

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİKRODALGA, MİKRODALGA DESTEKLİ SICAK HAVA VE YALNIZ SICAK
HAVA KULLANILAN KAVURMA İŞLEMLERİNİN KEÇİBOYNUZU TOZUNUN
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Zehra KASIMOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2014

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİKRODALGA, MİKRODALGA DESTEKLİ SICAK HAVA VE YALNIZ SICAK
HAVA KULLANILAN KAVURMA İŞLEMLERİNİN KEÇİBOYNUZU TOZUNUN
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Zehra KASIMOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 1130819 proje numarasıyla TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

2014

ÖZET

MİKRODALGA, MİKRODALGA DESTEKLİ SICAK HAVA VE YALNIZ SICAK HAVA KULLANILAN KAVURMA İŞLEMLERİNİN KEÇİBOYNUZU TOZUNUN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Zehra KASIMOĞLU

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM

Haziran 2014, 90 sayfa

Keçiboynuzu meyvesinin pulp kısmının çekirdeklerden ayrıldıktan sonra kavrulup, öğütülmesi ile üretilen keçiboynuzu tozu, kafein ve teobromin içermemesi ve tat açısından kakaoya olan benzerliğinden dolayı kek, bisküvi, çikolata gibi birçok üründe kakao alternatifini veya tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Keçiboynuzu tozu ayrıca Türk kahvesi gibi hazırlanarak veya süte karıştırılarak doğrudan içecek olarak da tüketilmektedir.

Mevcut projede keçiboynuzu tozu üretiminde mikrodalga, mikrodalga destekli sıcak hava ve yalnız sıcak hava kullanılarak farklı kavurma işlemleri uygulanmış ve bu işlemlerin son ürünün fizikokimyasal kalite özellikleri üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu kapsamda 3 farklı güç seviyesi (180W, 360W ve 600W) ve 4 farklı sürede mikrodalga, 3 farklı sürede (1, 2 ve 3 dakika mikrodalga + 3, 4 ve 5 dakika sıcak hava) mikrodalga+sıcak hava kombinasyonu ve 3 farklı sürede yalnız sıcak hava uygulamasıyla kavurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sonunda elde edilen keçiboynuzu tozunda nem, su aktivitesi, renk, pH, şeker kompozisyonu ve D-pinitol, toplam fenolik, antioksidan aktivite, esmerleşme indeksi, UV-absorbans ve uçucu bileşikler incelenmiştir. Ayrıca toz örneklerde tanımlayıcı duyu özellikler test ile belirlenmiştir.

Keçiboynuzu tozlarının nem, su aktivitesi ve pH değerleri kavurmada kullanılan sıcaklık, süre ve güç değerleri arttıkça azalmıştır. Kavrulmamış örnekte %7-8 olarak ölçülen nem değeri kavurma sonrası %3-5'e, 0.65-0.70 olarak ölçülen su aktivitesi değeri ise 0.25-0.30 değerlerine düşmüştür. Benzer şekilde pH değerleri de 5.14-5.20'den kavurma sonunda 4.99-5.08 değerlerine azalmıştır. Örneklerin toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, esmerleşme indeksi ve UV absorbans değerleri sıcaklık, süre

ve mikrodalga gücüne bağılı olarak artmıştır. Kavrulmamış örnekte ortalama olarak sırasıyla 10.80 mg/g km, 1.56 g/mg DPPH, 18.5 ve 375.5 olarak ölçülen bu parametreler kavurma işlemleri sonunda 14.09 mg/g km, 0.58 g/mg DPPH, 28.85 ve 561.4 olarak belirlenmiştir. Keçiboynuzu tozunun Hunter *L* ve *b* renk değerleri kavurma süresince sırasıyla % 28 ve % 26 oranında azalmış, buna karşılık *a* renk değeri % 40 oranında artış göstermiştir. Kavurma işlemleri sonunda örneklerin *L*, *a*, *b* renk değerleri ortalama olarak 41.50, 12.40 ve 16.45 şeklinde belirlenmiştir.

Keçiboynuzu tozunun kromatografik olarak belirlenen şeker bileşimi ve D-pinitol içeriği de kavurma işlemleriyle belirgin şekilde değişmiştir. Kavurma işlemiyle şeker içeriği azalmış buna karşılık D-pinitol içeriği artmıştır. Kavurma işlemi öncesi sırasıyla; ortalama 350, 63, 90 ve 65 g/kg olarak belirlenen sakkaroz, glukoz, fruktoz ve D-pinitol içerikleri kavurma işlemleri sonunda; ortalama 330, 44, 76 ve 78 g/kg olarak hesaplanmıştır.

Keçiboynuzu tozunda kavurma işlemiyle toplam uçucu bileşen sayısında artış gözlenmiştir. İşlem görmemiş üründe ve kavrulmuş tüm örneklerde “izobütirik asit” ana uçucu bileşen olarak saptanmış olup, kavurma işleminde süre arttıkça miktarca azalmıştır. Kavrulmamış keçiboynuzu tozu örneğinde izobütirik asit (propanoik asit, 2-metil), butanoik asit, metil bütirik asit, asetik asit ve hekzanoik asit gibi asidik bileşikler başlıca uçucu bileşenleri oluşturmuş ve kavurma işlemiyle bu bileşikler göreceli olarak azalmıştır. Kavrulmuş örneklerde de asidik bileşikler uçucu bileşenlerin büyük bir kısmını oluşturmuştur, ancak bu örneklerde kavurma şekli ve derecesine bağılı olarak değişen oranlarda furan, pirol ve pirazin bileşikleri oluşmuştur. Sadece sıcak hava ve mikrodalga+sıcak hava kombinasyonu ile kavru lan örneklerin uçucu bileşenlerine ait gaz kromatogramları benzer bir profil sergilerken, sadece mikrodalga kullanılarak kavru lan örneklerde bazı uçucu bileşenlerin daha düşük seviyelerde kaldığı gözlenmiştir.

Toz örneklere ait duyusal analiz sonuçlarına göre; kavrulmamış keçiboynuzu örneğinin tatlılık puanı ve keçiboynuzuna özgü koku/tat puanı en yüksek seviyede bulunmuştur. Kavurma işlemiyle bu parametrelerin puanları azalmış, ancak test edilen diğer duyusal parametrelerin iyileştiği, dolayısıyla da puanlarının arttığı gözlenmiştir. Satınalma eğiliminde mikrodalga+sıcak hava kombinasyonu ile kavru lan örnekler en yüksek puanı almıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: D-pinitol, kavurma, keçiboynuzu tozu, Maillard reaksiyonu, mikrodalga, şeker kompozisyonu, toplam fenolik, uçucu bileşenler

JÜRİ: Yrd. Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM (Danışman)

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Doç. Dr. Yusuf YILMAZ

ABSTRACT

EFFECTS OF ROASTING WITH MICROWAVE OVEN, HOT AIR OVEN AND THEIR COMBINATION ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF CAROB POWDER

Zehra KASIMOĞLU

Master Thesis, Food Engineering Department

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM

June 2014, 90 pages

Carob powder is produced by roasting and milling of the kibbled carob and mainly used in food industry in cakes, biscuits and chocolates as a substitute or extender for cocoa and a sweetener. It is particularly suitable for the manufacture of caffeine-free and theobromine-free chocolate substitutes. The carob powder is also consumed as a hot drink directly after preparation in a similar way to the Turkish coffee or mixed with milk.

In the present thesis, microwave, microwave + hot air and only hot air roasting applied for the production of carob powder and the effects of these processes on physicochemical properties of carob powder and energy consumption were determined. For this purpose, roasting of kibbled carob was performed by using microwave at different powers and times (3x4), combined microwave+hot air at different times (3x3) and only hot air at different periods and the effects of these treatments on moisture content, water activity, color change, sugar composition, D-pinitol content, total phenolics, antioxidant activity, browning properties (browning index, UV-A), sensory properties and aroma compounds of the carob powder were investigated.

Moisture content, water activity and the pH values of the carob powders decreased with increase in microwave power and roasting time. Unroasted sample had 7-8% moisture content and 0.65-0.70 water activity of which decreased to 3-5% and 0.25-0.30, respectively, after roasting. At the end of the roasting pH values were 4.99-5.08, less than their initial values of 5.14-5.20. Total phenolics, total antioxidant activity, browning index and UV absorbance values of the sample were increased by an increase in microwave power and time. In roasted samples average values of total phenolics, total antioxidant activity, browning index and UV absorbance were 10.80 mg / g dm, 1.56 g / mg DPPH,

18.5 and 375.5 respectively. Hunter *L* and *b* values of carob powders were decreased by 28% and 26%, respectively, during roasting, whereas color value *a* has increased by 40%.

Sugar composition and D-pinitol content of the samples were determined chromatographically and they changed significantly with the roasting process. By roasting sugar content decreased while D-pinitol content of the samples increased. Before roasting, averages for sucrose, glucose, fructose and D-pinitol were 350, 63, 90 and 65 g / kg, respectively, which were determined 330, 44, 76 and 78 g / kg, respectively, after roasting.

The total number of volatile components of the carob powders were increased by roasting process. In all samples, "isobutyric acid" was the main volatile of which was decreased with by roasting degree. Roasted carob powders, on the other hand, had neo-formed compounds like furan, pyrrole and pyrazine compounds. Samples, roasted by only hot air and microwave + hot air combination showed similar volatile profile on gas chromatograms.

According to the results of sensory analysis, roasting improved the sensory characteristics of the raw carob. Combined microwave + hot air roasted samples had the highest score in terms of purchasing trend.

KEYWORDS: D-pinitol, roasting, carob powder, Maillard reaction, microwave, sugar composition, total phenolic, volatiles

COMMITTEE: Assist. Prof. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM (Advisor)

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Assoc. Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

ÖNSÖZ

Keçiboynuzu tozu veya harnup unu diye bilinen ürün, keçiboynuzu meyvesinin kavrulması ve ardından değirmenlerde öğütülmesiyle elde edilen, kullanımı özellikle son yıllarda daha çok artan bir üründür. Hoş aroması, kakao benzeri rengi ve tadından dolayı çikolata ve şekerleme endüstrisinde kakao ikamesi olarak kullanılabilir. Ayrıca içeriğinde bulunan D-pinitol sayesinde de şeker hastalarının rahatlıkla kullanabileceği bir ürün olup, zengin vitamin ve mineral içeriğinden dolayı özellikle çocuklar tarafından sütlü içecek olarak tüketilmektedir. Bu çalışmada keçiboynuzu tozu farklı kavurma metodları kullanılarak üretilmiştir. Elde edilen son ürünlerde bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerdeki değişim belirlenmiştir.

Bu araştırmanın gerçekleşmesinde maddi ve manevi her konuda desteğini benden esirgemeyen, deneyimleriyle çalışmama yön veren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM'e, bilgisi, tecrübesi ve güler yüzüyle her zaman yanımda olan, yardımlarını esirgemeyen hocam Öğr. Gör. Mehmet TORUN'a, kromatografik analizlerde yardımları için Arş. Gör. Aslı ARSLAN KULCAN'a teşekkür ederim.

Tezimin tüm aşamalarında, gerek laboratuvar çalışmalarım ve gerekse yazım aşamasında bana yardım eden ve en zor anlarımda dahi desteklerini esirgemeyip sabırla, sevgiyle ve samimiyetle yanımda olan arkadaşlarım Arş. Gör. Cüneyt DİNÇER'e, Arş. Gör. İsmail TONTUL'a, Arş. Gör. Sultan ARSLAN'a, Arş. Gör. Elif AYKIN'a, Yüksek Lisans Öğrencisi Emrah EROĞLU'na ve araştırmamı maddi olarak destekleyen TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yıllardır aramızda kilometrelerce uzaklık olsa da her an şefkatlerini ve sevgilerini yanımda hissettiğim, bu noktaya gelmem için yaşamları boyunca maddi ve manevi her türlü fedakârlığı yapan, yaşadığım her anı ve aldığım her nefesi borçlu olduğum aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI.....	4
3. MATERYAL VE METOT.....	28
3.1. Materyal.....	28
3.2. Metot.....	28
3.2.1. Mikrodalga fırın güçlerinin deneysel belirlenmesi.....	28
3.2.2. Kavurma işlemleri	28
3.2.2.1. Mikrodalga ile kavurma	30
3.2.2.2. Mikrodalga + sıcak hava kombinasyonu ile kavurma	30
3.2.2.3. Yalnız sıcak hava ile kavurma.....	30
3.2.3.1. Nem ve su aktivitesi	30
3.2.3.2. Renk analizi	31
3.2.3.3. pH analizi.....	31
3.2.3.4. Toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, esmerleşme indeksi (BI) ve ultraviyole absorbanı (UV-A).....	31
3.2.3.5. Şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriği.....	33
3.2.3.6. Uçucu bileşenlerin analizi	35
3.2.4. Enerji tüketimi hesaplanması	35
3.2.5. Duyusal analiz	36
3.2.6. İstatistiksel analizler	37

4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	39
4.1.	Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Nem ve Su Aktivitesi Değerleri Üzerine Etkisi.....	39
4.2.	Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Hunter <i>L</i> , <i>a</i> ve <i>b</i> Değerleri Üzerine Etkisi.....	47
4.3.	Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının pH Değerleri Üzerine Etkisi.....	49
4.4.	Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Toplam Fenolik Madde (TFM), Antioksidan Aktivite (AA), Esmerleşme İndeksi (BI) ve Ultraviyole Absorbansı (UV-A) Üzerine Etkisi	51
4.5.	Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Şeker Kompozisyonları Üzerine Etkisi.....	54
4.6.	Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının D-pinitol İçerikleri Üzerine Etkisi.....	59
4.7.	Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Uçucu Bileşenleri Üzerine Etkisi.....	65
4.8.	Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Duyusal Özelliklerine Etkisi	69
4.9.	Farklı Kavurma İşlemlerinin Enerji Verimlilikleri	73
4.10.	Farklı Kavurma Yöntemlerinin Birbirleriyle Kıyaslanması.....	73
5.	SONUÇ	79
6.	KAYNAKLAR.....	80

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a_w	Su aktivitesi (Water activity)
cm	Santimetre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
eV	Elektron volt
g	Gram
ha	Hektar
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
km	Kilometre
kj	Kilojoule
kW	Kilowatt
L	Litre
M	Molarite
mg	Miligram
MHz	Megahertz
N	Normalite
nm	Nanometre
W	Watt
μL	Mikrolitre
μm	Mikrometre

Kısaltmalar

BI	Esmerleşme indeksi (Browning index)
DPPH	2,2-Di fenil-1-pikrilhidrazil
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agricultural Organization)
FRAP	Ferrik İndirgeyici Antioksidan Gücü (Ferric Reducing Antioxidant Power)
GAE	Gallik asit eşdeğeri
GC	Gaz Kromatografisi (Gas Chromatography)
HMF	Hidroksimetilfurfural
HPLC	Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi (High-Performance Liquid Chromatography)
km	Kuru madde
KO	Kareler ortalaması
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoproteinler (Low Density Lipoproteins)
MS	Kütle Spektrometrisi (Mass Spectrometer)
rpm	Devir/dakika (Revolutions per minute)
SD	Serbestlik derecesi
TAA	Toplam antioksidan aktivite
TEAC	Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)
TFM	Toplam fenolik madde
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UPLC	Ultra Performans Sıvı Kromatografisi (Ultra Performance Liquid Chromatography)
UV	Ultraviyole
VK	Varyans katsayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Keçiboynuzu ağacı çiçekleri ve keçiboynuzu meyvesi	4
Şekil 2. 2. D-pinitol'ün kimyasal yapısı	9
Şekil 2. 3. Keçiboynuzu (Harnup) pekmezi	13
Şekil 2. 4. Elektromanyetik spektrum	16
Şekil 2. 5. Mikrodalga ve konvansiyonel ısıtmada enerji transferi farkı	18
Şekil 2. 6. Magnetronun kesit görünümü	18
Şekil 2. 7. Mikrodalgaların su molekülleri ile etkileşimi.....	19
Şekil 2. 8. Konveksiyonel ve mikrodalga fırınlarda sıcaklık dağılımı.....	20
Şekil 2. 9. Maillard reaksiyonu oluşum mekanizması	22
Şekil 2. 10. Bazı Maillard reaksiyonu ürünlerinin kimyasal yapıları	23
Şekil 2. 11. Keçiboynuzu meyvesi ve keçiboynuzu unu.....	26
Şekil 3. 1. Kavurma işlemleri için kullanılan sıcak hava-mikrodalga kombinasyonlu fırın.....	29
Şekil 3. 2. Sıcak hava kaynağı ve mikrodalga güç merkezi.....	29
Şekil 3. 3. Fenolik madde analizinde kullanılan gallik asit standard kurvesi	32
Şekil 3. 4. Keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriklerine ait kromatogram.....	34
Şekil 3. 5. Şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriği için kullanılan standard kurveler	34
Şekil 3. 6. Çalışmada duyu analizler için panelistler tarafından doldurulan duyu analiz formu.....	37
Şekil 4.1. Kavrulmamış ve enzim ilavesi yapılmamış örnekte D-pinitol içeriğine ait kromatogram	63
Şekil 4.2. Kavrulmamış ve enzim ilavesi yapılmış örnekte D-pinitol içeriğine ait kromatogram	64
Şekil 4. 3. Duyusal analiz sonuçlarına ait örümcek ağı grafiği.....	70
Şekil 4. 4. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilmiş keçiboynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A değerlerine ait grafik	76
Şekil 4. 5. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilmiş keçiboynuzu tozlarının nem, su aktivitesi, pH ve Hunter <i>L</i> , <i>a</i> ve <i>b</i> değerlerine ait grafik.....	77
Şekil 4. 6. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilmiş keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriklerine ait grafik.....	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Keçiboynuzu meyvesinin kimyasal bileşimi.....	7
Çizelge 2. 2. Keçiboynuzunun bazı vitamin ve mineral içeriği	8
Çizelge 2. 3. Keçiboynuzu meyvesi, unu ve pekmezinin kimyasal bileşimi	8
Çizelge 2. 4. Keçiboynuzu tozunun polifenol, flavonoid, antosiyanin ve karotenoid içeriği.....	14
Çizelge 2. 5. Gıda proseslerinde mikrodalga uygulamaları	16
Çizelge 2. 6. Kavrulmuş ve kavrulmamış keçiboynuzu tozlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	27
Çizelge 4.1. Yalnız mikrodalga ile kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait analizlerin I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları.....	39
Çizelge 4.2. Yalnız mikrodalga ile kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait değerlerin varyans analizi sonuçları	40
Çizelge 4.3. Yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait ortalama değerlerin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	41
Çizelge 4. 4. Yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait analizlerin I. ve II. tekerrür sonuçları.....	42
Çizelge 4. 5. Yalnız sıcak hava ile kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait değerlerin varyans analizi sonuçları.....	43
Çizelge 4. 6. Yalnız sıcak hava ile kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait ortalama değerlerin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	43
Çizelge 4. 7. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarına ait analizlerin I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları.....	44
Çizelge 4. 8. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarına ait değerlerin varyans analizi sonuçları.....	45
Çizelge 4. 9. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarına ait ortalama değerlerin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	46
Çizelge 4.10.Yalnız mikrodalga kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları.....	54
Çizelge 4.11.Yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait varyans analizi sonuçları	55
Çizelge 4.12.Yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	55
Çizelge 4.13.Yalnız sıcak hava kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları.....	56
Çizelge 4.14.Yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait varyans analizi sonuçları	56
Çizelge 4. 15. Yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	56
Çizelge 4. 16. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları.....	57
Çizelge 4. 17. Kombinasyon kavurma uygulamasıyla elde edilen keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait varyans analizi sonuçları.....	57

Çizelge 4. 18. Kombinasyon kavurma uygulamasıyla elde edilen keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .	58
Çizelge 4. 19. Yalnız mikrodalga kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları	59
Çizelge 4. 20. Yalnız mikrodalga kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait varyans analizi sonuçları	60
Çizelge 4. 21. Yalnız mikrodalga kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	60
Çizelge 4. 22. Yalnız sıcak hava kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları	61
Çizelge 4. 23. Yalnız sıcak hava kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait varyans analizi sonuçları	61
Çizelge 4. 24. Yalnız sıcak hava kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	61
Çizelge 4. 25. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları	62
Çizelge 4. 26. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait varyans analizi sonuçları	62
Çizelge 4. 27. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	62
Çizelge 4. 28. Glikoamilaz enzim ilavesi yapılmış keçiboynuzu tozlarına ait varyans analizi sonuçları	64
Çizelge 4. 29. Glikoamilaz enzim ilavesi yapılmış keçiboynuzu tozlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	64
Çizelge 4. 30. Yalnız mikrodalga kavurma ile elde edilen keçiboynuzu tozlarına ait uçucu bileşen analizi sonuçları	66
Çizelge 4. 31. Kombinasyon kavurma ile elde edilmiş keçiboynuzu tozlarına ait uçucu bileşen analizi sonuçları	67
Çizelge 4. 32. Yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait uçucu bileşen analizi sonuçları	68
Çizelge 4. 33. Keçiboynuzu tozlarının duyuşal özelliklerine ait varyans analizi sonuçları	71
Çizelge 4. 34. Keçiboynuzu tozlarının duyuşal özelliklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	72
Çizelge 4. 35. Farklı kavurma tekniklerinin enerji verimlilikleri	73
Çizelge 4. 36. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilen keçiboynuzu tozlarına uygulanan analiz sonuçlarına ait varyans analizi tablosu	74
Çizelge 4. 37. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilen keçiboynuzu tozlarına uygulanan analiz sonuçlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	75

1. GİRİŞ

Keçiboynuzu ağacı (*Ceratonia siliqua* L.) Fabaceae familyasının Caealpinaceae alt familyasına mensup, genellikle Akdeniz havzasında yetiştirilen, çok yıllık, kuraklığa dayanıklı bir bitki olup, yetiştirildiği yerlerde ekonomik ve çevresel nedenlerden dolayı bitki örtüsünün önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Ağacın meyveleri olgunlaşmadan önce yeşil, olgun halinde kahverengi olan ve genel itibariyle çekirdek ile pulp kısımlarından oluşan meyvelerdir (Tunalıoğlu ve Özkaya 2003).

Türkiye’de keçiboynuzu yetiştiriciliği, ithalatı ve ihracatı çok yüksek miktarlarda olmasa da son yıllarda meyvenin zengin bileşimi ve kakaoya benzerliğinden dolayı kullanımının artmasıyla birlikte, ülkemizde bu meyvenin yetiştirilmesine önem vermeye başlanmıştır. Ülkemizde yetiştirilen keçiboynuzu meyveleri temel olarak 3 tip olup, bunlar etli, yabani ve samos (simos) tipidir (Tetik vd 2011a, Demirtaş 2007).

Keçiboynuzu meyvesi zengin vitamin ve mineral içeriğine sahip olmasının yanında, meyvenin şeker içeriği de oldukça yüksektir. Hatta bazı kaynaklarda keçiboynuzu meyvesinin, şeker pancarı ve şeker kamışından daha yüksek şeker içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Son yıllarda keçiboynuzu meyvesi yüksek şeker içeriğinden dolayı, ürünlerinde yapay şeker kullanmak yerine doğal şeker kaynakları araştıran gıda firmaları tarafından aranan bir ürün olmuştur.

Literatürde yapılmış çalışmalarda keçiboynuzu meyvesinin sağlık açısından çok faydası olduğuna değinilmiştir. Bazı kaynaklarda çiğ halde tüketilen keçiboynuzu meyvesinin nefesi açıp, bronşları rahatlattığından bahsedilirken, bazı kaynaklarda ise meyvenin yüksek vitamin ve mineral içeriğinden dolayı özellikle çocuklarda kemik ve diş gelişimine katkıda bulunduğuna değinilmiştir (Batu 2011).

Keçiboynuzu meyvesi doğrudan çiğ halde tüketilebildiği gibi, meyvenin gerek çekirdeklerinden ve gerekse etli kısmından pek çok ürün üretilebilmektedir. Keçiboynuzu meyvesinin çekirdekleri yüksek polisakkarit içeriğine sahiptir ve bu yüksek polisakkarit içeriğinden dolayı meyvenin çekirdeklerinden gıda sanayisi başta olmak üzere birçok sanayi dalında kullanılan keçiboynuzu gamı (Carob bean gum) üretilmektedir. Meyvenin pulp kısmından ise ısıtma işlemi uygulanıp, konsantre hale getirildikten sonra elde edilen keçiboynuzu şurubu (harnup pekmezi) üretilmektedir. Son zamanlarda ise çekirdeklerinden arınmış keçiboynuzu meyvelerinin kavrulduktan sonra değirmenlerde öğütülmesiyle elde edilen keçiboynuzu tozu üretimi artış göstermiştir. Keçiboynuzu tozunun gün geçtikçe artan üretimi ve kullanımında, ürünün kakaoya benzer tat, koku ve aromaya sahip olması en önemli faktördür. Özellikle çikolata ve şekerleme endüstrisinde kakao ikamesi olarak kullanılan bu ürün, tıpkı keçiboynuzu meyvesi gibi insan sağlığına oldukça faydalı bir besindir (Turhan ve Karhan 2004).

