	96.08	72.84**	0.49	0.58
F×D	4	16.23	13.04**	13.29	10.08**	3.57	4.18*
K×D	4	11.51	9.25**	6.28	4.76**	4.00	4.69**
F×K×D	4	3.69	2.97*	6.83	5.18**	1.79	2.10
Hata	20	1.24		1.32		0.86	
Elastikiyet							
Formülasyon (F)	1	0.002	16.62**	0.003	4.55*	0.001	13.43**
Kurutma yöntemi (K)	1	0.0004	2.64	0.0004	0.61	0.005	49.09**
Depolama süresi (D)	1	0.0004	3.04*	0.0009	1.44	0.0006	5.97**
F×K	4	0.00004	0.32	0.0008	1.26	0.00004	0.45
F×D	4	0.002	14.11**	0.0014	2.25	0.001	11.70**
K×D	4	0.0008	5.64**	0.0004	0.70	0.004	4.63**
F×K×D	4	0.0002	1.92	0.0002	0.26	0.001	11.04**
Hata	20	0.0001		0.0006		0.0001	
Çignenebilirlik							
Formülasyon (F)	1	28.72	31.27**	3.20	2.21	5.17	5.15*
Kurutma yöntemi (K)	1	209.16	227.72**	207.72	143.72**	55.55	55.33**
Depolama süresi (D)	1	79.77	86.84**	86.57	59.90**	6.44	6.41**
F×K	4	4.56	4.97*	47.86	33.12**	0.61	0.61
F×D	4	21.41	23.31**	16.25	11.24**	6.22	6.20**
K×D	4	6.59	7.18**	5.73	3.96*	1.46	1.45
F×K×D	4	2.44	2.66	7.87	5.44**	3.66	3.64*
Hata	20	0.92		1.44		1.00	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.39. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin tekstür değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

		Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)				
		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.
4°C	Sertlik (N)	27.18±1.01a	25.84±0.88b	24.36±1.04b	28.66±0.53a	30.68±0.57a	28.49±1.12b	25.67±0.90c	25.43±1.34c	22.28±1.59d
	Elastikiyet	0.96±0.01a	0.95±0.00b	0.95±0.00a	0.96±0.01a	0.96±0.01a	0.95±0.01ab	0.94±0.00b	0.96±0.01a	0.95±0.01ab
	Çiğnenebilirlik (N.s)	26.03±1.06a	24.34±0.80b	22.90±0.93b	27.47±0.65a	29.28±0.72a	27.15±1.23b	23.81±0.82c	24.62±1.53c	21.06±1.33d
22°C		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.
	Sertlik (N)	26.76±0.97a	26.70±1.05a	24.53±0.91b	28.93±0.84a	30.68±0.57a	28.31±1.13b	26.89±1.20c	26.12±1.31c	21.64±1.67d
	Elastikiyet	0.96±0.01a	0.95±0.00b	0.95±0.01a	0.96±0.01a	0.96±0.01a	0.95±0.01a	0.96±0.01a	0.96±0.02a	0.94±0.01a
Çiğnenebilirlik (N.s)	25.82±1.03a	25.26±0.96a	23.26±0.84b	27.82±0.85a	29.28±0.72a	26.95±1.24b	25.86±0.95bc	25.28±1.4c	20.33±1.54d	
35°C		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	7.	14.	21.	28.
	Sertlik (N)	29.42±0.40a	29.39±0.41a	28.51±0.43b	30.30±0.24a	30.68±0.57a	29.93±0.53ab	29.63±0.32b	29.03±0.35b	27.76±0.85c
	Elastikiyet	0.97±0.00a	0.96±0.01b	0.96±0.00b	0.98±0.01a	0.96±0.01b	0.97±0.01b	0.96±0.01b	0.98±0.01a	0.97±0.01b
Çiğnenebilirlik (N.s)	28.99±0.37a	28.27±0.50b	27.45±0.46b	29.81±0.22a	29.28±0.72a	28.79±0.68a	29.18±0.39a	28.82±0.47a	27.07±0.96b	

SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.4.4. Fenolik madde miktarları

Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı ve toplam proantosiyanidin miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.40'da, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Örneklerin toplam fenolik madde miktarlarının varyans analiz sonuçları incelendiğinde 22°C sıcaklıktaki formülasyon × kurutma yöntemi, formülasyon × depolama süresi interaksiyonları dışındaki tüm uygulamaların ve bunların interaksiyonlarının bu özellik üzerine önemli düzeyde (P<0.01) etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.40). 4 ve 35°C'de depolanan örneklerin toplam fenolik madde içeriği ise tüm faktörlere ve bunların interaksiyonuna göre önemli düzeyde değişim göstermiştir.

Pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarları 1195.7 ile 1932.4 mg GAE/100 g km aralığında değişmiştir. Zenginleştirme işleminde nar kabuğundan ekstrakte edilen fenolik maddeler pestil formülasyonuna ilave edilmiştir. Bu nedenle zenginleştirilmiş pestillerin daha fazla toplam fenolik madde içeriğine sahip olması beklenmektedir. Nitekim zenginleştirilmiş pestillerin kontrol pestillere göre yaklaşık 1.5 kat daha fazla toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.41). Sıcak hava akımında kurutulan örneklerin toplam fenolik madde içeriği kırım pencere kurutma yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince pestillerin toplam fenolik madde miktarı azalış göstermiştir. Ancak özellikle 35°C'de depolanan örneklerde depolamanın 14. gününden sonra kısmi bir artış gözlenmiştir. Bu artışın bu örneklerde meydana gelen esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan ve toplam fenolik madde analizinde girişimde bulunan maddelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim 4 ve 22°C sıcaklıklarda depolanan örneklerde esmerleşme reaksiyonları daha kısıtlı gerçekleştiği için bu artış gözlenmemiştir. 6 ay depolama süresince yalancı iğde pestilinde toplam fenolik madde miktarının değişmediği rapor edilmiştir (Kaushal vd 2013). Ayrıca depolama süresince ellajitanenlerin parçalanması sonucu serbest hale geçen ellajik asitin de bu değişime neden olabileceği değerlendirilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre pestillerin toplam flavonoid madde miktarlarının tüm sıcaklıklarda formülasyona göre önemli düzeyde (P<0.01) değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.40). Ayrıca 35°C sıcaklıkta depolanan örneklerin toplam flavonoid madde miktarları depolama süresi ve kurutma yöntemi × depolama süresi, 22°C sıcaklıkta depolanan örneklerin toplam flavonoid madde miktarları kurutma yöntemi, kurutma yöntemi × depolama süresi ve formülasyon × kurutma yöntemi × depolama süresi, 4°C'de depolanan örneklerin toplam flavonoid madde miktarları ise kurutma yöntemi ve kurutma yöntemi × depolama süresi interaksiyonlarından önemli düzeyde etkilenmiştir.

Pestil örneklerinin toplam flavonoid madde miktarları 158.30 ile 188.87 mg KE/100 g km aralığında değişmiştir. Toplam fenolik madde miktarına benzer şekilde zenginleştirilmiş pestillerin toplam flavonoid madde miktarı kontrol örneklerine göre %33 daha fazla bulunmuştur. Sıcak hava akımında kurutulan örneklerin toplam flavonoid madde içeriği kırım pencere kurutma yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha

yüksek olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince pestillerin toplam flavonoid madde miktarı kademeli olarak azalış göstermiştir (Çizelge 4.41).

Varyans analiz sonuçlarına göre pestillerin toplam proantosiyanidin miktarlarının 35°C sıcaklıkta depolanan örneklerde formülasyon ve 4°C sıcaklıkta depolanan örneklerde formülasyon × kurutma yöntemi × depolama süresi dışındaki tüm varyasyon kaynaklarından önemli düzeyde etkilendiği görülmektedir (Çizelge 4.40).

Pestil örneklerinin toplam proantosiyanidin miktarları 158.3 ile 245.71 mg SYD/100 g km aralığında değişmiştir. Genel olarak kontrol örneklerin toplam proantosiyanidin miktarları zenginleştirilmiş örneklere göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Bu nedenle zenginleştirilme işleminde kullanılan nar kabuğu fenoliklerinin proantosiyanidin içermediği sonucuna varılmıştır. Sıcak hava akımında kurutulan örneklerin toplam proantosiyanidin miktarı kırımım pencereleli kurutma yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince pestillerin toplam proantosiyanidin miktarı kademeli olarak azalış göstermiştir (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.40. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı ve toplam proantosiyanidin miktarları değişimine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Toplam fenolik madde miktarı						
	4 °C		22°C			35°C	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	5427888.8	1904.51**	3049057.2	356.57**	3696469.3	1288.51**
Kurutma yöntemi (K)	1	148665.6	52.16**	1707789.5	199.71**	112078.1	39.07**
Depolama süresi (D)	1	85106.9	29.86**	202788.5	23.71**	158001.1	55.08**
F×K	4	17276.3	6.06*	14303.6	1.67	328815.2	114.62**
F×D	4	12219.1	4.29*	9119.01	1.07	20414.5	7.12**
K×D	4	13672.8	4.80**	38533.8	4.51**	29847.9	10.40**
F×K×D	4	77792.9	27.30**	90919.01	10.63**	22319.9	7.78**
Hata	20	2850		8551.2		2868	
Toplam flavonoid madde miktarı							
Formülasyon (F)	1	17533.2	283.78**	11071.5	146.45**	15924.4	438.72**
Kurutma yöntemi (K)	1	374.9	6.07*	650.3	8.60**	148.1	4.08
Depolama süresi (D)	1	17.8	0.29	78.1	1.03	305.7	8.42**
F×K	4	305.7	4.95*	176.3	2.33	129.82	3.58
F×D	4	67.1	1.09	115.8	1.53	20.95	0.58
K×D	4	120.1	1.94	358.1	5.09**	135.29	3.73*
F×K×D	4	157.0	2.54	219.9	2.91*	87.68	2.42
Hata	20	61.8		75.6		36.30	
Toplam proantosiyanidin miktarı							
Formülasyon (F)	1	567.78	15.99**	131.69	4.91*	3.47	0.07
Kurutma yöntemi (K)	1	2015.38	56.77**	7412.15	276.10**	10801.13	206.64**
Depolama süresi (D)	1	5568.35	156.85**	9399.35	350.13**	7793.26	149.09**
F×K	4	179.33	5.05*	172.39	6.42*	405.76	7.76*
F×D	4	162.41	4.57**	497.73	18.54**	314.28	6.01**
K×D	4	416.41	11.73**	93.32	3.48*	219.10	4.19*
F×K×D	4	19.36	0.55	129.44	4.82**	298.31	5.71**
Hata	20	35.50		26.85		52.27	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.41. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100 g km), toplam flavonoid madde miktarı (mg KE/100 g km) ve toplam proantosiyanidin miktarı (mg SYD/100 g km) değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)					
	Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.	
4°C	Toplam fenolik madde	1195.7±40.9b	1932.4±30.0a	1625.0±98.1a	1503.1±82.7b	1736.8±143.9a	1562.2±164.8b	1538.9±142.4b	1518.0±144.5bc	1464.3±138.9c
	Toplam flavonoid madde	146.99±1.04b	188.87±2.79a	170.99±5.59a	164.87±4.77b	166.05±7.54a	167.23±8.85a	169.86±9.66a	167.58±9.73a	168.94±6.98a
	Toplam proantosiyanidin	214.65±5.71a	207.11±6.32b	217.98±7.01a	203.78±4.43b	245.71±7.00a	228.37±6.38b	207.56±2.32c	191.59±1.90d	181.18±2.46e
22°C	Toplam fenolik madde	1338.0±66.0b	1890.2±64.9a	1820.7±75.4a	1407.5±80.1b	1736.8±143.9a	1828.0±165.0a	1530.9±127.4b	1515.5±122.3b	1459.4±137.9b
	Toplam flavonoid madde	147.63±1.38b	180.91±3.56a	168.30±4.75a	160.24±4.41b	166.05±7.54a	165.50±8.25a	165.57±8.15a	165.55±8.04a	158.69±5.91a
	Toplam proantosiyanidin	196.98±8.48a	193.35±7.48b	208.78±8.07a	181.56±6.61b	245.71±7.00a	211.24±9.14b	186.84±4.99c	173.75±4.67d	158.30±4.43e
35°C	Toplam fenolik madde	1187.1±50.1b	1795.0±35.1a	1544.0±65.4a	1438.1±94.3b	1736.8±143.9a	1477.8±142.7b	1398.4±118.7c	1426.3±115.9bc	1415.8±107.3c
	Toplam flavonoid madde	135.64±1.63b	175.55±2.40a	153.67±4.71a	157.52±5.27a	166.05±7.54a	150.49±7.45b	152.92±8.09b	156.10±8.82b	152.41±8.01b
	Toplam proantosiyanidin	202.40±6.48a	202.99±9.00a	219.12±7.11a	186.26±6.63b	245.71±7.00a	217.88±5.96b	200.00±8.60c	186.48±8.76d	163.38±6.56e

SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.4.5. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin toplam monomerik antosiyanin miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.42’de, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.43’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre pestillerin toplam monomerik antosiyanin miktarlarının tüm depolama sıcaklıklarında formülasyon × kurutma yöntemi × depolama süresi ve 4 ve 22°C sıcaklıklarda depolanan örneklerde formülasyon × kurutma yöntemi dışındaki tüm varyasyon kaynaklarından önemli düzeyde etkilendiği görülmektedir (Çizelge 4.42).

Pestil örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı 1.04 ile 21.96 mg S3G/100 g km aralığında değişmiştir. Kontrol örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı zenginleştirilmiş örneklerden daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durum zenginleştirilmiş pestillerde nar konsantresi yerine %5 oranında eklenen nar kabuğu fenoliklerinin formülasyonda bulunan antosiyanin miktarını azaltmasından kaynaklanmaktadır. Sıcak hava akımında kurutulan örneklerin toplam monomerik antosiyanin miktarı kırımın pencereci kurutma yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince pestillerin toplam monomerik antosiyanin miktarı kademeli olarak azalış göstermiştir (Çizelge 4.43).

Depolama şartlarına bağlı olarak toplam monomerik antosiyaninlerdeki azalışın kinetik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla grafik yöntemi kullanılarak tepkime derecesi belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu pestillerin toplam monomerik antosiyanin miktarındaki azalışın ikinci derece kinetiğe uygun olarak değiştiği görülmüştür (Şekil 4.15).

Çizelge 4.42. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı ve askorbik asit miktarı değişimine ait varyans analiz sonuçları

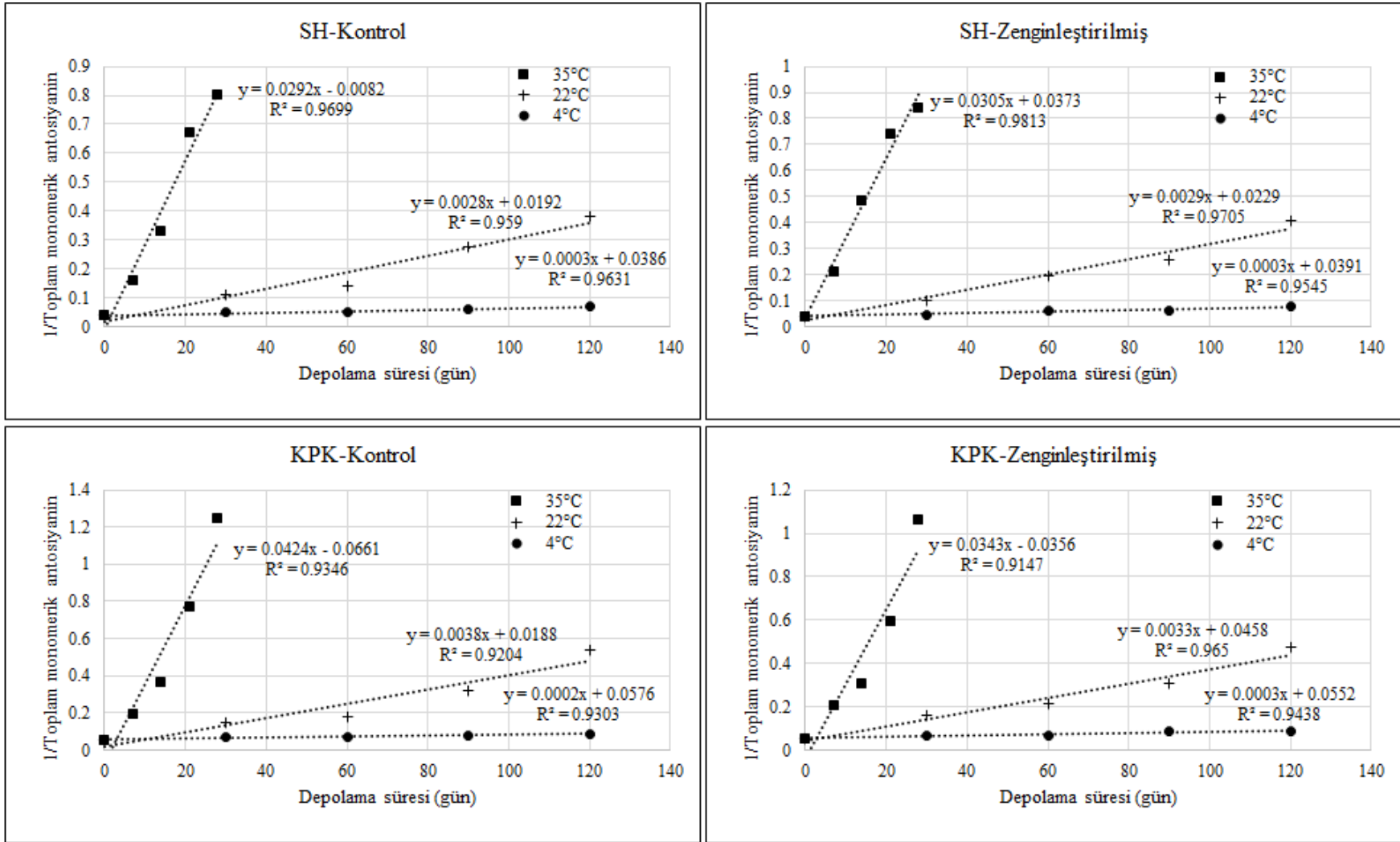
Varyasyon Kaynakları	Toplam monomerik antosiyanin miktarı						
	4°C		22°C			35°C	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	3.65	5.14*	2.32	4.88*	2.07	10.73**
Kurutma yöntemi (K)	1	216.23	304.24**	63.40	133.00**	24.64	127.73**
Depolama süresi (D)	1	108.79	153.07**	507.78	1065.29**	619.79	3212.64**
F×K	4	3.04	4.29	0.08	0.17	2.15	11.17**
F×D	4	2.47	3.47*	1.38	2.91*	0.79	4.13*
K×D	4	8.77	12.34**	17.43	36.57**	22.37	115.93**
F×K×D	4	1.57	2.21	0.59	1.24	0.15	0.79
Hata	20	0.71		0.48		0.19	
		Askorbik asit					
Formülasyon (F)	1	4434.95	337.78**	4288.31	511.51**	804.74	183.87**
Kurutma yöntemi (K)	1	1986.80	151.32**	288.22	34.38**	4.08	0.93
Depolama süresi (D)	1	1083.21	82.50**	2698	321.88**	4162.59	951.07**
F×K	4	870.28	66.28**	10.34	1.23	1289.16	294.55**
F×D	4	51.82	3.95*	54.62	6.51**	384.71	87.90**
K×D	4	36.50	2.78	11.23	1.34	77.18	17.64**
F×K×D	4	68.63	5.23**	25.55	3.05*	133.92	30.60**
Hata	20	13.13		8.38		4.38	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.43. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg S3G/100 g km) ve askorbik asit (mg/100 g km) miktarı değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

		Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)				
		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.
4°C	Toplam monomerik antosiyanin	16.78±0.99a	16.18±0.95b	18.80±1.00a	14.15±0.59b	21.96±1.46a	17.9±1.13b	15.99±0.86c	14.14±0.84d	12.41±0.54e
	Askorbik asit miktarı	104.96±3.03a	83.90±3.47b	87.38±4.41a	101.48±2.87a	108.04±5.29a	101.86±5.43b	95.80±5.35c	88.15±5.94d	78.31±4.96e
22°C	Toplam monomerik antosiyanin	8.50±1.75a	8.02±1.64b	9.52±1.95a	7.00±1.34b	21.96±1.46a	8.00±0.61b	5.57±0.41c	3.49±0.13d	2.26±0.15e
	Askorbik asit miktarı	94.96±4.33a	74.25±3.44b	81.92±4.53b	87.29±4.54a	108.04±5.29a	96.45±4.56b	83.51±4.33c	73.62±4.03d	61.41±2.76e
35°C	Toplam monomerik antosiyanin	6.72±1.91a	6.27±1.79b	7.28±2.15a	5.71±1.47b	21.96±1.46a	5.24±0.24b	2.77±0.18c	1.45±0.08d	1.04±0.09d
	Askorbik asit miktarı	82.74±6.42a	73.77±3.54b	78.57±4.83a	77.93±5.7a	108.04±5.29a	92.85±3.81b	76.08±1.97c	63.66±4.01d	50.63±4.36e

SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.



Şekil 4.15. Pestillerin depolama şartlarına bağlı antosiyanin degradasyonu

Farklı şartlarda depolanan pestillerin antosiyanin degradasyonuna ait kinetik parametreler Çizelge 4.44'de verilmiştir. Hesaplanan verilere göre pestil antosiyaninlerinin degradasyon hızı 0.000245 ile 0.042402 mg/gün aralığında değişmiştir. Antosiyanin degradasyon hızı genellikle zenginleştirilmiş pestillerde daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kırınım pencereleli kurutma ile üretilen pestillerin antosiyanin degradasyon hızı sıcak hava akımında kurutulmuş pestillere göre daha yüksek olarak hesaplanmıştır. Yarılma süresi 35°C'de yaklaşık 1 gün sürerken, 22°C'de yaklaşık 12 gün, 4°C'de ise yaklaşık 120 gün sürmüştür. Antosiyanin degradasyon kinetiğine ait benzer sonuçlar Turfan vd (2012) tarafından da bildirilmiştir. Ancak, nar pestilleri antosiyaninlerine ait degradasyon hızının böğürtlen suyu (Wang ve Xu, 2007), çilek (Wang ve Xu, 2007) ve vişne (Cemeroğlu vd 1994) konsantresi antosiyaninlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Turfan vd (2012) bu durumu narda bulunan antosiyaninlerin asetillenmemiş olması ile açıklamıştır.

Çizelge 4.44. Pestillerin farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler

	Sıcaklık (°C)	k (gün ⁻¹)	t _{1/2} (gün)	Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)
SH	4	0.000255	147.2	106.9949
Kontrol	22	0.002828	13.26	(0.9872)*
	35	0.02919	1.28	
KPK	4	0.000245	219.3	116.7296
Kontrol	22	0.003824	14.05	(0.993)
	35	0.042402	1.27	
SH	4	0.000316	118.6	102.8617
Zenginleştirilmiş	22	0.002948	12.72	(0.9818)
	35	0.030545	1.22	
KPK	4	0.000299	125.5	107.0369
Zenginleştirilmiş	22	0.003294	11.38	(0.9868)
	35	0.034346	1.09	

* Parantez içindeki sayılar belirleme katsayılarını göstermektedir.
k: reaksiyon hızı, t_{1/2}: yarılma ömrü, KPK: Kırınım pencereleli kurutma, SH: Sıcak hava akımında kurutma

4, 22 ve 35°C sıcaklıklarda farklı sürelerde depolanan pestillerde bulunan antosiyaninlerin degradasyonu için aktivasyon enerjisi 102.8 ile 116.7 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Nar konsantresi ile yapılan bir çalışmada antosiyaninlerin degradasyonu için aktivasyon enerjisi 82-90 kJ/mol olarak belirlenmiştir (Turfan vd 2012). Kırınım pencereleli kurutma yöntemi ile üretilen pestillerde bulunan antosiyaninlerin degradasyonu için gereken aktivasyon enerjisi sıcak hava akımında kurutulmuş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bir reaksiyonun aktivasyon enerjisinin yüksek olması o reaksiyonun sıcaklık değişimlerine karşı daha duyarlı olduğunu göstermektedir (Kırca vd 2006, Cemeroğlu vd 1994). Bu nedenle kırınım pencereleli kurutma yöntemi ile üretilen pestillerde bulunan antosiyaninlerin sıcaklık değişimlerine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

4.4.6. Askorbik asit

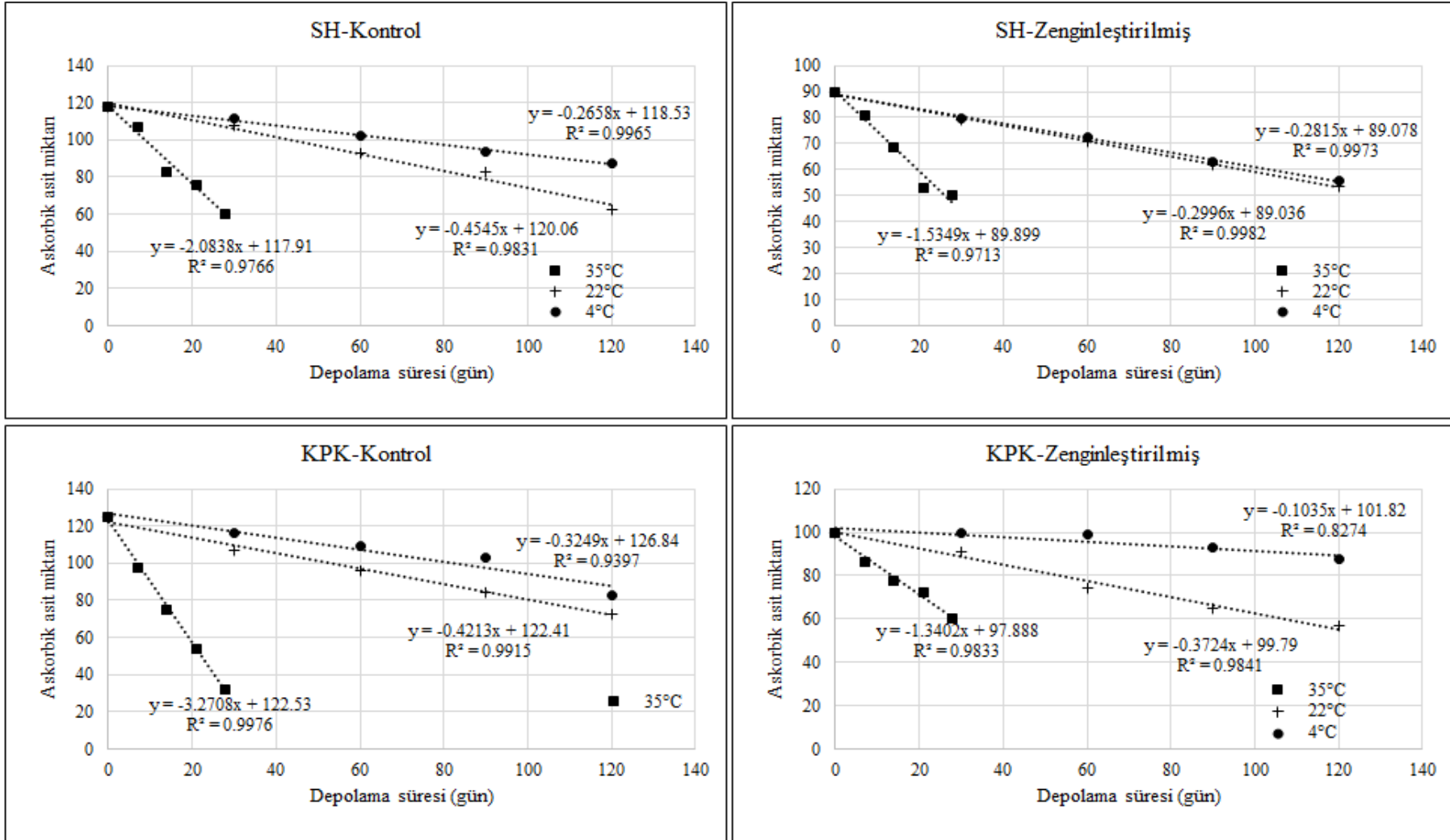
Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin askorbik asit miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.42’de, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.43’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre pestillerin askorbik asit miktarlarının 35°C’de kurutma yöntemi dışındaki tüm varyasyon kaynaklarından, 22°C’de formülasyon × kurutma yöntemi ve formülasyon × kurutma yöntemi × depolama süresi interaksyonu dışındaki tüm varyasyon kaynaklarından ve 4°C’de formülasyon × kurutma yöntemi interaksyonu hariç tüm varyasyon kaynaklarından önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.42).

Pestil örneklerinin askorbik asit miktarları 50.63-108.04 mg/100 g km aralığında değişmiştir. Bu miktar kurutma çalışmalarında belirlenen miktarlardan daha az olarak bulunmuştur. Bu durum depolama çalışmaları için yeniden temin edilen nar konsantrelerinin daha az askorbik asit içeriğine sahip olmasından kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir. Kontrol örneklerinin zenginleştirilmiş örneklere göre daha yüksek miktarda askorbik asit içerdiği tespit edilmiştir. Zenginleştirilmiş pestillerde daha az askorbik asit içermesinin, bu pestillerde formülasyonda askorbik asit kaynağı olan nar konsantresinin oransal olarak azalmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Kurutma çalışmalarında olduğu gibi depolama çalışmalarında da kırımım pencereci kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin askorbik asit içeriği sıcak hava akımında kurutulan örneklere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince pestillerin askorbik asit miktarı kademeli olarak azalış göstermiştir (Çizelge 4.43). Benzer şekilde yalancı iğde pestilinin 6 aylık depolama süresince askorbik asit miktarının izlendiği bir çalışmada 6 ay sonunda askorbik asit miktarında %25 kayıp olduğu bildirilmiştir (Kaushal vd 2013).

Depolama şartlarına bağlı olarak askorbik asit miktarındaki azalışın kinetik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla grafik yöntemi kullanılarak tepkime derecesi belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu pestillerin toplam askorbik asit miktarındaki azalışın sıfırıncı derece kinetiğe uygun olarak değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.16).

Farklı şartlarda depolanan pestillerin askorbik asit degradasyonuna ait kinetik parametreler Çizelge 4.45’de verilmiştir. Hesaplanan verilere göre pestillerin askorbik asit degradasyon hızı 0.10 ile 3.27 mg/gün aralığında değişmiştir. Askorbik asit degradasyon hızı genellikle kontrol pestillerde zenginleştirilmiş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir Yarılanma süresi 35°C’de 19-37 gün sürerken, 22°C’de 129-150 gün, 4°C’de ise yaklaşık 159-481 gün sürmüştür.



Şekil 4.16. Pestillerin depolama şartlarına bağlı askorbik asit degradasyonu

Çizelge 4.45. Pestillerin farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında askorbik asidin parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler

	Sıcaklık (°C)	k (gün ⁻¹)	t _{1/2} (gün)	Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)
SH Kontrol	4	0.27	222.0	44.84 (0.8542)*
	22	0.45	129.8	
	35	2.08	28.31	
KPK Kontrol	4	0.32	192.0	49.20 (0.7332)
	22	0.42	148.0	
	35	3.27	19.1	
SH Zenginleştirilmiş	4	0.28	159.5	35.73 (0.6688)
	22	0.30	149.9	
	35	1.53	29.3	
KPK Zenginleştirilmiş	4	0.10	481.4	57.74 (0.9852)
	22	0.37	133.8	
	35	1.34	37.2	

* Parantez içindeki sayılar belirleme katsayılarını göstermektedir.

k: reaksiyon hızı, t_{1/2}: yarılanma ömrü, KPK: Kırınım pencereci kurutma, SH: Sıcak hava akımında kurutma

4, 22 ve 35°C sıcaklıklarda farklı sürelerde depolanan pestillerde bulunan askorbik asit degradasyonu için aktivasyon enerjisi 35.7-57.7 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kırınım pencereci kurutma yöntemi ile üretilen pestillerde bulunan askorbik asidin degradasyonu için gereken aktivasyon enerjisi sıcak hava akımında kurutulmuş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

4.4.7. HMF miktarı

Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin HMF miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.46'da, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.47'de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre pestillerin HMF miktarlarının tüm depolama sıcaklıklarında kurutma yöntemi ve depolama süresinden önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca 35°C'de depolanan pestillerin HMF miktarlarının formülasyon ve kurutma yöntemi × depolama süresi interaksyonundan, 22°C'de depolanan pestillerin HMF miktarlarının formülasyon × kurutma yöntemi, formülasyon × depolama süresi ve kurutma yöntemi × depolama süresi interaksyonlarından, 4°C'de depolanan pestillerin HMF miktarlarının ise formülasyon × kurutma yöntemi ve kurutma yöntemi × depolama süresi interaksyonundan önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.46).

Pestil örneklerinin HMF miktarları 11.09-269.8 mg/kg km aralığında değişmiştir. 35°C'de depolanan kontrol örneklerinin HMF içeriği zenginleştirilmiş örneklerle göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak bu durum 4 ve 22°C'de depolanan örneklerde gözlenmemiştir. Kırınım pencereci kurutma yöntemi ile kurutulmuş örneklerin HMF içeriği sıcak hava akımında kurutulmuş örneklerle göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. 22 ve 35°C sıcaklıklarda depolanan pestillerin HMF miktarı depolama süresince kademeli olarak artış göstermiştir (Çizelge 4.47). 4°C'de depolanan örneklerin HMF miktarında ise ilk 30 günde bir artış görülmüş ancak ilerleyen depolama HMF içeriğinde istatistiksel açıdan herhangi bir değişime neden olmamıştır.

Çizelge 4.46. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin HMF miktarı değişimine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	HMF						
	4°C		22°C		35°C		
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	7.6	2.58	11.3	3.33	2004.2	9.56**
Kurutma yöntemi (K)	1	1702.6	579.24**	734.9	215.38**	20681.6	98.68**
Depolama süresi (D)	1	38.6	3.29*	3994.6	292.67**	314300.5	374.92**
F×K	4	143.6	48.86**	66.9	19.62**	106.7	0.51
F×D	4	43.4	3.69*	40.7	2.98*	1188.8	1.42
K×D	4	1.0	0.09	202.2	14.82**	6918.7	8.25**
F×K×D	4	1.3	0.11	30.5	2.23	1965.8	2.34
Hata	20	2.9		3.4		209.6	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

22 ve 35°C'de depolanan örneklerin HMF miktarındaki artışın kinetik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla grafik yöntemi kullanılarak HMF miktarındaki artışın sıfırcı derece kinetiğe uygun olarak değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.17). Benzer şekilde, Burdurlu vd (2006) farklı meyve suyu konsantrelerini depoladıkları bir çalışmada ve Resnik ve Chirife (1989) kurutulmuş elmaları depoladıkları bir çalışmada HMF oluşumunun sıfırcı derece kinetiğe uygun bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Ancak HMF oluşumunun birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak gerçekleştiğinin bildirildiği çalışmalar da bulunmaktadır (Sancho vd 1992).

Farklı şartlarda depolanan pestillerin HMF miktarı artışına ait reaksiyon hızı Çizelge 4.48'de verilmiştir. Hesaplanan verilere göre HMF oluşum hızı 22°C'de depolanan pestillerde 0.16 ile 0.28 mg/gün arasında iken, 22°C'de depolanan pestillerde ise 7.71-11.12 mg/gün arasında bulunmuştur. Kırınım pencereci kurutma ile üretilen pestillerde HMF oluşum hızı sıcak hava akımında kurutulan pestillere göre daha yüksek olarak hesaplanmıştır.

4.4.8. Antioksidan aktivite

Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin antioksidan aktiviteleri üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.49'da, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.50'de verilmiştir.

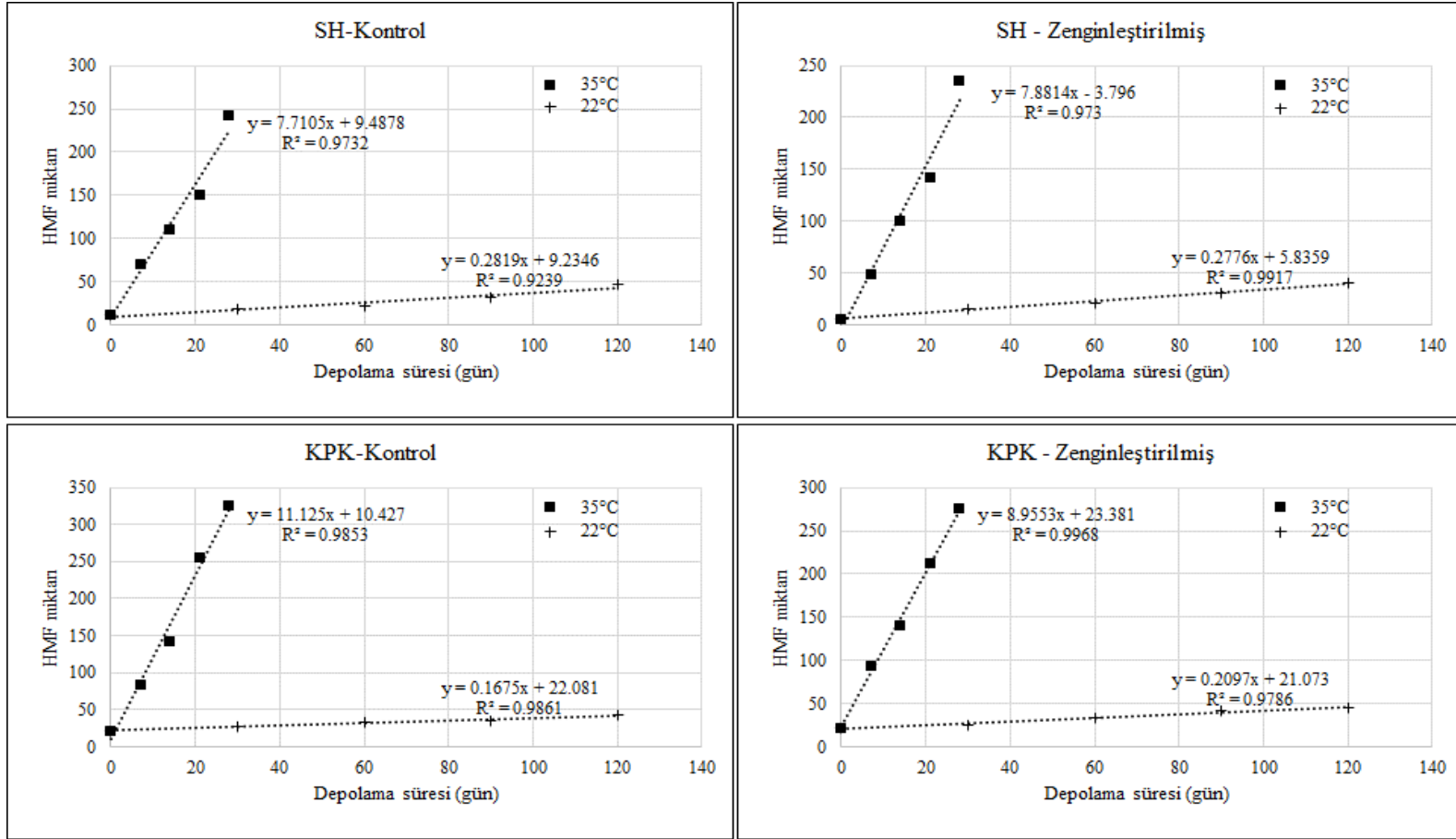
Varyans analizi sonuçlarına göre pestillerin DPPH radikalının inhibisyon değeri 4°C sıcaklıkta depolanan örneklerde kurutma yöntemi × depolama süresi interaksiyon dışındaki tüm varyasyon kaynaklarından önemli düzeyde etkilenmiştir. (Çizelge 4.49).

Pestil örneklerinin DPPH radikalının inhibisyon değeri 2.88-3.77 g TEAA/100 g km aralığında değişmiştir. Daha yüksek fenolik madde içeriği nedeniyle zenginleştirilmiş örneklerin DPPH radikalının inhibisyon değerleri kontrol örneklere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca sıcak hava akımında kurutulan örneklerin DPPH radikalının inhibisyon değerleri kırınım pencereci kurutma yöntemi ile kurutulan pestillere göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Depolama süresince pestillerin DPPH radikalının inhibisyon değerleri toplam fenolik madde miktarına benzer şekilde varyasyon göstermiştir. Bu iki analizin benzer prensibe sahip olması nedeniyle bu beklenen bir sonuçtur. Nitekim bu iki analiz sonuçları arasında yüksek korelasyon belirlenmiştir ($R^2=0.822$).

Çizelge 4.47. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin HMF miktarı (mg/kg km) değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

		Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)				
		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.
4°C	HMF	17.18±1.12a	18.05±2a	11.09±0.46b	24.14±0.75a	15.69±2.61b	17.86±2.64a	18.33±2.63a	18.29±2.74a	17.9±2.6a
		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.
22°C	HMF	29.14±2.45a	28.07±2.74a	24.32±2.82b	32.89±1.91a	15.69±2.61e	21.29±2.01d	27.1±2.37c	34.98±1.66b	43.97±1.17a
		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	7.	14.	21.	28.
35°C	HMF	141.8±22.8a	127.7±20.0b	112.0±18.0b	157.5±23.3a	15.69±2.61e	74.34±7.35d	123.5±7.1c	190.3±18.4b	269.8±14.5a
		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	7.	14.	21.	28.

SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.



Şekil 4.17. Depolama şartlarına bağlı pestillerin HMF miktarı artışı

Çizelge 4.48. Pestillerin farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında HMF miktarı artışına ilişkin kinetik parametreler

Örnek	Sıcaklık (°C)	k (gün ⁻¹)
Kontrol - SH	22	0.28
	35	7.71
Kontrol - KPK	22	0.17
	35	11.13
Zenginleştirilmiş - SH	22	0.28
	35	7.88
Zenginleştirilmiş - KPK	22	0.21
	35	8.96

k: reaksiyon hızı, SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Varyans analizi sonuçlarına göre pestillerin ORAC değeri tüm depolama sıcaklıklarında formülasyon, kurutma yöntemi, depolama süresi ve formülasyon × kurutma yöntemi × depolama süresi interaksiyonlarından önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca 35°C’de depolanan pestillerin ORAC değerinin kurutma yöntemi × depolama süresi interaksiyonundan, 22°C’de depolanan pestillerin ORAC değerinin formülasyon × kurutma yöntemi interaksiyonundan, 4°C’de depolanan pestillerin HMF miktarlarının ise formülasyon × depolama süresi ve kurutma yöntemi × depolama süresi interaksiyonlarından önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.49).