Keçiboynuzu tozu üretiminde ilk basamak kavurma işlemidir. Kavurma işlemi ısı değişimi ve kurutma işleminin de yer aldığı, üründe kimyasal reaksiyonlar oluşturan

sıcaklık ve süre bağımlı bir işlemdir (Özkoç 2010). Kavurma, çok kısa sürelerde istenilen düzeylerde kuruma sağlanabilen, son ürüne gevreklik ve istenen dağılıbilir dokuyu kazandıran bir uygulamadır. Yapılan çalışmalarda kavurma uygulamasının sindirilebilirliği, lezzeti ve raf ömrünü artırıp, rengi iyileştirdiği, tahıl ve baklagillerde sağlığa zararlı bazı besin öğelerini uzaklaştırdığı rapor edilmiştir (Hoke vd 2007, Sharma ve Gujral 2011).

Kavurma işlemi, konvansiyonel fırınlar, mikrodalga fırınlar ve bu sistemlerin birbirleriyle veya başka ısıtma sistemleriyle kombine edilmesiyle yapılabilmektedir. Konvansiyonel kavurma olarak da bilinen sıcak hava ile kavurma işlemi; sıcak hava üreten fanlara sahip geleneksel bir fırın içerisinde gıdanın dış tabakadan iç tabakaya doğru ısınması prensibine dayanmaktadır. Yapılan çalışmalarda konvansiyonel kavurma işleminin diğer ısıtma sistemlerine göre gıdada daha çok vitamin ve mineral kaybına neden olduğuna, uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalındığından ısıl kontaminantlar oluşabileceğine de değinilmiştir. Konvansiyonel kavurma işleminde ısı transferi dıştan içe doğru olduğundan, yavaş gerçekleşmekte bu durum da işlem süresini uzatmaktadır. Ayrıca yine dıştan içe doğru ısıtmanın bir sonucu olarak ısıtılan ürünün iç ve dış sıcaklıkları birbirinden farklı olabilmektedir. Konvansiyonel kavurma işleminin bu dezavantajlarını elimine etmek için son yıllarda mikrodalga fırınların kullanımı oldukça artmıştır (Krysiak 2011).

Mikrodalgalar elektromanyetik spektrumda görünür ışık ile radyo dalgaları arasında yer alan, dalgaboyları 1mm-1m ve frekansları 300MHz ile 300GHz arasında değişen dalgalardır ve bu dalgaların ısıtma enerjileri endüstriyel, bilimsel ve tıbbi amaçlar için kullanılmaktadırlar. Mikrodalga fırınlar ise özellikle son yıllarda gerek ev tipi gerekse sanayi uygulamaları oldukça artan, kullanımı kolay, maliyeti düşük ve işlem süresi oldukça kısa olan bir donanımdır. Kullanıldığı alanlar; gıda prosesleri, endüstriyel ürünlerin kurutulması, kimyasal reaksiyonların hızlandırılması, endüstriyel dondurulmuş ürünlerin eritilmesi, sinterleme, plazma üretimi, mineral prosesleri, atık arıtma ve geri dönüşüm prosesleri olup, en çok kullanıldığı alan gıda endüstrisidir. Gıda endüstrisinde mikrodalga enerjisi yemek pişirme, buz çözme, kavurma, temperleme, kurutma, pastörizasyon, sterilizasyon ve ısıtma gibi prosesler için kullanılmaktadır (Konak vd 2009).

Kavurma esnasında yüksek sıcaklık uygulaması ile keçiyoynuzu meyvesinin besinsel içeriği ve fonksiyonel bileşenleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca yine yüksek sıcaklığa bağlı olarak enzimatik olmayan esmerleşme ve karamelizasyon reaksiyonları sonucu ısıl kontaminantların oluşabileceğine değinilmiştir (Yousif ve Alghzawi 2000, Sahin vd 2009). Kavurma sırasında esmerleşme ve karamelizasyon reaksiyonlarının ilerlemesine bağlı olarak artan kahverengi pigmentlerin, kavurmada proses kontrolü için en önemli parametrelerden birisi olduğu belirtilmiştir (Kahyaoglu ve Kaya 2006). Bu nedenlerden dolayı, kavurma gibi yüksek sıcaklıkların kullanıldığı proseslerde, prosesin bazı anahtar bileşenlerinin izlenebilirliği ve iyi kalitede ürün özellikleri sağlayan daha ekonomik kavurma şartlarının belirlenmesi önem arz etmektedir.

Keçiyoynuzu meyvesi kavurma ile birlikte daha hoş bir koku, kakao benzeri tat ve dokuya sahip olabilmekte, bu nedenle de kullanım alanı gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca keçiyoynuzu tozu doğal şeker içeriğinden dolayı da oldukça sağlıklı bir besin olarak belirtilmektedir. Meyvenin halkalı yapıda bir şeker alkol olan ve insülin etkisi gösteren D-

pinitol açısından zengin olması da özellikle Şeker hastaları tarafından korkusuzca tketelebileceği sonucunu doğurmaktadır. Keçiboynuzu tozu ile yapılmış çalışmalardan bazılarında ürünün vitamin ve mineral kompozisyonları belirlenmiş ve özellikle potasyum açısından oldukça zengin olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışmada, keçiboynuzu tozu üretimi için kavurma işleminde sıcak hava, mikrodalga ile sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonları kullanılarak, kavurma sonrasında elde edilen üründe bazı fiziksel, kimyasal ve duyuasal özelliklerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

Keçiboynuzu, yeryüzünün bilinen en eski bitkilerinden birisidir. İlk olarak M.Ö.4000 yıllarında Mısır'da bulunduğu rivayet edilmektedir (Demirtaş 2007). Ayrıca bazı kaynaklarda M.Ö. 79 yılında patlayan Vezüv Yanardağı'nın yok ettiği yerlerdeki yanmış bitki kalıntıları arasında keçiboynuzu meyvesine rastlanıldığı belirtilmiştir (Tunalıoğlu 1987). Yaklaşık olarak 4000 yıldır da Akdeniz bölgesinde yetiştirildiği bilinen oldukça eski bir bitkidir (Gubbuk vd 2010).

İsimlendirilmesine bakıldığında Türkiye'de keçiboynuzu (Şekil 2.1), harup, harnup, kerti, boynuz veya buynuz olarak adlandırılırken, kutsal kitaplarda "yaban balı" ismiyle anılmıştır. Avrupa'da Yahya Peygamber'in ekmeği anlamına gelen İngilizce (Johannes bread) ve Almanca (Johannis brot) isimleri kullanılmaktadır (Anonim 2014a).



Şekil 2. 1. A) Keçiboynuzu ağacı çiçekleri B) Ham keçiboynuzu meyvesi C) Olgun keçiboynuzu meyvesi (Anonim 2014b)

Keçiboynuzu ağacı (*Ceratonia siliqua* L.) Fabaceae familyasının Caealpinaceae alt familyasına mensup, genellikle Akdeniz havzası ve güneybatı Asya'nın kıyı bölgelerinde yetişen baklagil yapısında, çok yıllık, her dem yeşil, kuraklığa dayanıklı, dona hassas, sıcaklık ve ışık isteği oldukça yüksek, çalı ya da ağaç formunda olabilen bir bitkidir. Yetiştirildiği yerlerde ekonomik ve çevresel nedenlerden dolayı bitki örtüsünün önemli bir bileşeni olarak kabul edilen tipik bir Akdeniz bitkisidir (Avallone vd 1997, Yousif ve Alghzawi 2000, Tunalıoğlu ve Özkaya 2003, Dakia vd 2007, Bengoechea vd 2008, Karababa ve Coskuner 2013). Keçiboynuzu TS 2907'ye göre ise; "*Ceratonia siliqua* L. türüne giren ağaçların bakla biçimindeki meyvesidir" şeklinde tanımlanmıştır (Anonim 2014c). Boyu 10 metreye kadar çıkabilen sert ve koyu yeşil yapraklı bir ağaçtır. Yetiştirilmesi esnasında herhangi bir kimyasal madde takviyesine ihtiyaç duyulmamaktadır (Tunalıoğlu ve Özkaya 2003).

İlk meyvelerini 5-10 yaşları arasında veren keçiboynuzu ağacının, 15 yaşından sonra meyve verimi ve meyve kalitesi çok daha artar. Meyveler ilk olarak Mayıs ayı içinde büyümeye başlayıp, Haziran-Temmuz aylarında olgunlaşır. Olgunlaşan meyveler Ağustos ayında toplanmaya başlanıp, olgunlaşma durumuna göre Aralık ayına kadar hasatı devam edebilir (Tunalıoğlu ve Özkaya 2003, Harbi 2005, Tetik vd 2011a).

Türkiye'de yetiştirilen keçiboynuzu meyveleri temel olarak üç çeşittir. Bunlar; yabani tip (çekirdekler zayıf, uzun ve kahverengi renkli), etli tip (çekirdekler kalın, uzun, düz ve koyu kahverengi renkli) ve samos (simos) tipi (çekirdekler kalın, kısa, düz ve açık kahverengi renkli) meyvelerdir (Tetik vd 2011a).

Keçiboynuzu ağacı Akdeniz havzası dışında bazı kıyı ülkelerinde de tarımı yapılabilen, en iyi ve kaliteli çeşitleri Suriye ve Filistin'de yetişen bir bitkidir (Yousif ve Alghzawi 2000). Keçiboynuzu, istatistiksel verilere göre sürekli olarak 11 ülkede yetiştirilen bir meyvedir. Bunun dışında dönem dönem keçiboynuzu yetiştiriciliği yapan ülkeler de mevcuttur (Tunalıoğlu ve Özkaya 2003). Bugün dünyada başta İspanya, Portekiz, İtalya olmak üzere Yunanistan, Fas, Libya, Tunus, Cezayir, Kıbrıs (özellikle Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti), Türkiye ve İsrail gibi Akdeniz ülkeleri dışında, ABD, Avustralya ve Güney ve Kuzey Afrika'da da yaygın bir şekilde keçiboynuzu yetiştiriciliği yapılmaktadır (Coppen 1995, Demirtaş 2007). Dünya'da keçiboynuzu üretiminin özellikle İspanya, İtalya (Sicilya), Kıbrıs (Girne, Limasol, Karpas) ve Yunanistan'da (Girit) kültüre alınarak ve kapama bahçeler kurularak yapıldığı bilinmektedir (Tunalıoğlu 1987, Tunalıoğlu ve Özkaya 2003). Bunlar dışındaki ülkelerde genellikle yabani olarak yetişmektedir. Yapılmış bir çalışmada Ürdün'de çoğu kültüre alınmamış 200,000 adet keçiboynuzu ağacı olduğu belirtilmiştir (Yousif ve Alghzawi 2000).

Dünyanın büyük üretici ülkeleri aynı zamanda tüketici ülkeleridir ve keçiboynuzunun ihracatını ve hatta ithalatını da yapmaktadır. Dünyada üretimde olduğu gibi ihracatta da İspanya ilk sırayı almaktadır. Türkiye keçiboynuzu ihracatçısı ülkeler arasında %9.2 lik pay ile 4. sırada yer almaktadır (Tunalıoğlu 1987, Tunalıoğlu ve Özkaya 2003).

Keçiboynuzu meyvesinin dünyada yıllık üretimi keçiboynuzu çeşidi, yetiştiği bölge ve tarım uygulamalarına bağlı olarak değişmekle birlikte, ortalama olarak 374,800 ile 441,000 ton arasında değişmektedir (Karababa ve Coşkuner 2013). Bunun yanında başka bir çalışmada dünyada keçiboynuzu yıllık üretiminin yaklaşık 310,000 ton olduğu ve İspanya'nın yılda ortalama 135,000 ton üretim ile ilk sırada yer aldığı bildirilmiştir. Türkiye'nin ise yılda 15,000 ton ile dünyada altıncı sırada yer aldığı değerlendirilmiştir (Tunalıoğlu ve Özkaya 2003, Özhan 2008). Türkiye bu üretim değeri ile ithalatçı ve ihracatçı İspanya, İtalya, Portekiz, Yunanistan ve Kıbrıs gibi ülkeler arasında %4.8'lik bir üretim oranına sahiptir (Turhan 2013).

Ülkemizde keçiboynuzu üretimi incelendiğinde; Akdeniz Bölgesi'nde Tarsus ve Mersin'den başlayıp Marmaris'e kadar uzanan yaklaşık 1,750 km lik kıyı şeridinde doğal olarak yetiştiği görülmektedir. Doğal florada Hatay'dan Çanakkale'ye kadar Akdeniz ve Ege kıyılarında yetişebilen keçiboynuzu daha çok Akdeniz Bölgesinde Mersin, Antalya ve Muğla'nın merkez ve kıyı şeridi ilçelerinde üretilmektedir (Anonim 2014b). Ülkemizdeki her 1000 keçiboynuzu ağacından 304 tanesinin meyve verdiği bildirilmiştir (Tunalıoğlu ve Özkaya 2003, Demirtaş 2007). Ülkemiz, keçiboynuzunun anavatanı içerisinde olması nedeniyle keçiboynuzu yetiştiriciliği yapılabilecek geniş alanlara sahiptir ve keçiboynuzu yetiştiriciliği ülkemizde gün geçtikçe önem kazanmaktadır (Karkacier ve Artık 1995, Demirtaş 2007).

Keçiboynuzu meyvesi temel olarak 3 ana kısımdan oluşur. Bunlar dıştan içe doğru; tohum zarfı (kabuk) (%30-33), endosperm (%42-46) ve embriyo (%23-25) dur (Battle ve Tous 1997, Karababa ve Coşkuner 2013). Çekirdek kabuğu kahverengi, oldukça sert bir yapıda olup, kabuğun hemen altında şeffaf yapıda olan iki yarım halinde beyaz renkli endosperm bulunur. En iç kısımda ise sarı renkli embriyo bulunur (Demirtaş 2007). Keçiboynuzu tohumları genel olarak galaktomannandan oluşan ve meyve ağırlığının %10'luk kısmını kaplayan oluşumlardır (Calixto ve Canellas 1982, Kumazawa vd 2002). Bu tohumlardan elde edilen keçiboynuzu gamı, gıdalarda stabilizatör olarak kullanımının yanı sıra tekstil, kozmetik ve ilaç endüstrisinde de geniş ölçüde kullanılmaktadırlar (Marakis 1996, Avallone vd 1997, Kumazawa vd 2002).

Keçiboynuzu meyvesinin kimyasal içeriği şimdiye kadar pek çok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda keçiboynuzu meyvesinin temel olarak pulp (%90) ve çekirdek (%10) olmak üzere iki ana kısımdan oluştuğu belirtilmiştir (Karkacier ve Artık 1995, Özhan 2008).

Keçiboynuzu meyvesi tüketim olgunluğuna ulaştığında %91-92 toplam kuru madde ve %62-67 toplam çözünür kuru madde içermekte olup, çözünür kuru maddenin önemli bir bölümünü şekerler oluşturmaktadır (Turhan ve Karhan 2004). Keçiboynuzu pulpu yoğun olarak şeker (%48-56) içerir; bu şekerlerin başlıcalarını ortalama değerler olarak, sakkaroz (%30), glukoz (%5-7), fruktoz (%5-7) ve maltoz (%5-6) oluşturmaktadır (Çizelge 2.1). Hatta bazı kaynaklarda keçiboynuzunun şeker kamışı ve şeker pancarından daha yüksek şeker içeriğine sahip olduğuna değerlendirilmiştir (Petit ve Pinilla 1995, Özhan 2008). Yoğun şeker içeriğine ilaveten keçiboynuzu meyvesi %18 gibi önemli bir oranda da selüloz ve

hemiselüloz içermektedir. Keçiboynuzu meyvesinin yüksek şeker içeriğine karşın protein içeriği (%3-4) oldukça düşüktür (Silanikove vd 2006, Biner vd 2007, Özhan 2008).

Çizelge 2. 1. Keçiboynuzu meyvesinin kimyasal bileşimi (Turhan vd 2007)

Bileşim Öğeleri	%
Toplam Kuru Madde	91-92
Toplam Şeker	62-67
İndirgen Şeker	13-18
Sakkaroz	34-42
Fruktoz	10-12
Glukoz	7-10
Protein	4-6
Ham Selüloz	4.6-6.2
Ham Yağ	0.2-0.4
Toplam Kül	2-3
Toplam Asit (%SSA)	0.50-0.65

Keçiboynuzu meyvesi ve bu meyvenin pulp kısmından elde edilen keçiboynuzu unu ve keçiboynuzu pekmezi ile yapılmış çalışmalardan birinde, gerek meyvenin gerekse meyveden üretilen gıda maddelerinin fındıkla karşılaştırıldığında daha yüksek karbonhidrat, protein, kalsiyum, sodyum, potasyum ve demir mineralleri ile daha düşük oranlarda yağ içerdiği bulunmuştur (Özcan vd 2007)

Yapılan çalışmalarda meyvenin yağ içeriği ise %0.4-0.8 gibi çok düşük oranlarda bulunmuştur (Marakis 1996, Avallone vd 1997, Kumazawa vd 2002). Toplam mineral madde içeriği %2-3 oranında belirlenmiş olup, mineral maddelerden oransal olarak ilk sırayı potasyum almaktadır (Turhan ve Karhan 2004). Yapılan çalışmalarda keçiboynuzu meyvesinin mineral içeriğinin sıcaklık, kuraklık, irigasyon, gübreleme ve tuzluluktan büyük ölçüde etkilendiğine değinilmiştir (Öziyici vd 2014). Keçiboynuzu meyvesinin aminoasit dağılımında en fazla glutamik asit (12.14-12.38 g/100g), alanin (11.15-11.39 g/100g) ve aspartik asit (10.76-10.96 g/100g) bulunmaktadır (Turhan ve Karhan 2004). Keçiboynuzu embriyosu ile yapılmış olan bir çalışmada meyvenin embriyosundan elde edilen izolatlardan %96.5 verim sağlanmış ve çok yüksek oranlarda glutamik asit, aspartik asit ve

arginin bulunmuştur (Bengoechea vd 2008). Keçiboynuzu meyvesinin çekirdekleri başta tanenler olmak üzere yüksek oranlarda polifenoller de içermektedir (Kumazawa vd 2002).

Keçiboynuzu meyvesinin mineral içeriği ile ilgili literatürde yapılmış pek çok çalışma mevcut olup, ortalama sonuçlar Çizelge 2.2’de gösterilmiştir (Demirtaş 2007, Öziyci vd 2014). Keçiboynuzu meyvesi, keçiboynuzu unu ve keçiboynuzu pekmezi ile yapılmış bir çalışmada, üç ürünün de kimyasal içerikleri belirlenmiş, sonuçlar Çizelge 2.3’te sunulmuştur (Özcan vd 2007).

Çizelge 2. 2. Keçiboynuzunun bazı vitamin ve mineral içeriği (Demirtaş 2007, Öziyci vd 2014)

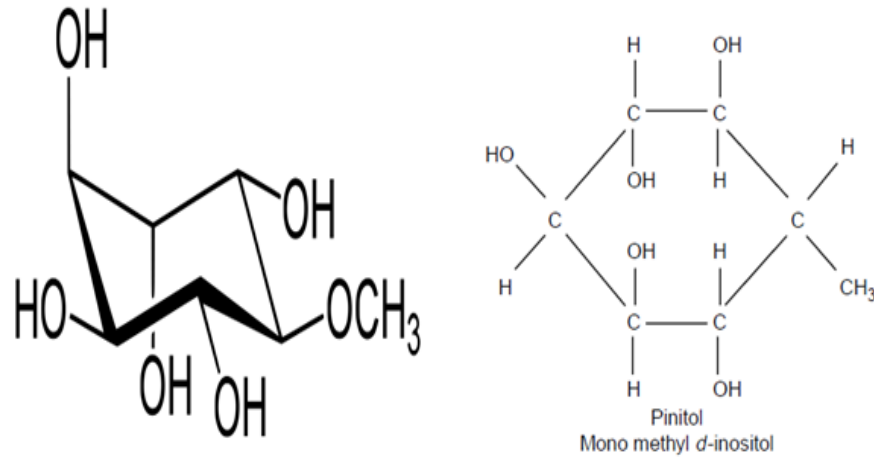
Vitamin	Miktar (mg/kg)	Mineral	Miktar (mg/100g)
A	-	Potasyum	2650.00
E	5.00	Sodyum	113.00
B1	1.90	Kalsiyum	75.90
B2	0.60	Magnezyum	90.40
B6	2.35	Demir	33.00
Nikotinik Asit	31.00		
C Vitamini	60.00		

Çizelge 2. 3. Keçiboynuzu meyvesi, unu ve pekmezinin kimyasal bileşimi (Özcan vd 2007)

Bileşen	Meyve	Un	Pekmez
Nem (%)	6.01±0.11	6.27±0.22	34.65±0.47
Protein (%)	4.71±0.66	5.34±0.17	1.40±0.42
Yağ (%)	0.23±0.02	0.15±0.19	-
Ham Lif (%)	9.69±1.2	11.66±1.35	3.34±0.82
Kül (%)	3.33±0.20	2.92±0.41	2.16±0.03
Toplam Şeker (%)	48.35±0.52	41.55±1.18	63.88±0.75
Enerji (kcal/100g)	395.22±15.23	399.82±2.30	248.38±7.64
Suda Çözünür Ekstrakt (%)	50.67±0.11	43.70±0.53	95.54±0.61
Alkolde Çözünür Ekstrakt (%)	6.92±0.60	7.97±0.14	32.63±0.40
Hidroksimetilfurfural (mg/kg)	-	-	10.03±0.53

Keçiboynuzu meyvesinin yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu da yapılan çalışmalarla kanıtlanmış olup, bu konuyla ilgili yapılmış araştırmalardan birinde keçiboynuzu ekstraktı ilavesinin dondurularak ve soğutularak muhafaza edilen domuz etlerinin antioksidan aktivitesine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda domuz etlerinin antioksidan aktivitelerinin arttığı, kontrol örneğine göre acı tat oluşumunun oldukça azaldığı gözlemlenmiştir (Bastida vd 2009).

Keçiboynuzunun halkalı yapıda bir şeker alkol olan D-pinitol (3-O-Metil-D-kiro-inositol) açısından oldukça zengin olduğu literatürde pek çok araştırmacı tarafından belirtilmiş ve konuyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. D-pinitol (Şekil 2.2); baklagillerin düşük molekül ağırlıklı karbonhidrat fraksiyonlarının en baskın bileşenidir ve keçiboynuzu inositollerinin %99'u D-pinitol olarak bulunmaktadır. D-pinitol gerek gıda gerekse gıda dışı endüstrilerde geniş bir kullanım alanı bulan biyoaktif bir bileşiktir. Yapılan çalışmalarda D-pinitolün insülin benzeri etkiye sahip olduğu ve bu özelliği nedeniyle özellikle şeker hastalarının tedavisi için kullanılabileceği belirtilmiştir (Tetik vd 2011b).



Şekil 2. 2. D-pinitol'ün kimyasal yapısı (Anonim 2014d, Tetik vd 2011b)

Keçiboynuzunun D-pinitol içeriği ile ilgili yapılmış olan çalışmalardan birinde, ultrasonikasyon yöntemi kullanılarak keçiboynuzu meyvesinden D-pinitol izolasyonunun optimizasyonunda cevap-yüzey metodu kullanılmıştır. Bu çalışmada farklı sıcaklık, ultrasonik güç, dilüsyon oranı ve sürelerde en yüksek D-pinitol içeriğine ulaşılan optimum şartların belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak en yüksek D-pinitol veriminin (11.98 g/L); 50 °C sıcaklık, 207 W ultrason gücü, 1:4 dilüsyon oranı ve 120 dakikada elde edildiği rapor edilmiştir (Tetik ve Yüksel 2014).

Keçiboynuzu meyvesinin D-pinitol içeriği üzerinde yapılan bir diğer çalışmada ise yalnızca 10 mg/kg (vücut ağırlığı) D-pinitolün kandaki şeker oranını 0.5-2 saat içerisinde kayda değer bir biçimde azalttığı gözlemlenmiştir (Narayanan vd 1987). Başka bir çalışmada fareler üzerinde değişik oranlarda denenilen D-pinitolün astımın patojenik

etkilerini azalttığı hatta yok ettiği rapor edilmiştir (Lee vd 2007). D-pinitolün sağlık üzerine olan olumlu etkilerini incelemek amacıyla yapılmış olan mevcut çalışmalardan bir diğerinde ise; D-pinitolün kataraktı ve oksidatif stresin neden olduğu kornea ödemi önlemede etkili olabileceği rapor edilmiştir (Park vd 2005). Yine fareler üzerinde yapılmış bir çalışmada D-pinitolün çok kilolu ve kolesterol miktarı fazla olan fareler üzerinde antihiperlipidemik, antioksidan ve hepatoprotektif etkileri bulunmuştur (Choi vd 2009). Tüm bu faydalarının yanı sıra D-pinitolün toksik olmadığını rapor edildiği bildirilmiştir (Tetik vd 2011b).

Keçiboynuzu meyvesinin, çekirdeklerinin, endosperminin ve pekmezinin sağlık açısından bilimsel olarak kanıtlanmış pek çok faydası bulunmaktadır. Keçiboynuzu meyvesinden elde edilen harnup pekmezi, demir ve kalsiyum mineralleri bakımından oldukça değerli bir besindir. Bu nedenle özellikle çocuklarda kemik ve diş gelişimine katkıda bulunduğuna değinilmiştir (Batu 2011). Yapılan bir çalışmada keçiboynuzu meyvesinin astım, öksürük ve ishale karşı olduğu ifade edilmiştir (Sarı vd 2010). Bir diğer çalışmada mide ve bağırsak hastalıklarına olan faydasına değinilirken, göğsü yumuşatıp, balgam söktürdüğü ve bronşları boşalttığından bahsedilmiştir. Açık yaralar için kuvvetli bir iyileştirici olduğu söylenmiştir (Özçelik ve Balabanlı 2005). Çekirdekleri çıkarılıp çiğ halde yenilen keçiboynuzu meyvesinin ishali iyileştirdiği söylenirken, çekirdekleriyle birlikte ezilip kaynatıldığında ise böbrek taşı dökmeye ve kum sancısına iyi geldiğine değinilmiştir (Ertuğ 2002). Muğla Datça'da gerçekleştirilen bir ankette bölge halkının alternatif bir yöntem olarak ishale karşı keçiboynuzu meyvesi kullandıkları rapor edilmiştir (Olşen vd 2001). Söke/Aydın yöresinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise bölge halkının keçiboynuzu meyvesini şeker hastalarında alternatif tatlandırıcı olarak kullanmasının yanı sıra; idrar söktürücü ve bronşları açıcı olarak da tükettikleri kaydedilmiştir (Var 2006). Ebeveynlerle yapılmış bir ankette ise ailelerin çocuklarında direnç artırıcı olarak keçiboynuzu meyvesi kullandıkları söylenmiştir (Bozkaya vd 2008).