Pestil örneklerinin ORAC değerinin 7.56-9.58 mM TE/100 g km aralığında değiştiği belirlenmiştir. Daha yüksek fenolik madde içeriği nedeniyle zenginleştirilmiş örneklerin ORAC değerinin daha yüksek olması beklenmiştir Ancak beklentinin aksine kontrol örneklerinin ORAC değerleri zenginleştirilmiş örneklere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durumun nar kabuğu fenoliklerinin serbest radikalleri bağlama yeteneğinin daha düşük olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim Atala vd (2009) ORAC değerinin büyük ölçüde askorbik asitten kaynaklandığını bildirmişlerdir. Zenginleştirilmiş örneklerin askorbik asit içeriğinin düşük olması bu hipotezi desteklemektedir. Ancak ilginç bir şekilde, daha yüksek askorbik asit içeriğine sahip kırınım pencereci kurutma yöntemi ile kurutulan örnekler kontrol örneklere göre daha düşük serbest radikalleri bağlama yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun KPK ile üretilen pestillerde antioksidan bileşenler içeren balın bulunmamasından ve depolama süresince fenoliklerin daha yüksek oranda degrade olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneklerin serbest radikalleri bağlama yeteneğinde depolama süresince azalış meydana gelmiştir. Bu durum örneklerde bulunan antioksidan aktiviteye sahip bileşenlerin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu kayıplar düşük sıcaklıkta daha az olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, Quintero Ruiz vd (2014) fonksiyonel bir gıda olan pestilin antioksidan aktivitesindeki kayıpları azaltmak için düşük sıcaklıklarda depolanması gerektiğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.49. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin antioksidan aktivite değerleri değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği						
	4°C		22°C			35°C	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	22.72	114.11**	15.16	48.46**	33.03	171.70**
Kurutma yöntemi (K)	1	1.04	5.23*	16.44	52.56**	11.78	61.25**
Depolama süresi (D)	1	1.16	5.85**	4.40	14.08**	1.72	8.95**
F×K	4	0.80	4.04	1.85	5.93*	0.02	0.10
F×D	4	1.25	6.28**	0.60	1.93	0.29	1.54
K×D	4	2.46	12.35**	0.69	2.23	1.04	5.41**
F×K×D	4	3.09	15.51**	1.59	5.08**	2.68	13.96**
Hata	20	0.20		0.31		0.19	
DPPH radikalinin inhibisyonu							
Formülasyon (F)	1	5.81	487.81**	1.62	126.55**	2.82	281.32**
Kurutma yöntemi (K)	1	0.49	40.93**	6.50	506.20**	1.15	115.19**
Depolama süresi (D)	1	0.22	18.71**	0.43	33.88**	0.48	47.53**
F×K	4	0.06	4.98*	1.52	118.80**	1.69	168.89**
F×D	4	0.17	14.40**	0.09	6.85**	0.13	13.11**
K×D	4	0.01	1.16	0.26	20.27**	0.03	3.35*
F×K×D	4	0.18	15.06**	0.14	10.75**	0.16	16.43**
Hata	20	0.01		0.01		0.01	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.50. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin DPPH radikalinin inhibisyonu (g TEAA/100 g km) ve Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (mM TE/100 g km) değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)					
	Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.	
4°C	DPPH radikalinin inhibisyonu	2.88±0.08b	3.64±0.04a	3.37±0.11a	3.15±0.10b	3.54±0.13a	3.19±0.21bc	3.29±0.16b	3.17±0.19bc	3.12±0.16c
	Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği	9.58±0.11a	8.07±0.29b	8.99±0.28a	8.67±0.28b	8.96±0.62a	9.03±0.32a	9.20±0.32a	8.72±0.43a	8.22±0.48b
22°C	DPPH radikalinin inhibisyonu	3.17±0.15b	3.57±0.10a	3.77±0.06a	2.97±0.12b	3.54±0.13a	3.57±0.27a	3.48±0.22a	3.23±0.19b	3.03±0.19c
	Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği	9.37±0.22a	8.14±0.30b	9.40±0.24a	8.12±0.29b	8.96±0.62ab	9.47±0.35a	9.20±0.31ab	8.6±0.45b	7.56±0.33c
35°C	DPPH radikalinin inhibisyonu	2.91±0.12b	3.44±0.06a	3.34±0.08a	3.00±0.12b	3.54±0.13a	3.22±0.16b	3.04±0.15c	3.19±0.18b	2.88±0.17d
	Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği	9.10±0.20a	7.29±0.25b	8.74±0.31a	7.65±0.25b	8.96±0.62a	8.15±0.43b	8.19±0.48b	7.75±0.27b	7.93±0.53b

SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.4.9. Fenolik madde profili

Nar pestili fenolik maddelerinden punikalagin a, punikalagin b ve ellajik asit tez çalışması kapsamında değerlendirilmiştir. Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin fenolik madde miktarları üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.51'de, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.52'de verilmiştir.

Pestillerin punikalagin a, punikalagin b ve ellajik asit miktarları sırasıyla 276.2-694.5 mg/kg km, 151.1-653.8 mg/kg km ve 881.1-1484.7 mg/kg km arasında değişmiştir. Zenginleştirilmiş pestillerin fenolik madde miktarları kontrol örneklere göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Kırınım pencereci kurutma ile kurutulan ürünlerin punikalagin b ve ellajik asit içeriği sıcak hava akımında kurutulan pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ancak punikalagin a açısından sıcak hava akımında kurutulan pestiller daha zengin olarak bulunmuştur. Depolama süresince pestillerin punikalagin a ve punikalagin b miktarları kademeli olarak azalmıştır. Ancak pestillerin ellajik asit miktarları depolama süresince artış göstermiştir. Beklentinin aksine görülen bu durum, ellajitanenlerin depolama süresince degrade olması sonucu serbest forma dönüşen ellajik asitten kaynaklanmaktadır. Nitekim benzer bir durum nar suyunun depolanmasında Perez-Vicente vd (2004) tarafından da bildirilmiştir.

Çizelge 4.51. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin fenolik madde miktarları değişimine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Punikalagin a						
	4°C		22°C			35°C	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	1433720	5539**	1025353	2305**	1177183	2986.8**
Kurutma yöntemi (K)	1	226329	874**	248529	559**	32946	83.6**
Depolama süresi (D)	1	33204	128**	54983	124**	57953	36.8**
F×K	4	6769	26**	37997	85**	2845	7.2*
F×D	4	287	1	2194	5**	5533	3.5*
K×D	4	4566	18**	5698	13**	2895	1.8
F×K×D	4	1296	5**	3829	9**	9797	6.2**
Hata	20	259		445		394	
Punikalagin b							
Formülasyon (F)	1	2473412	20406**	2527169	33101**	2465653	19307**
Kurutma yöntemi (K)	1	17979	148**	9896	130**	25535	200.0**
Depolama süresi (D)	1	9469	78**	12593	165**	14740	115.4**
F×K	4	26064	215**	5132	67**	43651	341.8**
F×D	4	4414	36**	5018	66**	8094	63.4**
K×D	4	91	1	419	6**	528	4.1*
F×K×D	4	398	3*	617	8**	1066	8.4**
Hata	20	121		76		128	
Ellajik asit							
Formülasyon (F)	1	315142	271**	375258	106**	2054680	658.7**
Kurutma yöntemi (K)	1	140228	121**	38778	11**	2056339	659.3**
Depolama süresi (D)	1	96830	83**	358468	101**	1732060	138.8**
F×K	4	15347	13**	15454	4*	1044360	334.8**
F×D	4	81612	70**	23230	7**	280915	22.5**
K×D	4	122989	106**	55658	16**	159880	12.8**
F×K×D	4	161929	139**	35721	10**	194485	15.6**
Hata	20	23222				3119	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.52. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin fenolik madde miktarı (mg/kg km) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)					
	Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.	
4°C	Punikalagin a	276.2±20.3b	654.9±25.1a	540.8±47.4a	390.3±44.4b	575.2±70.1a	464.7±81.3b	447.1±78.0c	429.1±79.0d	411.7±80.3e
	Punikalagin b	152.8±3.1b	650.1±16.3a	380.3±51.9b	422.7±63.6a	448.7±105.9a	422.8±102.0b	394.8±93.5c	377.1±87.9d	363.9±85.1e
	Ellajik asit	960.8±37.4b	1138.4±62.9a	990.4±64.9b	1108.8±39.9a	881.1±68.7c	995.7±99.6b	1144.3±86.3a	1113.7±45.4a	1113.1±104.2a
22°C		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.
	Punikalagin a	281.1±18.4b	601.3±33.8a	520.0±46.0a	362.4±37.5b	575.2±70.1a	457.8±76.0b	421.8±70.5c	387.3±67.6d	363.9±64.7e
	Punikalagin b	151.1±4.1b	653.8±14.9a	386.7±56.1b	418.2±61.0a	448.7±105.9a	432.3±99.8b	403.0±99.0c	376.6±90.2d	351.5±82.0e
	Ellajik asit	1098.1±43.1b	1291.9±58.8a	11639±60.6b	1226.1±50.3a	881.4±68.7d	1082.7±64.0c	1288.2±62.6b	1317.1±51.6b	1405.9±42.0a
35°C		Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	7.	14.	21.	28.
	Punikalagin a	351.4±11.4b	694.5±13.6a	551.6±38.5a	494.2±42.9b	575.2±70.1a	541.8±67.4b	527.1±69.1bc	510.7±66.1c	459.8±59.3d
	Punikalagin b	152.6±3.4b	649.2±20.9a	375.6±50.8b	426.2±65.5a	448.7±105.9a	430.5±104.1b	406.2±98.4c	379.0±91.4d	340.1±77.0e
	Ellajik asit	1018.3±34.1b	1471.6±115.7a	1018.2±39.1b	1471.7±114.1a	881.1±68.7e	1177.1±110.2d	1298.1±141.1c	1383.6±169.8b	1484.7±197.2a

SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: kırınım pencereci kurutma, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.4.10. Antosiyanin profili

Nar pestili antosiyaninlerinden delfinidin-3,5-diglikozit (D3,5G), siyanidin-3,5-diglikozit (S3,5G), delfinidin-3-glikozit (D3G), siyanidin-3-glikozit (S3G) ve pelargonidin-3-glikozit (P3G) tez çalışması kapsamında değerlendirilmiştir. Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin antosiyanin miktarları üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.53'de, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.54'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre 22 ve 35°C sıcaklıklarda depolanan pestillerin D3,5G miktarı depolama süresi ile kurutma yöntemi × depolama süresi ve formülasyon × kurutma yöntemi × depolama süresi interaksiyonlarından önemli düzeyde etkilenmiştir. 4°C sıcaklıklarda depolanan pestillerin D3,5G miktarı ise tüm faktörler ve interaksiyonlarından önemli düzeyde etkilenmiştir (Çizelge 4.53).

Pestillerin D3,5G miktarı 2.68-61.25 mg/kg km aralığında değişmiştir. Sadece 4°C sıcaklıkta depolanan kontrol pestillerinin D3,5G miktarı zenginleştirilmiş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ancak bu farklılık 22 ve 35°C sıcaklıkta depolanan pestillerde gözlenmemiştir. 4 ve 22°C depolama sıcaklıklarında sıcak hava akımında kurutulan pestillerin D3,5G miktarı kırınım pencereleli kurutma ile kurutulan pestillere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Depolama sırasında pestillerin D3,5G miktarı kademeli olarak azalmış ancak depolama sıcaklığı arttıkça degradasyon hızı artmıştır (Çizelge 4.54).

Depolama şartlarına bağlı olarak toplam monomerik antosiyaninlerdeki azalışın kinetik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla grafik yöntemi kullanılarak tepkime derecesi belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu pestillerin D3,5G miktarındaki azalışın ikinci derece kinetiğe uygun olarak değiştiği belirlenmiştir.

Farklı şartlarda depolanan pestillerin antosiyanin degradasyonuna ait kinetik parametreler Çizelge 4.55'de verilmiştir. Hesaplanan verilere göre pestillerde bulunan D3,5G degradasyon hızı 0.000099 ile 0.017310 mg/gün aralığında değişmiştir. Kırınım pencereleli kurutma ile üretilen pestillerde bulunan D3,5G'in degradasyon hızının sıcak hava akımında kurutulan pestillerle benzer olduğu tespit edilmiştir. Yarılanma süresi 35°C'de yaklaşık 1 gün sürerken, 22°C'de yaklaşık 12 gün, 4°C'de ise yaklaşık 120 gün sürmüştür. Elde edilen sonuçlar toplam monomerik antosiyanin sonuçları ile uyumlu olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.53. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin antosiyanin miktarları değişimine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	delfinidin-3,5-diglikozit						
	4°C		22°C			35°C	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	621.8	268.0**	1.03	0.7	0.31	0.2
Kurutma yöntemi (K)	1	486.4	209.6**	13.86	9.9**	0.03	0.0
Depolama süresi (D)	1	1721.5	741.9**	4444.93	3165.0**	4916.42	3911.6**
F×K	4	342.9	147.8**	0.16	0.1	2.14	1.7
F×D	4	219.1	94.4**	10.80	7.7**	2.95	2.3
K×D	4	55.8	24.1**	14.99	10.7**	23.88	19.0**
F×K×D	4	42.5	18.3**	6.03	4.3*	4.40	3.5*
Hata	20	2.3		1.40		1.25	
siyanidin-3,5-diglikozit							
Formülasyon (F)	1	1522.3	194.4**	7.22	1.4	6.46	1.4
Kurutma yöntemi (K)	1	1105.0	141.1**	18.60	3.6	10.54	2.3
Depolama süresi (D)	1	4796.6	612.4**	11902.62	2322.6**	13302.06	2885.1**
F×K	4	960.1	122.6**	36.06	7.0*	0.86	0.2
F×D	4	636.5	81.3**	52.00	10.2**	15.79	3.4
K×D	4	91.5	11.7**	20.11	3.9*	32.07	7.0**
F×K×D	4	84.6	10.8**	16.75	3.3*	22.15	4.8**
Hata	20	7.8		5.12		4.61	
delfinidin-3-glikozit							
Formülasyon (F)	1	56.2	111.0**	0.50	2.1	2.60	15.2**
Kurutma yöntemi (K)	1	219.4	433.6**	15.67	66.9**	15.38	89.7**
Depolama süresi (D)	1	251.6	497.1**	536.39	2290.2**	597.48	3485.4**
F×K	4	4.9	9.7**	4.11	17.5**	0.40	2.3
F×D	4	11.9	23.6**	4.54	19.4**	0.85	4.9**
K×D	4	7.8	15.3**	16.12	68.8**	16.08	93.8**
F×K×D	4	3.2	6.4**	1.41	6.01**	0.67	3.9*
Hata	20	0.5		0.23		0.17	
siyanidin-3-glikozit							
Formülasyon (F)	1	181.1	91.6**	0.79	0.8	0.53	0.7
Kurutma yöntemi (K)	1	1070.1	541.4**	135.72	140.1**	66.59	83.2**
Depolama süresi (D)	1	1101.3	557.2**	2773.8	2863.6**	3058.57	3821.6**
F×K	4	26.2	13.3**	0.04	0.0	1.39	1.7
F×D	4	11.7	5.9**	2.25	2.3	0.26	0.3
K×D	4	52.5	26.6**	65.54	67.7**	77.04	96.3**
F×K×D	4	14.2	7.2**	1.36	1.4	0.52	0.7
Hata	20	2.0		0.97		0.80	
pelargonidin-3-glikozit							
Formülasyon (F)	1	11.22	288.2**	0.57	54.6**	1.18	107.5**
Kurutma yöntemi (K)	1	12.50	321.2**	4.70	451.3**	3.48	316.3**
Depolama süresi (D)	1	14.28	367.0**	20.67	1984.7**	22.07	2005.3**
F×K	4	0.01	0.3	0.66	62.9**	1.66	150.5**
F×D	4	0.76	19.5**	0.90	86.6**	0.77	70.11**
K×D	4	2.49	64.0**	2.87	275.8**	3.04	276.1**
F×K×D	4	2.24	57.5**	1.24	119.0**	1.03	93.7**
Hata	20	0.04		0.01		0.01	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.54. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestil örneklerinin antosiyanin miktarı (mg/kg km) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Formülasyon		Kurutma yöntemi		Depolama süresi (gün)					
	Kontrol	Zenginleştirilmiş	SH	KPK	0.	30.	60.	90.	120.	
4°C	Delfinidin-3,5-diglikozit	42.97±2.19a	35.08±4.35b	42.51±3.55a	35.54±3.39b	61.25±1.33a	43.33±3.45b	35.57±2.47c	33.43±2.43d	21.56±4.87e
	Siyanidin-3,5-diglikozit	72.39±3.50a	60.05±7.26b	71.48±5.37a	60.97±6.10b	100.97±1.80a	79.25±2.48b	59.45±4.96c	53.93±5.54d	37.51±7.76e
	Delfinidin-3-glikozit	14.20±1.11a	11.83±1.51b	15.35±1.40a	10.67±1.06b	20.81±1.26a	16.33±1.29b	11.73±1.15c	9.50±0.91d	6.68±1.20e
	Siyanidin-3-glikozit	30.26±2.45a	26.01±3.07b	33.31±2.89a	22.96±2.18b	46.06±2.64a	32.49±3.44b	25.29±2.26c	21.00±1.48d	15.84±1.72e
	Pelargonidin-3-glikozit	1.08±0.33b	2.14±0.37a	2.17±0.43a	1.05±0.24b	3.80±0.67a	1.84±0.47b	1.29±0.36c	0.69±0.12d	0.44±0.11e
22°C	Delfinidin-3,5-diglikozit	21.08±4.68a	20.76±5.04a	21.5±5.09a	20.33±4.61b	61.25±1.33a	21.55±0.65b	11.37±0.46c	7.55±0.19d	2.87±0.78e
	Siyanidin-3,5-diglikozit	35.66±7.59a	34.81±8.3a	35.92±8.1a	34.56±7.81a	100.97±1.80a	37.20±0.98b	20.16±0.88c	11.70±1.20d	6.17±1.70e
	Delfinidin-3-glikozit	6.87±1.77a	6.65±1.67a	7.39±1.96a	6.14±1.43b	20.81±1.26a	7.020±0.56b	3.18±0.13c	1.88±0.13d	0.92±0.30e
	Siyanidin-3-glikozit	13.72±3.91a	13.44±3.88a	15.42±4.41a	11.74±3.25b	46.06±2.64a	12.15±0.67b	5.42±0.25c	2.92±0.28d	1.35±0.41e
	Pelargonidin-3-glikozit	0.88±0.35b	1.12±0.40a	1.35±0.45a	0.66±0.26b	3.80±0.67a	0.94±0.11b	0.25±0.05c	0.03±0.02d	t.e. d
35°C	Delfinidin-3,5-diglikozit	17.68±4.98a	17.5±5.23a	17.57±5.37a	17.62±4.83a	61.25±1.33a	13.65±0.84b	7.11±0.43c	3.28±0.18d	2.68±0.17d
	Siyanidin-3,5-diglikozit	29.91±8.2a	29.1±8.59a	28.99±8.68a	30.02±8.11a	100.97±1.80a	24.80±1.63b	11.97±0.94c	5.87±0.36d	3.91±0.25d
	Delfinidin-3-glikozit	5.78±1.88a	5.27±1.73b	6.14±2.06a	4.9±1.49b	20.81±1.26a	3.82±0.17b	1.65±0.07c	0.76±0.10d	0.58±0.11d
	Siyanidin-3-glikozit	11.5±4.12a	11.27±4.03a	12.68±4.65a	10.10±3.39b	46.06±2.64a	6.98±0.28b	2.43±0.13c	0.90±0.07d	0.56±0.04d
	Pelargonidin-3-glikozit	0.67±0.36b	1.01±0.41a	1.14±0.47a	0.55±0.27b	3.80±0.67a	0.4±0.1b	0.01±0.01c	t.e. c	t.e. c

Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma, t.e. tespit edilemedi, Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.55. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerin D3,5G degradasyonuna ait kinetik parametreler

Örnek	Sıcaklık (°C)	k (gün ⁻¹)	t _{1/2} (gün)	Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)
SH Kontrol	4	0.000107	151.4	108.9 (0.9936)*
	22	0.001410	11.5	
	35	0.013113	1.24	
KPK Kontrol	4	0.000099	171.9	109.1 (0.9997)
	22	0.001658	10.2	
	35	0.011707	1.44	
SH Zenginleştirilmiş	4	0.000123	122.4	105.0 (0.9886)
	22	0.001341	11.3	
	35	0.012912	1.17	
KPK Zenginleştirilmiş	4	0.000155	111.2	105.8 (0.9745)
	22	0.001398	12.3	
	35	0.017310	0.99	

* Parantez içindeki sayılar belirleme katsayılarını göstermektedir.

k: reaksiyon hızı, t_{1/2}: yarılanma ömrü, SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

35, 22 ve 4°C sıcaklıklarda farklı sürelerde depolanan pestillerde bulunan D3,5G degradasyonu için aktivasyon enerjisi 105.0 ile 109.1 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kırınım pencereci kurutma yöntemi ile üretilen pestillerde bulunan antosiyaninlerin degradasyonu için gereken aktivasyon enerjisi sıcak hava akımında kurutulmuş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

Varyans analiz sonuçlarına göre 35°C sıcaklıkta depolanan pestillerin S3,5G miktarı depolama süresi ile kurutma yöntemi × depolama süresi ve formülasyon × kurutma yöntemi × depolama süresi interaksyonlarından önemli düzeyde etkilenmiştir. 22°C sıcaklıkta depolanan pestillerin S3,5G miktarı formülasyon ve kurutma yöntemi dışındaki tüm varyasyon kaynaklarına göre değişmiştir. 4°C sıcaklıkta depolanan örneklerin S3,5G miktarı ise tüm varyasyon kaynaklarına göre değişim göstermiştir (Çizelge 4.53).

Pestillerin S3,5G miktarı 3.91-100.97 mg/kg km aralığında belirlenmiştir. D3,5G miktarına benzer şekilde sadece 4°C sıcaklıkta depolanan kontrol pestillerinin S3,5G miktarı zenginleştirilmiş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Yalnızca 4°C sıcaklıkta depolanan sıcak hava akımında kurutulmuş pestillerin S3,5G miktarı kırınım pencereci kurutma ile kurutulmuş pestillere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Depolama sırasında pestillerin S3,5G miktarı kademeli olarak azalmış ancak depolama sıcaklığı arttıkça degradasyon hızı artmıştır (Çizelge 4.54).

Depolama şartlarına bağlı olarak toplam S3,5G miktarındaki azalışın kinetik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla grafik yöntemi kullanılarak tepkime derecesi belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu pestillerin S3,5G miktarındaki azalışın ikinci derece kinetiğe uygun olarak değiştiği belirlenmiştir.

Farklı şartlarda depolanan pestillerin S3,5G degradasyonuna ait kinetik parametreler Çizelge 4.56'da verilmiştir. Hesaplanan verilere göre pestillerde bulunan S3,5G degradasyon hızı 0.000059 ile 0.009979 mg/gün aralığında değişmiştir. Yarılanma süresi 35°C'de yaklaşık 1 gün sürerken, 22°C'de yaklaşık 13 gün, 4°C'de ise yaklaşık

120-170 gün sürmüştür. Elde edilen sonuçlar toplam monomerik antosiyanin sonuçları ile uyumlu olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.56. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerin S3,5G degradasyonuna ait kinetik parametreler

Örnek	Sıcaklık (°C)	k (gün ⁻¹)	t _{1/2} (gün)	Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)
SH Kontrol	4	0.000062	163.6	112.8 (0.9802)*
	22	0.000695	14.5	
	35	0.009285	1.08	
KPK Kontrol	4	0.000059	170.9	110.9 (0.9924)
	22	0.000787	12.7	
	35	0.007872	1.27	
SH Zenginleştirilmiş	4	0.000072	128.8	108.4 (0.9802)
	22	0.000737	12.6	
	35	0.008825	1.06	
KPK Zenginleştirilmiş	4	0.000105	97.7	100.9 (0.9325)
	22	0.000586	17.5	
	35	0.009979	1.03	

* Parantez içindeki sayılar belirlenme katsayılarını göstermektedir.

k: reaksiyon hızı, t_{1/2}: yarılanma ömrü, SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerde bulunan S3,5G degradasyonu için aktivasyon enerjisi 100.9 ile 112.8 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kırınım pencereci kurutma yöntemi ile üretilen pestillerde bulunan antosiyaninlerin degradasyonu için gereken aktivasyon enerjisi sıcak hava akımında kurutulan pestillere göre daha düşük olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56).