İçeriğinde kolesterol bulunmaması keçiboynuzu tüketimini artıran önemli bir etmendir. Ayrıca yine bileşiminde kafein ve theobromin bulundurmaması nedeniyle yüksek tansiyon problemi olanların da tüketebilecekleri bir besin olduğu ifade edilmiştir (Batu 2011). Son çalışmalar özellikle keçiboynuzu meyvesinin nutrasötik etkisi üzerinde yoğunlaşırken, keçiboynuzunun kanda LDL-kolesterolü azaltmada etkili olduğu ifade edilmiştir (Zunft vd 2001). Ayrıca keçiboynuzunun kanda tokluk şekerleri yüksek olan tip II diabetes mellitus hastalarıyla yapılmış olan bir çalışmada; insülin etkisi gösterebilen bir karbonhidrat olan D-pinitol içeriği nedeniyle alternatif tatlandırıcı olarak kullanılabilmesine değinilmiştir (Bates vd 2009).

Keçiboynuzu meyvesi ile yapılan bir diğer çalışmada fareler üzerinde deneme yapılmış, araştırma için zorla yüzme ve kuyruk süspansiyon testleri uygulanmış ve keçiboynuzu meyvesinin antidepresan etkisi incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında keçiboynuzu meyvesinin antidepresan etkisi olduğu belirtilmiştir (Agrawal vd 2011).

Keçiboynuzu meyvesinin pulpu ile yapılmış olan çalışmalardan birinde yeni sütten kesilmiş domuz yavruları üzerinde keçiboynuzu meyvesinin antimikrobiyal gelişime ve

bağırsak sağlığına olan etkisi incelenmiştir. Çalışmada bazal diyet, nükleotidler, keçiyoynuzu pulpu ve keçiyoynuzu pulpu+nükleotidler olmak üzere dört farklı diyet yöntemi uygulanmıştır. Domuzlar üzerinde en yüksek antimikrobiyal etkiyi keçiyoynuzu pulpu-nükleotid karışımı olan diyet yöntemi göstermiştir (Andres-Elias vd 2007).

Keçiyoynuzu meyvesi pulpu ile yapılmış bir diğer çalışmada meyvenin lipid düşürücü etkisi incelenmiştir. Orta derece kolesterol hastalarının (toplam kolesterol miktarları 232-302 mg/L) günlük diyetlerine 15 g keçiyoynuzu pulpu eklenmiş, yaklaşık olarak 8 hafta boyunca bu diyet uygulanmış ve hastaların kolestrol içeriklerinin kayda değer şekilde azaldığı gözlenmiştir (Zunft vd 2001).

Son yıllarda diyet liflerinin tüketilmesinin sağlık açısından yararlarının bilimsel olarak kanıtlanmasının yanı sıra, araştırmalarda gıdalarla günlük 30 g diyet lifi alınmasının önerilmesiyle birlikte, şekerleme ve kurabiye endüstrisi ürünlerinde diyet lifi içeriğini artırmaya yönelik çalışmalar başlatmıştır. Keçiyoynuzu unu ile katkılanan bisküvi hamurlarında özellikle fenolik madde içeriğinin önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir (Sebecic vd 2007).

Keçiyoynuzu pekmezinin de bilimsel olarak rapor edilmiş pek çok faydası bulunmaktadır. Keçiyoynuzu pekmezi özellikle hiperlipidemi (kanda yağların normalden daha yüksek düzeylerde olması) hastalarında tedavi amacıyla kullanılmış ve sonuçların olumlu olduğu gözlemlenmiştir (Dakia 2011).

Keçiyoynuzu meyvesi gibi bir Leguminosae (baklagil) familyası mensubu olan yer fıstığının ölümcül dahi olabilen gıda anafilaksisi göz önüne alınarak keçiyoynuzunun da aynı etkiyi gösterip göstermediğinin araştırıldığı bir çalışmada; farklı gıdalar içerisine keçiyoynuzu tozu katkılanmış, 6 yaş grubu fıstık alerjisi olan çocuklar üzerinde uygulanmış ve keçiyoynuzunun aynı familyaya mensup olsalar da fıstık gibi anafilaksi göstermediği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda keçiyoynuzu proteinlerinin herhangi bir alerjenik etkisi olmadığı rapor edilmiştir (Fiocchi vd 1999).

Gastroözofagal reflü hastası çocuklar üzerinde yapılmış bir çalışmada kıvamlı sütler içerisine keçiyoynuzu tozları katkılanmış ve keçiyoynuzu tozunun hastalık üzerinde olumlu etkileri olduğu rapor edilmiştir (Xinias vd 2003).

Keçiyoynuzu meyvesinin ve ürünlerinin bu yararlarına ilave olarak yapılmış olan çalışmalarda; sindirim sistemi bozukluklarında, gastrit gibi mide sorunlarında, karaciğer ve akciğer sorunlarında, diş ve diş eti rahatsızlıklarında, kolestrolü kontrol altına almada, düşürmede ve kas gelişiminde olumlu etkiler gösterdiği bildirilmektedir. Bağırsak kurdu, tenya ve solucan gibi bağırsak parazitlerini temizlemeye yardımcı olduğu, midenin çalışmasını olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir. Bunlar dışında özellikle servikal kanser hücrelerinin gelişimini engellediğine değinen çalışmalar da mevcuttur. Keçiyoynuzu meyvesinin çiğ tüketildiğinde, şekerin kana karışmasını yavaşlattığı, bu nedenle daha uzun süre tokluk hissi verdiği belirtilirken, diyet yapan insanlara tavsiye edilebileceği söylenmiştir. Ayrıca mevcut bazı çalışmalarda spermler üzerinde olumlu etkisi olduğu,

sperm sayısını artırdığı ve iktidarsızlığı önleyebildiğine değinilmiştir (Ahraz 2003, Tunaliolu ve Özkaya 2003, Demirtaş 2007, Anonim 2014d).

Genel olarak temel keçiboynuzu ürünleri baklası ve tohumları ile keçiboynuzu gamı (Carob bean gum), keçiboynuzu unu, keçiboynuzu pekmezi (şurubu) ve kakao ikamesi olarak kullanılabilen keçiboynuzu tozu gibi laksatif ve diüretik ürünlerdir (Yousif ve Alghzawi 2000, Tunaliolu ve Özkaya 2003, Turhan vd 2006, Dakia vd 2007, Bouzoulita vd 2007, Biner vd 2007, Karababa ve Coşkuner 2013). Ayrıca keçiboynuzunun etanol üretimi için ucuz bir karbonhidrat kaynağı olarak kullanılabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Roukas 1994, Karababa ve Coşkuner 2013). Bazı çalışmalar keçiboynuzunun sitrik asit üretimi için substrat olabileceğini ortaya koyarken (Roukas 1999), bazı çalışmalarda ise keçiboynuzunun biyoetanol üretimi için bulunması kolay ve ucuz bir materyal olduğuna değinilmiştir (Makris ve Kefalas 2004). Literatürde keçiboynuzu meyvesinin, tekstil, kağıt, ilaç, kozmetik, boya, petrol, alkol ve gıda endüstrisinde kullanılabilirliği ile ilgili pek çok çalışma mevcut olup, yalnızca meyvenin yenilebilir kısımlarının değil, işleme sonrası açığa çıkan işleme atığı ürün veya posaların da bir çok sanayi dalında kullanılabilceği belirtilmiştir (Turhan ve Karhan 2004).

Keçiboynuzu pek çok Arap ülkesinde Ramazan ayına özgü içecekler yapmak için kullanılmaktadır. Ayrıca keçiboynuzu yine Arap ülkelerine özgü geleneksel pek çok şekerlemenin yapımında da kullanılmaktadır (Mhaisen 1991, Yousif ve Alghzawi 2000).

ABD ve diğer batı ülkelerinde keçiboynuzu tozu sağlıklı gıda reyonlarında kakao ikamesi veya katkısı olarak satılmaktadır (Yousif ve Alghzawi 2000). Keçiboynuzu tozu doğal tatlandırıcı ve çikolata rengine benzer görüntüsünden dolayı kakao ikamesi olarak da kullanılmaktadır. Kakao ikamesi olarak keçiboynuzu tozu kullanmanın en önemli avantajı; kafein ve teobromin içermemesi ve yüksek D-pinitol içeriğinden dolayı şeker hastalarınca tüketilebilmesidir (Bengoechea vd 2008).

Türkiye’de keçiboynuzu genellikle çerez, un, pekmez ve hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Ülkemizde son yıllarda kavrulmuş keçiboynuzu parçaları özellikle fırıncılık ürünlerinde, şekerlemelerde ve çerezlerde çikolata yerine kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde keçiboynuzu meyvesi öğütülerek, un haline getirilmekte ve bu toz ürün kakao ikamesi olarak süte karıştırılarak kullanılmaktadır. Bütün bu kullanımlardan arta kalan posanın selüloz içeriği yüksek olduğu için hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Karkacier ve Artık 2003, Demirtaş 2007).

Son yirmi yıla kadar genelde üretildiği bölgelerde tüketilen keçiboynuzu, özellikle pekmez ve un olarak işlenmeye başladıktan sonra tüm ülkede tüketilir olmuştur. Ülkemizde özellikle harnup pekmezi adı ile satılan ürünün tüketimi oldukça artmıştır. Gerek pekmez ve gerekse un formundaki ürünlerin insan sağlığı açısından yararı oldukça fazladır. Türkiye’deki diğer bir kullanım alanı ise doğal ilaç yapımıdır (Anonim 2014b).



Şekil 2. 3. A) Keçiboynuzu (Harnup) pekmezi (Anonim 2014c) B) Keçiboynuzu çekirdekleri (Karababa ve Coşkuner 2013)

Keçiboynuzu (harnup) pekmezi, doğrudan tüketiminin yanı sıra genellikle kek, kurabiye ve ev yapımı bazı yöresel ürünlerin üretiminde kullanılacak meyveleri yumuşatma ve koruma amacıyla kullanılır. Tunus’da “rub” adı ile bilinen keçiboynuzu pekmezi özellikle soğuk kış aylarında yüksek şeker içeriğinden dolayı enerji verici olarak tüketilmektedir (Dhaouadi vd 2013, Dhaouadi vd 2014). Ayrıca Kuzey Afrika ve pek çok Arap ülkesinde Hz. Muhammed’in doğum yıldönümü gibi dini özel günlerde, pişmiş hamurlar üzerine keçiboynuzu pekmezi dökülerek tüketilmekte, bunun kutsal olduğuna inanılmakta ve bu ürüne “asseeda” ismini vermektedirler (Anonim 2014e).

Keçiboynuzu meyvesi ile üretilen önemli besin maddelerinden birisi de keçiboynuzu tozudur. Keçiboynuzu tozu; keçiboynuzu meyvesinin çekirdeklerinden ayrıldıktan sonra kavrulması ve değirmenlerde öğütülmesiyle elde edilir. Keçiboynuzu tozu zengin bileşiminden dolayı gerek Avrupa ülkeleri ve gerekse Türkiye’de kullanımı gün geçtikçe artan bir üründür (Kahyaoğlu ve Kaya 2006).

Ev yapımı ve ticari olarak hazırlanmış keçiboynuzu tozlarının kalite kriterlerinin araştırıldığı bir çalışmada, ticari olarak hazırlanmış keçiboynuzu tozunun ev yapımı keçiboynuzu tozuna göre, daha yüksek demir, daha düşük magnezyum, daha düşük lisin içeriğine ve göreceli olarak daha sağlıklı linoleik/ α -linoleik asit oranına sahip olduğu şeklinde kaydedilmiştir (Ayaz vd 2009).

Tahıl bazlı gıdaların besinsel içeriklerini zenginleştirmek amacıyla baklagil unlarının kullanılmaya başlanmasından sonra keçiboynuzu tozunun da aynı amaç için kullanılıp kullanılmayacağına araştırıldığı bir çalışmada; çekirdeklerinden arınmış keçiboynuzu meyvelerinden elde edilen tozlar farklı tahıl bazlı gıdaların formülasyonlarına eklenmiş ve özellikle antioksidan aktivitedeki değişim gözlenmiştir. Keçiboynuzu tozu ile takviye edilmiş formülasyonların antioksidan aktivitelerinin diğer formülasyonlara göre daha yüksek ölçüldüğü rapor edilmiştir (Durazzo vd 2014).

Keçiboynuzu meyvesi ile ilgili yapılmış olan çalışmalardan bir diğerinde, meyvenin çekirdeklerinden ayrılmış olan etli kısımları öğütücü yardımıyla toz haline getirilmiş, toz halindeki örneklerin uygun dilüsyonları hazırlanıp HPLC ile lignan içeriğine, Folin-ciocalteau yöntemiyle toplam fenolik madde içeriğine ve FRAP yöntemiyle de antioksidan aktivitelerine bakılmıştır. Çalışma sonucunda; örneklerin antioksidan aktivite, fenolik madde ve lignan içerikleri arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Ekstraktların zengin bir lignan içeriğine sahip olduğu ve bu lignanların antioksidan etkilerinin olduğu rapor edilmiştir. Araştırma sonucunda keçiboynuzu meyvesinin ve meyvenin çekirdeksiz kısımlarından elde edilen keçiboynuzu tozunun, yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmasından dolayı gıda endüstrisinde, özellikle fonksiyonel gıdalarda, kendisine çok geniş bir kullanım alanı bulacağı not edilmiştir (Durazzo vd 2014).

Keçiboynuzu tozu ile yapılmış başka bir çalışmada, keçiboynuzu tozunun toplam polifenol, toplam flavonoid, toplam antosiyanin miktarı ile karotenoid kompozisyonları belirlenmiştir (Çizelge 2.4) (Khatib ve Vaya 2010).

Çizelge 2. 4. Keçiboynuzu tozunun polifenol, flavonoid, antosiyanin ve karotenoid içeriği (Khatib ve Vaya 2010)

Bileşen	Miktarı (mg/100g km)
Toplam Fenolik İçeriği	1950
Gallik Asit	602
Ellagik Asit	25
Toplam Flavonoid İçeriği	Belirlenemedi
(+)-Kateşin	50
(-)-Epikateşin	-
(-)-Epikateşin Gallat	30
(-)-Epigallokateşin Gallat	110
Toplam Antosiyanin İçeriği	Belirlenemedi
Proantosiyanidin	290
Ellagitanin	460
Lutein	0.02
Likopen	0.03
α ve β Karoten	0.08

Keçiboynuzu tozunun buğday unu ile katkılanarak tarhana formülasyonuna ilave edildiği bir çalışmada; farklı oranlarda karıştırılan keçiboynuzu tozu ve buğday unu yine farklı oranlarda tarhana formülasyonuna ilave edilmiş, kontrol örneği olarak kullanılacak olan tarhanada yalnızca buğday unu kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda keçiboynuzu tozu ile katkılanan tarhana örneklerinin kontrol örneğine göre; mineral madde kompozisyonu önemli ölçüde artmış, elde edilen ürünlerin viskoziteleri ile yağ ve su absorpsiyon kapasitelerinin yükseldiği gözlemlenmiştir (Caglar vd 2013).

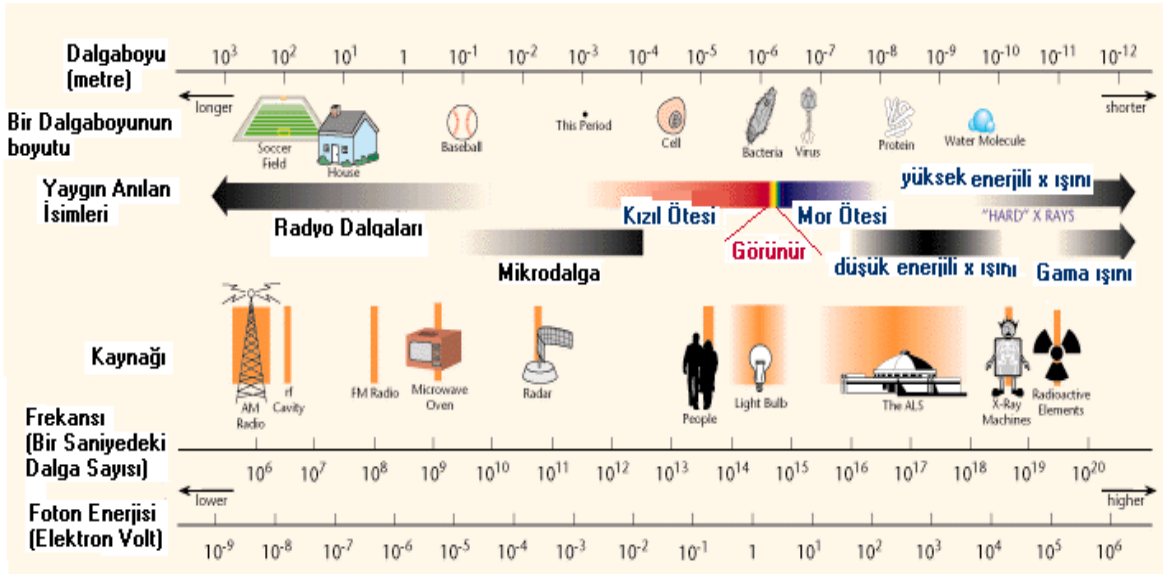
Keçiboynuzu tozu üretiminde ilk aşama kavurma işlemidir. Kavurma, ısı değişimi ve kurutma işleminin de yer aldığı, üründe kimyasal reaksiyonlar oluşturan sıcaklık ve süre

bağımlı bir işlemdir (Özkoç 2010). Kavurma, çok kısa sürelerde istenilen düzeylerde kuruma sağlanabilen, son ürüne gevreklik ve istenen dağılabilir dokuyu kazandıran bir uygulamadır (Hoke vd 2007, Sharma ve Gujral 2011). Yapılan çalışmalarda kavurma uygulamasının sindirilebilirliği, lezzeti ve raf ömrünü artırıp, rengi iyileştirdiği, tahıl ve baklagillerde antinutrient öğeleri uzaklaştırdığı rapor edilmiştir (Gahalawat ve Sehagal 1992, Sharma ve Gujral 2011). Kavurma işleminin kahve, fındık ve pek çok baklagilin işlenmesinde, önemli fiziksel, kimyasal, yapısal ve duyuşsal değişikliklere neden olan en önemli aşama olduğu bildirilmiştir (Özdemir ve Devres 2000, Pittia vd 2001, Saklar vd 2001, Kahyaoğlu ve Kaya 2006).

Gıdaların kurutulması/kavrulması sıcaklığa ve ürünün kurumaya başladığı zamandaki kütle transferine bağlıdır. Üründeki nem ve sıcaklık dağılımının bilinmesi, kalite kontrol, uygun depolama seçimi ve uygun taşıma yöntemi seçimi için çok büyük önem taşımaktadır (Parti 1993, Ozdemir ve Devres 1999).

Konvansiyonel kavurma olarak da bilinen sıcak hava ile kavurma işlemleri; sıcak hava üreten fanlara sahip geleneksel bir fırın içerisinde gıdanın dış tabakadan iç tabakaya doğru ısınması prensibine dayanır. Yapılan çalışmalarda konvansiyonel kavurma işleminin diğer ısıtma sistemlerine göre gıdada daha çok vitamin ve mineral kaybına neden olduğuna, uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalındığından ısılı kontaminantlar oluşabileceğine değinilmiştir. Konvansiyonel kavurma işleminde ısı transferi dıştan içe doğru olduğundan yavaş gerçekleşmekte bu durum da proses süresini uzatmaktadır. Ayrıca yine dıştan içe doğru ısıtmanın bir sonucu olarak ısıtılan ürünün iç ve dış sıcaklıkları birbirinden farklı olabilmektedir. Konvansiyonel kavurma işleminin bu dezavantajlarını elimine etmek için son yıllarda mikrodalga fırınların kullanımı oldukça artmıştır (Krysiak 2011).

Mikrodalgalar; elektromanyetik spektrumda (Şekil 2.4) görünür ışık ile radyo dalgaları arasında yer alan, dalgaboyları 1mm-1m ve frekansları 300MHz ile 300GHz arasında değişen elektromanyetik dalgalardır ve mikrodalgaların ısıtma enerjileri endüstriyel, bilimsel ve tıbbi amaçlar için kullanılmaktadır. Mikrodalga fırınlar; özellikle son yıllarda gerek ev tipi gerekse sanayi uygulamaları oldukça artan, kullanımı kolay, maliyeti düşük ve proses süresi oldukça kısa bir donanımdır. Kullanıldığı alanlar; gıda prosesleri, endüstriyel ürünlerin kurutulması, kimyasal reaksiyonların hızlandırılması, endüstriyel dondurulmuş ürünlerin eritilmesi, sinterleme, plazma üretimi, mineral prosesleri, atık arıtma ve geri dönüşüm prosesleri olup, en çok yararlanıldığı alan gıda endüstrisidir. Gıda endüstrisinde Çizelge 2.5’de belirtilen amaçlar için kullanılmaktadır (Konak vd 2009).



Şekil 2. 4. Elektromanyetik spektrum (Karaaslan 2008)

Çizelge 2. 5. Gıda proseslerinde mikrodalga uygulamaları (Konak vd 2009)

Uygulama	Frekans (MHz)	Güç (kW)	Ürün
Temperleme (Kesikli/Süreklı)	915	30-70	Kırmızı et, balık eti, kümes hayvanları eti
Kurutma (Vakumlu/Dondurarak)	915/2450	30-50	Makarna, soğan, çerez gıdalar, meyve suları
Ön Isıtma	915	50-240	Domuz pastırması, köfte, kümes hayvanları eti, sucuk, sosis, sardalye
Pastörizasyon/ Sterilizasyon	240	10-30	Taze makarna, hazır yemekler, poşet ambalajlı gıdalar, yarı katı gıdalar, süt, dilim ekmek
Fırında Pişirme	915	2-10	Ekmek, donat (donut) fermentasyonu

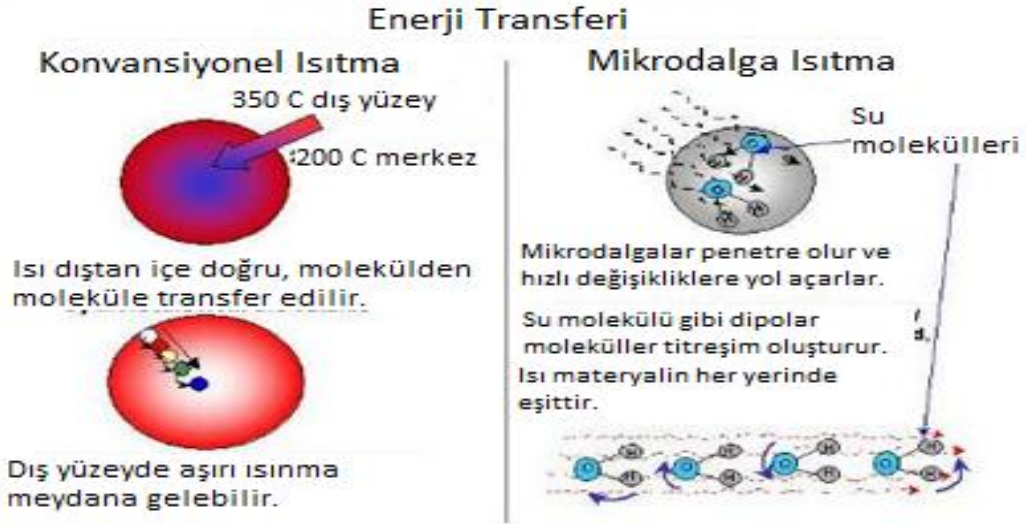
Mikrodalgalar veya yüksek frekanslı radyo dalgaları kullanılarak yapılan ısıtma işlemine dielektrik ısıtma adı verilmektedir. Mikrodalgalar bir materyali ısıtırken ısıtılan materyalin dielektrik özelliklerine bağlı olarak yansıtılabilir, absorbe edilebilir veya absorbe edilmeden geçirilebilir. Materyallerin dielektrik özellikleri permitivite ile ifade edilmektedir. Permitivite bir materyalin elektromanyetik dalgalara karşı nasıl cevap verdiğini gösteren bir terimdir. Permitivite Eşitlik 2.1'de verilen formül yardımıyla bulunmaktadır (Uslu ve Certel 2006, Konak vd 2009).

$$\epsilon = \epsilon' - j \epsilon'' \quad (\text{Eşitlik 2.1})$$

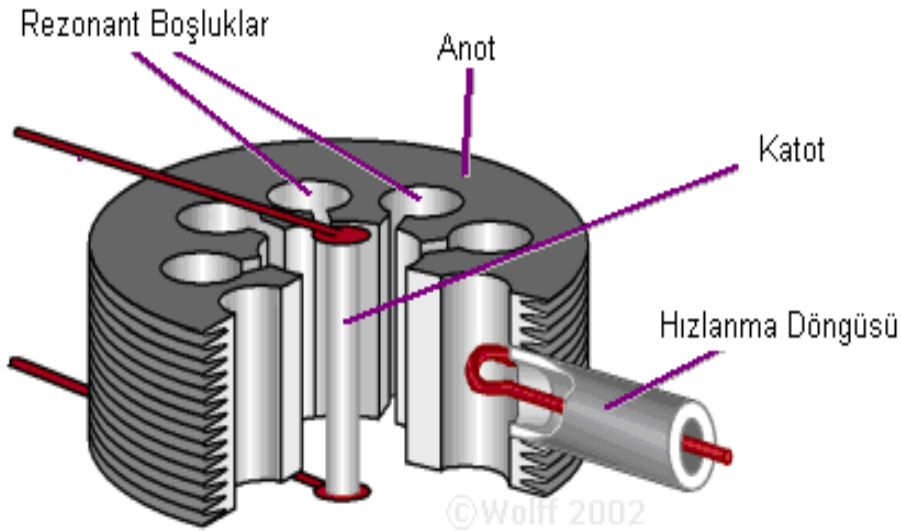
Formülde verilen ϵ permitiviteyi, ϵ' dielektrik sabitini, ϵ'' dielektrik kayıp faktörünü ve j ise $\sqrt{-1}$ 'i ifade etmektedir. Dielektrik sabiti materyalin gönderilen enerjinin ne kadarını depolayabileceğini ifade ederken, dielektrik kayıp faktörü materyalin depolanan enerjinin ne kadarını ısıya dönüştürebileceğini ifade etmektedir. Mikrodalga enerjisinin bir materyali aşarken uğradığı enerji kaybına “kayıp faktörü” denilmekte olup, kayıp faktörü arttıkça mikrodalga ile ısıtma artmaktadır (Uslu ve Cetel 2006).

Gıdaların dielektrik ısıtmasına etkili olan bazı faktörler vardır. Bu faktörler; frekans, güç ve ısıtma hızı, su içeriği, fiziksel geometri ve elektriksel iletkenliktir. Elektromanyetik dalgaların frekansı azaldıkça yani dalga boyu arttıkça gıdaya penetrasyonu artmaktadır. Ayrıca gıdaların dielektrik özellikleri de frekansa göre değiştiği için frekans dielektrik ısıtmada çok önemli bir faktördür. Mikrodalga ile ısıtma yapılırken güç arttıkça ısıtma hızı da aynı oranda artmaktadır. Mikrodalga ısıtmada en önemli faktörlerden birisi de su içeriğidir ve materyal ne kadar çok su içeriyorsa dielektrik kayıp faktörü de o kadar fazladır. Dolayısıyla ısıtılan materyalde su içeriği arttıkça ısınma da artacaktır. Mikrodalga ısıtmada materyalin fiziksel özellikleri de önemli bir faktör olup, materyal ne kadar düzgün şekilliye ısınma o kadar düzgün ve homojen olacaktır. Elektriksel iletkenlik, iyon ve elektronların yer değişimi ile elektrik akımının taşınması olarak tanımlanmakta olup, mikrodalga ısıtmada iyonik hareketler önemli olduğu için elektriksel iletkenlik de mikrodalga ısıtma için etkili bir faktördür (Uslu ve Certel 2006, Konak vd 2009).

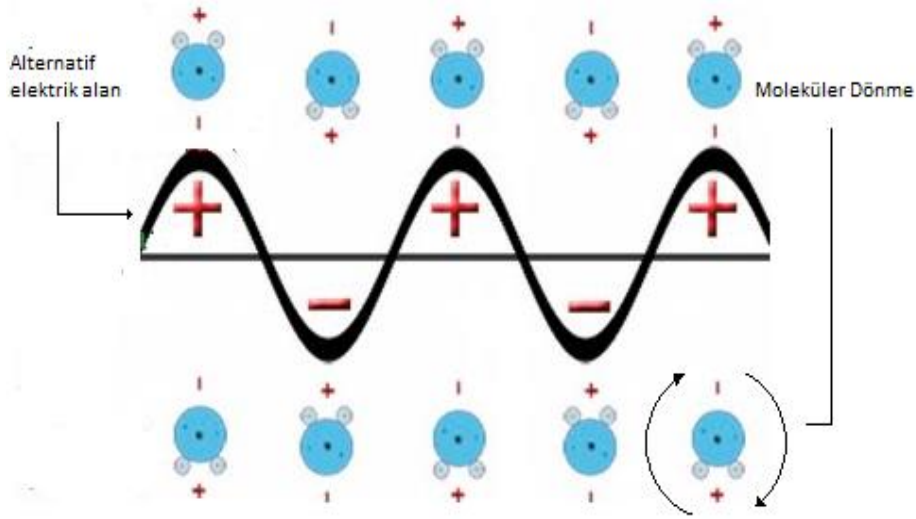
Mikrodalga fırınların çalışma prensiplerine göz atılacak olursa diğer ısıtma sistemlerinden pek çok yönden ayrıldığı görülür. Bir materyalin mikrodalga ile ısıtılması, uygulanan elektrik alan şiddetinin bir sonucu olarak iyonik bileşenlerin hareketi veya kullanılan materyal moleküllerinin polarizasyon ve depolarizasyon mekanizması ile gerçekleşmektedir. Diğer ısıtma sistemlerinin aksine mikrodalga fırınlar içerisinde ısıtılan gıda dıştan içe doğru değil, içten dışa doğru ısıtılmaktadır (Şekil 2.5). Mikrodalga fırınlar, mikrodalga üreten magnetronlara (Şekil 2.6) sahip olup, üretilen bu mikrodalgalar gıda içerisinde bulunan su moleküllerinin artı ve eksi kutuplarında titreşime sebep olur (Şekil 2.7). Bu titreşimden dolayı su molekülleri birbirleriyle ve çevresindeki moleküllerle sürtünme enerjisi meydana getirir. Bu enerji vasıtasıyla ısınma olayı gerçekleşir. Açığa çıkan ısı enerjisi ile birlikte ürün ısınmaya başlar. Bu nedenle mikrodalga ile ısıtılacak materyal içerisinde su moleküllerinin varlığı şarttır (Karaaslan 2008).



Şekil 2. 5. Mikrodalga ve konvansiyonel ısıtmada enerji transferi farkı (Anonim 2014f)



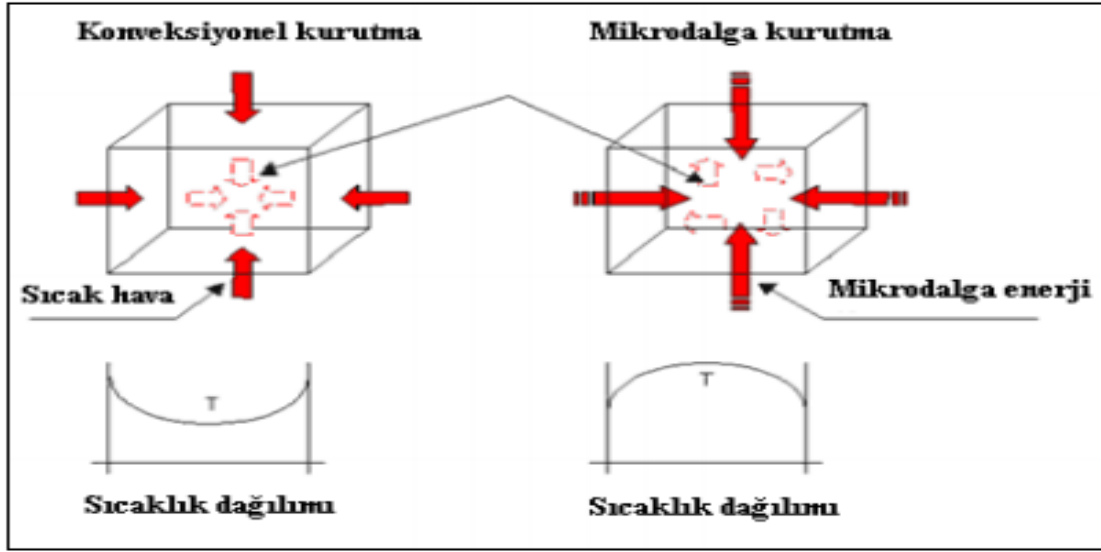
Şekil 2. 6. Magnetronun kesit görünümü (Karaaslan 2008)



Şekil 2. 7. Mikrodalgaların su molekülleri ile etkileşimi (Anonim 2014f)

Mikrodalga ile ısıtmanın avantajlarına göz atılacak olursa; en ilgi çekici özelliğinin mikrodalganın materyalin içine penetrasyonu ile sağlanan kısa başlangıç süresi ve iç ısınmanın verimi artırması ile proses süresini kısaltması olduğu görülür. Literatürde yapılmış çalışmalarda mikrodalga ile ısıtma işlemine maruz bırakılan gıdalarda vitamin ve mineral kaybının daha az olduğu görülür. Mikrodalga ile ısıtmanın diğer avantajları ise; proses ekipmanının az yer kaplaması, kolay temizlenmesi ve proses esnasında enerjiden tasarruf sağlamasıdır. Ayrıca mikrodalga fırınlarda konveksiyon fırınlara göre daha homojen bir ısıtma sağlanmaktadır (Şekil 2.8). Tüm bu avantajları ile mikrodalga gün geçtikçe ilgi çeken bir sistem haline gelmiştir (Konak vd 2009).

Son yıllarda elektromanyetik dalgaların insan sağlığına olumsuz etkilerinin varlığı üzerine yapılan tartışmalar daha da artmıştır. Elektromanyetik dalgalar; iyonize edici ve iyonize edici olmayan dalgalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. X ve gama ışınları gibi iyonize edici dalgalar insan sağlığı için olumsuz etkilere neden olabilecek radyoaktif bileşikler (uranyum ve radyum) oluşturabilirken, mikrodalgalar gibi iyonize edici olmayan dalgalar bu bileşikler meydana getirmezler. Bu nedenle mikrodalgaların kümülatif bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Fakat uzun süreler boyunca mikrodalgaya maruz kalan insanlarda insan vücudunun su içeriğinin yüksek olmasından dolayı bir takım sağlık sorunları gözlenebilmektedir. Göz gibi sıcaklık artışına duyarlı organlarda mikrodalgalara maruz kalınmasıyla lens proteinleri denatüre olabilmekte ve bunun sonucunda katarakt hastalığı gözlenebilmektedir. Deney hayvanları ile yapılmış bazı çalışmalarda da; hayvanlar mikrodalgalara maruz bırakılmış ve merkezi sinir sisteminin bu dalgadan olumsuz etkilenmesiyle bazı refleks kayıpları olduğu rapor edilmiştir (Karaaslan 2008, Konak vd 2009).



Şekil 2. 8. Konveksiyonel ve mikrodalga fırınlarda sıcaklık dağılımı (Karaaslan 2008)

Konveksiyon mikrodalga olarak da adlandırılan mikrodalga+sıcak hava fırınları; standart bir mikrodalga fırın ile bir konveksiyon fırının kombinasyonudur. Bu fırınlar gıdaların kısa sürede pişirilmesi, gevrekleştirilmesi, kavrulması ve kurutulmasına olanak tanır. Örneğin; geleneksel bir mikrodalga fırınla pasta pişirmek mümkün olmazken, mikrodalga+sıcak hava kombine fırınlarında hem pişirme yapılır hem de uzun süre belirli bir sıcaklıkta kalması sağlanabilir. Bir konveksiyon mikrodalga fırın yüksek hızda eşit hava sirkülasyonu sağlayan fanlara sahiptir (Anonim 2013).

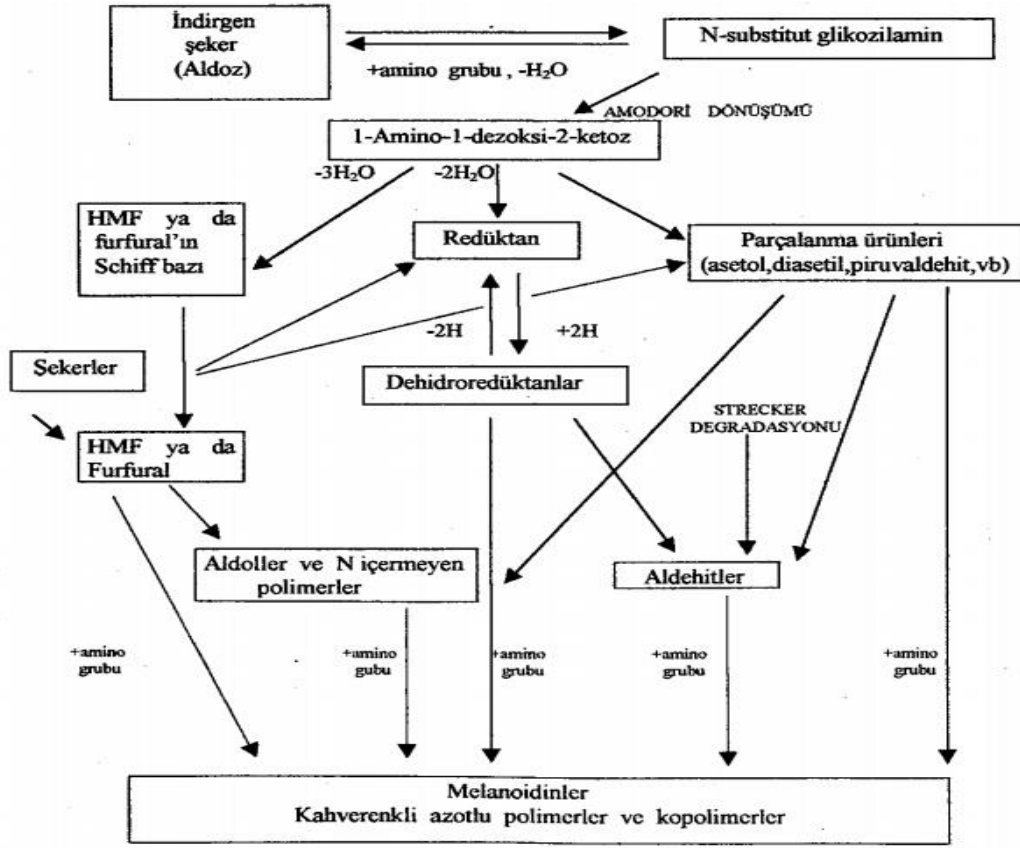
Sıcak hava+mikrodalga kombinasyon tekniği kullanılarak, mısır (Gunasekaran 1990), üzüm (Tulasidas vd 1993), havuç (Prabhanjan vd 1995), elma, mantar (Funebo ve Ohlsson 1998, Torringa vd 2001), soyulmuş longan bitkisi (Varith vd 2007), soya fasülyesi (Gowen vd 2008) ve çeşitli tıbbi bitkilerin (Ren ve Chen 1998) başarıyla kurutulduğu bildirilmektedir. Yine mikrodalga+sıcak hava kombinasyonu ile kek pişirilmiş (Sumnu vd 2005) ve malt kavrulmuştur (Akkarachaneeyakorn vd 2010).

Yalnız sıcak hava kullanılarak kurutma yapmanın en önemli dezavantajı; yüksek sıcaklıklarda uzun süre kalınmasından dolayı düşük kalitede son ürün elde edilmesidir (Sharma ve Prasad 2001). Sıcak hava+mikrodalga kombinasyonu yalnız sıcak hava kurutmayla karşılaştırıldığında; biyolojik materyalleri zarar görmemiş, kaliteli niteliklere sahip ve kurutma süresi oldukça azalmış son ürünler elde edildiği görülmüştür. Sıcak hava+mikrodalga kombinasyonu ile kurutmayla, geleneksel sıcak hava kurutmaya göre kuruma süresinde %80-90 oranında bir azalma gözlemlenmiş ve üstün kalitede son ürün elde edilmiştir (Ren ve Chen 1998, Sharma ve Prasad 2001).

Mikrodalga ve sıcak hava ile yapılan kavurma işlemleri esnasında kavrulan materyale istenilen aroma ve dokuyu kazandıran pek çok kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir. Bu reaksiyonların başlıcası; indirgen şekerlerin karbonil grubu ile serbest amino asitlerin

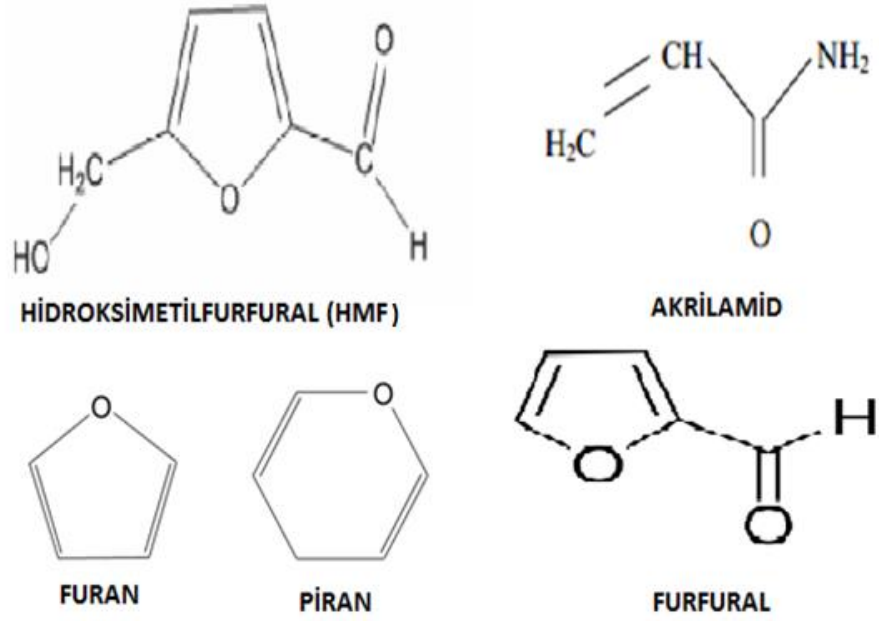
amino grubunun kondensasyonu ile başlayan ve sonucunda uçucu bileşikler ile orta ve yüksek molekül ağırlıklı polimerler oluşan Maillard reaksiyonudur. Maillard reaksiyonu ürünleri enzimatik olmayan renk değişimlerine neden olurlar. Bu renk değişimleri pH, reaktantların tipi, sıcaklık ve su aktivitesi gibi faktörlere bağlı olarak renkli veya renksiz olabilmektedirler. Yapılan araştırmalarda, Maillard reaksiyonu ürünlerinin zararlı etkilerinin yanında, antioksidan, antialerjenik ve antimikrobiyal özellikleri gibi faydalı etkileri de olduğu bildirilmiştir (Yıldız vd 2010). Patates cipsleri üzerinde yapılmış olan bir çalışmada cipslerde Maillard reaksiyonu oluşumu incelenmiş ve Maillard reaksiyonu ürünlerinin patates cipslerinde antioksidan aktiviteyi kayda değer biçimde artırdığına değinilmiştir (Serpen ve Gökmen 2009).

Maillard reaksiyonları genel itibariyle karmaşık reaksiyonlar olsalar da temelde 3 aşamadan meydana gelmektedir (Şekil 2.10). Bu aşamalardan ilkinde; kondenzasyon reaksiyonu ile birlikte yapıdan suyun uzaklaşmasıyla Schiff bazı oluşur ve daha sonra bu baz aldozilamine dönüşür. Aldozilamin; aldozlar için Amadori düzenleme reaksiyonu ile ketozamine, ketozlar için ise; Heyns yeniden düzenleme reaksiyonu ile 2-amino-2deoksialdoza dönüşür. İkinci aşamada oldukça karmaşık reaksiyonlar gerçekleşmekte olup, bu aşamada pH oldukça etkili bir faktördür. pH'nın 7'den düşük olduğu durumlarda; pentoz şekerler furfurala, heksoz şekerler de hidroksimetilfurfurala (HMF) dönüşürler. pH'nın 7'den yüksek olduğu durumlarda ise; şekerler oldukça reaktif ürünlere enolize olabilmektedirler. Üçüncü basamakta ise; ikinci basamakta oluşan bileşiklerin aminlerle birleşmesi sonucu polimerizasyon reaksiyonu ile melanoidin denilen heterosiklik yapıdaki koyu renkli bileşikler oluşmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz 2002).



Şekil 2. 9. Maillard reaksiyonu oluşum mekanizması (Burdurlu ve Karadeniz 2002)

Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan ürünlerin başlıcaları; HMF ve akrilamiddir (Şekil 2.11). HMF; Maillard reaksiyonlarının ara basamaklarında oluşan, mutajenik ve zararlı etkileri olabilen bir bileşiktir. Yüksek sıcaklıklara maruz kalınması esnasında oluşabildiği gibi, taze gıdalarda sifıra yakın olsa da uzun süre depolamada da meydana gelebilir. Gıdalarda ısıl işlem indikatörü olarak kullanılmaktadır (Topdaş ve Ertugay 2012). Akrilamid ise; doğal olarak gıdalarda bulunmayan, işleme esnasında yüksek sıcaklıklarda oluşan toksik bir bileşiktir. Toksik etkileri haricinde karsinojenik etkisi de mevcuttur. Akrilamid organizmaya alındıktan sonra hemoglobinle reaksiyona girip valin adı verilen bileşiği oluşturmaktadır. Bazı çalışmalarda akrilamidin tiroid, adrenal bez ve testislerde tümörlere neden olabileceğine değinilmiştir (Yıldız vd 2010).



Şekil 2. 10. Bazı Maillard reaksiyonu ürünlerinin kimyasal yapıları (Gölükçü ve Tokgöz 2005, Yıldız vd 2010)

Maillard reaksiyonu ürünleri oluşumunun da incelendiği; tohumların ve parçalanmış meyve pulplarının kavrulması ile ilgili literatürde yapılmış pek çok çalışma mevcut olup, kavurma işlemi için, mikrodalga, sıcak hava ve farklı kombinasyon metotları denenmiştir (Özdemir ve Devres 1999, Sharma ve Prasad 2001).

Kakao çekirdeklerinin kavrulduğu bir çalışmada; temizlenmiş ve ayıklanmış çekirdekler 250°C sıcaklıkta kavurma işlemine tabi tutulmuş, kavurma işlemi sonunda çekirdeklerin uçucu bileşen kompozisyonları, yeni geliştirilmiş bir sistem olan mikroprop-fotoiyonizasyon-zaman kütle spektrometresiyle (Micro-probe-photoionization-time of flight mass spectrometer (SPME-GCxGC-TOFMS)) analiz edilmiştir. Çalışma sonunda kakao çekirdeklerinin toplam uçucu bileşenleri ile metilbutanal, fenilasetaldehyt ve pirazinler gibi tipik aroma bileşenleri belirlenmiştir (Diab vd 2014).

Kahyaoglu ve Kaya (2006) yaptıkları çalışmada konvansiyonel kavurma yöntemi ile susam kavurmuşlardır. Susam örnekleri 120, 150 ve 180°C'de 120 dakika boyunca kavurulmuştur. Kavurma sıcaklığı ve süresinin susam örneklerinin nem içeriği, renk ve tekstürlerine olan etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda kavurma işleminin susam üretim aşamasında çok önemli bir basamak olduğuna değinilirken, bu susamlardan üretilen tahinlerin kalite karakteristiklerinin de kavruan susamlardan etkilenebileceği rapor edilmiştir. Örneklerinin nem içeriklerinin 40 °C sıcaklıktan sonra sert bir düşüş gösterdiği, susam örneklerinin renk değişimleri üzerine sıcaklık ve sürenin etkili olduğu vurgulanmıştır.

Yine susam örnekleri ile yapılmış olan bir diğer çalışmada farklı güç ve süre kombinasyonları kullanılarak mikrodalgada susam kavrulup tahin üretilmiştir. Bu çalışmada, örneklerin serbest yağ asitliğinin artan mikrodalga gücü ile azaldığı ancak artan kavurma süresi ile arttığı bildirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda mikrodalga ile kavurmanın tahin üretiminde hızlı, pratik, kullanımı kolay ve maliyeti düşük bir yöntem olduğu rapor edilmiştir (Ozdemir vd 2006).

Fındık ile yapılmış bir çalışmada 100-160°C sıcaklıkta 60 dakika kavurma işlemi uygulanmış ve renk değişikliklerinin kinetiği izlenmiş, oluşan renk değişikliklerinin özellikle sıcaklıktan etkilendiğine değinilmiştir. Örneklerin Hunter *L* değerleri kontrol örneğine göre oldukça düşük ölçülmüş, örneklerde kavurma süresi ve sıcaklığı arttıkça esmerleşme reaksiyonlarının arttığı rapor edilmiştir (Ozdemir ve Devres 2000).

Tane karabiber (*Piper nigrum* L.) ile yapılmış bir çalışmada; örnekler sıcak hava fırın içerisinde 15-30 dakika boyunca 100-150°C sıcaklığa maruz bırakılmış ve ardından mikrodalga fırında farklı güçlerde kavurma işlemi yapılmış, bu şartlar altında örneklerin GC-MS analizi sonucunda oleoresin ve piperin miktarlarında çok düşük oranlarda değişme gözlemlendiği rapor edilmiştir. Duyusal analiz sonuçları göz önüne alındığında kavrulmuş tane karabiberlerin aromasının panelistler tarafından daha çok beğenildiği belirlenmiştir (Chacko vd 1996).