Varyans analiz sonuçlarına göre 35°C sıcaklıkta depolanan pestillerin D3G miktarı formülasyon × kurutma yöntemi dışındaki tüm varyasyon kaynaklarından önemli düzeyde etkilenmiştir. 22°C sıcaklıkta depolanan pestillerin D3G miktarı ise formülasyon dışındaki tüm varyasyon kaynaklarına göre önemli düzeyde değişmiştir. 4°C sıcaklıkta depolanan örneklerin S3,5G miktarı üzerine tüm varyasyon kaynakları önemli düzeyde etki etmiştir (Çizelge 4.53).

Pestillerin D3G miktarı 0.58-20.81 mg/kg km aralığında değiştiği belirlenmiştir. 4 ve 35°C depolama sıcaklıklarında D3G miktarı, kontrol pestillerinde zenginleştirilmiş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca, tüm depolama sıcaklıklarında sıcak hava akımında kurutulan pestillerin kırınım pencereci kurutma ile kurutulan pestillere göre daha yüksek miktarda D3G içerdiği tespit edilmiştir. Depolama süresince pestillerin D3G miktarı kademeli olarak azalmış ancak depolama sıcaklığı arttıkça degradasyon hızı artmıştır (Çizelge 4.54).

Depolama şartlarına bağlı olarak toplam D3G miktarındaki azalışın kinetik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla grafik yöntemi kullanılarak tepkime derecesi belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu pestillerin D3G miktarındaki azalışın ikinci derece kinetiğe uygun olarak değiştiği belirlenmiştir.

Farklı şartlarda depolanan pestillerin D3G degradasyonuna ait kinetik parametreler Çizelge 4.57’de verilmiştir. Hesaplanan verilere göre pestillerde bulunan D3G degradasyon hızı 0.000497 ile 0.0051901 mg/gün aralığında değişmiştir. Yarılanma

süresi 35°C’de yaklaşık 1 gün sürerken, 22°C’de yaklaşık 9 gün, 4°C’de ise 70-110 gün sürmüştür.

Çizelge 4.57. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerin D3G degradasyonuna ait kinetik parametreler

Örnek	Sıcaklık (°C)	k (gün ⁻¹)	t _{1/2} (gün)	Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)
SH Kontrol	4	0.000449	88.11	106.5 (0.9814)
	22	0.004507	8.77	
	35	0.051101	0.77	
KPK Kontrol	4	0.000497	11.9	102.9 (0.9917)
	22	0.005456	10.19	
	35	0.046973	1.18	
SH Zenginleştirilmiş	4	0.000624	70.89	99.0 (0.9684)
	22	0.004577	9.66	
	35	0.051901	0.85	
KPK Zenginleştirilmiş	4	0.000899	76.63	88.9 (0.9989)
	22	0.007879	8.74	
	35	0.041167	1.67	

* Parantez içindeki sayılar belirleme katsayılarını göstermektedir.

k: reaksiyon hızı, t_{1/2}: yarılanma ömrü, SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerde bulunan D3G degradasyonu için aktivasyon enerjisi 88.9 ile 106.5 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kontrol pestillerin D3G degradasyonu için gereken aktivasyon enerjisinin zenginleştirilmiş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Kırınım pencereci kurutma yöntemi ile üretilen pestillerde bulunan D3G degradasyonu için gereken aktivasyon enerjisi sıcak hava akımında kurutulan pestillere göre daha düşük olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.57).

Varyans analiz sonuçlarına göre 22 ve 35°C sıcaklıklarda depolanan pestillerin S3G miktarı kurutma yöntemi, depolama süresi ve kurutma yöntemi × depolama süresi interaksyonuna göre değişim göstermiştir. 4°C sıcaklıkta depolanan örneklerin S3G miktarı üzerine tüm varyasyon kaynakları önemli düzeyde etki etmiştir (Çizelge 4.53).

Pestillerin S3G miktarı 0.56-46.06 mg/kg km aralığında değiştiği belirlenmiştir. 4°C sıcaklıkta depolanan kontrol pestillerinin S3G miktarı zenginleştirilmiş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ancak bu farklılık 22 ve 35°C sıcaklıkta depolanan pestillerde gözlenmemiştir. Sıcak hava akımında kurutulan pestillerin S3G miktarı kırınım pencereci kurutma ile kurutulan pestillere göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Depolama süresince pestillerin S3G miktarı kademeli olarak azalmıştır (Çizelge 4.54).

Depolama şartlarına bağlı olarak toplam S3G miktarındaki azalışın kinetik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla grafik yöntemi kullanılarak tepkime derecesi belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu pestillerin S3G miktarındaki azalışın ikinci derece kinetiğe uygun olarak değiştiği belirlenmiştir.

Farklı şartlarda depolanan pestillerin S3G degradasyonuna ait kinetik parametreler Çizelge 4.58’de verilmiştir. Hesaplanan verilere göre pestillerde bulunan S3G degradasyon hızı 0.00026 ile 0.07822 mg/gün aralığında değişmiştir. Yarılanma

süresi 35°C’de yaklaşık 0.3 gün sürerken, 22°C’de yaklaşık 6 gün, 4°C’de ise 60-96 gün sürmüştür.

Çizelge 4.58. Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerin S3G degradasyonuna ait kinetik parametreler

Örnek	Sıcaklık (°C)	k (gün ⁻¹)	t _{1/2} (gün)	Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)
SH Kontrol	4	0.00022	82.75	125.4 (0.9769)*
	22	0.00317	5.87	
	35	0.05992	0.31	
KPK Kontrol	4	0.00026	96.58	124.6 (0.9892)
	22	0.00453	5.63	
	35	0.06550	0.39	
SH Zenginleştirilmiş	4	0.00029	66.50	117.9 (0.9570)
	22	0.00273	7.04	
	35	0.05724	0.34	
KPK Zenginleştirilmiş	4	0.00042	60.90	117.5 (0.9769)
	22	0.00498	5.12	
	35	0.07822	0.33	

* Parantez içindeki sayılar belirleme katsayılarını göstermektedir.

k: reaksiyon hızı, t_{1/2}: yarılanma ömrü, SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

Farklı sıcaklıklarda depolanan pestillerde bulunan S3G degradasyonu için aktivasyon enerjisi 117.5 ile 125.4 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kontrol pestillerin S3G degradasyonu için gereken aktivasyon enerjisinin zenginleştirilmiş pestillere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Farklı kurutma teknikleri ile üretilen pestillerde bulunan S3G degradasyonuna ait aktivasyon enerjileri benzer bulunmuştur. (Çizelge 4.58).

Varyans analiz sonuçlarına göre 22 ve 35°C sıcaklıklarda depolanan pestillerin P3G miktarı tüm faktörler ve interaksiyonlarına göre önemli düzeyde değişim göstermiştir. 4°C sıcaklıkta depolanan örneklerin P3G miktarı üzerine formülasyon × kurutma yöntemi interaksiyonu dışındaki tüm varyasyon kaynakları önemli düzeyde etki etmiştir (Çizelge 4.53).

Pestillerin P3G miktarının 0.00-3.80 mg/kg km aralığında değiştiği belirlenmiştir. Diğer antosiyaninlerden farklı olarak zenginleştirilmiş pestillerin P3G miktarı kontrol pestillere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Diğer antosiyaninlerde olduğu gibi sıcak hava akımında kurutulan pestillerin P3G miktarı kırınım pencereci kurutma ile kurutulan pestillere göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Depolama süresince pestillerin P3G miktarı kademeli olarak azalmıştır (Çizelge 4.54). Bazı örneklerde depolama başlangıcını takip eden ilk örnekleme de P3G tespit edilemediği için depolama şartlarına bağlı olarak P3G miktarındaki azalışın kinetik olarak değerlendirilmesi yapılamamıştır.

Antosiyaninler çevresel koşullara hassas bileşenler olduğu için depolama süresince miktarlarında azalmalar meydana gelmektedir. Bu azalmalar en fazla depolama sıcaklığı ve süresinde etkilense de, pH değişimleri, şeker ve şeker degradasyon ürünleri, oksijen, askorbik asit ve fenolik maddelerde askorbik asit kaybını etkilemektedir (Mphahlele vd 2014). Peña-Estévez vd (2016) nar tanelerini depoladıkları bir çalışmada 3,5-diglikozitlerin depolama sırasında 3-glikozitlere göre daha fazla kayba uğradığını belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar Martí (2002) ve Turfan vd (2012) tarafından da

bildirilmiştir. Araştırmacılar bu durumu C5 pozisyonundaki glikozidik bağlantı nedeniyle 6. ve 8. pozisyonlarındaki karbonların nükleofilik karakterinin azalması ile açıklanmıştır. Ayrıca, 3,5-diglikozitler elektrofilik atağa 3-glikozitlere göre daha hassastır.

Nar pestili antosiyanin analizi sonuçları toplu olarak değerlendirildiğinde kontrol ve sıcak hava akımında kurutulan pestillerin antosiyanin miktarlarının diğer örneklerle kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Antosiyanin açısından zengin bir ürün için düşük sıcaklıkta depolama gerekmektedir.

4.4.11. Uçucu bileşen profili

Depolama süresince nar pestili uçucu bileşenleri GC-MS kullanılarak belirlenmiş ve bileşenlerin oransal değişimi hesaplanmıştır. Bu analizler sonucu elde edilen bulgular Çizelge 4.59-4.62’de verilmiştir. Çalışma kapsamında dört farklı ürünün depolanması gerçekleştirildiği için her bir ürünün uçucu bileşenleri kendi içinde değerlendirilmiştir. Depolama süresince ürünün uçucu bileşenlerinin değişimini anlamlandırabilmek için elde edilen sonuçlara temel bileşen analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi uygulanmıştır. Bu analizlerden özellikle hiyerarşik kümeleme analizi farklı sıcaklıklarda depolanmış örneklerin hangi aşamada birbirine benzediğini belirlemede önemlidir.

Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutulmuş kontrol pestillerinin uçucu bileşenlerinin değişimi Çizelge 4.59’da sunulmuştur. Bu örnekte depolama süresince 17 farklı bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenlerden asetik asit, propanoik asit, aseton ve karbondioksit ana bileşenler olmuştur. Başlangıç örneklerinde belirlenemeyen furfural, 2-furanmetanol ve benzaldehit bileşenleri depolanma sürecinde oluşmuştur. Bu bileşenlerden özellikle furfural yalnızca 22 ve 35°C’de depolanan örneklerde belirlenmiş ve depolama süresi uzaması ile oran artışı gözlenmiştir. Furfural enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının bir ürünü olması nedeniyle bu beklenen bir durumdur (Lee ve Shibamoto, 2002).

Temel bileşen analizine (Şekil 4.18a) göre depolanan örneklerin uçucu bileşenlerinde farklılık yaratan bileşenlerin asetik asit, etanol, aseton ve propanoik asit olduğu belirlenmiştir. Hiyerarşik kümeleme analizine göre depolanmış örnekler 4 farklı küme oluşturmuştur (Şekil 4.18b). Başlangıç örneğine en yakın depolanmış örnek 4°C’de 30 gün depolanmış örnek olmuştur. Elde edilen bulgulara göre 35°C’de 7 gün depolanan pestiller uçucu bileşenler açısından 22°C’de 60 gün ile 4°C’de 90 ve 120 depolanmış örneklere oldukça yakındır. Bu sonuç 35°C’de 7 gün depolamanın uçucu bileşenler açısından 22°C’de 60 gün ve 4°C’de 120 gün depolamaya eşdeğer olduğunu göstermektedir. Nitekim 35°C’de 7 günden daha uzun süre depolanan örnekler ayrı bir küme oluşturmuş ve diğer örneklerden farklılık göstermiştir.

Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereli kurutma yöntemi ile üretilmiş kontrol pestillerinin uçucu bileşenlerinin değişimi Çizelge 4.60’da sunulmuştur. Bu örnekte depolama süresince 16 farklı bileşen tespit edilmiştir. Sıcak hava akımında kurutulmuş kontrol örneklerinde tespit edilen benzaldehide bileşeni kırınım pencereli kurutma ile üretilen pestillerde tespit edilememiştir. Tespit edilen bileşenlerden propanoik asit, etanol, aseton ve furfural ana bileşenler olmuştur. Başlangıç örneklerinde belirlenemeyen furfural bileşeni sıcak hava akımında olduğu gibi bu örneklerde de 22 ve 35°C sıcaklıklarda depolanma sürecinde oluşmuştur.

Farklı sıcaklıklarda depolanan kırımım pencereleli kurutma ile üretilmiş pestillerin temel bileşen analizi sonuçlarına göre örneklerin asetik asit, etanol, aseton, propanoik asit ve furfural bileşenleri örnekler arası farklılıklara neden olmuştur (Şekil 4.19a). Hiyerarşik kümeleme analizine göre depolanmış örnekler 3 farklı küme oluşturmuştur (Şekil 4.19b). Depolanmış örneklerin büyük bir kısmı aynı grupta toplanmıştır. Ancak 35°C’de 28 gün depolanan örnekler diğer örneklerle göre farklılık gösterdiği için tek başına kümelenmiştir. Başlangıç örneğine en yakın olan örnekler oransal olarak artan etanol bileşeni nedeniyle 4°C’de 90 ve 120 gün depolanan örnekler olmuştur.

Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutulmuş zenginleştirilmiş pestillerinin uçucu bileşenlerinin değişimi Çizelge 4.61’de verilmiştir. Bu örnekte depolama süresince 18 farklı bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenlerden aseton, etanol, asetik asit, propanoik asit ve bütanoik asit ana bileşenler olmuştur. Başlangıç örneklerinde belirlenemeyen dimetilsülfit, furfural, 2-furanmetanol, asetilfuran ve hekzanoik asit depolanma sürecinde oluşmuştur.

Temel bileşen analizine (Şekil 4.20a) göre depolanan örneklerin uçucu bileşenlerinde farklılık yaratan bileşenlerin asetik asit, etanol, aseton ve propanoik asit olduğu belirlenmiştir. Hiyerarşik kümeleme analizine göre depolanmış örnekler 5 farklı küme oluşturmuştur (Şekil 4.20b). Kontrol örneklerinden farklı şekilde başlangıç örneği uçucu bileşenler açısından farklılık göstererek ayrı bir küme oluşturmuştur. 35°C’de 7 gün depolanan pestiller uçucu bileşenler açısından 22°C’de depolama sürecinde alınan örneklerle benzer uçucu bileşen kompozisyonuna sahip olmuştur. 4°C’de depolama süresince örneklerin etanol içeriği kademeli olarak artış göstermesi nedeniyle 3 farklı kümede yer almıştır.

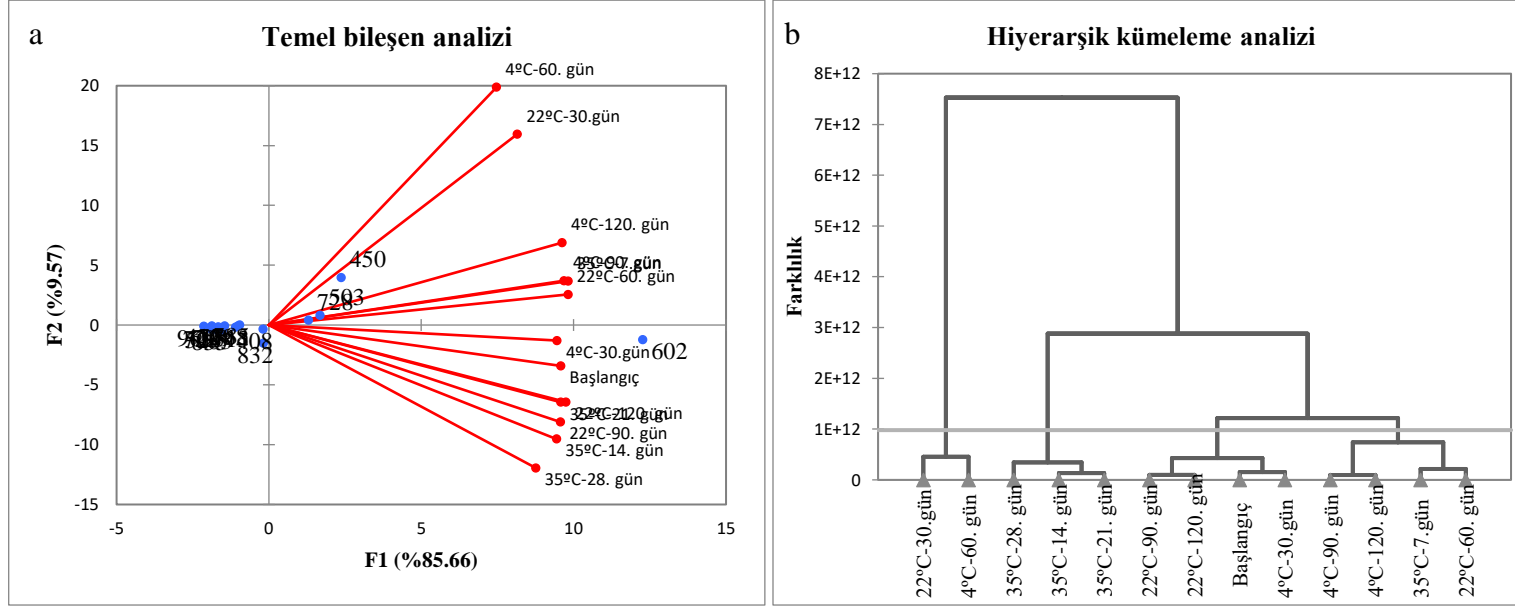
Farklı sıcaklıklarda depolanan kırımım pencereleli kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerinin uçucu bileşenlerinin değişimi Çizelge 4.62’de verilmiştir. Bu örnekte depolama süresince 18 farklı bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenlerden aseton, etanol, asetik asit, propanoik asit, bütanoik asit ve bütillenmiş hidroksitoluen ana bileşenler olmuştur. Başlangıç örneklerinde belirlenemeyen dimetilsülfit, 2,3-butandiol, 2-furanmetanol ve asetilfuran depolanma sürecinde oluşmuştur.

Temel bileşen analizine (Şekil 4.21a) göre depolanan örneklerin uçucu bileşenlerinde farklılık yaratan bileşenlerin asetik asit, etanol, aseton, propanoik asit, karbondioksit ve furfural olduğu belirlenmiştir. Hiyerarşik kümeleme analizine göre depolanmış örnekler 3 farklı küme oluşturmuştur (Şekil 4.21b). Sıcak hava akımında kurutulan zenginleştirilmiş örneklere benzer şekilde başlangıç örneği uçucu bileşenler açısından farklılık göstererek ayrı bir küme oluşturmuştur. Başlangıç örneğinden farklılığı en az olan örnekler 4°C sıcaklıkta 90 ve 120 gün depolanan örnekler olmuştur. Bu kümelerin oluşmasında temel etkiyi yaratan faktörler yüksek etanol konsantrasyonu ve düşük furfural konsantrasyonu olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.59. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutulmuş kontrol pestillerin uçucu bileşenleri (%)

Aİ	Başlangıç	Depolama süresi (gün)											
		4°C				22°C				35°C			
		30	60	90	120	30	60	90	120	7	14	21	28
408	6.67±0.44	4.50±0.29	3.57±1.39	4.22±0.27	3.87±0.30	5.34±1.86	6.21±1.21	4.55±0.20	4.26±0.28	6.13±0.66	7.19±0.29	7.50±0.41	7.36±0.15
412	1.23±0.09	1.24±0.12	0.96±0.31	1.15±0.06	1.01±0.08	0.93±0.34	0.97±0.27	1.09±0.04	1.02±0.06	0.85±0.12	0.54±0.54	t.e.	t.e.
450	4.84±0.30	6.29±3.22	26.74±21.29	13.70±0.22	16.92±1.42	27.93±23.23	14.56±10.77	2.04±0.11	4.56±1.15	17.08±9.89	2.52±0.12	7.67±5.76	2.15±0.60
503	11.37±0.74	11.33±1.81	12.7±3.36	10.27±0.81	12.22±1.84	12.51±0.16	13.25±1.73	12.26±2.76	7.58±0.71	10.33±0.76	8.22±1.34	6.65±3.28	3.44±0.05
520	1.42±0.10	0.84±0.84	t.e.	t.e.	0.82±0.82	t.e.	t.e.	1.11±1.11	2.10±0.14	t.e.	t.e.	1.47±1.47	3.12±0.00
602	37.60±6.03	36.47±1.14	27.57±11.5	36.39±0.95	34.53±2.09	38.82±15.79	44.51±7.09	39.97±0.17	45.67±0.25	38.95±4.8	46.05±2.04	44.67±2.82	46.06±2.12
719	3.99±0.26	2.93±0.30	2.12±0.59	2.27±0.04	2.03±0.00	1.84±0.96	1.84±0.39	1.19±0.13	1.13±0.03	1.82±0.20	1.74±0.14	1.27±0.11	1.65±0.18
723	4.07±0.26	0.50±0.50	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.16±0.23	1.41±0.34	t.e.	0.71±0.06
728	11.88±9.44	18.46±1.10	13.90±5.90	16.87±0.01	15.09±0.56	3.03±1.09	3.16±0.61	10.45±0.06	10.45±0.17	4.72±0.22	4.36±0.24	3.69±0.17	2.26±0.96
768	3.16±0.23	4.10±0.49	3.02±1.08	3.75±0.02	3.47±0.11	3.07±1.14	3.64±0.67	3.48±0.23	3.54±0.04	2.72±0.39	3.18±0.03	2.46±0.11	2.09±0.06
785	6.46±0.51	7.02±0.59	4.59±1.77	5.91±0.41	5.43±0.32	t.e.	t.e.	4.40±0.24	5.12±0.07	0.88±0.03	0.42±0.42	0.41±0.41	t.e.
798	1.88±0.12	1.75±0.12	1.11±0.38	1.44±0.18	1.47±0.01	1.06±0.39	1.25±0.23	1.73±0.30	1.51±0.14	1.37±0.07	1.44±0.01	1.13±0.27	1.20±0.01
832	t.e.	0.94±0.08	0.65±0.14	0.69±0.00	0.64±0.06	1.43±0.60	3.58±0.70	9.52±1.52	5.93±0.03	5.49±1.20	11.58±1.31	13.81±2.19	20.36±0.03
855	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.19±0.33	4.05±0.22	3.54±0.04	1.02±0.13	2.57±0.02	2.50±0.43	2.77±0.13
969	t.e.	0.55±0.55	0.73±0.73	0.52±0.52	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
983	2.54±0.15	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.75±0.50	2.31±0.31	1.02±0.04	0.55±0.55	3.32±0.47	4.33±0.04	3.99±0.57	4.47±0.08
1513	2.90±0.20	3.06±0.00	2.35±0.85	2.84±0.11	2.49±0.09	2.29±0.71	2.53±0.69	3.14±0.19	3.05±0.38	4.17±0.60	4.44±0.79	2.78±0.10	2.37±0.23