Mikrodalga-infrared fırın kombinasyonu denenmiş olan bir çalışmada; kek örnekleri yalnız mikrodalga, mikrodalga-infrared kombinasyonu ve yalnız infrared fırında pişirilmiştir. Kek üretiminde en çok sorun çıkan ağırlık kaybı, özgül hacim, sertlik, renk gibi kalite kriterleri belirlenmiş ve çalışmada bu kriterlerin değişimi gözlenmiştir. En düşük kalitedeki son ürün yalnız mikrodalga kullanılan pişirme ile elde edilmiştir. Mikrodalga-infrared kombinasyonu ile yapılan pişirmede ise; ağırlık kaybı ve sertliğin azaldığı gözlenirken, renk parametrelerinin kalitesinin arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca mikrodalga-infrared kombinasyonu ile kek pişirme süresinde %75'e varan bir azalma gözlenmiştir (Sumnu vd 2005).

Yapılan bir çalışmada yeşil çay örneklerinde aynı sıcaklık ve süre kullanılarak yapılan kızılötesi ve konvansiyonel kurutma teknikleri ile elde edilen son ürünler karşılaştırılmıştır. Örnekler 90°C sıcaklıkta 10 dakika boyunca kurutulmuş, elde edilen ürünlerin toplam fenolik ve toplam flavanoid içerikleri belirlenmiş ve kontrol örneğiyle karşılaştırılmıştır. İşlem sonrası; kontrol örneğinde 475.6 mg/g olan toplam fenolik madde içeriği ile 175.7 mg/g olan toplam flavanoid içeriği, sırasıyla 811.1 mg/g ve 208.7 mg/g olarak ölçülmüştür (Kim vd 2006).

Kimyon tohumları ile yapılmış olan bir başka çalışmada, farklı sıcaklıklarda geleneksel kavurma ile farklı güç seviyelerinde mikrodalga kavurması uygulanmıştır. Mikrodalga ile kavrulmuş örneklerde geleneksel olarak kavrulmuş örneklerle oranla aldehitler gibi karakteristik aroma bileşikleri daha iyi tutulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda kimyon tohumları için optimum kavurma koşulları belirlenmiş, geleneksel kavurma için; 125°C'de 10 dakika ve mikrodalga kavurma için 730W güçte 10 dakika olarak kaydedilmiştir (Behera vd 2004).

Kakao çekirdekleri ile yapılmış olan bir çalışmada ise kavurma esnasında flavonollerin monomer, dimer ve trimer formlarının epimerizasyonu ve kompozisyonuna sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Örnekler 100-160 °C arasındaki 5 farklı sıcaklıkta 30 dakika boyunca kavrulmuş, farklı sıcaklıklardaki denemelerde prosiyanidin dimerlerinin epimerizasyona uğradıkları belirlenmiştir (Kothe vd 2013).

Sıcak hava+mikrodalga kombinasyonu ile malt örneklerinin kavrulduğu başka bir çalışmada; çeşitli mikrodalga güçleri (2.5-3 W/g), mikrodalga süreleri (3.3-3.5 dakika), fırın sıcaklıkları (180-220°C) ve fırın süreleri (60-150 dakika) denenmiş ve optimum kavurma değerleri 2.5 W/3.48 dakika mikrodalga gücüyle, 211°C/150 dakika sıcak havada elde edilmiştir. Ayrıca mikrodalga fırın ve konvansiyonel fırın için ayrı ayrı enerji tüketim değerleri hesaplanırken, toplam enerji tüketimi de belirlenmiştir. Mikrodalga+sıcak hava kombinasyonu ile kavurma işlemi yapmanın yalnız sıcak hava ile kavurma yapmaya göre enerji tüketimini %26-40 oranında azalttığı bildirilmiştir (Akkarachaneeyakorn vd 2010).

Diş sarımsak örnekleri; sıcak hava+mikrodalga kombinasyonu ve yalnız sıcak hava kullanılarak kurutulmuş, örneklerin kuruma süreleri ve son ürün kalitesi üzerinde kombinasyon kurutmanın daha etkili olduğu görülmüştür. Çalışmada 40 W mikrodalga gücü ile dört farklı sıcaklık (40, 50, 60 ve 70°C) kombine edilmiş ve en kaliteli kuruma 40W-70 °C kombinasyonunda elde edilmiştir. Geleneksel kurutmaya karşılaştırıldığında; sıcak hava+mikrodalga kombinasyonu ile kurutmada kuruma zamanında sarımsak için %80-90 oranında azalma sağlandığı rapor edilmiştir (Sharma ve Prasad 2001).

Sıcak hava+mikrodalga kombine kurutma işleminin mantar örneklerinde yapıyı ve yağın hacmini geliştirdiği gözlenmiştir. Çalışmada mantar örneklerini kurutmak için; yalnız sıcak hava, mikrodalga+sıcak hava kombinasyonu, mikrodalga+vakum kombinasyonu ve dondurarak kurutma olmak üzere dört farklı işlem uygulanmış, mikrodalga+sıcak hava kombinasyonunun yalnız sıcak hava kurutmaya göre proses süresi açısından daha avantajlı olduğu rapor edilmiştir. Kombine kurutma işleminin uygulanabilirliğinin mantarların geometrik ve dielektrik özelliklerine bağlı olduğuna değinilmiştir (Torrington vd 2001).

Kaju fıstığı ve fıstığın sert kabuğu ile yapılmış bir araştırmada; farklı kavurma koşulları ile fıstık kavrulmuş ardından kavrulan fıstıkların toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesindeki değişimler gözlenmiştir. Sonuçlar çeşitli gıda ve biyolojik model sistemleriyle değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda kavurma işlemi ile toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitenin çok yüksek miktarlarda olmasa da arttığı rapor edilirken, kaju fıstığının güçlü bir antioksidan kaynağı olduğu belirtilmiştir (Chandrasekara ve Shahidi 2011).

Yapılan bir çalışmada kabuğu soyulmuş longan meyvesini kurutmak için; deneme kurutmalarıyla sıcak hava için üç farklı sıcaklık (40, 50 ve 60°C) ve mikrodalga için dört farklı güç seviyesi (100, 180, 300 ve 450 W) belirlenmiş ve meyveye farklı mikrodalga ve sıcak hava kombinasyonları uygulanmıştır. 300 W mikrodalga gücü ve 60 °C sıcak havada optimum sonuçlar elde edilmiştir. Kombinasyon kurutmanın yalnız sıcak hava kurutmaya göre enerji tüketiminde %48.2 ve kuruma süresinde %64.3 oranlarında azalma sağladığı belirtilmiştir (Varith vd 2007).

Keçiboynuzu tozu (Şekil 2.11) üretimi ile ilgili literatürde yapılmış pek çok çalışma mevcut olup, bu çalışmalarla keçiboynuzu tozunun endüstriyel kavurma işleminin istenilen renk ve aroma kalitesine bağlı olarak 120-180°C sıcaklıkta ve 10-60 dakika arasında değişen sürelerde gerçekleştirildiği belirtilmiştir (Yousif ve Alghzawi 2000, Sahin vd 2009).

Yapılan bir çalışmada, farklı sıcaklık-zaman kombinasyonları kullanılarak kavurulmuş olan keçiboynuzunun kullanım olanakları üzerinde çalışılmıştır. Hazırlanan keçiboynuzu tozlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Kabul edilebilir nitelikleri en fazla olan keçiboynuzu tozu 150°C de 60 dakika kavurma ile elde edilmiş, fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiş, %9.00 nem, %5.82 protein, %2.84 kül ve %0.74 yağ içerdiği saptanmıştır. Keçiboynuzu tozunun %38.7 toplam şeker, %7.24 lif ve %3.75 tanen içeriğine sahip olduğu rapor edilmiş, parçacık boyutu 150 mikrometre, su aktivitesi 0.33, pH değeri ise ortalama 4.81 olarak ölçülmüştür (Çizelge 2.6) (Yousif ve Alghzawi 2000).



Şekil 2. 11. Keçiboynuzu meyvesi ve keçiboynuzu unu (Anonim 2014d)

Yapılan çalışmalardan bir diğerinde ise; farklı sıcaklık-zaman kombinasyonları kullanılarak kavurulmuş keçiboynuzu tozlarında toplam fenolik madde içeriği, toplam antioksidan aktivite, 420nm'de esmerleşme indeksi, 294nm'de UV absorbansı ve pH gibi kalite karakteristikleri araştırılmıştır. Kavurma sıcaklığı ve zamanın son ürünün kalite karakteristiklerini etkilediği görülmüştür. Bununla birlikte kavurma süresinin son ürünün kalite kriterlerini belirlemede çok kritik bir faktör olduğuna değinilmiştir. Çalışma sonunda analiz edilen kalite karakteristiklerinin kavurma süresinin 20. dakikasından itibaren kaydadeğer bir değişim gösterdiği belirtilmiştir. Kavurma işlemi sonrasında örneklerin toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, esmerleşme indeksi ve UV absorbansı değerleri yükseliş gösterirken, pH değerinde özellikle 20. dakikadan itibaren düşüş gözlenmiştir (Şahin vd 2009).

Çizelge 2. 6. Kavrulmuş ve kavrulmamış keçiboynuzu tozlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Yousif ve Alghzawi 2000).

Bileşim Ögesi	Kavrulmamış Keçiboynuzu	Kavrulmuş Keçiboynuzu
Nem (%)	11.07±0.38	9.03±0.05
Ham Protein (%)	5.54±0.38	5.82±0.08
Kül (%)	2.79±0.22	2.48±0.13
Ham Lif (%)	10.99±0.51	7.24±0.14
pH	5.96±0.02	4.81±0.03
Tanen (%)	3.15±0.03	3.75±0.12
İndirgen Şeker (%)	13.6±0.25	11.6±0.35
İndirgen Olmayan Şeker (%)	31.4±0.13	27.1±0.43
Su Aktivitesi	0.45±0.02	0.33±0.01
Partikül Boyutu (µm)	500	150

Cantalejo (1997) yaptığı bir çalışmada; keçiboynuzu pulpunu 120°C sıcaklıkta 10 ve 60 dakika boyunca kavurmuş, kavrulmuş örnekleri toz haline getirmiş ve kavurma işleminin keçiboynuzunun aroma bileşenleri üzerine etkisini belirlemiştir. Toplamda 137 tane bileşen tayin edilmiş, bu bileşenlerin %91,4'lük kısmını asit, aldehit ve alkollerin oluşturduğu tespit edilmiştir. Kavurma işleminin süresi uzadıkça bahsedilen aroma bileşenlerinin azaldığı, furan, ester ve pirollerin oluşmaya başladığı, oluşan bu bileşiklerle birlikte ham keçiboynuzuna göre kavurulmuş keçiboynuzunun kokusu ve aromasının iyi yönde geliştiği, kakao ve çikolata kokusunu andırmaya başladığı belirtilmiştir.

Keçiboynuzu meyvesi ile yapılmış araştırmalardan bir diğerinde; farklı sıcaklık ve süre kombinasyonları ile kavurulmuş olan keçiboynuzu meyveleri toz haline getirilmiş ve toz örneklerde antioksidan aktivite, polifenollerin gastrointestinal bölgedeki çözünürlükleri ve farklı Maillard reaksiyonu ürünlerinin oluşumları analiz edilmiştir. Sonuçlar kavurma süresi ve sıcaklığı ile orantılı olarak antioksidan aktivitede önemli ölçüde artış olduğunu ve bu artışın Maillard reaksiyonu oluşumu ile açıklanabilirliğini ortaya koymuştur. Ayrıca yine kavurma sıcaklığı ve süresiyle doğru orantılı olarak polifenollerin gastrointestinal bölgedeki çözünürlüklerinin arttığı da rapor edilmiştir (Cepo vd 2014).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada hammadde olarak kullanılan keçiyoynuzu meyvesinin etli kısmı (8-10 mm); Antalya/Muratpaşa'da keçiyoynuzu pekmezi üreten Taç Ltd. Şti. tarafından parçalanmış halde temin edilmiştir. Kimyasal ve kromatografik analizlerde kullanılan malzemeler niteliğine uygun olarak analitik ve kromatografik saflıkta, Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma (Taufkirchen, Almanya) firmalarından satın alınmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Mikrodalga fırın güçlerinin deneysel belirlenmesi

Çalışmada kullanılan mikrodalga fırın güçleri deneysel olarak IMPI 2L testi kullanılarak belirlenmiştir (İnce vd 2013). Bu teste göre; başlangıç sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ olan 2000 ± 5 L su 2 adet 1L'lik Pyrex behere yerleştirilip, seçilen maksimum güç seviyesinde fırın ısıtılmıştır. Bu koşullarda 2 saniye ve 2 dakikalık ısıtma sonrasında beherlerdeki suyun son sıcaklıkları ölçülüp, mikrodalga fırın güç seviyesi Eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$P(W) = [70(\Delta T_1 + \Delta T_2)]/2 \quad (\text{Eşitlik 3.1})$$

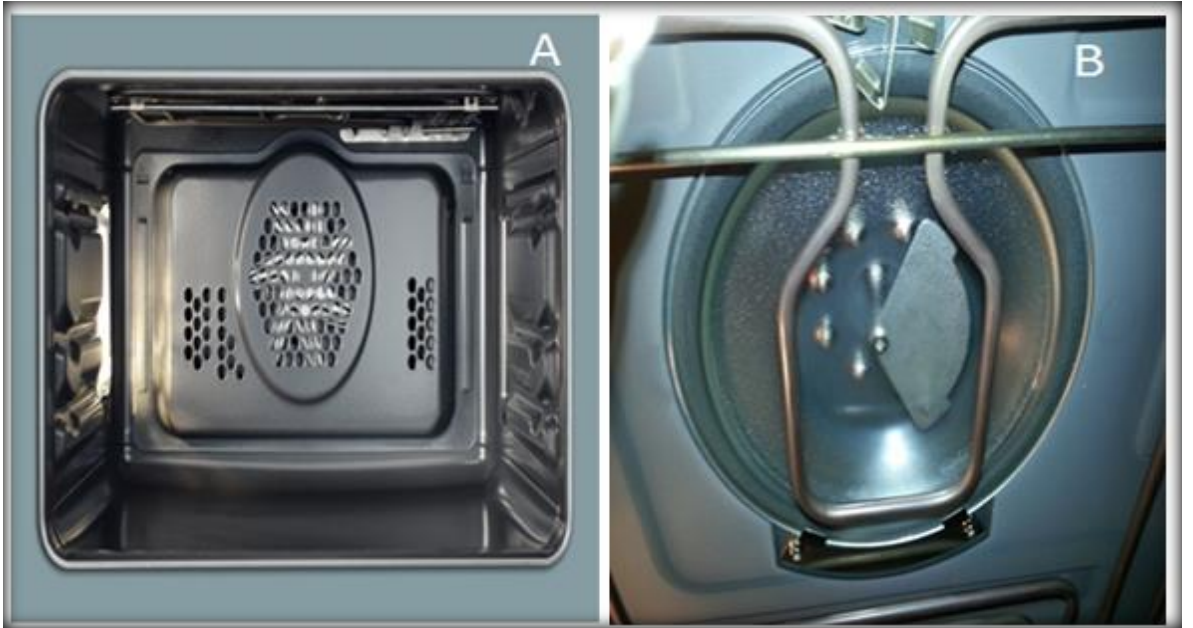
Bu formülde P mikrodalga fırın güç seviyesini, ΔT_1 ve ΔT_2 ise beherlerdeki suyun ilk ve son sıcaklıkları arasındaki farkı göstermektedir. Araştırmamızda kullanılan mikrodalga fırın güç seviyeleri yukarıdaki formülden, 180W için 187W; 360W için 347W ve 600W için 614W şeklinde hesaplanmıştır. Bu farklar ortalama olarak %2.33-3.88 arasında kalmış olup, maksimum sapma değeri olan %5'ten düşük bulunmuştur.

3.2.2. Kavurma işlemleri

Kavurma işlemi öncesinde, parçalanmış olan keçiyoynuzu meyvelerinden sap, çekirdek gibi yabancı maddeler ayıklanmış, ayrıca standart dışı çok büyük parçalar homojenite sağlanması bakımından ayrılmıştır. Bu şekilde hazırlanan keçiyoynuzu Şekil 3.1'de görülen sıcak hava üreten fan ve mikrodalga üreten magnetrona (Şekil 3.2) sahip olan mikrodalgalı kompakt fırında (Siemens HB86K575, Berlin, Almanya) mikrodalga, mikrodalga + sıcak hava ve yalnız sıcak hava olacak şekilde detayları aşağıda verilen üç farklı kavurma işlemine tabi tutulmuştur. Mevcut mikrodalga, mikrodalga + sıcak hava ve yalnız sıcak hava koşulları son ürün nem içeriğinin %3-5 aralığında tutulması hedef alınarak belirlenmiştir.



Şekil 3. 1. Kavurma işlemleri için kullanılan sıcak hava-mikrodalga kombinasyonlu fırın



Şekil 3. 2. A) Sıcak hava kaynağı B) Mikrodalga güç merkezi

3.2.2.1. Mikrodalga ile kavurma

Elli gram parçalanmış meyve mikrodalgalı kompakt fırının tepsisi üzerine yerleştirilen Pyrex petri kutusuna (12 cm çaplı) tek tabaka halinde serilmiş ve örnekler göstergeden seçilen 180W güç seviyesinde 4 farklı sürede (15, 16, 17 ve 18 dakika), 360W güç seviyesinde 4 farklı sürede (5.5, 6.5, 7.5 ve 8.5 dakika) ve 600W güç seviyesinde 4 farklı sürede (2, 2.5, 3 ve 3.5 dakika) mikrodalga kavurma işlemine tabi tutulmuştur.

Kesikli olarak sürdürülen tüm kavurma işlemleri 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Kavurma işlemlerinin ardından örneklerin içinde bulunduğu petri kutuları desikatör içerisinde oda sıcaklığına soğutulmuştur. Ardından ev tipi kahve değirmeni (Siemens MC23200, Berlin, Almanya) ile 60 mesh elekten geçecek şekilde öğütülüp, plastik örnek kapları içerisinde analizlere kadar -18 °C’de depolanmıştır.

3.2.2.2. Mikrodalga destekli sıcak hava ile kavurma

Elli gram parçalanmış meyve mikrodalgalı kompakt fırının tepsisi üzerine yerleştirilen Pyrex petri kutusuna tek tabaka halinde serilmiştir. Örnekler mikrodalgalı kompakt fırının kombinasyon modunda, işletimin devamı programı ($\overrightarrow{123}$) kullanılarak kavurulmuştur. Buna göre; 1. program basamağında fırın içerisinde örnek olmaksızın sıcak hava sistemiyle ön denemeye belirlenen 5 dakika süreyle fırın 120°C’ye ısıtılmıştır. 2. program basamağında 120°C sıcaklık ve 360W mikrodalga gücünde mikrodalga + sıcak hava kombinasyonu 3 farklı sürede (1, 2 ve 3 dakika) uygulanmıştır. 3. program basamağında ise; 2. ve 3. program basamakları toplam süreleri 3, 4 ve 5 dakika olacak şekilde fırın 120°C’de çalıştırılmıştır. Mikrodalga destekli sıcak hava kombinasyonunda kullanılan 120 °C sıcaklık fırının kullanma kılavuzunda yer alan benzer ürünlerin kavrulması dikkate alınarak seçilirken, 360W mikrodalga gücü ön denemelerle belirlenmiştir.

3.2.2.3. Yalnız sıcak hava ile kavurma

Elli gram parçalanmış meyve Pyrex petri kutusuna tek tabaka halinde serilmiştir. Mikrodalgalı kompakt fırın ön denemeye belirlenmiş olan sürede (7 dakika) 140°C’ye şartlandırılmıştır. Daha sonra mikrodalgalı kompakt fırın tepsisi üzerine örneklerin içinde bulunduğu petri kutuları yerleştirilmiştir. Örnekler fırın sıcaklığı değiştirilmeden istenilen kavurma düzeyine göre 3 farklı sürede (12 dakika (hafif), 16 dakika (orta) ve 20 dakika (yoğun)) kavurulmuştur.

3.2.3. Analizler

3.2.3.1. Nem ve su aktivitesi

Kavurma yapılmaksızın yalnızca öğütme işlemine tabi tutulmuş hammaddenin ve kavurma sonrası elde edilmiş toz örneklerin nem miktarları gravimetrik olarak

belirlenmiştir. Buna göre; darası alınmış petri kutuları içerisine 0.5 g toz örnek tartılmış, sabit tartıma gelene kadar 70°C'lik kurutma kabininde bekletilmiş ve son tartımlar üzerinden kuru madde miktarı Eşitlik 3.2'deki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Sahin vd 2009).

$$\%Nem = \frac{ST-D}{BT} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 3.2})$$

Burada ST; etüvden alınan petri+kuru örnek ağırlığını (g), D; petri darasını (g) ve BT; tartılan örnek miktarını (g) ifade etmektedir. Ayrıca toz örneklerin nem miktarları, nem miktarı tayin cihazı Kern DBS 60-3 (Balingen, Almanya) kullanılarak da ölçülmüştür.

Keçiboynuzu tozu örneklerinin su aktivitesi (a_w) ise su aktivitesi tayin cihazı Aqua Lab 4TE (Decagon Divices, USA) ile ölçülmüştür. Buna göre; cihazın ölçüm kabı içerisine yaklaşık olarak 3 g materyal tartılmış, cihaz içerisine yerleştirilmiş ve denge nem içeriğine ulaşıldığında sonuçlar cihazın dijital ekranından okunmuştur.

3.2.3.2. Renk analizi

Kavurma yapılmaksızın yalnızca öğütme işlemine tabi tutulmuş hammaddede ve kavurma sonrası elde edilmiş toz örneklerdeki renk analizi, renk ölçüm cihazı Chroma Meter CR-400 (Konica-Minolta Sensing Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre; yaklaşık 3 g örnek renk ölçer cihazının ölçüm kabı içerisine tabanını tamamen dolduracak şekilde yerleştirildikten sonra 3 ayrı noktadan renk ölçümü yapılmış ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Renk, Hunter L [(0) siyah - (100) beyaz], a [(+) kırmızı - (-) yeşil] ve b [(+) sarı - (-) mavi] değerleri olarak verilmiştir.

3.2.3.3. pH analizi

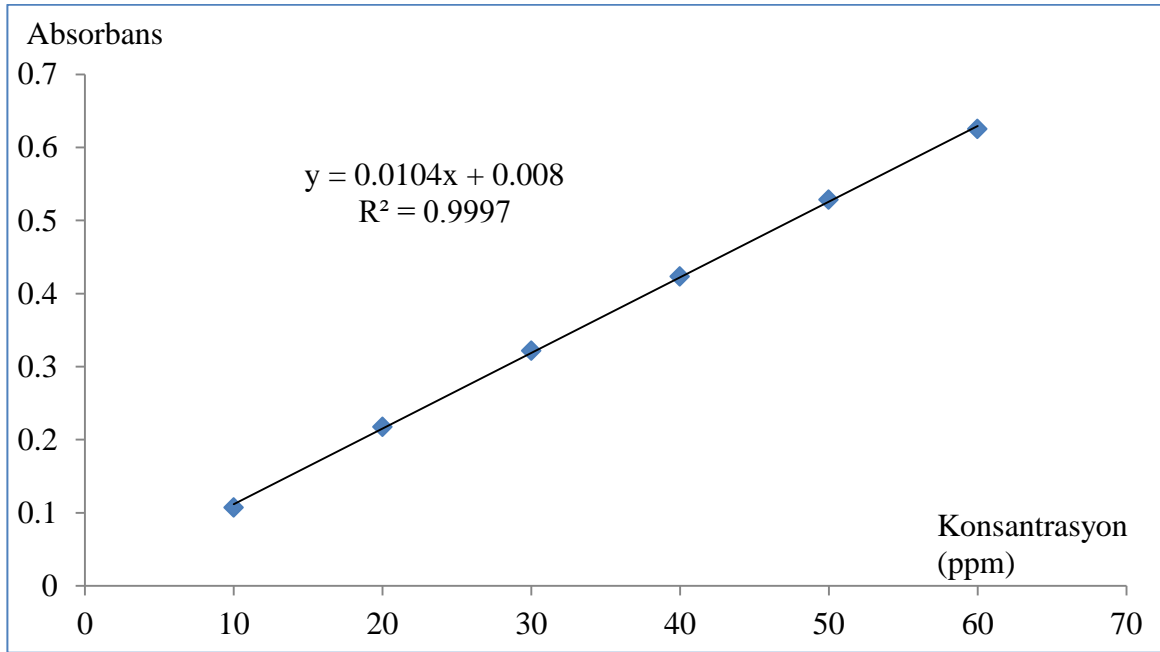
Keçiboynuzu tozu su ekstraktların pH değerleri, pH metre (Mettler Toledo LE 409, Greifensee, İsviçre) ile belirlenmiştir. Buna göre; 1:20 oranında seyreltilmiş sulu karışıma pH metre probu daldırılmış ve her bir örneğin pH değeri dijital ekranından okunarak kaydedilmiştir.

3.2.3.4. Toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, esmerleşme indeksi (BI) ve ultraviyole absorbansı (UV-A)

Toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, esmerleşme indeksi ve ultraviyole absorbansı belirlemek için toz örneklerin sıcak su ekstraktları elde edilmiştir. Bu amaçla keçiboynuzu tozunun sıcak içecek olarak tüketimi göz önünde bulundurulmuş ve 1:20 oranında kaynama sıcaklığındaki saf su kullanılarak hazırlanan karışım falkon tüplerinde, çalkalayıcı su banyosu içerisinde, 150 rpm hızda, 100 °C'de ve 15 dakika süreyle ekstrakte edilmiştir (Sahin vd 2009). Elde edilen karışım filtre kağıdından geçirilip kaba partiküllerinden arındırılmıştır. Daha sonra ekstraktlar hızla soğutulmuş ve kimyasal analizler için -18°C'de depolanmıştır.