Bileşenlerin adları Ek-1'de verilmiştir. X±Standard Hata. Aİ: Alikonma indeksi, t.e. tespit edilemedi

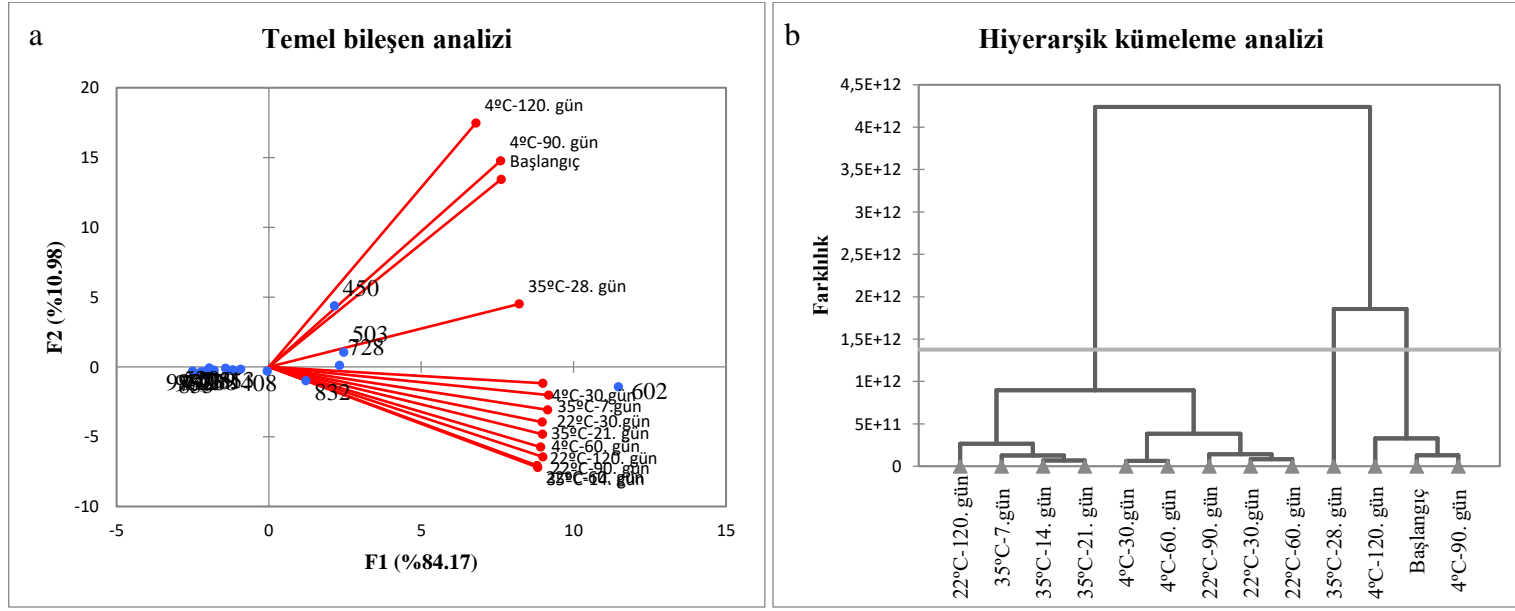


Şekil 4.18. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutma ile üretilmiş kontrol pestillerin uçucu bileşenlerine ait (a) temel bileşen analizi ve (b) hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları

Çizelge 4.60. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereleli kurutma ile üretilmiş kontrol pestillerin uçucu bileşenleri (%)

Aİ	Başlangıç	Depolama süresi (gün)											
		4°C				22°C				35°C			
		30	60	90	120	30	60	90	120	7	14	21	28
408	4.37±0.62	6.69±0.00	6.36±0.53	4.84±0.12	4.30±0.30	6.75±0.38	7.02±0.37	6.35±0.62	5.95±0.56	5.05±0.44	5.58±0.59	5.77±0.28	5.68±0.37
412	1.40±0.11	1.81±0.10	1.90±0.25	1.31±0.14	1.05±0.07	1.58±0.04	1.62±0.06	1.28±0.04	1.27±0.03	1.30±0.15	1.20±0.06	1.14±0.07	t.e.
450	19.66±8.91	7.14±4.77	4.24±1.33	26.85±0.42	33.29±0.38	5.92±3.86	2.43±0.21	4.39±0.80	2.46±0.02	8.12±5.73	3.57±1.53	7.76±1.92	20.97±0.50
503	19.6±1.45	12.49±0.02	11.33±1.79	14.00±1.11	13.31±0.07	13.21±2.46	7.96±0.13	7.49±0.21	16.89±0.71	11.06±2.97	8.31±0.33	10.71±0.69	3.83±0.14
520	3.90±0.33	2.51±0.04	2.41±0.25	t.e.	t.e.	t.e.	1±1	1.01±1.01	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	5.51±0.21
602	20.14±2.5	29.10±3.04	35.57±8.11	23.50±0.17	22.32±1.28	35.47±2.48	41.26±1.52	42.52±2.27	39.97±2.21	31.64±4.45	37.09±3.34	36.35±1.12	31.77±1.62
719	2.49±0.34	4.36±0.17	5.52±1.63	3.63±0.51	2.49±0.02	2.62±1.09	1.98±0.44	1.54±0.39	1.26±0.15	2.13±0.68	1.72±0.26	1.52±0.06	1.34±0.02
723	0.44±0.44	3.66±0.03	2.37±0.29	2.37±0.04	1.66±0.28	2.27±0.34	1.77±1.77	1.05±0.10	t.e.	1.15±0.08	1.48±0.20	1.94±1.94	0.97±0.08
728	12.53±2.04	14.29±0.62	13.92±1.35	11.35±0.42	10.02±0.62	14.26±0.1	13.71±1.05	11.20±0.63	8.93±0.02	12.32±0.71	10.75±0.94	7.40±0.22	5.28±0.02
768	2.07±0.29	2.64±0.03	2.92±0.21	3.01±0.29	2.72±0.27	3.1±0.11	4.03±0.39	3.30±0.02	2.86±0.06	2.77±0.22	2.53±0.03	1.86±0.20	1.29±0.15
785	3.24±0.92	4.04±0.80	3.61±0.15	2.82±0.21	2.84±0.09	4.25±0.07	2.64±1.22	3.31±0.18	2.69±0.04	3.75±0.10	2.91±0.03	2.10±0.18	1.51±0.00
798	1.00±0.09	0.74±0.74	t.e.	t.e.	0.97±0.05	1.45±0.1	4±2.81	t.e.	1.12±0.12	1.24±0.17	1.16±0.01	0.49±0.49	0.52±0.52
832	5.24±0.31	3.51±0.33	4.83±1.03	2.34±0.3	1.90±0.29	6.33±2.65	5.91±4.64	10.14±3.44	9.75±2.13	13.44±3.86	16.7±3.56	16.90±0.81	16.03±2.26
855	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.02±0.75	2.09±0.90	2.68±0.40	t.e.	1.85±0.70	1.41±0.04	1.71±0.43
969	0.58±0.58	1.51±0.26	0.56±0.56	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.23±0.28	t.e.	0.44±0.44	1.34±0.32	1.16±0.05	1.38±0.08
983	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
1513	3.34±0.38	5.51±0.12	4.46±0.45	3.98±0.25	3.14±0.32	2.77±0.29	1.63±1.63	3.09±0.58	4.15±0.49	5.59±1.55	3.83±0.11	3.5±0.44	2.18±0.36

Bileşenlerin adları Ek-4'de verilmiştir. X±Standard Hata. Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi

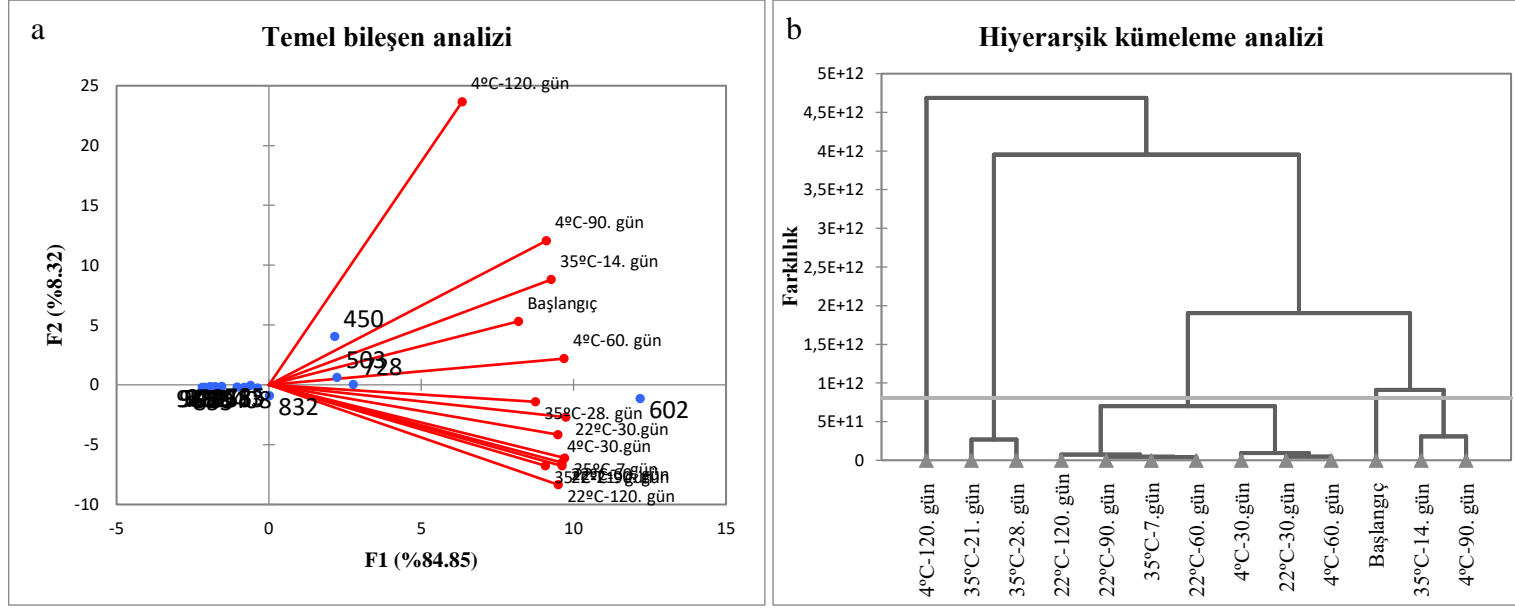


Şekil 4.19. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereli kurutma ile üretilmiş kontrol pestillerin uçucu bileşenlerine ait (a) temel bileşen analizi ve (b) hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları

Çizelge 4.61. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerin uçucu bileşenleri (%)

Aİ	Başlangıç	Depolama süresi (gün)											
		4°C				22°C				35°C			
		30	60	90	120	30	60	90	120	7	14	21	28
408	4.02±0.39	5.52±0.08	5.23±0.24	3.92±0.40	3.22±0.04	5.88±0.19	5.14±0.31	5.33±0.02	5.50±0.18	4.84±0.09	3.41±0.21	4.11±0.43	3.94±0.83
412	1.31±0.14	1.46±0.01	1.40±0.14	1.03±0.03	0.82±0.06	1.34±0.01	1.18±0.05	1.12±0.01	1.30±0.03	1.27±0.06	0.73±0.03	0.89±0.06	0.77±0.18
450	10.18±1.22	4.83±0.01	12.49±2.46	22.57±6.35	42.65±0.35	7.22±4.06	3.92±0.38	2.82±0.48	2.06±0.08	4.64±1.63	19.53±5.61	5.73±2.89	10.25±8.59
503	27.27±3.26	10.18±1.40	9.78±0.70	12.23±2.87	8.21±1.27	9.62±1.82	8.29±0.52	13.35±0.8	8.68±0.1	9.33±1.20	12.03±0.49	6.37±3.45	7.22±4.38
520	t.e.	1.93±0.36	1.72±0.04	0.79±0.79	0.82±0.82	0.69±0.69	1.77±0.12	0.96±0.96	1.77±0.15	2.45±0.42	2.33±0.06	2.36±0.27	0.93±0.93
602	25.76±2.23	37.50±0.93	36.35±1.40	29.67±5.33	23.08±0.71	40.02±2.89	42.85±0.74	44.01±1.11	48.57±0.16	39.99±1.47	30.31±0.53	35.85±3.16	33.16±4.66
610	2.65±0.12	0.66±0.66	t.e.	0.96±0.96	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.54±0.54	1.36±0.79	2.39±0.29	0.41±0.41
719	2.75±0.21	3.15±0.30	2.55±0.15	1.92±0.28	1.26±0.09	1.88±0.11	1.45±0.11	1.17±0.20	0.99±0.01	1.64±0.07	0.93±0.22	1.42±0.19	0.63±0.63
723	0.74±0.74	1.71±0.12	t.e.	0.38±0.38	0.94±0.94	1.58±0.04	0.62±0.62	0.67±0.67	t.e.	1.10±0.07	0.83±0.09	0.32±0.32	0.89±0.23
728	14.32±1.13	18.54±0.6	16.93±0.89	13.69±1.86	9.83±0.36	15.84±0.98	14.11±0.28	11.85±0.08	10.76±0.06	12.84±1.82	7.76±1.60	9.07±0.86	6.63±1.36
768	2.70±0.15	3.67±0.08	3.50±0.29	3.05±0.44	2.32±0.01	3.35±0.22	3.70±0.00	3.29±0.20	3.40±0.04	3.12±0.25	2.05±0.33	2.54±0.25	1.82±0.29
785	4.25±0.47	6.43±0.73	5.74±0.14	5.14±0.62	3.44±0.47	4.81±0.28	4.03±0.42	3.44±0.04	3.27±0.04	4.69±0.86	2.68±0.09	2.70±0.43	2.01±0.34
798	1.16±0.04	1.79±0.14	1.60±0.10	1.39±0.18	0.96±0.01	1.31±0.06	1.27±0.13	0.50±0.50	1.24±0.15	1.41±0.13	0.93±0.04	0.90±0.25	0.73±0.06
832	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.73±0.46	3.53±0.11	4.92±0.50	6.76±0.11	6.24±0.48	9.13±1.72	17.77±1.48	21.14±6.12
855	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.68±0.13	2.41±0.22	3.05±0.16	2.00±0.72	2.11±0.53	3.58±0.30	2.80±0.24
908	t.e.	t.e.	t.e.	0.46±0.46	t.e.	t.e.	0.56±0.56	0.50±0.50	t.e.	0.63±0.63	0.48±0.48	0.74±0.05	0.38±0.38
983	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.30±0.30	0.32±0.32	0.26±0.26
1513	2.91±0.33	2.63±0.24	2.71±0.34	2.82±0.17	2.43±0.05	4.72±0.43	4.88±0.11	3.68±0.40	2.66±0.35	3.25±0.21	3.10±0.72	2.95±0.45	6.05±2.62

Bileşenlerin adları Ek-4'de verilmiştir. X±Standard Hata. Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi

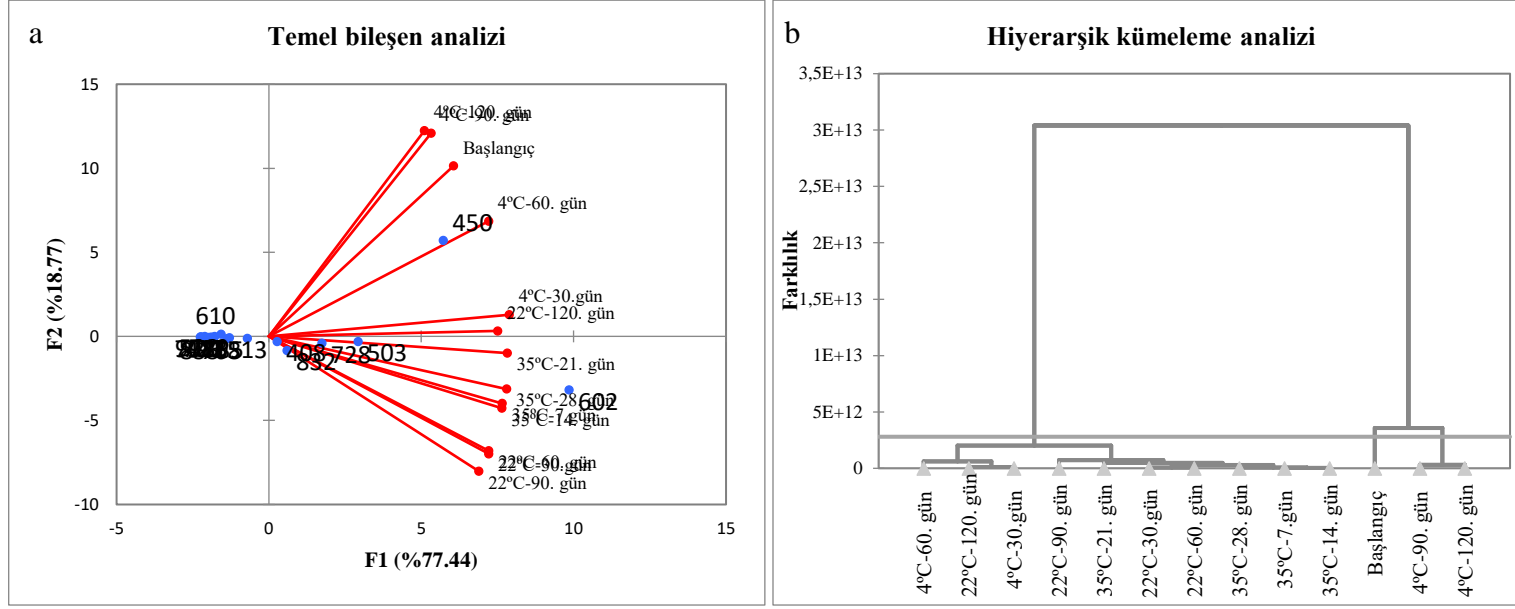


Şekil 4.20. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak hava akımında kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerin uçucu bileşenlerine ait (a) temel bileşen analizi ve (b) hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları

Çizelge 4.62. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereleli kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerin uçucu bileşenleri (%)

Aİ	Başlangıç	Depolama süresi (gün)											
		4°C				22°C				35°C			
		30	60	90	120	30	60	90	120	7	14	21	28
408	2.98±0.28	6.41±0.70	4.76±0.16	3.97±0.20	4.13±0.09	6.35±0.15	6.44±0.38	6.07±0.58	10.32±3.84	4.99±0.66	6.86±0.48	4.92±0.56	6.66±1.85
412	0.99±0.11	1.75±0.14	1.49±0.08	1.13±0.18	0.71±0.03	1.51±0.03	1.30±0.03	1.36±0.16	t.e.	1.12±0.20	1.37±0.16	1.01±0.05	0.42±0.42
450	30.62±15.8	14.18±3.56	26.34±1.70	40.98±4.97	60.04±0.63	15.63±8.01	6.71±1.93	2.92±0.43	5.95±2.17	29.87±5.40	2.01±0.18	17.07±3.08	15.85±8.05
503	30.07±6.06	11.39±0.44	15.98±0.85	14.99±0.83	0.98±0.17	10.87±0.41	15.13±1.08	21.67±1.31	10.62±3.49	13.01±1.45	7.35±0.08	14.87±0.01	9.48±0.44
520	t.e.	2.60±0.14	2.23±0.02	t.e.	t.e.	0.98±0.98	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
602	9.60±1.33	26.81±1.60	21.74±0.07	18.15±2.66	14.48±0.33	34.44±2.22	41.89±0.06	41.26±2.86	23.74±15.36	24.81±2.94	40.51±2.06	30.5±0.00	40.63±4.94
610	1.53±0.01	3.12±0.02	3.05±0.21	3.13±1.00	1.39±0.24	t.e.	t.e.	2.92±0.06	5.41±2.11	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
719	1.49±0.05	2.19±0.12	1.68±0.06	1.01±0.12	0.67±0.08	0.78±0.78	0.56±0.56	t.e.	2.6±0.91	0.95±0.07	1.37±0.07	0.98±0.10	1.29±0.28
723	0.75±0.00	1.87±0.29	0.63±0.63	t.e.	t.e.	1.70±0.25	t.e.	t.e.	1.31±0.46	1.56±0.10	2.09±0.07	0.38±0.38	t.e.
728	6.46±0.72	13.60±0.43	10.96±0.02	8.37±1.09	8.29±0.22	13.05±1.45	11.68±0.27	8.65±0.66	9.99±6.52	8.70±1.23	11.60±0.55	5.92±0.26	5.49±0.35
768	0.95±0.12	2.44±0.08	2.01±0.11	1.73±0.23	1.37±0.07	2.72±0.49	2.75±0.10	2.37±0.19	4.35±1.65	1.45±0.21	2.18±0.03	1.47±0.04	1.25±0.13
785	1.40±0.04	3.03±0.29	2.57±0.08	1.63±0.06	1.75±0.32	2.63±0.64	2.37±0.05	1.78±0.08	5.9±2.09	1.77±0.26	2.28±0.13	1.27±0.02	0.49±0.49
798	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.33±0.33	t.e.	t.e.	t.e.	1.18±0.41	t.e.	t.e.	0.80±0.02	t.e.
832	3.95±0.14	4.66±0.26	2.66±0.38	1.57±0.11	1.10±0.12	3.62±1.06	5.84±0.35	5.68±0.23	7.35±0.9	7.04±0.81	15.42±1.92	14.3±1.23	12.36±0.00
855	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.77±0.77	0.65±0.65	2.89±0.96	t.e.	0.54±0.54	1.15±0.17	0.39±0.39
908	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.25±0.25	t.e.	t.e.	t.e.	1.33±0.44	0.39±0.39	0.54±0.54	0.52±0.52	t.e.
983	0.35±0.35	t.e.	t.e.	t.e.	1.65±0.13	t.e.	t.e.	t.e.	7.07±2.47	0.56±0.56	0.63±0.63	1.11±0.09	1.50±1.50
1513	8.85±6.59	5.95±0.35	3.91±0.48	3.33±0.39	2.86±0.95	5.72±0.04	4.58±0.28	4.67±0.01	t.e.	3.78±0.20	5.25±0.53	3.72±0.42	4.2±0.99

Bileşenlerin adları Ek-4'de verilmiştir. X±Standard Hata. Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi



Şekil 4.21. Farklı sıcaklıklarda depolanan kırınım pencereli kurutma ile üretilmiş zenginleştirilmiş pestillerin uçucu bileşenlerine ait (a) temel bileşen analizi ve (b) hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları

Depolama boyunca meyve pestillerinin uçucu bileşenlerinin izlendiği yalnız bir çalışmaya rastlanılmıştır. Bu çalışmada taze halde 38 adet uçucu bileşen içeren durian meyvesi pestile işlendiğinde 8 tanesi taze meyvede bulunmayan olmak üzere 27 farklı bileşen tespit edilebilmiştir. Araştırmacılar bu durumu, pestile işleme sırasında uygulanan kurutma işlemi nedeniyle kayıpların olması ile açıklanmıştır. Bileşenlerin oransal olarak değerlendirildiği bu çalışmada depolama süresince sülfürlü/azotlu bileşenlerin oranı değişmezken, esterler ve alkollerde azalma ve asitlerde ise artma olduğu tespit edilmiştir (Jaswir vd 2008).

4.4.12. Duyusal özellikler

Pestil örneklerinin duyusal özelliklerini belirlemek amacıyla oda sıcaklığında (22°C) depolanmış örnekler kullanılmıştır. Örneklerin duyusal özellikleri olan görünüş, renk, tekstür, koku, tat ve genel beğeni 10 panelist tarafından 9 puanlık hedonik skala yöntemi ile belirlenmiştir. Zenginleştirme, kurutma yöntemi ve depolama süresinin pestillerin duyusal özellikleri üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.63’de, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.64’de verilmiştir.

Örneklerin duyusal görünüş puanları yalnızca depolama süresi ve kurutma yöntemi × depolama süresi etkileşimlerinden etkilenmiştir (Çizelge 4.63). Çizelge 4.64’de görüldüğü üzere depolama ile örneklerin görünüş değerlerinde azalış meydana gelmiş ancak 60 günlük depolama sonrasında pestillerin benzer görünüş özelliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Görünüş değerlerinde meydana gelen bu azalmaların örneklerin renk değişimine bağlı olduğu düşünülmektedir. Nitekim örneklerin renk özellikleri de depolama süresince benzer değişim göstermiştir (Çizelge 4.37).

Pestil örneklerinin duyusal tekstür puanları kurutma yöntemi, depolama süresi ve formülasyon × depolama süresi etkileşimlerine bağlı olarak farklılık göstermiştir (Çizelge 4.63). Kırınım pencereli kurutma ile üretilmiş pestillerin tekstür puanları sıcak hava akımında kurutulan pestillere göre daha düşük olarak belirlenmiştir. Enstrümantal tekstür analiz yönteminde belirlenen yüksek sertlik ve çignenebilirlik de (Çizelge 4.39) duyusal analiz sonuçlarıyla paralellik göstermiştir.

Pestillerin koku ve tat puanları yalnızca depolama süresinden önemli düzeyde etkilenmiş (Çizelge 4.63) ve depolama süresince azalış göstermiştir (Çizelge 4.64). Pestillerin koku ve tat puanlarındaki bu azalış ilk 30 günlük depolama belirgin olmuş ancak ilerleyen depolama süresince farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.64)

Pestillerin genel beğeni puanları her iki formülasyon ve kurutma yöntemine göre benzer bulunmuştur. Ancak depolama süresince azalış göstererek 7.44’ten 5.89’a düşmüştür (Çizelge 4.64). Böylece pestillerin test edilen depolama süresince kabul edilebilir beğeni aldığı söylenebilir.

Elma, mango ve guava pestillerinin duyusal özelliklerinin oda sıcaklığında 3 aylık depolama sırasında izlendiği bir çalışmada renk, aroma, tekstür, tatlılık ve genel beğeni açısından depolama boyunca benzer sonuçlar elde edilmiştir (Naz 2012). Benzer şekilde oda koşullarında polietilen ambalajlarda 3 ay depolanan guava pestillerinin depolama boyunca duyusal olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir (Sandhu vd 2001). Ayrıca yalancı iğde pestilinin 6 aylık depolanması süresince duyusal özelliklerini muhafaza ettiği

de rapor edilmiştir (Kaushal vd 2013). Depolamanın duyuşal özellikleri üzerinde etkisi olmadığı ayrıca guava ve pawpaw pestilleri (Babalola vd 2002) için de rapor edilmiştir.

Sepulveda vd (2000) farklı oranlarda kaktüs meyvesi ve ayva kullanarak pestil hazırlamışlar ve bu pestillerin duyuşal kalitesini 3 aylık depolama boyunca izlemişlerdir. Elde edilen duyuşal panel sonuçları depolama boyunca bu çalışmadakine benzer (9 üzerinden >5) olarak bulunmuştur.

Ancak papaya pestilinin duyuşal olarak kabul edilebilirliğinde 3 aylık depolama boyunca azalma olduğu tespit edilmiştir (Sandhu vd 2008). Benzer şekilde durian pestilinin farklı ambalaj materyalleri ile 12 hafta süre depolandığı bir çalışmada depolama süresince tüm duyuşal özelliklerde belirgin kayıplar meydana geldiği belirlenmiştir. Bu çalışmada genel beğeni açısından depolama sonunda lamine alüminyum folyo, yüksek yoğunluklu polietilen ve polipropilen ile ambalajlanan pestillerin benzer puanlar aldıkları görülmüştür (Irwandi vd 1998).

Çizelge 4.63. 22°C sıcaklıkta depolanmış pestil örneklerinin duyuşal analiz puanlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Görünüş			Renk		Tekstür	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Formülasyon (F)	1	0.20	1.29	0.49	1.78	0.07	0.73
Kurutma yöntemi (K)	1	0.19	1.19	0.85	3.09	10.96	110.76**
Depolama süresi (D)	4	11.91	75.84**	15.09	55.06**	1.71	17.25**
F×K	1	0.01	0.04	0.49	1.78	0.42	4.25
F×D	4	0.03	0.18	0.03	0.11	0.50	5.07*
K×D	4	0.48	3.06*	0.43	1.58	0.06	0.59
F×K×D	4	0.03	0.20	0.02	0.06	0.16	1.65
Hata	20	0.15		0.27		0.10	
		Koku		Tat		Genel beğeni	
Formülasyon (F)	1	0.06	0.91	0.22	3.00	0.03	0.44
Kurutma yöntemi (K)	1	0.005	0.07	0.13	1.76	0.21	2.93
Depolama süresi (D)	4	0.57	8.76**	1.40	18.75**	3.36	45.8**
F×K	1	0.11	1.63	0.00	0.00	0.09	1.19
F×D	4	0.02	0.38	0.06	0.82	0.07	1.00
K×D	4	0.03	0.39	0.09	1.27	0.35	4.75**
F×K×D	4	0.14	2.14	0.13	1.71	0.10	1.34
Hata	20	0.06		0.07		0.07	

SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri, * p<0.05, ** p<0.01

Çizelge 4.64. 22°C sıcaklıkta depolanmış pestil örneklerinin duyu analizi puanları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

		Görünüş	Renk	Tekstür
Formülasyon	Kontrol	6.46±0.27a	6.47±0.3a	6.33±0.17a
	Zenginleştirilmiş	6.61±0.26a	6.7±0.3a	6.24±0.18a
Kurutma yöntemi	SH	6.47±0.31a	6.44±0.34a	6.81±0.13a
	KPK	6.6±0.21a	6.73±0.26a	5.76±0.12b
Depolama süresi (Gün)	0	8.49±0.12a	8.74±0.11a	7.1±0.26a
	30	6.95±0.15b	7.16±0.18b	6.09±0.29b
	60	5.81±0.16c	5.85±0.19c	6.16±0.22b
	90	5.88±0.14c	5.72±0.22c	5.99±0.22b
	120	5.54±0.15c	5.46±0.19c	6.08±0.21b
		Koku	Tat	Genel beğeni
Formülasyon	Kontrol	6.66±0.07a	6.28±0.11a	6.38±0.17a
	Zenginleştirilmiş	6.58±0.08a	6.13±0.1a	6.32±0.13a
Kurutma yöntemi	SH	6.61±0.08a	6.27±0.12a	6.42±0.18a
	KPK	6.63±0.08a	6.15±0.09a	6.28±0.11a
Depolama süresi (Gün)	0	7.08±0.09a	6.95±0.11a	7.44±0.18a
	30	6.63±0.1b	6.04±0.14b	6.44±0.1b
	60	6.43±0.06b	6.12±0.12b	6.04±0.09c
	90	6.52±0.06b	6.02±0.06b	5.94±0.11c
	120	6.45±0.12b	5.92±0.05b	5.89±0.08c

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir. SH: Sıcak hava akımında kurutma, KPK: Kırınım pencereci kurutma

5. SONUÇ

Bu çalışmada fonksiyonel bileşenlerce zengin besinsel ve duyuşal özelliklerini mümkün olduğunca korumuş endüstriyel ölçekte uygulanabilir nar pestili üretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle ısıt işlem gerektirmeyen bir formülasyon geliştirilmiştir. Daha sonra farklı sıcaklıklarda 4 farklı kurutma yönteminin ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmış ve en iyi kurutma yöntemi ve şartları belirlenmiştir. Ürünün fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla nar çekirdek yağı ve nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme yapılmıştır. Son olarak elde edilen ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin değişimleri depolama süresince izlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ve sonraki çalışmalara yön verebilecek bazı öneriler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- Yapılan ön denemeler sonucu pestilin %80 nar suyu konsantresi (40 Briks), %10 bal (kuru maddesi) ve %10 süt tozu içeren karışımın kurutulması ile hazırlanmasına karar verilmiştir.
- Soğukta jelleşen hidrokolloidler kullanılarak ısıt işlem gerektirmeyen bir formülasyon geliştirmek amacıyla karışım deseni kullanılmıştır. Herhangi bir matematiksel modelle ifade edilebilen cevapları amaca uygun olarak optimize eden en iyi karışım istenirlik fonksiyonu ile belirlenmiştir. Optimum pestil formülasyonu için kurumadde bazında %7.5 keçiyoynuzu zamkı ve %2.5 prejelatinize nişasta kullanılması gerektiği belirlenmiştir.
- Optimum formülasyon kullanılarak üretilen pestillerin fizikokimyasal özellikleri analiz edilerek matematiksel modellerden tahminlenen teorik verilerle karşılaştırılmış ve genel olarak uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Uyumsuz olarak belirlenen toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı ve antioksidan aktivite teorik verilere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ancak toplam proantosiyanidin miktarı teorik hesaplanan değere göre daha düşük bulunmuştur.
- Optimum formülasyonla ısıt işlem uygulanmadan üretilen pestiller ile konsantreden geleneksel üretilen pestillerin özellikleri karşılaştırılmış ve özellikle kimyasal bileşim ve tekstürel özellikler açısından hidrokolloidlerle üretilen ürünün genel olarak daha üstün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca duyuşal panele göre iki farklı yöntemle üretilen pestillerin renk, görünüş ile tat ve koku puanları arasında istatistiki açıdan bir fark görülmemiştir.
- Optimize edilen pestil formülasyonu ve geleneksel üretime göre hazırlanan pestil herleleri 3 farklı sıcaklıkta 4 farklı kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünün kuruma kinetiği ve fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır.
- Formülasyondan ve kurutma yönteminden bağımsız olarak pestillerin kurutulmasını en iyi ifade eden kurutma modelinin Midilli modeli olduğu tespit edilmiştir. Kurutmalara ait aktivasyon enerjisi KPK dışında tüm kurutma uygulamalarında her iki formülasyonda da benzer bulunmuştur.
- Hızlı nem difüzyonu nedeniyle oluşan difüzyon kanallarından dolayı 180W mikrodalga gücünde uygulanan mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma yöntemi ile üretilmiş pestillerin sertlik ve çignenebilirlik değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.
- Fenolik maddeler açısından (toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam proantosiyanidin) en zengin örnekler mikrodalga destekli sıcak hava

akımında kurutma yöntemi ile üretilmiş pestiller olmuştur. Ancak toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit miktarları sıcak hava akımında kurutma ve kırınım pencereleli kurutma ile üretilen pestillerde daha yüksek miktarda belirlenmiştir.

- Türk standartlarına göre pestillerin içerebileceği HMF miktarı en fazla 50 mg/kg'dır. Tez çalışması kapsamında denenen koşullardan yalnızca hidrokolloidlerle hazırlanan herlenin 50°C sıcak hava akımında kurutulması ile bu düzeyin altında HMF içeren pestil üretilebildiği tespit edilmiştir. Özellikle mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma ile üretilen pestillerin HMF miktarı diğer yöntemlere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca geleneksel yöntem ile üretilmiş pestillerin HMF içeriği hidrokolloidlerle üretilen pestillere göre 2 kat daha fazla bulunmuştur.
- Fenolik madde (punikalagin a, punikalagin b ve ellajik asit) miktarları açısından en iyi sonuçları veren kurutma yöntemi mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma olarak belirlenmiştir. Ancak antosiyanin (delfinidin-3,5-diglikozit, siyanidin-3,5-diglikozit, delfinidin-3-glikozit, siyanidin-3-glikozit ve pelargonidin-3glikozit) miktarları açısından kırınım pencereleli kurutma ve sıcak hava akımında kurutma yöntemleri daha az antosiyanin kaybına yol açmıştır.
- Uçucu bileşenlere uygulanan temel bileşen analizi sonuçlarına göre geleneksel formülasyonla hazırlanan pestillerde farklılık yaratan bileşen furfural olmuş ve bu bileşenin oluşumunu tetikleyen mikrodalga destekli sıcak hava akımında kurutma (180W) yöntemi ile üretilmiş ürünler diğer kurutma yöntemleri ile üretilmiş pestillerden ayrılmıştır. Hidrokolloidlerle hazırlanan pestillerde ise KPK ve sıcak hava akımında kurutma yöntemleri benzer uçucu bileşen profiline ve düşük furfural oranına sahip olmuştur.
- Çalışma kapsamında nar pestilinin fonksiyonelliğinin artırılması amacıyla farklı oranlarda nar kabuğu fenolikleri ve nar çekirdek yağı ile zenginleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Üretilen zenginleştirilmiş pestillerin renk, tekstür ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme tekstürel özelliklerde azalmalara neden olurken, nar çekirdek yağı ile zenginleştirme ise tüm tekstür değerlerinde olumlu değişim sağlamıştır.
- Duyusal panel sonuçlarına göre nar çekirdek yağı ile zenginleştirilen pestilin duyuşal olarak kabul edilebilir olmadığı belirlenmiştir. Ancak nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirilen pestillerin konsantrasyondan bağımsız olarak beğenildiği tespit edilmiştir.
- Depolama süresince pestillerin L* ve doygunluk renk değerlerinde azalmalar meydana gelirken, ton açısı değerlerinde artış gözlenmiştir.
- Zenginleştirilmiş pestillerin toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarları kontrol örneklerine göre 1.5 kat daha fazla olarak belirlenmiştir. Ancak toplam proantosiyanidin madde miktarı ise her iki üründe benzer olarak bulunmuştur. Ayrıca kontrol örneklerinin toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit miktarı zenginleştirilmiş örneklerden daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu bileşenlerin miktarları depolama süresince düzenli olarak azalmıştır.
- Toplam monomerik antosiyaninlerin degradasyonunun ikinci derece kinetiğe uygun olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Degradasyonun aktivasyon enerjisi yaklaşık 102-116 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Askorbik asit ise sıfırıncı derece

kinetiğe uygun olarak azalmış ve aktivasyon enerjisi 35-57 kJ/mol olarak hesaplanmıştır.

- Depolama sırasında HMF artışının özellikle 22 ve 35°C sıcaklıkta sıfırıncı derece kinetiğe uygun gerçekleştiği tespit edilmiştir. 35°C'de HMF artış hızı 7-11 mg/gün olarak hesaplanmışken, 22°C'de ise 0.17-0.28 olarak hesaplanmıştır.
- Zenginleştirilmiş pestillerin DPPH radikalini indirgeme yeteneği kontrol örneklerine göre daha yüksek olarak belirlenirken, serbest radikalleri bağlama yeteneğinde tam tersi bir durum gözlenmiştir. Bu durumun askorbik asitle ilişkili olduğu değerlendirilmiştir.
- Depolama süresince pestillerin punikalagin a ve punikalagin b miktarları da düzenli olarak azalmıştır. Ancak pestillerin ellajik asit miktarları depolama süresince artış göstermiştir. Bu durumun narda bulunan ellajitanenlerin depolama süresince degrade olması sonucu serbest forma dönüşen ellajik asitten kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Pestilde bulunan antosiyaninlerin depolama sırasında düzenli olarak azaldığı ve bu azalışın genel olarak ikinci derece kinetiğe uygun olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Antosiyanin degradasyonunun aktivasyon enerjisi genellikle 100 kJ/mol'den daha yüksek olarak hesaplanmıştır.
- Depolama süresince özellikle enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu farklı uçucu bileşenlerin oluştuğu tespit edilmiştir. Uçucu bileşen sonuçlarına uygulanan temel bileşen analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi sonucu 35°C'de kısa süreli (<7 gün) depolanan örneklerin 4 ve 22°C sıcaklıklarda uzun süre (~120 gün) depolanan örneklere benzer uçucu bileşen profiline sahip olduğu belirlenmiştir.
- Depolanan örneklerin duyu analize göre kontrol ve zenginleştirilmiş pestillerin benzer duyu özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tekstür dışında kırınım pencereli kurutma ile üretilen pestiller ile sıcak hava akımında kurutma ile üretilen ürünler benzer duyu özellik göstermiştir. Depolama sırasında tüm duyu özelliklerde kayıplar meydana gelmiştir.
- Tez kapsamında elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde hidrokolloidler kullanılarak hem fonksiyonel bileşenlerce zengin hem de HMF içeriği düşük nar pestil üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirme nar pestilinin duyu özelliklerini değiştirmeden fonksiyonel özelliklerini arttırmaktadır. Pestilin fonksiyonel özelliklerini daha uzun süre muhafaza edebilmesi için düşük sıcaklıkta depolanmasının uygun olacağı belirlenmiştir.
- Kırınım pencereli kurutma yönteminin sürekli ve standart kalitede pestil üretiminde önemli bir alternatif üretim tekniği olduğu belirlenmiştir. Ancak tez çalışması kapsamında denenmeyen farklı serme kalınlıklarının nar pestili fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin belirlendiği yeni bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- ABONYI, B.I., FENG, H., TANG, J., EDWARDS, C.G., CHEW, B.P., MATTINSON, D.S. and FELLMAN, J.K. 2002. Quality retention in strawberry and carrot purees dried with Refractance Window™ system. *J Food Sci*, 67 (3): 1051-1056.
- ADDAI, Z.R., ABDULLAH, A., MUTALIB, S.A. and MUSA, K.H. 2016. Evaluation of fruit leather made from two cultivars of papaya. *Italian J Food Sci*, 28(1): 73-82.
- AKPINAR, E.K. and BICER, Y. 2006. Mathematical modeling and experimental study on thin layer drying of strawberry. *Int J Food Eng*, 2(1): Article 5.
- ANONIM 2016. NIST Standart Reference Database, webbook.nist.gov/chemistry/ (Son erişim: Eylül 2016)
- ARAO, K., WANG, Y.M., INOUE, N., HIRATA, J., CHA, J.Y., NAGAO, K. and YANAGITA, T. 2004. Dietary effect of pomegranate seed oil rich in 9cis, 11trans, 13cis conjugated linolenic acid on lipid metabolism in obese, hyperlipidemic OLETF Rats. *Lipids Health Dis*, 3 (24): 1-7.
- ARDEKANI M.R.S., HAJIMAHMOODI M., OVEISI M.R., SADEGHI N., JANNAT B., RANJBAR A.M., GHOLAM N., and MORIDI T., 2011. Comparative antioxidant activity and total flavonoid content of persian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Iran J Pharm Res*, 10(3): 519-524.
- ATALA, E., VÁSQUEZ, L., SPEISKY, H., LISSI, E. and LÓPEZ-ALARCÓN, C. 2009. Ascorbic acid contribution to ORAC values in berry extracts: An evaluation by the ORAC-pyrogallol red methodology. *Food Chem*, 113 (1): 331-335.
- ATICI, G. 2013. Erik pestilinin kalite parametreleri ve kuruma davranışı üzerine ‘sıcak havalı kurutma ve mikrodalga kurutma’ yöntemlerinin etkisinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 95 s.
- AZEREDO, H.M.C., BRITO, E.S., MOREIRA, G.E.G., FARIAS, V.L. and BRUNO, L.M. 2006. Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. *Int J Food Sci Tech*, 41 (6): 635-638.
- BABALOLA, S., ASHAYE, O., BABALOLA, A. and AINA, J. 2002. Effect of cold temperature storage on the quality attributes of pawpaw and guava leathers. *African J Biotech*, 1(2): 61-63.
- BAEGHBALI, V., NIAKOUSARI, M. and FARAHNAKY, A. 2016. Refractance Window drying of pomegranate juice: Quality retention and energy efficiency. *LWT-Food Sci Tech*, 66: 34-40.
- BALA, B.K., ASHRAF, M.A., UDDIN, M.A. and JANJAJ, S. 2005. Experimental and neural network prediction of the performance of a solar tunnel drier for drying jackfruit bulbs and leather. *J Food Process Eng*, 28(6): 552-566.