Ekstraktların esmerleşme indeksi ve UV absorbanı değeri Sahin vd (2009)'e göre yapılmıştır. Buna göre; uygun seyreltme oranları deneme analizleri ile belirlenen ekstraktların esmerleşme indeksi için 420 nm'de, UV-A için ise; yine deneme analizleri ile belirlenmiş uygun seyreltme oranlarına sahip ekstraktların 294 nm'de spektrofotometrik ölçümleri yapılmış ve absorban değeri okunmuştur. Spektrofotometrik ölçümler için Shimadzu Spectrophotometer UV-1800 (Nakagyō-ku, Kyoto, Japonya) kullanılmıştır.

Ekstraktların toplam fenolik madde miktarları da Sahin vd (2009)'de belirtilen yöntemle belirlenmiştir. Toplam fenolik madde analizi için; 100µL ekstrakta 900µL saf su eklendikten sonra elde edilen karışıma 5mL 0.2 N Folin-Ciocalteu ayırıcı eklenmiştir. Karışım 5 dakika bekletildikten sonra üzerine 4mL %7.5'lik Na₂CO₃ ilave edilmiş, vortekslenmiş, ardından 1 saat boyunca oda sıcaklığında ve karanlık ortamda bekletilmiştir. Bu süre sonunda karışımın 760 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçümü gerçekleştirilmiş ve absorban değeri kaydedilmiştir. Standart gallik asit (Şekil 3.3) karşı örneklerin absorban değeri karşılaştırılmış ve sonuçlar g gallik asit eşdeğeri (GAE)/100g kuru örnek ağırlığı üzerinden hesaplanmıştır.



Şekil 3. 3. Fenolik madde analizinde kullanılan gallik asit standard kurvesi

Ekstraktların toplam antioksidan aktivitesini belirlemek için; DPPH radikalinin inhibisyonuna dayanan yöntem kullanılmıştır (Maisuthisakul vd 2007).

DPPH radikalinin inhibisyonuna dayanan yöntemle göre; deneme analizleri ile belirlenmiş olan 5 farklı konsantrasyonda seyreltilerek hazırlanan çözeltilerden 100'er µL alınarak üzerine metanol içerisinde hazırlanmış 6x10⁻⁵ M DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Elde edilen karışım vortekslenildikten sonra oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 30 dakika

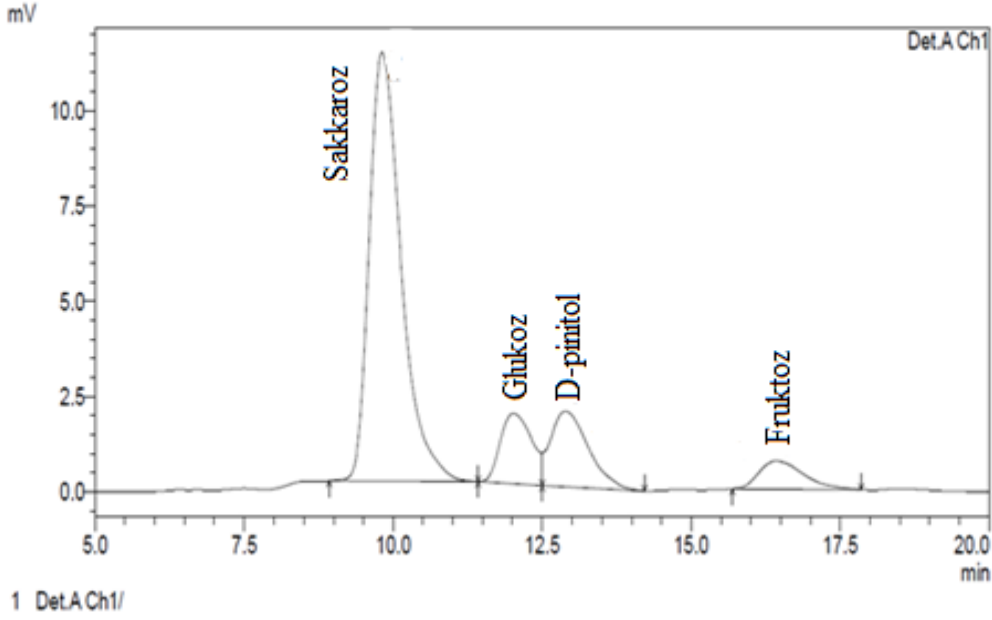
boyunca bekletilmiştir. Bu süre sonunda karışımın absorbansı ($A_{A(t)}$) spektrofotometrede 516 nm dalga boyunda okunmuştur. Aynı zamanda örnek yerine çözücü (keçiboynuzu tozu ekstraktı için distile su) ve yine 4mL DPPH ilave edilerek hazırlanan karışımın absorbansı ($A_{C(0)}$) aynı dalga boyunda (516nm) spektrofotometrik yöntemle okunarak eşitlik 3.3'teki formül yardımıyla inhibisyon değeri belirlenmiştir.

$$\text{İnhibisyon(\%)} = [(A_{C(0)} - A_{A(t)}) / A_{C(0)}] \times 100 \quad (\text{Eşitlik 3.3})$$

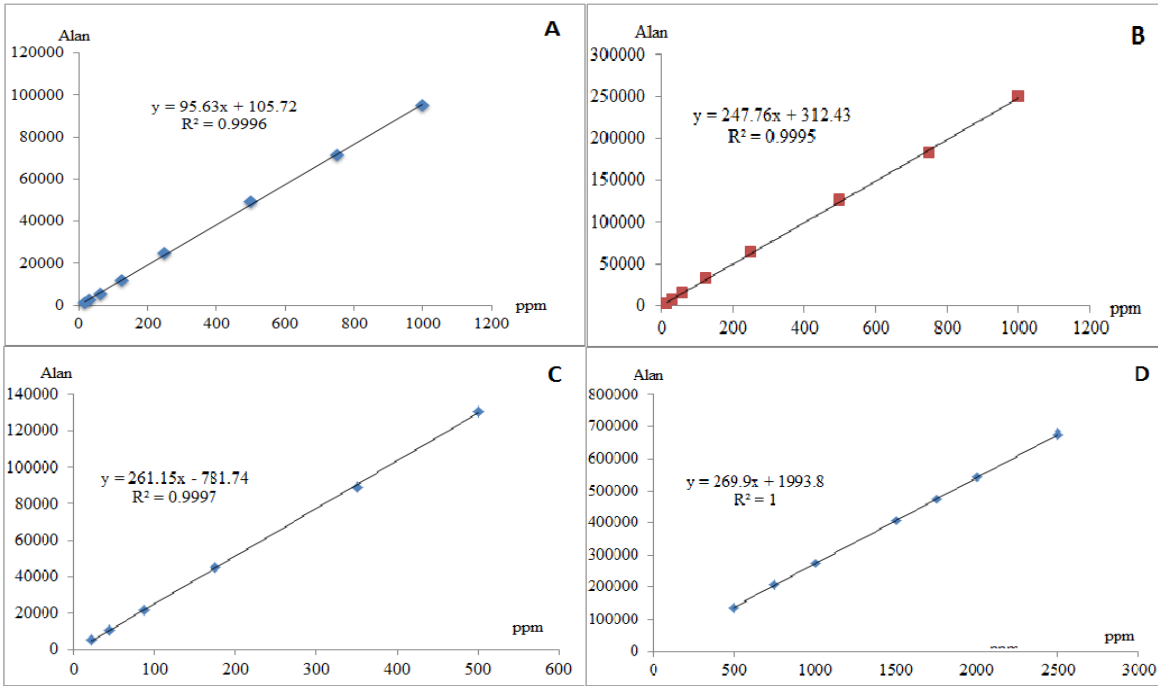
DPPH radikalinin %50'sini inhibe eden konsantrasyon olarak tanımlanan IC_{50} değeri ise; 5 farklı konsantrasyonda hazırlanan ekstraktlara karşı çizilen DPPH radikalinin % inhibisyon oranından elde edilen doğru denkleminde hesaplanmıştır (Molyneux 2004).

3.2.3.5. Şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriği

Örneklerin şeker kompozisyonu ve D-pinitol içerikleri HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) yöntemi ile belirlenmiştir. Her bir toz örnek için uygun dilüsyonlar deneme analizleri ile belirlenmiş, denemeler sonucunda her bir örneğin 1:200 oranında hazırlanmasına karar verilmiş ve dilüsyonlar ultra saf su ile hazırlanıp 0.45 µm naylon filtreden geçirildikten sonra HPLC (Shimadzu, LA20 serisi, Nakagyō-ku, Kyoto, Japonya) cihazında analiz edilmiştir. Örneklerdeki şeker ve D-pinitol içerikleri harici standart metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Örneklerin şeker ve D-pinitol içerikleri Şekil 3.4'te verilen sırayla belirlenmiş olup, hesaplamada kullanılan standard bileşiklerin konsantrasyonlarına ait grafikler Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Analizde HPLC koşulları; elüsyonda kolon sıcaklığı 85°C, dedektör hücresi sıcaklığı 60°C ve akış hızı 0.6 ml/dk olarak ayarlanmıştır (Tetik vd 2011a).



Şekil 3. 4. Keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriklerine ait kromatogram



Şekil 3. 5. Şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriği için kullanılan standard kurveler A) Fruktoz standardı B) Glukoz standardı C) D-pinitol standardı ve D) Sakkaroz standardı

3.2.3.6. Uçucu bileşenlerin analizi

Keçiboynuzu tozunun uçucu bileşenleri SPME (Katı Faz Mikro Ekstraksiyon) yöntemiyle doğrudan GC-MS (Shimadzu, GCMS-QP 2010 Plus, Nakagyō-ku, Kyoto, Japonya)'de analiz edilmiştir. Bu amaçla; 0.2 g toz örnek 20mL'lik vial içerisine tartılmış, vialin ağzı; sızdırmaz, septumlu kapakla kapatılmıştır. Örneklerin içerisinde bulunduğu vialler 40°C'de 10 dakika boyunca kendi haline bırakılmış, ardından örnek içerisine penetre olmuş SPME fiberine (75 µm PDMS) uçucu bileşenlerin 30 dakika boyunca absorbe olması sağlanmıştır. Fibere tutunmuş olan uçucu bileşenlerin 5 dakika boyunca enjeksiyon bloğunda salınımı sağlanmıştır. Ardından GC-MS'de aşağıdaki analiz şartlarında analiz edilmiştir.

Kolon: 30 m x 0.25 mm (Teknokroma, TRB-5MS, Barselona, İspanya); film kalınlığı: 0.25 µm.

Fırın sıcaklık programı: 50°C'de 2 dakika; 3°C/dk artışla 200°C'ye yükselme (10 dakika bekleme); 10°C/dk artışla 265°C'e yükselme (5 dakika bekleme).

Transfer ünitesi sıcaklığı: 250°C; enjeksiyon sıcaklığı=250°C; split oranı: 1:20

Taşıyıcı gaz: He (1.28 mL/dk.; $V_{lineer}= 41$ cm/s)

İyonlaştırıcı kaynak: EI, (excitation) uyarılma enerjisi 70 eV

Kütle aralığı: m/z= 40-450 D; tarama hızı: 666 mass/s

Uçucu bileşenlerin tanımlanması cihazın yazılımında bulunan Wiley 7th Edition ve Nist 02 kütüphaneleri kullanılarak yapılmış, ayrıca tespit edilen bileşenler Nist Chemistry Webbook internet kütüphanesindeki tutulma indeksi ve kütle spekturumları karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Kavrulmamış keçiboynuzu tozu örnekleri ile farklı koşullarda kavrulmuş keçiboynuzu tozu örneklerinin uçucu bileşen kompozisyonu karşılaştırılmış ve proses esnasında meydana gelen aroma değişimleri aroma profili üzerinden kalitatif olarak belirlenmiştir.

3.2.4. Enerji tüketimi hesaplanması

Kavurma işlemlerinde enerji tüketimi Akkarachaneeyakorn vd (2010)'a göre belirlenmiştir. Bu yöntemde göre; sıcak hava fırının enerji tüketimi (kJ) ($E_{fırın}$) bir watt-saat ölçer ile belirlenmiştir. Mikrodalga fırının enerji tüketimi (kJ) (E_{md}) ise; mikrodalga fırında kullanılan güç (W) (P_{md}), mikrodalga fırındaki işlem süresi (saat) (t_{md}) kullanılarak eşitlik 3.4 ve 3.5'teki formüller yardımıyla belirlenmiştir.

$$E_{md} = P_{md} \times t_{md} \times 3.6 \quad (\text{Eşitlik 3.4})$$

Mikrodalga ve sıcak hava fırındaki enerji tüketimi belirlendikten sonra toplam enerji tüketimi (E_{toplam}) aşağıdaki formül yardımıyla belirlenmiştir.

$$E_{toplam} = E_{md} + E_{fırın} \quad (\text{Eşitlik 3.5})$$

3.2.5. Duyusal analiz

Farklı metot ve kombinasyonlarla üretilen keçiyoynuzu tozlarının duyusal özellikleri duyusal panel konusunda bilgi ve deneyim sahibi ve ayrıca keçiyoynuzu meyvesi ve keçiyoynuzu tozunun özellikleri hakkında bilgilendirilmiş Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisansüstü öğrencilerinden oluşturulan 12 kişilik bir panel tarafından değerlendirilmiştir. Toz halde sunulan örnekler tanımlayıcı olarak belirlenen duyusal özellikleri (kahverengi renk, keçiyoynuzu kokusu, kakao kokusu, tostlanmış koku, karamelize koku, keçiyoynuzu tadı, kakao tadı, tostlanmış tat, karamelize tat, tatlılık, acılık, ekşilik, burukluk) bakımından 1 (en az beğenilen) ile 9 (en çok beğenilen) arasında hedonik skalada puanlandırılmıştır. Ayrıca örnekler için satınalma eğilimi de 1 (kesinlikle almam) ile 5 (kesinlikle alırım) arasında puan verilerek değerlendirilmiştir (Leite vd 2013). Duyusal analiz için Şekil 3.6'da verilen duyusal analiz formu kullanılmıştır.

Adı Soyadı												
Tarih												
Örnek	Öğütülmüş Toz Materyal											
Size verilen örneklere 1 (en az beğenilen) ve 9 (en çok beğenilen) arasında puan veriniz.												
Tanımlayıcı Özellik	Petri Kutuları											
	416	218	521	417	203	646	844	721	556	114	111	421
Kahverengi Renk												
Kakao Kokusu												
Tostlanmış Koku												
Karamelize Koku												
Keçiboynuzu Kokusu												
Kakao Tadı												
Karamelize Tat												
Keçiboynuzu Tadı												
Tatlılık												
Acılık												
Ekşilik												
Burukluk												
Aynı örnekler için satın alma eğiliminize 1 (kesinlikle almam) ve 5 (kesinlikle alırım) arasında puan veriniz												
Satın Alma Eğilimi												

Şekil 3. 6. Çalışmada duyuşsal analizler için panelistler tarafından doldurulan duyuşsal analiz formu

3.2.6. İstatistiksel analizler

Araştırmada 3 farklı güç seviyesi ve 4 farklı sürede mikrodalga (3x4); 3 farklı mikrodalga süresinde ve 3 farklı toplam işlem süresinde kombinasyon uygulaması (3x3); ve tek sıcaklıkta 3 farklı sürede yalnız sıcak hava ile kavurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üretimler ve analizler iki tekerrürlü olarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara varyans analizi uygulanmış, önemli bulunan ana varyasyon kaynakları ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. Varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma

testi SAS Institute (Cary, NC, ABD) tarafından hazırlanan “The SAS system for Windows V7” isimli istatistiksel yazılım programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Nem ve Su Aktivitesi Değerleri Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında mikrodalga kavurma için; 180 W güç değerinde 15, 16, 17 ve 18 dakikalık, 360 W güç değerinde 5.5, 6.5, 7.5 ve 8.5 dakikalık ve 600 W güç değerinde 2, 2.5, 3 ve 3.5 dakikalık kavurmalar sonucunda elde edilen toz ürünlerin I. ve II. tekerrür nem, su aktivitesi, pH, Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri, toplam fenolik ve toplam antioksidan içerikleri, esmerleşme indeksi ve UV absorbansı sonuçları ortalama değerleri Çizelge 4.1’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Yalnız mikrodalga ile kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait analizlerin I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları

	Nem (%)		A_w		<i>L</i> değeri		<i>a</i> değeri		<i>b</i> değeri	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	4.15	0.85	0.29	0.05	53.34	1.81	10.41	0.64	20.28	0.66
2.tekerrür	4.14	0.84	0.29	0.05	53.35	1.83	10.42	0.61	20.25	0.75
	TFM (mg/gkm)		BI		UV-A		AA (g/mgDPPH)		pH	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	12.41	1.00	25.1	1.70	474.60	43.65	0.91	0.19	5.09	0.02
2.tekerrür	12.72	0.95	25.1	1.83	473.14	43.81	0.91	0.20	5.09	0.01

ORT: Ortalama SS: Standart sapma değeri (N=8)

Çizelge 4.2. Yalnız mikrodalga ile kavrulmuş keçiyoynuzu tozlarına ait değerlerin varyans analizi sonuçları

VK	SD	Nem (%)		A _w		L Değeri		a Değeri		b Değeri	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Güç	2	1.72	753.09**	0.002	190.38**	32.97	36595.2**	3.50	2705.43**	4.36	593.32**
Süre	3	13.17	3845.61**	0.019	1854.49**	2.13	2371.02**	0.49	379.41**	0.57	77.91**
Güç x Süre	6	1.07	156.73**	0.0009	93.32**	0.12	140.64**	0.03	28.29**	0.09	13.09**
Hata	12										

VK	SD	TFM (mg/gkm)		BI		UV-A		AA (g/mgDPPH)		pH	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Güç	2	9.82	117.37**	15.94	674.13**	14968.46	5091.31**	0.38	3739.49**	0.0018	77.22**
Süre	3	0.39	7.18*	11.80	499.19**	3889.32	1322.90**	0.03	376.17**	0.0011	54.54**
Güç x Süre	6	0.02	0.36	0.26	11.32*	74.84	25.46**	0.00	1.90	0.0002	0.93
Hata	12										

(*) p<0.05 ve (**) p<0.01 farklılık ifade eder.

Çizelge 4.3. Yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş keçiyoynuzu tozlarına ait ortalama değerlerin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Güç	Nem (%)	A _w	L Değeri	a Değeri	b Değeri
1	4.34 ^b ±0.86	0.31 ^a ±0.06	55.28 ^a ±0.40	9.75 ^c ±0.36	20.91 ^a ±0.14
2	4.33 ^b ±0.82	0.29 ^b ±0.06	53.52 ^b ±0.46	10.45 ^b ±0.29	20.43 ^b ±0.21
3	3.77 ^a ±0.79	0.28 ^c ±0.03	51.23 ^c ±0.81	11.07 ^a ±0.18	19.46 ^c ±0.53

Süre	Nem (%)	A _w	L Değeri	a Değeri	b Değeri
1	5.03 ^d ±0.10	0.35 ^a ±0.03	53.94 ^a ±1.66	10.10 ^d ±0.72	20.16 ^c ±0.73
2	4.57 ^c ±0.21	0.33 ^b ±0.03	53.73 ^b ±1.66	10.31 ^c ±0.64	20.39 ^b ±0.61
3	3.92 ^b ±0.53	0.27 ^c ±0.02	53.06 ^c ±1.83	10.52 ^b ±0.45	20.62 ^a ±0.43
4	3.06 ^a ±0.08	0.22 ^d ±0.01	52.65 ^d ±2.11	10.77 ^a ±0.56	19.90 ^d ±0.89

Güç	TFM (mg/gkm)	BI	UV-A	AA (g/mg DPPH)	pH
1	11.54 ^c ±0.22	23.81 ^c ±1.07	443.41 ^c ±23.43	1.13 ^a ±0.08	5.11 ^a ±0.01
2	12.43 ^b ±0.33	24.89 ^b ±1.18	454.83 ^b ±22.04	0.92 ^b ±0.07	5.11 ^a ±0.02
3	13.74 ^a ±0.35	26.61 ^a ±1.68	523.38 ^a ±26.49	0.69 ^c ±0.08	5.08 ^b ±0.01

Süre	TFM (mg/gkm)	BI	UV-A	AA (g/mg DPPH)	pH
1	12.26 ^c ±0.91	23.57 ^d ±0.91	445.84 ^a ±41.32	1.01 ^a ±0.19	5.11 ^a ±0.02
2	12.48 ^c ±1.00	24.53 ^c ±1.17	462.76 ^b ±34.11	0.94 ^b ±0.20	5.10 ^b ±0.02
3	12.70 ^a ±1.05	25.46 ^b ±1.39	481.83 ^c ±34.62	0.88 ^c ±0.20	5.09 ^c ±0.02
4	12.85 ^a ±1.07	26.86 ^a ±1.62	505.05 ^d ±44.89	0.82 ^d ±0.20	5.08 ^d ±0.01

(N=8)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının nem ve su aktivitesi değerleri üzerine mikrodalga kavurma için kullanılan farklı güç değerleri ve işlem sürelerinin önemli (p<0.01) bir etkisinin olduğu görülmüştür.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan mikrodalga gücü ile keçiyoynuzu tozlarının nem ve su aktivitesi değerleri azalmış, 180 W mikrodalga gücünde % 4.34 olan nem ve 0.31 olan su aktivitesi değerleri, 600 W mikrodalga gücünde %3.77 nem ve 0.28 su aktivitesi değerlerine düşmüştür. Mikrodalga kavurma sürelerinin artmasıyla birlikte de nem ve su aktivitesi değerlerinde düşme gözlenmiş, mikrodalga güçlerinin ilk sürelerinde %5.03 olan nem ve 0.35 olan su aktivitesi değerleri, mikrodalga güçlerinin en uzun sürelerinde %3.06 nem ile 0.22 su aktivitesi değerine düşmüştür.

Çalışma kapsamında sıcak hava kavurmaları için; 140°C sıcaklık için; 12 (hafif), 16 (orta) ve 20 (yoğun) dakika kavurma süreleri belirlenmiş, tek sıcaklık ve üç farklı sürede gerçekleştirilen kavurma işlemleri sonrasında elde edilen keçiyoynuzu tozlarının I. ve II. tekerrür nem, su aktivitesi, pH, Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri, toplam fenolik ve toplam antioksidan içerikleri, esmerleşme indeksi ve UV absorbanı sonuçları ortalama değerleri Çizelge 4.4’te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’te ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 4. Yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş keçiyoynuzu tozlarına ait analizlerin I. ve II. tekerrür sonuçları

	Nem (%)		A_w		<i>L</i> Değeri		<i>a</i> Değeri		<i>b</i> Değeri	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	3.35	0.61	0.26	0.06	48.04	6.50	9.60	0.78	17.43	1.21
2.tekerrür	3.46	0.65	0.26	0.06	48.05	6.50	9.60	0.77	17.44	1.20
	TFM (mg/gkm)		BI		UV-A		AA (g/mgDPPH)		pH	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	12.41	1.00	52.13	20.47	584.96	134.90	1.46	0.06	4.95	0.02
2.tekerrür	12.72	0.95	52.68	20.35	584.96	133.73	1.47	0.05	4.97	0.027

ORT: Ortalama SS: Standart Sapma Değeri (N=2)

Çizelge 4. 5. Yalnız sıcak hava ile kavrulmuş keçiyoynuzu tozlarına ait değerlerin varyans analizi sonuçları

VK	S D	Nem (%)		A _w		L Değeri		a Değeri		b Değeri	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Süre	2	0.80	96.45**	0.007	182.62**	84.50	1126687**	1.22	2679.61**	2.93	176368**
Hata	3										
VK	S D	TFM (mg/gkm)		BI		UV-A		AA (g/mgDPPH)		pH	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Süre	2	5.31	1357.46**	833.28	4338.13**	36081.72	16993.0**	0.007	396.57**	0.001	10.50*
Hata	3										

(*) p<0.05 ve (**) p<0.01 farklılık ifade eder.

Çizelge 4. 6. Yalnız sıcak hava ile kavrulmuş keçiyoynuzu tozlarına ait ortalama değerlerin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Süre	Nem (%)	A _w	L değeri	a Değeri	b Değeri
1	4.11 ^b ±0.12	0.32 ^a ±0.00	54.54 ^a ±0.00	8.88 ^c ±0.01	18.79 ^a ±0.01
2	3.19 ^a ±0.03	0.27 ^b ±0.01	48.09 ^b ±0.01	9.50 ^b ±0.03	17.07 ^b ±0.00
3	2.9 ^a ±0.10	0.20 ^c ±0.00	41.54 ^c ±0.00	10.43 ^a ±0.02	16.45 ^c ±0.00
Süre	TFM (mg/gkm)	BI	UV-A	AA (g/mg DPPH)	pH
1	10.13 ^c ±0.10	30.18 ^c ±0.39	437.85 ^c ±1.48	1.53 ^a ±0.00	4.99 ^a ±0.01
2	11.47 ^b ±0.02	56.75 ^b ±0.64	616.00 ^b ±1.98	1.47 ^b ±0.01	4.96 ^b ±0.01
3	13.37 ^a ±0.03	70.30 ^a ±0.14	701.05 ^a ±0.49	1.41 ^c ±0.00	4.94 ^b ±0.00

(N=2)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının nem ve su aktivitesi değerleri üzerine sıcak hava kavurma için kullanılan farklı işlem sürelerinin önemli (p<0.01) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan sıcak hava işlem süreleri ile keçiyoynuzu tozlarının nem ve su aktivitesi değerleri azalmış, ilk işlem süresinde %4.11 olan nem ve 0.32 olan su aktivitesi değerleri, son işlem süresinde %2.9 nem ve 0.20 su aktivitesi değerlerine düşmüştür.