- BOZ, H. 2012. Dut pestilinin kimyasal, dokusal ve duyusal özelliklerine buğday unu, sakkaroz şurubu, glikoz şurubu ve pişirme süresinin etkileri, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 176 s.
- BRAIDY, N. 2015. Pomegranates: Old Age Remedy for Today's Diseases, Nova Science Publishers, New York, 140 s.
- BURDURLU, H.S., KOCA, N. and KARADENİZ, F. 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *J Food Eng*, 74(2): 211-216.
- CADWALLADER, K.R., MOORE, J.J., ZHANG, Z.T. and SCHMIDT, S.J. 2010. Comparison of spray drying and refractance window (TM) drying technologies for the encapsulation of orange oil. In C.-T. Ho, C. Mussinan, F. Shahidi, E.T. Contis (Editors) Recent Advances in Food and Flavor Chemistry, RSC Publishing, 246-254.
- CAGINDI, O. and OTLES, S. 2005. Comparison of some properties on the different types of pestil: a traditional product in Turkey. *Int J Food Sci Tech*, 40(8): 897-901.
- CAPARINO, O., SABLANI, S., TANG, J., SYAMALADEVI, R. and NINDO, C. 2013. Water sorption, glass transition, and microstructures of refractance window–and freeze-dried mango (Philippine “Carabao” Var.) powder. *Drying Tech*, 31(16): 1969-1978.
- CAPARINO, O.A., TANG, J., NINDO, C.I., SABLANI, S.S., POWERS, J.R. and FELLMAN, J.K. 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *J Food Eng*, 111(1): 135-148.
- CELLI, G.B., KHATTAB, R., GHANEM, A. and BROOKS, M.S.-L. 2016. Refractance Window™ drying of haskap berry – Preliminary results on anthocyanin retention and physicochemical properties. *Food Chem*, 194 218-221.
- CEMEROĞLU, B. 2007. Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara. 535 s.
- CEMEROĞLU, B., VELİOĞLU S., and İSİK S. 1994. Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry juice and concentrate. *J Food Sci*, 59(6): 1216-1218.
- CHOWDHURY, M.M.I., BALA, B.K. and HAQUE, M.A. 2011. Mathematical modeling of thin-layer drying of jackfruit leather. *J Food Process Preservation*, 35(6): 797-805.
- CORBETT, J.F. 1971. Hair dyes. In K. Venkataraman (Ed.), The Chemistry of Synthetic Dyes. Academic Press, 475-534 s.
- CROWE, N.L., DENCH, M. and HIRONAKA, J. 1989. Development and evaluation of a carrot leather snack product. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 22 (4): 408.

- ÇAM, M., İÇYER, N.C. and ERDOĞAN, F. 2014. Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *LWT - Food Sci Tech*, 55(1): 117-123.
- DEMARCHI, S.M., QUINTERO RUIZ, N.A., CONCELLÓN, A. and GINER, S.A. 2013. Effect of temperature on hot-air drying rate and on retention of antioxidant capacity in apple leathers. *Food Bioproducts Process*, 91 (4): 310-318.
- DEMIRHAN, E. and ÖZBEK, B. 2010. Drying kinetics and effective moisture diffusivity of purslane undergoing microwave heat treatment. *Korean J Chem Eng*, 27(5): 1377-1383.
- DIAMANTE, L.M., LI, S., XU, Q. and BUSCH, J. 2013. Effects of apple juice concentrate, blackcurrant concentrate and pectin levels on selected qualities of apple-blackcurrant fruit leather. *Foods*, 2 (3): 430-443.
- DINCER, C., TOPUZ, A., SAHIN-NADEEM, H., OZDEMIR, K.S., CAM, I.B., TONTUL, I., GOKTURK, R.S. and AY, S.T. 2012. A comparative study on phenolic composition, antioxidant activity and essential oil content of wild and cultivated sage (*Salvia fruticosa* Miller) as influenced by storage. *Ind Crops Prod*, 39, 170-176.
- DOYMAZ, İ. 2004. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. *J Food Eng*, 61(3): 359-364.
- DÜZGÜNEŞ, O., KESİCİ, T., KAVUNCU, O. ve GÜRBÜZ, F. 1987. Araştırma deneme metotları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara. 295 s.
- EKŞİ, A. ve ARTIK, N. 1984. Pestil işleme tekniği ve kimyasal bileşimi. *Gıda*, 9(5): 263-266.
- EL-SAFY, F.S. 2014. Drying characteristics of loquat slices using different dehydration methods by comparative evaluation. *World J Dairy Food Sci*, 9(2): 272-284.
- ENA, A., PINTUCCI, C. and CARLOZZI, P. 2012. The recovery of polyphenols from olive mill waste using two adsorbing vegetable matrices. *J Biotech*, 157(4): 573-577.
- ERTEKİN, C. and YALDIZ, O. 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *J Food Eng*, 63(3): 349-359.
- EYİĞÜN, F.Ş. Hicaz nar çeşidine ait narlardan elde edilen nar ekşilerinin özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 112s.
- FENG, Z. 2016. Optimisation processing of green kiwifruit-blackcurrant leather using response surface methodology, MSc Thesis, Lincoln University,
- FERNÁNDEZ-LEÓN, M.F., FERNÁNDEZ-LEÓN, A.M., LOZANO, M., AYUSO, M.C., AMODIO, M.L., COLELLI, G. and GONZÁLEZ-GÓMEZ, D. 2013. Retention of quality and functional values of broccoli 'Parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 31(2): 302-313.

- FISCHER, U.A., CARLE, R. and KAMMERER, D.R. 2011. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD–ESI/MSn. *Food Chem*, 127(2): 807-821.
- FULCHAND, C.R. and PRALHAD, J.V.G.I.M. 2015. Studies on effect of drying temperature and storage time on vitamin-C retention capacity and moisture content of papaya-apple fruit leather. *Asian J Dairy Food Res*, 34(4): 319-323.
- GIRI, S.K. and PRASAD, S. 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *J Food Eng*, 78(2): 512-521.
- GÖGÜS, F., DÜZDEMİR, C. and EREN, S. 2000. Effects of some hydrocolloids and water activity on nonenzymic browning of concentrated orange juice. *Food/Nahrung*, 44(6): 438-442.
- GUJRAL, H.S. and BRAR, S.S. 2003. Effect of hydrocolloids on the dehydration kinetics, color, and texture of mango leather. *Int J Food Properties*, 6(2): 269-279.
- GUJRAL, H.S. and KHANNA, G. 2002. Effect of skim milk powder, soy protein concentrate and sucrose on the dehydration behaviour, texture, color and acceptability of mango leather. *J Food Eng*, 55(4): 343-348.
- GUJRAL, H.S., OBEROI, D.P.S., SINGH, R. and GERA, M. 2013. Moisture diffusivity during drying of pineapple and mango leather as affected by sucrose, pectin, and maltodextrin. *Int J Food Properties*, 16(2): 359-368.
- GUPTA, K. and ALAM, M.S. 2014. Modeling of thin layer drying kinetics of grape juice concentrate and quality assessment of developed grape leather. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 16(2): 196-207.
- HERNÁNDEZ-SANTOS, B., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, C.E., TORRUCO-UCO, J.G., RODRÍGUEZ-MIRANDA, J., RUIZ-LÓPEZ, I.I., VAJANDO-ANAYA, E.S., CARMONA-GARCÍA, R. and HERMAN-LARA, E. 2016. Evaluation of physical and chemical properties of carrots dried by refractance window drying. *Drying Tech*, 10.1080/07373937.2015.1118705.
- HUANG, X.G. and HSIEH, F.H. 2005. Physical properties, sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather. *J Food Sci*, 70(3): E177-E186.
- IRWANDI, J., MAN, Y.B.C., YUSOF, S., JINAP, S. and SUGISAWA, H. 1998. Effects of type of packaging materials on physicochemical, microbiological and sensory characteristics of durian fruit leather during storage. *J Sci Food Agric*, 76(3): 427-434.
- JAFARI, S.-M., AZIZI, D., MIRZAEI, H. and DEHNAD, D. 2016. Comparing quality characteristics of oven-dried and refractance window-dried kiwifruits. *J Food Process Preservation*, 40(3): 362-372.

- JASWIR, I., MAN, Y.B.C., SELAMAT, J., AHMAD, F. and SUGISAWA, H. 2008. Retention of volatile components of durian fruit leather during processing and storage. *J Food Process Preservation*, 32(5): 740-750.
- JASWIR, I., MAN, Y.B.C., YUSOF, S., SELAMAT, J. and SUGISAWA, H. 1998. Effect of glucose syrup solid, sucrose, hydrogenated palm oil and soy-lecithin on sensory acceptability of durian leather. *J Food Process Preservation*, 22(1): 13-25.
- JATURONGLUMLERT, S. and KIATSIRIROAT, T. 2010. Heat and mass transfer in combined convective and far-infrared drying of fruit leather. *J Food Eng*, 100(2): 254-260.
- KAMILOGLU, S. and CAPANOGLU, E. 2014. In vitro gastrointestinal digestion of polyphenols from different molasses (pekmez) and leather (pestil) varieties. *Int J Food Sci Tech*, 49 (4): 1027-1039.
- KAMILOGLU, S. and CAPANOGLU, E. 2015. Polyphenol content in figs (*Ficus carica* L.): Effect of sun-drying. *Int J Food Properties*, 18(3): 521-535.
- KARTAL, A. 2011. Mikrodalga ve kuru hava yardımıyla kurutma yöntemlerinin meyve pestillerinin kuruma sürelerine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.73 s.
- KASPAR, K.L., PARK, J.S., MATHISON, B.D., BROWN, C.R., MASSIMINO, S. and CHEW, B.P. 2012. Processing of pigmented-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.) on the retention of bioactive compounds. *Int J Food Sci Tech*, 47(2): 376-382.
- KAUSHAL, M., SHARMA, P.C. and SHARMA, R. 2013. Formulation and acceptability of foam mat dried seabuckthorn (*Hippophae salicifolia*) leather. *J Food Sci Tech-Mysore*, 50(1): 78-85.
- KESER, S., CELİK, S. and TURKOGLU, S. 2013. Total phenolic contents and free-radical scavenging activities of grape (*Vitis vinifera* L.) and grape products. *Int J Food Sci Nutrition*, 64(2): 210-216.
- KIRCA, A., ÖZKAN, M. ve CEMEROGLU, B. 2006. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chem*, 97(4): 598-605.
- KİPRİ, N. 2010. Derim sonrası sıcak su uygulamasının hicaznar çeşidinde muhafaza kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 53s.
- KUMAR, R., PATIL, R.T. and MONDAL, G. 2010. Development and evaluation of blended papaya leather. In: N. Kumar, K. Soorianathasundaram and P. Jeyakumar (Editors.), II International Symposium on Papaya, 565–570.
- LANSKY, E., HARRISON, G., FROOM, P. and JIANG, W. 2005. Pomegranate (*Punica granatum*) pure chemicals show possible synergistic inhibition of human PC-3 prostate cancer cell invasion across Matrigel™. *Investigational New Drugs*, 23(2): 121-122.

- LEE, G. and HSIEH, F. 2008. Thin-layer drying kinetics of strawberry fruit leather. *Transactions of the ASABE*, 51(5): 1699-1705.
- LEE, K.-G. and SHIBAMOTO, T. 2002. Toxicology and antioxidant activities of non-enzymatic browning reaction products: Review. *Food Reviews Int*, 18(2-3): 151-175.
- LIN, C.C., HSU, Y.F., LIN, T.C., HSU, F L. and HSU, H.Y. 1998. Antioxidant and hepatoprotective activity of punikalagin and punicalin on carbon tetrachloride-induced liver damage in rats, *J Pharm Pharmacol*, 50(7): 789–794.
- LIU, G., XU, X., HAO, Q. and GAO, Y. 2009. Supercritical CO₂ extraction optimization of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil using response surface methodology. *LWT - Food Sci Tech*, 42(9): 1491-1495.
- MAN, Y.B.C., JASWIR, I., YUSOF, S., SELAMAT, J. and SUGISAWA, H. 1997. Effect of different dryers and drying conditions on acceptability and physico-chemical characteristics of durian leather. *J Food Proces Preservation*, 21(5): 425-441.
- MAN, Y.B.C. and SIN, K.K. 1997. Processing and consumer acceptance of fruit leather from the unfertilised floral parts of jackfruit. *J Sci Food Agric*, 75(1): 102-108.
- MARTÍ, N., PÉREZ-VICENTE, A.ve GARCÍA-VIGUERA, C. 2002. Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice. *J Sci Food Agric*, 82(2): 217-221.
- MASKAN, A., KAYA, S. and MASKAN, M. 2002a. Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil). *J Food Eng*, 54(1): 75-80.
- MASKAN, A., KAYA, S. and MASKAN, M. 2002b. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). *J Food Eng*, 54 (1): 81-88.
- MOHAMMADI, A., RAFIEE, S., KEYHANI, A. and EMAM-DJOMEH, Z. 2009. Moisture content modeling of sliced kiwifruit (cv. Hayward) during drying. *Pak J Nutr*, 8 (1): 78-82.
- MPHAHLELE, R.R., FAWOLE, O.A., STANDER, M.A. and OPARA, U.L. 2014. Preharvest and postharvest factors influencing bioactive compounds in pomegranate (*Punica granatum* L.)—A review. *Scientia Horticulturae*, 178, 114-123.
- NABAIS, R. (2010). Overview of Flavors and Fruit Dehydration. In: Y. H. Hui (Editor) *Handbook of Fruit and Vegetable Flavors*, John Wiley & Sons Inc. New Jersey, 485-514
- NAZ, R. 2012. Physical properties, sensory attributes and consumer preference of fruit leather. *Pakistan J Food Sci*, 22(4): 188-190.

- NINDO, C.I., FENG, H., SHEN, G.Q., TANG, J. and KANG, D.H. 2003a. Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. *J Food Proces Preservation*, 27(2): 117-136.
- NINDO, C.I., SUN, T., WANG, S.W., TANG, J. and POWERS, J.R. 2003b. Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *LWT-Food Sci Tech*, 36(5): 507-516.
- NINDO, C.I. and TANG, J. 2007. Refractance window dehydration technology: A novel contact drying method. *Drying Tech*, 25(1-3): 37-48.
- OCHOA-MARTINEZ, C.I., QUINTERO, P.T., AYALA, A.A. and ORTIZ, M.J. 2012. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window (TM) technique. *J Food Eng*, 109 (1): 69-75.
- ONSEKIZOGLU, P. 2013. Production of high quality clarified pomegranate juice concentrate by membrane processes. *J Membrane Sci*, 442, 264-271.
- ÖZALP, A. 2010. Antalya ilinde nar üretiminin ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 70s.
- PAVAN, M.A., SCHMIDT, S.J. and FENG, H. 2012. Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, Refractance Window-dried and hot-air dried acai (*Euterpe oleracea* Martius) juice. *LWT-Food Sci Tech*, 48(1): 75-81.
- PEÑA-ESTÉVEZ, M.E., ARTÉS-HERNÁNDEZ, F., ARTÉS, F., AGUAYO, E., MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G.B., GALINDO, A. and GÓMEZ, P.A. 2016. Quality changes of pomegranate arils throughout shelf life affected by deficit irrigation and pre-processing storage. *Food Chem*, 209 302-311.
- PEREZ-VICENTE, A., SERRANO, P., ABELLÁN, P. and GARCÍA-VIGUERA, C. 2004. Influence of packaging material on pomegranate juice colour and bioactive compounds, during storage. *J Sci Food Agric*, 84(7): 639-644.
- PHIMPHARIAN, C., JANGCHUD, A., JANGCHUD, K., THERDTHAI, N., PRINYAWIWATKUL, W. and NO, H.K. 2011. Physicochemical characteristics and sensory optimisation of pineapple leather snack as affected by glucose syrup and pectin concentrations. *Int J Food Sci Tech*, 46 (5): 972-981.
- PUSHPA, G., RAJKUMAR, P., GARIEPY, Y. and RAGHAVAN, G. 2006. Microwave drying of enriched mango fruit leather. Proceedings of the Canadian Society for Bioengineering Annual Conference, 206-208.
- QU, W., BREKSA, A.P., PAN, Z. ve MA, H. 2012. Quantitative determination of major polyphenol constituents in pomegranate products. *Food Chem*, 132(3): 1585-1591.
- QUINTERO RUIZ, N.A., DEMARCHI, S.M. and GINER, S.A. 2014. Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers. *Int J Food Sci Tech*, 49(8): 1799-1804.

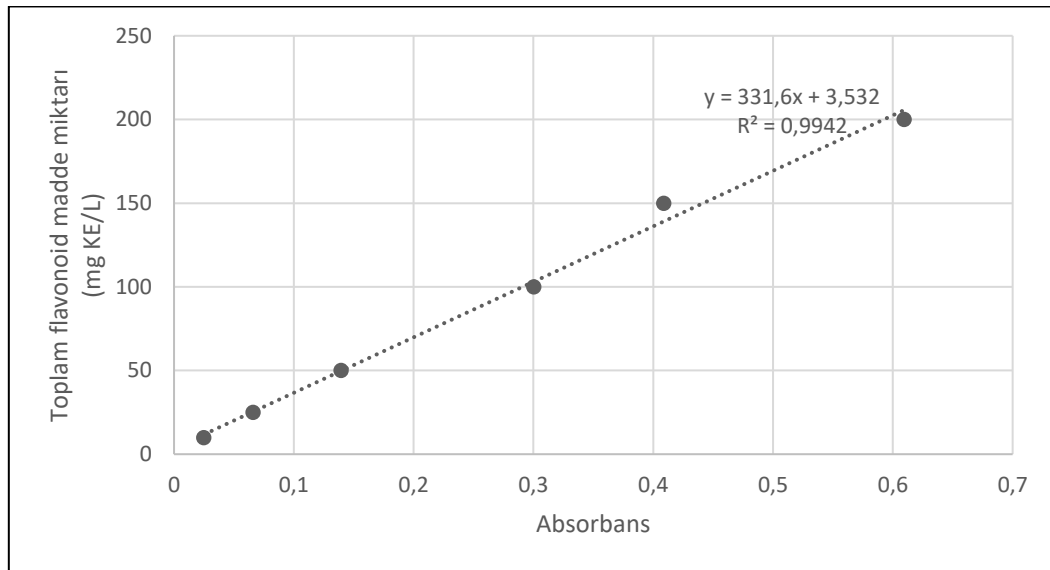
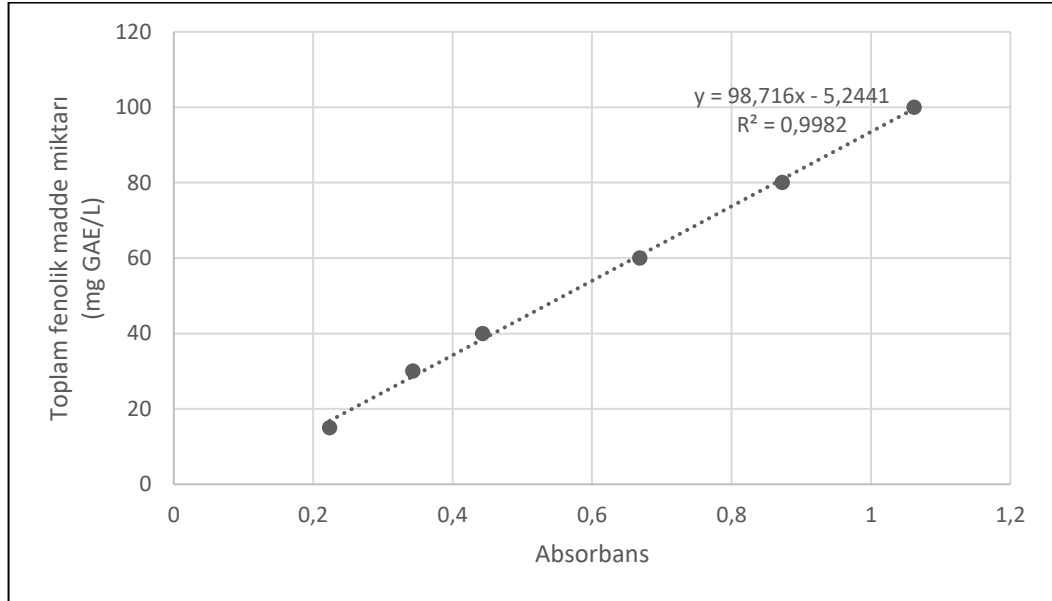
- RATPHITAGSANTI, W. 2004. Processing and properties of strawberry leathers, MSc Thesis, University of Missouri-Columbia, 176 s.
- RESNIK, S. and CHIRIFE, J. 1979. Effect of moisture content and temperature on some aspects of nonenzymatic browning in dehydrated apple. *J Food Sci*, 44(2): 601-605.
- RUIZ, N.A.Q., DEMARCHI, S.M. and GINER, S.A., 2011. Research on dehydrated fruit leathers: A review, Proceedings of the 11th International Congress on Engineering and Food. <http://www.icef11.org/content/papers/fpe/FPE398.pdf> (Son Erişim Tarihi: Eylül 2016)
- RUIZ, N.A.Q., DEMARCHI, S.M., MASSOLO, J.F., RODONI, L.M. and GINER, S.A. 2012. Evaluation of quality during storage of apple leather. *LWT-Food Sci Tech*, 47(2): 485-492.
- SAENZ, C., ESTEVEZ, A.M. and STIER, A. 1999. Dried fruit leathers from kiwifruit and apple pulps. In: J. Retamales, A.R. Ferguson, E.W. Hewett and B. Defilippi (Eds.), Fourth International Symposium on Kiwifruit Proceedings, 331-336.
- SAMPAIO, R.M., NETO, J.P.M., PEREZ, V.H., MARCOS, S.K., BOIZAN, M.A. and SILVA, L.R. 2016. Mathematical modeling of drying kinetics of persimmon fruits (*Diospyros kaki* cv. Fuyu). *J Food Proces Preservation*, DOI: 10.1111/jfpp.12789.
- SANCHO, M.T., MUNIATEGUI, S., HUIDOBRO, J.F. and SIMAL LOZANO, J. 1992. Aging of honey. *J Agric Food Chem*, 40(1): 134-138.
- SANDHU, K.S., CHANDER, R., BAJWA, U. and MAHAJAN, B.V.C. 2008. Effect of papaya ripening, incorporation of sucrose, liquid glucose and citric acid on papaya leather quality formulations. *J Food Sci Tech-Mysore*, 45(2): 133-138.
- SANDHU, K.S., SINGH, M. and AHLUWALIA, P. 2001. Studies on processing of guava into pulp and guava leather. *J Food Sci Tech-Mysore*, 38(6): 622-624.
- SENGUL, M., YILDIZ, H., GUNGOR, N. and OKCU, Z. 2010. Total phenolic content, antioxidant activity, some physical and chemical properties of pestil. *Asian J Chem*, 22 (1): 448-454.
- SEPULVEDA, E., SAENZ, C. and ALVAREZ, M. 2000. Physical, chemical and sensory characteristics of dried fruit sheets of cactus pear (*Opuntia ficus indica* (L) Mill) and quince (*Cydonia oblonga* Mill). *Italian J Food Sci*, 12(1): 47-54.
- SEPULVEDA, L., ASCACIO, A., RODRIGUEZ-HERRERA, R., AGUILERA-CARBO, A. and AGUILAR, C.N. 2011. Ellagic acid: Biological properties and biotechnological development for production processes. *African J Biotech*, 10(22): 4518-4523.
- SHAFI'I, S.N., AHMAD, N., ABIDIN, M.Z., HANI, N.M. and ISMAIL, N. 2013. Optimization of hydrocolloids and maltodextrin addition on roselle-based fruit

- leather using two-level full factorial design. *Int J Biosci, Biochem Bioinf*, 3(4): 387-391.
- SHARMA, G.P. and PRASAD, S. 2004. Effective moisture diffusivity of garlic cloves undergoing microwave-convective drying. *J Food Eng*, 65(4): 609-617.
- SOYSAL, Y., ÖZTEKİN, S. and EREN, Ö. 2006. Microwave drying of parsley: Modelling, kinetics, and energy aspects. *Biosystems Eng*, 93(4): 403-413.
- SUNA, S., TAMER, C.E., İNCEDAY, B., SINIR, G.Ö. and ÇOPUR, Ö.U. 2014. Impact of drying methods on physicochemical and sensory properties of apricot pestil. *Indian J Traditional Knowledge*, 13(1): 47-55.
- TONTUL, I. and TOPUZ, A. 2013. Mixture design approach in wall material selection and evaluation of ultrasonic emulsification in flaxseed oil microencapsulation. *Drying Tech*, 31(12): 1362-1373.
- TOPUZ, A., DINCER, C., OZDEMİR, K.S., FENG, H. and KUSHAD, M. 2011. Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv., Jalapeno). *Food Chem*, 129(3): 860-865.
- TOPUZ, A., FENG, H. and KUSHAD, M. 2009. The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *LWT-Food Sci Tech*, 42(10): 1667-1673.
- TORLEY, P.J., BHANDARI, B.R. and HALLEY, P.J. 2006. Composition-rheology-property relationships of commercial fruit leathers. 4th International Symposium on Food Rheology and Structure, Zurich, Switzerland, February 19-23, 103-108.
- ANONİM 2000, Üzüm pestili, TS12680, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye
- TURFAN, Ö., TÜRKYILMAZ, M., YEMİŞ, O. and ÖZKAN, M. 2012. Effects of clarification and storage on anthocyanins and color of pomegranate juice concentrates. *J Food Quality*, 35(4): 272-282.
- TÜİK 2016. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Son erişim tarihi: Eylül 2016)
- VALENZUELA, C. and AGUILERA, J.M. 2013. Aerated apple leathers: Effect of microstructure on drying and mechanical properties. *Drying Tech*, 31(16): 1951-1959.
- VATTHANAKUL, S., JANGCHUD, A., JANGCHUD, K., THERDTHAI, N. and WILKINSON, B. 2010. Gold kiwifruit leather product development using Quality function deployment approach. *Food Quality Pref*, 21 (3): 339-345.
- WANDI, I. and MAN, Y.B. 1996. Durian leather: development, properties and storage stability. *J Food Quality*, 19 (6): 479-489.
- WANG, D., HU, Z., YU, K., CUI, S. and YU, X. 2009. Drying characteristics of ginger puree with refractance window drying method. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 25(10): 328-333.