Çalışma kapsamında kombinasyon kavurmaları için; 120°C sıcaklık ve 360 W mikrodalga gücü farklı işlem süreleri seçilerek kombine edilmiş, bu kombinasyonlarla kavurma işlemleri 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunun için ilk aşamada; fırın içinde örnek olmaksızın 120°C'ye ısıtılmış, ikinci aşamada; 360 W mikrodalga gücü 1, 2 ve 3 dakika olacak şekilde uygulanmış, üçüncü ve son aşamada ise; 2. ve 3. basamak süreleri toplamı 3, 4 ve 5 dakika olacak şekilde sıcak hava kombinasyonu uygulanmıştır. Kombinasyon işlemleri sonrasında elde edilen keçiboynuzu tozlarının I. ve II. tekerrür nem, su aktivitesi, pH, Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri, toplam fenolik ve toplam antioksidan içerikleri, esmerleşme indeksi ve UV absorbansı sonuçları ortalama değerleri Çizelge 4.7'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8'de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 7. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarına ait analizlerin I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları

	Nem (%)		A_w		<i>L</i> Değeri		<i>a</i> Değeri		<i>b</i> Değeri	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	3.59	0.89	0.30	0.07	51.85	1.67	11.04	0.58	19.08	1.28
2.tekerrür	3.61	0.89	0.30	0.07	51.84	1.71	11.00	0.51	19.06	1.30
	TFM (mg/gkm)		BI		UV-A		TAA (g/mgDPPH)		pH	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	11.52	1.02	32.09	4.49	483.07	63.49	1.16	0.10	5.10	0.02
2.tekerrür	11.22	1.02	32.17	4.54	485.21	64.23	1.17	0.13	5.09	0.02

ORT: Ortalama SS: Standart Sapma Değeri (N=6)

Çizelge 4. 8. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarına ait değerlerin varyans analizi sonuçları

VK	SD	Nem (%)		A _w		L Değeri		a Değeri		b Değeri	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Top. Süre	2	0.33	241.64**	0.004	992.03**	19.34	806.46**	1.50	199.40**	11.59	9651.67**
MD Süre	2	5.90	4207.70**	0.042	17110.2**	2.83	118.24**	0.78	103.92**	1.59	1328.41**
Top x MD	4	0.08	63.08**	0.0004	185.67**	0.41	5500.83**	0.04	6.01*	0.11	93.44**
Hata	9										
VK	SD	TFM (mg/gkm)		BI		UV-A		AA (g/mg DPPH)		pH	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Top. Süre	2	5.23	101.28**	146.07	5842.87**	8799.26	2144.20**	0.09	112.38**	0.003	280.44**
MD Süre	2	2.94	56.90**	17.03	681.32**	2066.68	5028.74**	0.01	18.47*	0.0007	59.11**
Top x MD	4	0.07	1.39*	0.12	5.11*	1591.80	387.89**	0.00	0.17*	0.000005	0.44*
Hata	9										

(*) p<0.05 ve (**) p<0.01 farklılık ifade eder.

Çizelge 4. 9. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarına ait ortalama değerlerin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Top. Süre (dk)	Nem (%)	A _w	L değeri	a değeri	b değeri
3	3.79 ^c ±1.02	0.33 ^a ±0.06	53.80 ^a ±1.06	10.68 ^b ±0.29	20.46 ^a ±0.60
4	3.69 ^b ±0.97	0.29 ^b ±0.08	51.46 ^b ±0.48	10.79 ^b ±0.25	19.10 ^b ±0.33
5	3.66 ^a ±0.67	0.29 ^c ±0.08	50.28 ^c ±0.33	11.60 ^a ±0.47	17.68 ^c ±0.51

MD süre (dk)	Nem (%)	A _w	L değeri	a değeri	b değeri
1	4.23 ^c ±0.43	0.39 ^a ±0.01	52.42 ^a ±1.98	10.64 ^c ±0.31	19.62 ^a ±1.38
2	3.22 ^b ±0.15	0.29 ^b ±0.01	51.87 ^b ±1.64	11.08 ^b ±0.54	19.01 ^b ±1.04
3	2.86 ^a ±0.08	0.22 ^c ±0.03	51.15 ^c ±1.20	11.36 ^a ±0.52	18.60 ^c ±1.33

Top. Süre	TFM (mg/gkm)	BI	UV-A	AA (g/mg DPPH)	pH
3	10.60 ^c ±0.49	27.25 ^c ±1.28	457.51 ^c ±38.23	1.30 ^a ±0.05	5.12 ^a ±0.01
4	11.11 ^b ±0.67	32.03 ^b ±1.59	466.90 ^b ±37.61	1.16 ^b ±0.05	5.10 ^b ±0.01
5	12.41 ^a ±0.80	37.12 ^a ±1.67	528.03 ^a ±81.61	1.05 ^c ±0.05	5.08 ^c ±0.01

MD Süre	TFM (mg/gkm)	BI	UV-A	AA (g/mg DPPH)	pH
1	10.69 ^c ±0.69	30.41 ^c ±4.19	427.35 ^c ±10.87	1.22 ^a ±0.11	5.11 ^a ±0.02
2	11.34 ^b ±0.88	32.22 ^b ±4.49	480.61 ^b ±32.81	1.17 ^b ±0.11	5.10 ^b ±0.02
3	12.09 ^a ±0.99	33.78 ^a ±4.57	544.48 ^a ±60.05	1.12 ^c ±0.12	5.09 ^c ±0.02

(N=6)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının nem ve su aktivitesi değerleri üzerine kombinasyon kavurma için kullanılan 2. basamak süresi ve toplam işlem sürelerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan 2. basamak işlem süreleri ile keçiyoynuzu tozlarının nem ve su aktivitesi değerleri azalmış, 2. basamakta 1 dakikalık uygulamayla %4.23 olan nem ve 0.39 olan su aktivitesi değerleri, 2. basamakta 3 dakikalık uygulamayla %2.86 nem ve 0.22 su aktivitesi değerlerine düşmüştür. Toplam sürenin artmasıyla birlikte de keçiyoynuzu tozlarının nem ve su aktivitesi değerlerinde azalma gözlenmiştir. Buna göre; kombinasyon kavurmanın en kısa süresi olan 3 dakikada %3.79

olan nem ve 0.33 olan su aktivitesi değerleri, kombinasyon kavurmanın en uzun süresi olan 5 dakika sonunda; %3.66 nem ve 0.29 su aktivitesi değerlerine düşmüştür.

Literatürde keçiyoynuzu pulpunun kavrulup, öğütülmesiyle elde edilen keçiyoynuzu tozu ile ilgili yapılan çalışmalardan birinde; keçiyoynuzu meyvesi 150 °C sıcaklıkta 30, 60 ve 90 dakika, 200 °C sıcaklıkta ise; 30, 60 ve 75 dakika boyunca kavrulmuş, kavurma işlemleri sonucunda elde edilen keçiyoynuzu tozlarının nem ve su aktivitesi değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; son ürünün nem içeriği %9.00 ve su aktivitesi 0.33 olarak kaydedilmiştir (Yousif ve Alghzawi 2000).

Yapılmış çalışmalardan bir diğerinde; keçiyoynuzu meyveleri 135, 150 ve 165 °C sıcaklıklarda ve 0-90 dk arasında 10 farklı sürede kavrulmuş ve çalışma sonunda son ürünlerin nem içerikleri belirlenmiştir. Son ürün nem içerikleri; 135, 150 ve 165 °C sıcaklıklarda sırasıyla 1.79, 1.48 ve 1.25 olarak kaydedilmiştir (Şahin vd 2009).

Kakao çekirdekleri ile yapılmış olan çalışmalardan birinde çekirdekler sıcak hava ve mikrodalga ile kavrulmuş, sıcak hava için 135°C’de 35 ve 60 dakikalık, 140°C’de 10 dakikalık, mikrodalga fırın için 700W güç seviyesinde 12.5 dakikalık uygulamalar yapılmıştır. Kavurma işlemleri sonunda son ürün nem miktarları belirlenmiştir. Buna göre; 5.20 olarak kaydedilen ham ürün nem miktarı 135°C’de 35 dakika sonunda 2.05, 135°C’de 60 dakika sonunda 2.01 ve 140°C’de 10 dakika sonunda 1.97 olarak ölçülmüştür. Mikrodalga uygulaması için 700W güç seviyesinde 12.5 dakikalık uygulama sonunda 2.02 olarak kaydedilmiştir (Krysiak 2011).

Literatürde yapılmış olan başka bir çalışmada 100-150°C sıcaklıklarda 15-30 dk boyunca konvansiyonel fırında ve hafif, orta ve yüksek mikrodalga güçlerinde farklı sürelerde kavrulmuş olan karabiber tanelerinin başlangıçta %11 olan nem içerikleri, konvansiyonel kavurma işlemleri sonunda %7,5 ve mikrodalga kavurma işlemi sonucunda %7 olarak ölçülmüştür (Chacko vd 1996).

Mevcut çalışmada elde edilen nem değerlerinin literatürde yapılmış çalışmalardan farklı olmasının; kavrulmamış keçiyoynuzu meyvesinin nem içeriklerindeki ve kavurma işlemi şartlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2. Kavurma İşlemlerinin Keçiyoynuzu Tozlarının Hunter *L*, *a* ve *b* Değerleri Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş olan keçiyoynuzu tozlarının Hunter *L*, *a* ve *b* değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.1’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının Hunter L , a ve b değerleri üzerine mikrodalga kavurma için kullanılan farklı güç değerleri ve işlem sürelerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan mikrodalga gücü ile keçiyoynuzu tozlarının Hunter L ve b değerleri azalmış, a değerleri artmıştır. 180 W mikrodalga gücünde Hunter L , a ve b değerleri sırasıyla; 55.28, 9.75 ve 20.91 iken, 600 W mikrodalga gücünde sırasıyla; 51.23, 11.07 ve 19.46 ölçülmüştür. Mikrodalga kavurma sürelerinin artmasıyla birlikte de Hunter L ve b değerlerinde düşme gözlenmiş, a değerinde artış kaydedilmiştir. Mikrodalga güçlerinin ilk sürelerinde sırasıyla; 53.94, 10.10 ve 20.16 olan Hunter L , a ve b değerleri, mikrodalga güçlerinin en uzun sürelerinde 52.65, 10.77 ve 19.90 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yalnız sıcak hava kullanılarak kavurulmuş olan keçiyoynuzu tozlarının Hunter L , a ve b değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.4'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının Hunter L , a ve b değerleri üzerine sıcak hava kavurma için kullanılan farklı işlem sürelerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan sıcak hava işlem süresi ile keçiyoynuzu tozlarının Hunter L ve b değerleri azalmış, a değeri artmıştır. İlk işlem süresinde Hunter L , a ve b değerleri sırasıyla; 54.54, 8.88 ve 18.79 iken, son işlem süresinde sırasıyla; 41.54, 10.43 ve 16.45 olarak ölçülmüştür.

Çalışma kapsamında kombinasyon kavurma uygulaması kullanılarak kavruan keçiyoynuzu tozlarının Hunter L , a ve b değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.7'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8'de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının Hunter L , a ve b değerleri üzerine kombinasyon kavurma için kullanılan 2. basamak süresi ve toplam işlem sürelerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan 2. basamak işlem süreleri ile keçiyoynuzu tozlarının Hunter L ve b değerleri azalmış, b değerleri artmıştır. 2. basamakta 1 dakikalık uygulamayla sırasıyla 52.42, 10.64 ve 19.62 olan Hunter L , a ve b değerleri, 2. basamakta 3 dakikalık uygulamayla 51.15, 11.36 ve 18.60 olarak ölçülmüştür. Toplam sürenin artmasıyla birlikte de keçiyoynuzu tozlarının Hunter L ve b değerlerinde azalma, a değerlerinde artış gözlenmiştir. Buna göre; kombinasyon kavurmanın en kısa süresi olan 3 dakikada sırasıyla 53.80, 10.68 ve 20.46 olarak ölçülen Hunter L , a ve b

değerleri, kombinasyon kavurmanın en uzun süresi olan 5 dakika sonunda; sırasıyla 50.28, 11.60 ve 17.68 olarak ölçülmüştür.

Kavurma işlemleri ile birlikte Hunter *L* ve *b* değerlerinin azalmasının ve *a* değerinin artmasının; kavurma esnasında meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Keçiboynuzu meyvesinin etli kısmının 150°C sıcaklıkta 60 dakika boyunca kavrulduğu bir çalışmada elde edilen toz ürünlerin toplam renk değişimleri belirlenmiş ve kavrulmamış örneğin kavruan örnekler göre daha açık bir renge sahip olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca kavruan örneklerin kakao benzeri bir renk kazandığı rapor edilmiştir (Yousif ve Alghzawi 2000).

Keçiboynuzu meyvesi ile yapılmış olan çalışmalarda Hunter *L*, *a* ve *b* değerlerinin belirlendiği araştırmalar sınırlı olup, benzer ürünlerle ilgili pek çok çalışma mevcuttur. Bu konuda yapılmış çalışmalardan birinde yaş fındık örnekleri 125, 135, 145, 155 ve 165°C sıcaklık seviyesinde ve her seviye için 5 farklı sürede kavrulmuş ve elde edilen son ürünlerin Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri belirlenmiştir. Buna göre; kavrulmamış örnekte sırasıyla 80.97, 1.93 ve 31.57 olarak ölçülen Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri 64.61, 12.30 ve 25.91 olarak belirlenmiştir (Şimşek 2004).

Literatürde aspir kavrulmuş olan bir çalışmada; tohumda sırasıyla 63.14, 1.90 ve 15.96 olan Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri, kavurma işlemi sonrasında; 46.99, 2.08 ve 11.16 olarak ölçülmüştür. Çalışmada kavurma işlemi ile Hunter *L* ve *b* değerlerinin azaldığı, *a* değerinin ise arttığı gözlenmiştir (Aydeniz vd 2014).

Başka bir çalışmada mikrodalga fırın içerisinde 900W güç seviyesinde 2 dakika boyunca arpa örnekleri kavrulmuş ve kavruan örneklerin Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri belirlenmiştir. Kavruan örneklerin Hunter *L* değerinde kavrulmamış örneğe göre %7.9'luk bir düşüş, Hunter *a* değerinde %404.7'lik bir artış ve Hunter *b* değerlerinde %76.9'luk bir artış kaydedilmiştir. Artan *b* değeri sarılığı ifade etmekte olup, yapılmış olan bu çalışmada kavurma işlemiyle arpa örneklerinin daha sarı bir renge ulaştığı rapor edilmiştir (Sharma ve Gujral 2011).

4.3. Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının pH Değerleri Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş olan keçiboynuzu tozlarının pH değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.1'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2'de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiboynuzu tozlarının pH değerleri üzerine mikrodalga kavurma için kullanılan farklı güç değerleri ve işlem sürelerinin önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan mikrodalga gücü ile keçiyoynuzu tozlarının pH değerleri azalmıştır. 180W mikrodalga gücünde 5.11 olarak ölçülmüş olan pH değeri, 600W mikrodalga gücünde 5.08 olarak ölçülmüştür. Mikrodalga kavurma sürelerinin artmasıyla birlikte de pH değerinde düşme gözlenmiştir. Mikrodalga güçlerinin ilk sürelerinde 5.11 olan pH değeri, mikrodalga güçlerinin en uzun sürelerinde 5.09 olarak kaydedilmiştir.

Çalışma kapsamında yalnız sıcak hava kullanılarak kavurulmuş olan keçiyoynuzu tozlarının pH değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.4'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının pH değerleri üzerine sıcak hava kavurma için kullanılan farklı işlem sürelerinin önemli ($p<0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan sıcak hava işlem süresi ile keçiyoynuzu tozlarının pH değerleri azalmıştır. İlk işlem süresinde pH değeri 4.99 iken, son işlem süresinde 4.94 olarak ölçülmüştür.

Çalışma kapsamında kombinasyon kavurma uygulaması kullanılarak kavruan keçiyoynuzu tozlarının pH değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.7'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8'de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının pH değerleri üzerine kombinasyon kavurma için kullanılan 2. basamak süresi ve toplam işlem sürelerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan 2. basamak işlem süreleri ile keçiyoynuzu tozlarının pH değerleri azalmıştır. 2. basamakta 1 dakikalık uygulamayla 5.11 olan pH değeri, 2. basamakta 3 dakikalık uygulamayla 5.09 olarak ölçülmüştür. Toplam sürenin artmasıyla birlikte de keçiyoynuzu tozlarının pH değerlerinde azalış gözlenmiştir. Buna göre; kombinasyon kavurmanın en kısa süresi olan 3 dakikada, 5.12 olarak ölçülen pH değeri, kombinasyon kavurmanın en uzun süresi olan 5 dakika sonunda; 5.08 olarak ölçülmüştür.

Kavurma işlemleri boyunca pH değerlerindeki düşüşün; kavurma esnasındaki asidik karamelizasyon reaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Asidik karamelizasyon reaksiyonları sonucu oluşan pürivik asit gibi bileşiklerin bu düşüşe neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Literatürde yapılmış olan çalışmalardan birinde; keçiyoynuzu meyvelerinin hem artan kavurma süresi hem de kavurma sıcaklığıyla birlikte pH değerinin düştüğü rapor edilmiştir. Çalışmada en düşük kavurma süresinde 5.24 olan pH değeri, en uzun kavurma süresinde 4.40'a, en düşük kavurma sıcaklığında 4.95 olan pH değeri ise; en yüksek kavurma sıcaklığında 4.76'ya düşmüştür (Şahin vd 2009).

Kahve çekirdekleri ile yapılmış bir çalışmada çekirdekler 230°C'de 12 dakika boyunca kavrulmuş ve kavrulan materyallerin pH değerleri belirlenmiştir. Kavrulmamış materyalde 5.65 olarak ölçülen pH değeri kavurma işlemi sonrasında 4.86 olarak belirlenmiştir (Moon vd 2009).

4.4. Kavurma İşlemlerinin Keçiyoynuzu Tozlarının Toplam Fenolik Madde (TFM), Antioksidan Aktivite (AA), Esmerleşme İndeksi (BI) ve Ultraviyole Absorbansı (UV-A) Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş olan keçiyoynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.1'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2'de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının TFM, AA, BI VE UV-A değerleri üzerine mikrodalga kavurma için kullanılan farklı güç değerleri ve işlem sürelerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan mikrodalga gücü ile keçiyoynuzu tozlarının TFM, AA, BI VE UV-A değerleri artmıştır. 180W mikrodalga gücünde sırasıyla 11.54 mg/g km, 1.13 g/mgDPPH, 23.81 ve 443.41 olarak ölçülmüş olan TFM, AA, BI ve UV-A değerleri, 600 W mikrodalga gücünde sırasıyla 13.74 mg/g km, 0.69 g/mgDPPH, 26.61 ve 523.38 olarak ölçülmüştür. Mikrodalga kavurma sürelerinin artmasıyla birlikte de TFM, AA, BI ve UV-A değerlerinde artış gözlenmiştir. Mikrodalga güçlerinin ilk sürelerinde sırasıyla 12.26 mg/g km, 1.01 g/mgDPPH, 23.57 ve 445.84 olan TFM, AA, BI ve UV-A değerleri, mikrodalga güçlerinin en uzun sürelerinde sırasıyla 12.85 mg/g km, 0.82 g/mgDPPH, 26.86 ve 505.05 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş olan keçiyoynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.4'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının TFM, TAA, BI ve UV-A değerleri üzerine sıcak hava kavurma için kullanılan farklı işlem sürelerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan sıcak hava işlem süresi ile keçi boynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A değerleri artmıştır. İlk işlem süresinde TFM, AA, BI ve UV-A değerleri sırasıyla; 10.13 mg/g km, 1.53 g/mgDPPH, 30.18 ve 437.85 iken, son işlem süresinde sırasıyla; 13.37 mg/g km, 1.41 g/mgDPPH, 70.30 ve 701.05 olarak ölçülmüştür.

Çalışma kapsamında kombinasyon kavurma uygulaması kullanılarak kavru lan keçi boynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.7’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçi boynuzu tozlarının TFM, BI ve UV-A değerleri üzerine kombinasyon kavurma için kullanılan 2. basamak süresi ve toplam işlem sürelerinin önemli ($p < 0.01$), AA üzerinde ise; 2. basamak süresi ($p < 0.05$) ve toplam sürenin önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan 2. basamak işlem süreleri ile keçi boynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A değerleri artmıştır. 2. basamakta 1 dakikalık uygulamayla sırasıyla 10.69 mg/g km, 1.22 g/mgDPPH, 30.41 ve 427.35 olarak ölçülen TFM, AA, BI ve UV-A değerleri, 2. basamakta 3 dakikalık uygulamayla sırasıyla; 12.09 mg/g km, 1.12 g/mgDPPH, 33.78 ve 544.48 olarak belirlenmiştir. Toplam sürenin artmasıyla birlikte de keçi boynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A değerlerinde artış gözlenmiştir. Buna göre; kombinasyon kavurmanın en kısa süresi olan 3 dakikada sırasıyla; 10.60 mg/g km, 1.30 g/mgDPPH, 27.25 ve 457.51 olarak ölçülen TFM, AA, BI ve UV-A değerleri, kombinasyon kavurmanın en uzun süresi olan 5 dakika sonunda sırasıyla; 12.41 mg/g km, 1.05 g/mgDPPH, 37.12 ve 528.03 olarak ölçülmüştür.

Kavurma işlemleri ile birlikte TFM içeriğinin artmasının, Folin-Ciocalteu ayra cının yalnızca doğal fenolik maddeleri değil, tüm fenolik gruplarını saptamasının bir sonucu olabileceği düşünülmektedir. Kavurma işlemleri boyunca meydana gelen Maillard reaksiyonları ürünlerinden fenolik yapısında olan bileşiklerin de belirlenmesi ile fenolik içeriğinin arttığı düşünülmektedir.

Maillard reaksiyonu sonucu oluşan bazı ürünlerin antioksidan aktivite gösterebileceği ve bu ürünlerin AA değerlerinde artışa neden olabileceği düşünülmektedir. Bazı kaynaklarda ise; kavurma sıcaklık ve süresiyle doğru orantılı olarak artan AA değerleri ile melanoidin oluşumu arasında pozitif bir korelasyon olabileceğine değinilmiştir (Bekedam vd 2008). Maillard reaksiyonları sonucu oluşan melanoidin bileşiğinin radikal süpürme özelliğine sahip olması ve HMF’nin de antioksidan aktivite gösterebileceğinden dolayı kavrulmuş örneklerde AA değerinin artmış olabileceği düşünülmektedir.

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan bileşiklerin UV ışını absorbe etme özelliği bulunmasından dolayı; keçi boynuzu tozlarında UV-A değerlerinin artan kavurma sıcaklık, güç ve süreleriyle arttığı düşünülmektedir. Maillard reaksiyonu

devam ederken oluşan kararsız yapıdaki ara bileşiklerin UV ışını absorbe etme özelliği olduğundan kavrulmuş örneklerde UV-A değerlerinin arttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca bazı çalışmalarda keçiyoynuzu tozu gibi kompleks gıda matriksine sahip olan ürünlerde fenolik bileşiklerin de 294 nm de absorbans verebileceğine değinilmiştir (Şahin vd 2009).

Örneklerin BI değerlerindeki artış, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu rengin koyulaşması/esmerleşmesi ile açıklanabilmektedir.

Şahin vd (2009) yaptıkları çalışmada farklı sıcaklık ve sürelerde kavurdıkları keçiyoynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A sonuçlarını belirlemişlerdir. Bu sonuçlara göre; artan kavurma sıcaklığı ve süresiyle örneklerin TFM, AA, BI ve UV-A değerlerinde artış gözlenmiş olup, ham materyalde 0.570 g/100g km olarak belirlenmiş olan TFM içeriği, artan süre ve sıcaklıkla birlikte artmış ve son sıcaklık seviyesinde 1.131 g/100g km olarak ölçülmüştür. AA içeriği en düşük sıcaklık seviyesinde 101.5µmol Trolox eşdeğeri/g km olarak ölçülürken, son sıcaklık seviyesinde artış göstererek 115.7µmol Trolox eşdeğeri/g km olarak belirlenmiştir. Çalışmada BI ve UV-A değerleri de aynı şekilde artış göstererek ilk sıcaklık seviyesinde sırasıyla; 28.3 ve 441.2 olarak belirlenirken, son sıcaklık seviyesinde sırasıyla; 70.1 ve 748.2 olarak ölçülmüştür.

Konvansiyonel fırında 140°C sıcaklıkta 45 dakika ve mikrodalga fırında 360 W güç seviyesinde 6 dakika boyunca aspir kavrulmuş olan bir çalışmada; kavruan örneklerin TFM ve AA içerikleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre; materyalin belirtilen sıcaklık, güç ve sürelerde kavrulması ile TFM ve AA içeriklerinin arttığı rapor edilmiştir. Kontrol örneğinde sırasıyla; 2616.10µg GA/100g ve 309.33µmol Trolox/g yağ olarak belirlenen TFM ve AA içerikleri kavurma işlemleri sonucunda; konvansiyonel ve mikrodalga fırın için sırasıyla; 2855.70µg GA/100g, 315.32µmol Trolox/g yağ ve 4079.30µg GA/100g, 538.26µmol Trolox/g yağ olarak ölçülmüştür (Aydeniz vd 2014).