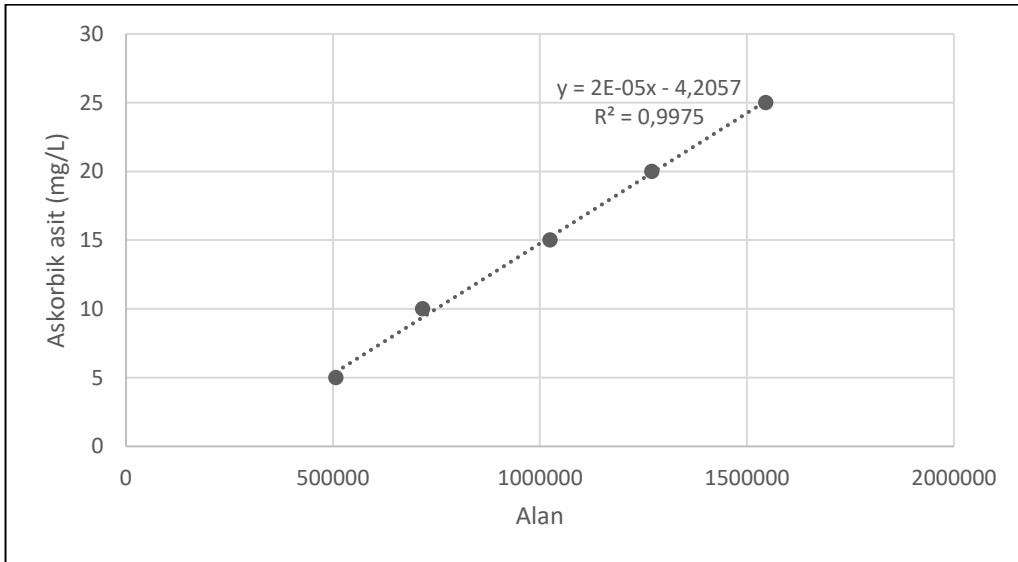
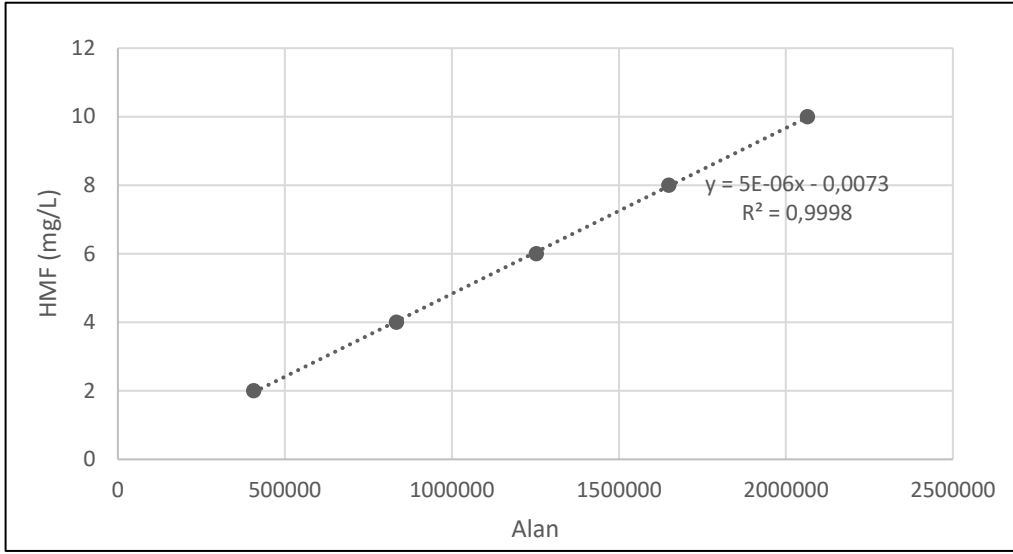
- YILDIZ, O. 2013. Physicochemical and sensory properties of mulberry products: Gümüşhane pestil and köme. *Turkish J Agric Forestry*, 37(6): 762-771.
- YILDIZ TURGUT, D. 2012. Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilen bazı nar (*Punica granatum* L.) çeşit ve genotiplerinin antioksidan aktiviteleri ve fenolik bileşenlerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta. 93 s.
- YILMAZ, F.M., YÜKSEKKAYA, S., VARDIN, H. and KARAASLAN, M. 2015. The effects of drying conditions on moisture transfer and quality of pomegranate fruit leather (pestil). *J Saudi Soc Agric Sci*, DOI: 10.1016/j.jssas.2015.01.003
- YÜKSEKKAYA, S. 2013. Farklı üretim teknikleri ile üretilmiş nar pestilinde kurutma kinetiği ile fenolik ve antosiyanin bileşiminin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa. 83 s.

EKLER

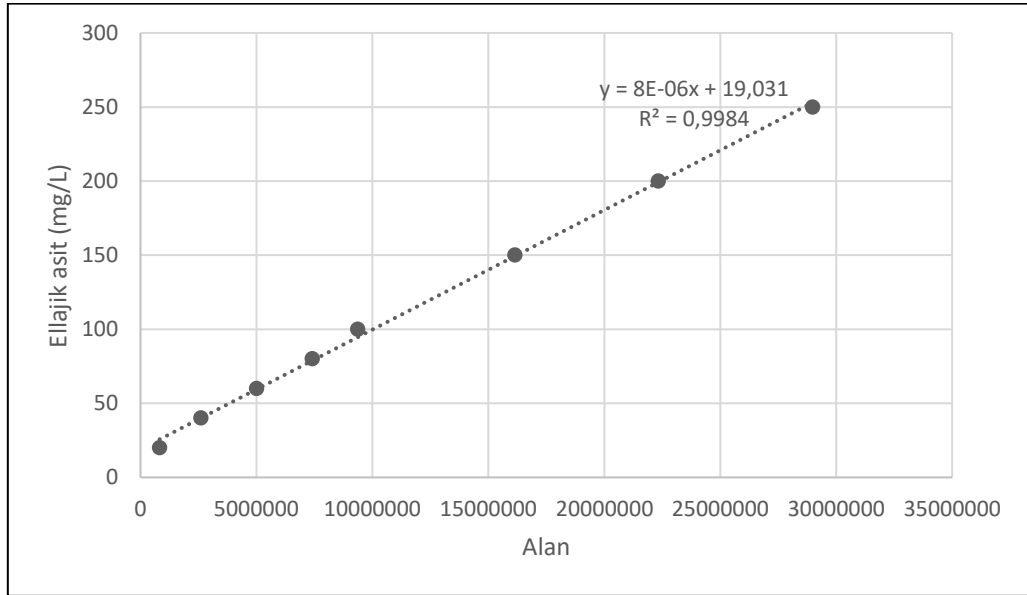
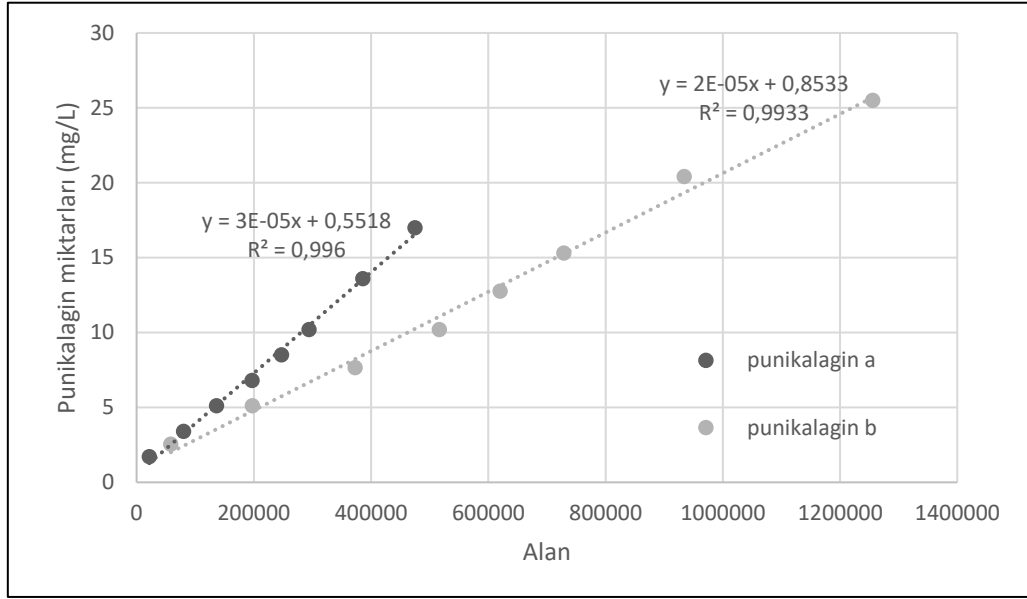
EK-1. Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



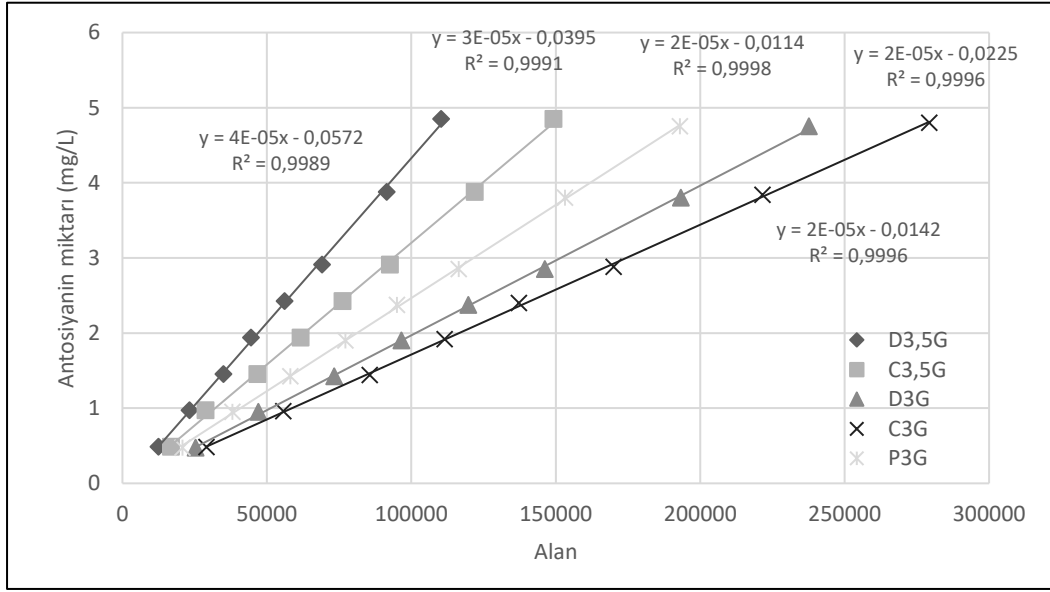
EK-1 (devamı). Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



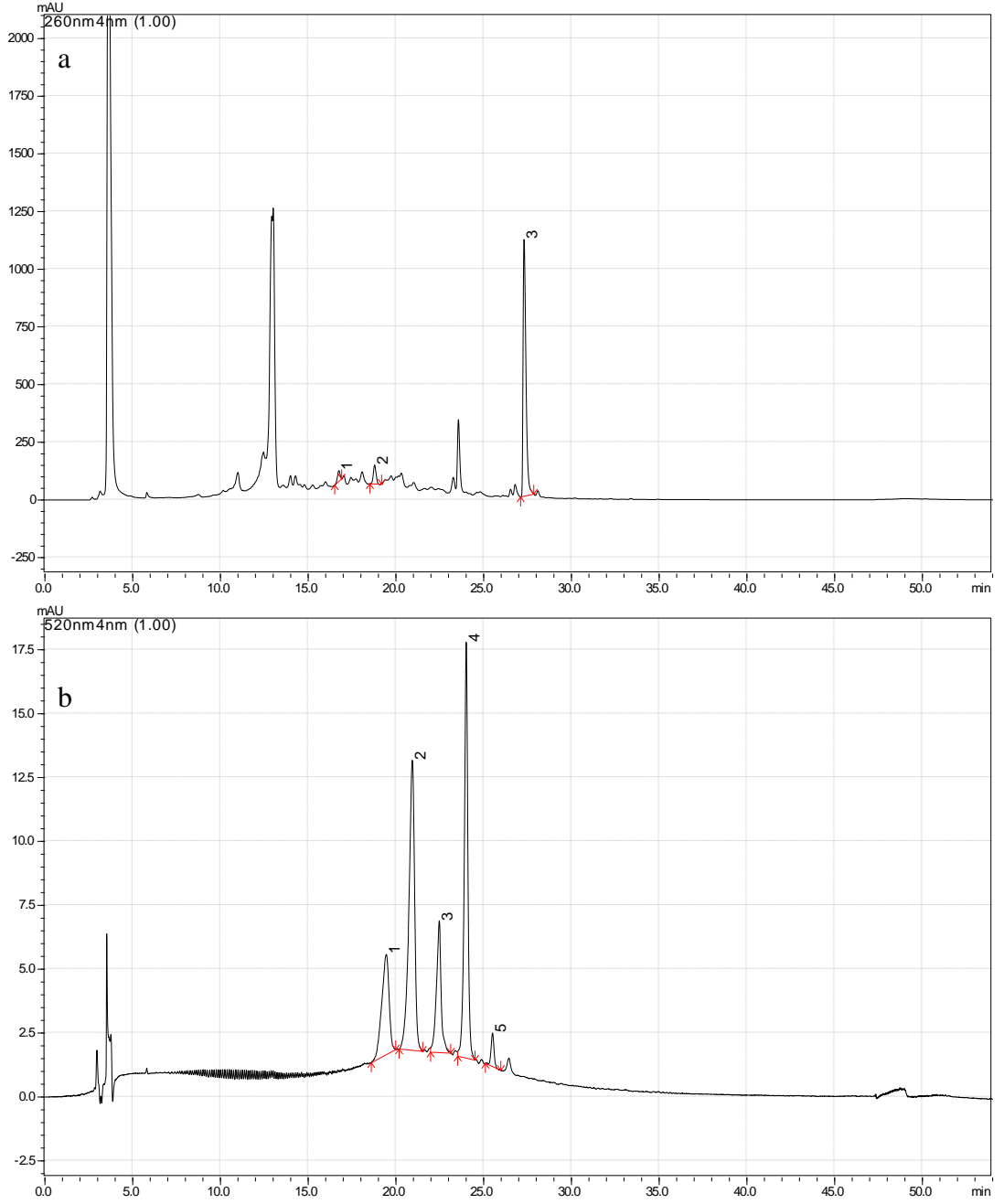
EK-1 (devamı). Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



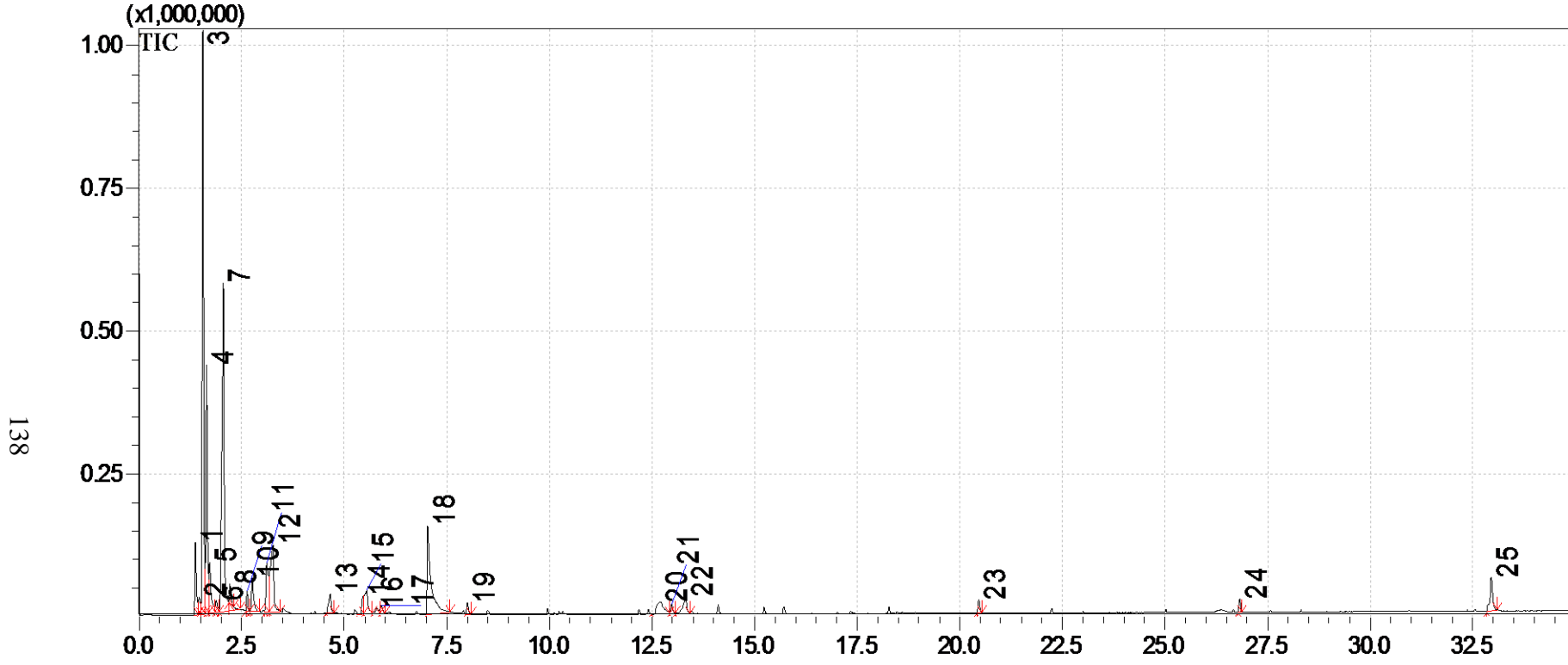
EK-1 (devamı). Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



EK-2. Çalışma kapsamında fenolik madde ve antosiyanin miktarları analizine ait örnek kromatogram (a=260 nm, 1: punikalagin a, 2: punikalagin b, 3: ellajik asit, b=520 nm, 1: D3,5G, 2: C3,5G, 3: D3G, 4: C3G, 5: P3G)



EK-3. Uçucu bileşen analizi ile elde edilmiş örnek kromatogram



138

EK-4. Çalışma kapsamında belirlenen uçucu bileşenler

Alkonma indeksi	Bileşen adı
408	Karbondioksit
412	Asetaldehit
450	Etanol
503	Aseton
520	Dimetilsülfid
540	İzobütanal
602	Asetik asit
610	2-metil-3-büten-2-ol
666	Pentanal
676	Tanımlanamadı
688	4-penten-2-ol
723	Tanımlanamadı
728	Propanoik asit
768	2-metilpropanoik asit
785	Bütanoik asit
798	2,3-bütandiol
800	Hekzanal
832	Furfural
855	2-furanmetanol
867	5-metil-3-hidrofuran-2-on
905	Metional
908	Asetilfuran
962	5-metil-2-furfural
969	Benzaldehit
976	2,4-dihidroksi-2,5-dimetil-3(2h)-furan-3-on
983	Hekzanoik asit
1030	2-etilhekzanol
1042	Benzenasetaldehit
1083	2-furankarbohidrazonik asit
1100	Linalool
1104	Nonanal
1170	Etil benzoat
1225	5-hidroksimetilfurfural
1317	1,4-diasetilbenzen
1513	Bütillenmiş hidroksitoluen

ÖZGEÇMİŞ



İsmail TONTUL 1987 yılında Konya’da doğdu. Lise öğrenimini Konya’da tamamladı. 2004 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden 2009 yılında mezun oldu. Eylül 2009-Ocak 2012 yılları arasında, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı ve aynı yıl Şubat ayında doktora öğrenimine başladı. Ağustos 2011’de Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi kadrosuna atanan İsmail TONTUL, Haziran 2012 yılında 2547 sayılı Yükseköğretim Kanunu’nun 35. Maddesi uyarınca Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü’ne naklen görevlendirildi. Halen aynı kurumda görevini sürdürmektedir