Kaju fıstığı ile yapılmış olan bir çalışmada örnekler 70°C'de 6 saatlik ve 130°C'de 33 dakikalık iki farklı uygulama yapılmıştır. Kavruan kaju fıstığı örneklerinin TFM ve AA değerleri belirlenmiştir. Buna göre; ham materyalde 7.01 GAEmg/g km olarak ölçülen TFM içeriği, 70°C'de 6 saatlik kavurma sonucunda 8.88 GAEmg/g km ve 130°C'de 33 dakikalık kavurma sonucunda 30.24 GAEmg/g km olarak belirlenmiştir. Kavrulmamış örnekte 65.35 GAEmg/g km olarak ölçülen AA, 70°C'de 6 saatlik kavurma sonucunda 65.61 GAEmg/g km ve 130°C'de 33 dakikalık kavurma sonucunda 74.86 GAEmg/g km olarak ölçülmüştür. çalışma sonucunda kaju fıstıklarının TFM ve AA değerleri üzerine sıcaklık faktörünün süre faktöründen daha önemli etkisi olduğuna değinilmiştir (Chandrasekara ve Shahidi 2011).

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin sulu çözeltilerinin antioksidan aktivitelerinin incelendiği bir çalışmada çekirdekler hafif, orta ve yoğun şekilde kavurma işlemine tabi tutulmuş, kavruan örneklerin sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Çözeltilerin toplam fenolik madde içerikleri Folin yöntemi ile, toplam antioksidan aktiviteleri ise ABTS ve DPPH radikallerinin indirgenmesi prensibine dayanan yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Kavrulmamış örnekte 4 mgGAE olarak belirlenen TFM içeriği kavruandıktan sonra 24

mgGAE olarak ölçülmüştür. Kavurma işlemi öncesi 25 mgTrolox olarak belirlenen TAA kavrulmuş örnekte 60 mgTrolox olarak ölçülmüştür. Çalışmada antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriğindeki artışın sebebinin Maillard reaksiyonu ürünleri olduğu rapor edilmiştir (Borrelli vd 2002).

Literatürde yapılmış olan çalışmalardan bir diğerinde, susam örnekleri 50, 100, 150 ve 200°C sıcaklıkta ve yedi farklı sürede kavrulmuş, son ürünlerin TFM ve AA değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda susam örneklerinin AA ve TFM içeriklerinin kavurma sıcaklık ve süresinden oldukça fazla etkilendiği, süre ve sıcaklık arttıkça AA ve TFM içeriklerinden artış olduğu rapor edilmiştir. Kavrulmamış örnekte 35.6 µM olarak ölçülen TFM içeriği kavurma sonunda 87.4 µM olarak ölçülmüştür. Antioksidan aktivitedeki değişim de paralel şekilde olup, kavrulmuş örnekte antioksidan aktivitenin %80.59 oranında arttığına değinilmiştir (Jeong vd 2004).

Arpa kavrulmuş olan bir çalışmada, örnekler 327, 332, 335 ve 341°C sıcaklıkta farklı sürelerde kavurma işlemine tabi tutulmuş ve kavruan örneklerin 420nm de spektrofotometrik olarak esmerleşme indeksleri belirlenmiştir. Kavrulmamış örnekte 0.048 olan 420nm deki absorbans değeri kavurma işlemi ile artmış ve son kavurma süre ve sıcaklığında 0.776nm olarak belirlenmiştir (Duh vd 2001).

4.5. Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Şeker Kompozisyonları Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş olan keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonu değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.10'da, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 10. Yalnız mikrodalga kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları

	Sakkaroz (g/kg)		Glukoz (g/kg)		Fruktoz (g/kg)	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	320.53	26.79	49.29	5.20	87.28	3.55
2.tekerrür	319.62	27.47	48.37	5.94	87.12	4.28

ORT: Ortalama SS: Standart Sapma Değeri (N=8)

Çizelge 4.11. Yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Sakkaroz		Glukoz		Fruktoz	
		KO	F	KO	F	KO	F
Güç	2	6571.53	507.44**	236.14	185.21**	114.77	277.14**
Süre	3	937.57	72.40**	52.12	40.88**	24.83	59.96**
Güç x Süre	6	15.88	1.23*	8.09	6.35*	5.36	12.95*
Hata	12						

(*) p<0.05 ve (**) p<0.01 farklılık ifade eder.

Çizelge 4.12. Yalnız mikrodalga kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Güç (W)	Sakkaroz (g/kg)	Glukoz (g/kg)	Fruktoz (g/kg)
1	345.71 ^a ±10.43	54.83 ^a ±4.74	91.52 ^a ±3.57
2	325.40 ^b ±12.42	47.44 ^b ±1.79	85.63 ^b ±1.01
3	289.13 ^c ±13.22	44.24 ^c ±2.40	84.46 ^c ±1.48

Süre (dk)	Sakkaroz	Glukoz	Fruktoz
1	333.56 ^a ±25.20	51.91 ^a ±6.40	89.07 ^a ±4.15
2	325.04 ^b ±24.97	50.60 ^a ±6.25	88.16 ^b ±4.03
3	317.67 ^c ±24.62	47.36 ^b ±3.25	87.21 ^c ±4.17
4	304.06 ^d ±28.53	45.47 ^c ±4.07	84.37 ^d ±1.59

(N=8)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonu üzerine mikrodalga kavurma için kullanılan farklı güç değerleri ve işlem sürelerinin önemli (p<0.01) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan mikrodalga gücü ile keçiboynuzu tozlarının sakkaroz, glukoz ve fruktoz değerleri azalmıştır. 180 W mikrodalga gücünde sırasıyla 345.71, 54.83 ve 91.52 g/kg olarak ölçülmüş olan sakkaroz, glukoz ve fruktoz içerikleri, 600 W mikrodalga gücünde sırasıyla 289.13, 44.24 ve 84.46 g/kg olarak

ölçülmüştür. Mikrodalga kavurma sürelerinin artmasıyla birlikte de sakkaroz, glukoz ve früktoz içeriklerinde azalma gözlenmiştir. Mikrodalga güçlerinin ilk sürelerinde sırasıyla 333.56, 51.91 ve 89.07 g/kg olan sakkaroz, glukoz ve früktoz değerleri, mikrodalga güçlerinin en uzun sürelerinde sırasıyla 304.06, 45.47 ve 84.37 g/kg olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş olan keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonu değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.13'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'te ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 13. Yalnız sıcak hava kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları

	Sakkaroz (g/kg)		Glukoz (g/kg)		Fruktoz (g/kg)	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	341.94	11.74	47.25	5.37	87.53	10.62
2.tekerrür	327.88	23.59	41.11	11.01	85.53	7.55

ORT: Ortalama SS: Standart Sapma Değeri (N=2)

Çizelge 4. 14. Yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Sakkaroz		Glukoz		Fruktoz	
		KO	F	KO	F	KO	F
Süre	2	601.07	3.72*	134.39	4.56*	165.23	31.99*
Hata	3						

(*) p<0.05 ve (**) p<0.01 farklılık ifade eder.

Çizelge 4. 15. Yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Süre	Sakkaroz	Glukoz	Fruktoz
1	354.21 ^a ±0.97	53.64 ^a ±0.26	95.53 ^a ±3.43
2	329.91 ^a ±17.52	39.72 ^a ±6.39	86.72 ^b ±1.71
3	320.64 ^a ±13.28	39.18 ^a ±6.90	77.35 ^c ±0.89

(N=2)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonları üzerine sıcak hava kavurma için kullanılan farklı işlem sürelerinin önemli ($p<0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan sıcak hava işlem süresi ile keçiyoynuzu tozlarının sakkaroz, glukoz ve fruktoz içerikleri azalmıştır. İlk işlem süresinde sakkaroz, glukoz ve fruktoz değerleri sırasıyla; 354.21, 53.64 ve 95.53 g/kg iken, son işlem süresinde sırasıyla; 320.64, 39.18 ve 77.35 g/kg olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında kombinasyon kavurma yöntemi ile kavurulmuş olan keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonu değerlerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.16'da, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 16. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları

	Sakkaroz (g/kg)		Glukoz (g/kg)		Fruktoz (g/kg)	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
1.tekerrür	322.07	12.92	46.08	8.62	81.20	3.99
2.tekerrür	317.54	16.29	45.16	7.34	80.97	3.84

(N=6)

Çizelge 4. 17. Kombinasyon kavurma uygulamasıyla elde edilen keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait varyans analizi sonuçları

	VK	SD	Sakkaroz		Glukoz		Fruktoz	
			KO	F	KO	F	KO	F
Top. Süre	2	1238.96	61.67**		402.81	239.40**	89.22	313.80**
MD Süre	2	404.72	20.14*		101.17	60.13**	29.11	102.41**
Top x MD	4	20.93	1.04*		1.96	1.17*	1.60	5.64*
Hata	9							

(*) $p<0.05$ ve (**) $p<0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4. 18. Kombinasyon kavurma uygulamasıyla elde edilen keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Top. Süre (dk)	Sakkaroz (g/kg)	Glukoz (g/kg)	Fruktoz (g/kg)
3	333.16 ^a ±8.10	54.04 ^a ±4.99	85.28 ^a ±2.59
4	321.66 ^b ±4.70	45.15 ^b ±3.20	80.33 ^b ±1.18
5	304.60 ^c ±11.28	37.67 ^c ±3.15	77.68 ^c ±2.31
MD Süre (dk)	Sakkaroz (g/kg)	Glukoz (g/kg)	Fruktoz (g/kg)
1	328.31 ^a ±11.97	49.66 ^a ±8.12	83.44 ^a ±3.90
2	319.19 ^b ±12.64	45.76 ^b ±7.61	80.76 ^b ±3.08
3	311.92 ^c ±15.66	41.45 ^c ±6.47	79.08 ^c ±3.58

(N=6)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının glukoz ve fruktoz içerikleri üzerine kombinasyon kavurma için kullanılan 2. basamak süresi ve toplam işlem sürelerinin önemli ($p<0.01$), sakkaroz içeriği üzerinde ise; 2. basamak süresi ($p<0.05$) ve toplam sürenin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan 2. basamak işlem süreleri ile keçiyoynuzu tozlarının sakkaroz, glukoz ve fruktoz değerleri azalmıştır. 2. basamakta 1 dakikalık uygulamayla sırasıyla 328.31, 49.66 ve 83.44 g/kg olarak ölçülen sakkaroz, glukoz ve fruktoz değerleri, 2. basamakta 3 dakikalık uygulamayla sırasıyla; 311.92, 41.45 ve 79.08 g/kg olarak belirlenmiştir. Toplam sürenin artmasıyla birlikte de keçiyoynuzu tozlarının sakkaroz, glukoz ve fruktoz değerlerinde azalış gözlenmiştir. Buna göre; kombinasyon kavurmanın en kısa süresi olan 3 dakikada sırasıyla; 333.16, 54.04 ve 85.28 g/kg olarak ölçülen sakkaroz, glukoz ve fruktoz değerleri, kombinasyon kavurmanın en uzun süresi olan 5 dakika sonunda sırasıyla; 304.60, 37.67 ve 77.68 g/kg olarak ölçülmüştür.

Kavurma işlemleri esnasında artan süre, sıcaklık ve güç ile keçiyoynuzu tozu örneklerinin sakkaroz, glukoz ve fruktoz içeriklerinde genel anlamda bir azalma gözlenmiş olup, bu azalmanın söz konusu şekerlerin Maillard reaksiyonları ve karamelizasyon sırasında harcandığından dolayı olabileceği düşünülmüştür. Maillard reaksiyonlarının genel oluşum mekanizması incelendiğinde; indirgen şekerlerin karbonil grubu ile serbest aminoasitlerin amino grubunun kondensasyonu ile oluşturduğu gözlenmekte olup, kavurma işlemi ile Maillard reaksiyonlarının hızlandığı ve bu nedenle şekerlerin de Maillard reaksiyonları ile harcandığı düşünülmektedir. Sakkaroz indirgen bir şeker olmayıp, çalışmada sakkaroz miktarındaki azalmaya sıcaklığın etkisiyle glikozit bağların kırılmasının neden olabileceği düşünülmektedir. Glikozit bağları kırılan sakkaroz monosakkarit ünitelerine (glukoz ve fruktoz) ayrılıp o şekilde Maillard reaksiyonlarına

katılabilmektedir. Ayrıca karamelizasyon reaksiyonları esnasında da doğrudan harcanabilmekte olup, azalmanın bu nedenle gerçekleşmiş olabileceği düşünülmüştür.

Literatürde bu konuda yapılmış çalışmalardan birisinde; konvensiyonel fırın içerisinde keçiboynuzu meyveleri kavrulup, keçiboynuzu tozu elde edilmiş ve toz örneklerin toplam şeker içeriğindeki değişim gözlenmiştir. Kavrulmamış meyvede %48.5 olarak belirlenen toplam şeker içeriği, kavurma sonrasında %41.55 olarak ölçülmüştür (Özcan vd 2007).

Keçiboynuzu meyvesi ile yapılmış başka bir çalışmada; keçiboynuzu meyveleri farklı sıcaklık ve süre kombinasyonları ile konvensiyonel fırın içerisinde kavrulmuş, toz ürünlerin şeker içerikleri belirlenmiştir. Kavrulmamış örnekte; %45.0 olarak belirlenen toplam şeker içeriği, kavurma işlemleri sonunda %38.7 olarak ölçülmüştür (Yousif ve Alghzawi 2000).

Arabika kahve çekirdekleri ile yapılmış bir çalışmada, çekirdekler 90°C sıcaklıkta 1 saat ve 170°C sıcaklıkta 20 dakika boyunca kavrulmuş, kavurma işlemi sonrasında çekirdeklerin şeker kompozisyonlarındaki değişim belirlenmiştir. Buna göre; kavrulmamış örnekte %46 olarak ölçülen şeker kompozisyonu kavurma işlemi sonrasında %37 olarak kaydedilmiştir (Oosterveld vd 2003).

Makadama fındıkları ile yapılmış olan bir çalışmada, 70°C'de 3 gün kurutulmuş, 125°C sıcaklıkta ise 20 dakika boyunca kavrulmuş ve son ürün şeker kompozisyonları belirlenmiştir. Taze örnekte 5.62 g/100g km olarak belirlenen toplam şeker içeriği, kurutma işlemi sonrasında 3.85 g/100g km ve kavurma işlemi sonrasında 4.70 g/100g km olarak ölçülmüştür (Wall ve Gentry 2007).

4.6. Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının D-pinitol İçerikleri Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında yalnız mikrodalga uygulaması ile kavrulmuş keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.19'da, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'de ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 19. Yalnız mikrodalga kavurma işlemi uygulanmış keçiboynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları

	D-pinitol (g/kg)	
	ORT	SS
1.tekerrür	72.16	2.70
2.tekerrür	71.22	1.84

ORT: Ortalama SS: Standart Sapma Değeri (N=8)

Çizelge 4. 20. Yalnız mikrodalga kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

		D-pinitol	
VK	SD	KO	F
Güç	2	47.94	55.39**
Süre	3	1.45	1.68*
Güç x Süre	6	2.10	2.43*
Hata	12		

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4. 21. Yalnız mikrodalga kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Güç (W)	D-pinitol (g/kg)	Süre (dk)	D-pinitol (g/kg)
1	69.84 ^b ±0.43	1	71.28 ^a ±1.42
2	70.78 ^b ±0.47	2	71.41 ^a ±1.97
3	74.47 ^a ±1.87	3	71.71 ^a ±2.21
		4	72.38 ^a ±3.60

(N=8)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol değerleri üzerine mikrodalga kavurma için kullanılan farklı güç değerleri ($p < 0.01$) ve işlem sürelerinin önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan mikrodalga gücü ile keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol değerleri artmıştır. 180 W mikrodalga gücünde 69.84 g/kg olarak ölçülmüş olan D-pinitol değeri, 600 W mikrodalga gücünde 74.47 g/kg olarak ölçülmüştür. Mikrodalga kavurma sürelerinin artmasıyla birlikte de D-pinitol değerinde artış gözlenmiştir. Mikrodalga güçlerinin ilk sürelerinde 71.28 g/kg olan D-pinitol değeri, mikrodalga güçlerinin en uzun sürelerinde 72.38 g/kg olarak kaydedilmiştir.

Çalışma kapsamında yalnız sıcak hava uygulaması ile kavrulmuş keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları Çizelge 4.22’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23’te ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.24’te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 22. Yalnız sıcak hava kavurma işlemi uygulanmış keçi boynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları

	D-pinitol (g/kg)	
	ORT	SS
1.tekerrür	76.71	2.01
2.tekerrür	73.08	1.18

ORT: Ortalama SS: Standart Sapma Değeri (N=2)

Çizelge 4. 23. Yalnız sıcak hava kavurma işlemi uygulanmış keçi boynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

VK	D-pinitol		
	SD	KO	F
Süre	2	5.13	0.75*
Hata	3		

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4. 24. Yalnız sıcak hava kavurma işlemi uygulanmış keçi boynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Süre (dk)	D-pinitol (g/kg)
1	73.14 ^a ±1.94
2	75.30 ^a ±2.63
3	76.27 ^a ±3.12

(N=2)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçi boynuzu tozlarının D-pinitol içerikleri üzerine sıcak hava kavurma için kullanılan farklı işlem sürelerinin önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan sıcak hava işlem süresi ile keçi boynuzu tozlarının D-pinitol içerikleri artmıştır. İlk işlem süresinde D-pinitol değeri 73.14 g/kg iken, son işlem süresinde sırasıyla; 76.27 g/kg olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında kombinasyon kavurma uygulaması kullanılarak kavru lan keçi boynuzu tozlarının I. ve II. tekerrür D-pinitol içerikleri ortalama değerleri Çizelge 4.25'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.26'da ve önemli bulunan

varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.27'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 25. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait I. ve II. tekerrür ortalama sonuçları

	D-pinitol (g/kg)	
	ORT	SS
1.tekerrür	76.71	2.01
2.tekerrür	73.08	1.18

ORT: Ortalama SS: Standart Sapma Değeri (N=6)

Çizelge 4. 26. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	D-pinitol	
		KO	F
Toplam Süre	2	111.73	313.80**
MD Süre	2	9.40	102.41**
Top x MD	4	5.15	5.64*
Hata	9		

(*) p<0.05 ve (**) p<0.01 farklılık ifade eder.

Çizelge 4. 27. Kombinasyon kavurma işlemi uygulanmış keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Top. Süre (dk)	D-pinitol (g/kg)	MD Süre (dk)	D-pinitol (g/kg)
3	63.75 ^c ±0.56	1	67.04 ^b ±2.95
4	67.58 ^b ±0.84	2	67.33 ^b ±3.48
5	72.37 ^a ±2.78	3	69.34 ^a ±5.37

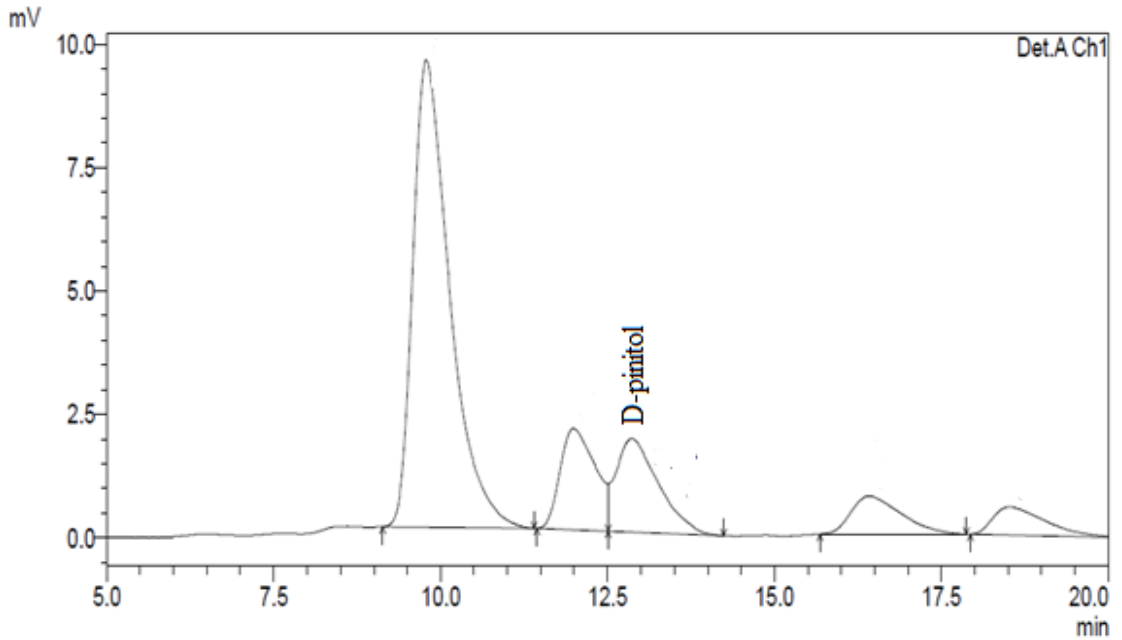
(N=6)

Varyans analiz sonuçlarına göre; keçiyoynuzu tozlarının glukoz ve fruktoz içerikleri üzerine kombinasyon kavurma için kullanılan 2. basamak süresi (p<0.01) ve toplam işlem sürelerinin önemli (p<0.05) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

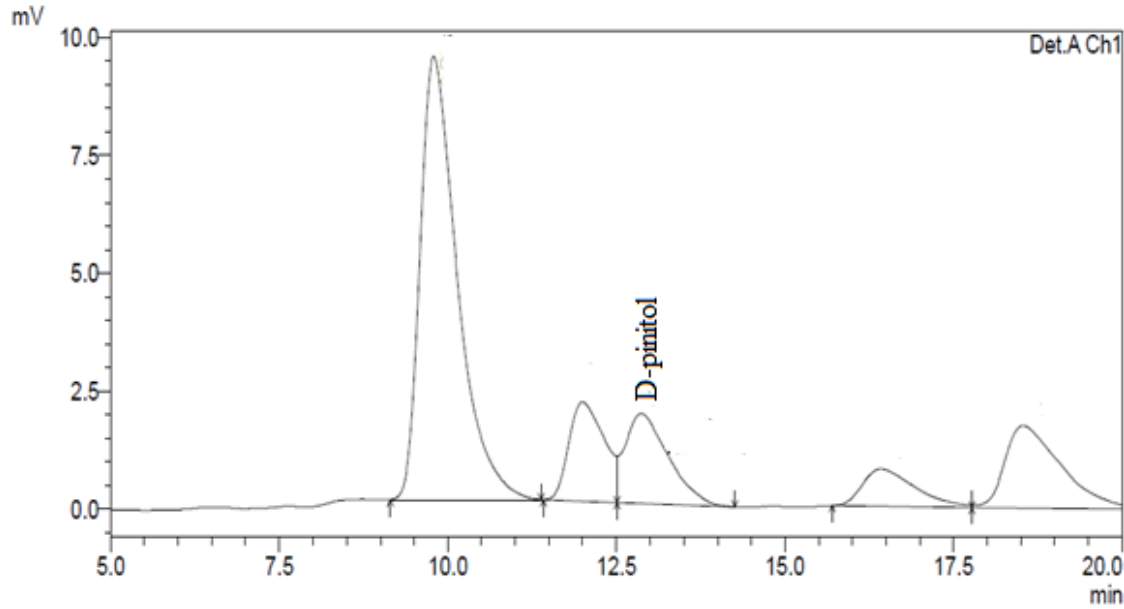
Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; artan 2. basamak işlem süreleri ile keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol değerleri artmıştır. 2. basamakta 1 dakikalık uygulamayla 67.04 g/kg olarak ölçülen D-pinitol içeriği, 2. basamakta 3 dakikalık

uygulamayla; 69.34 g/kg olarak belirlenmiştir. Toplam sürenin artmasıyla birlikte de keçiboynuzu tozlarının D-pinitol değerlerinde artış gözlenmiştir. Buna göre; kombinasyon kavurmanın en kısa süresi olan 3 dakikada 63.75 g/kg olarak ölçülen D-pinitol değeri, kombinasyon kavurmanın en uzun süresi olan 5 dakika sonunda 72.37 g/kg olarak ölçülmüştür.

Kavurma işlemleri süresince D-pinitol içeriğinde bir artış gözlenmiştir. Normal şartlar altında şeker içeriğinin azalması ile birlikte D-pinitol içeriğinde de azalma beklenmekte olup, mevcut çalışmada gözlenen artışın D-pinitolün glikozit formunda olmasından dolayı kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla; kavurulmamış keçiboynuzu tozu örneklerine enzim ilavesi yapılmış, glikozit formu parçalayıp, D-pinitol içeriğindeki artışı gözlemek amaçlanmıştır. 1:200 oranında sulandırılan örnekler içerisine 10, 20 ve 30 µL glikoamilaz enzimi ilave edilmiş, örnekler oda sıcaklığında 15-16 saat boyunca inkübasyona bırakılmış ve bu süre sonunda HPLC' de kromatografik analizi gerçekleştirilmiştir. Kavurulmamış ve glikoamilaz enzimi ilavesi yapılmamış örnekte (Şekil 4.1) 62.43 g/L olarak ölçülen D-pinitol içeriği, kavurulmamış ve 20 µL glikoamilaz enzimi ilavesi yapılmış örnekte (Şekil 4.2) ; 68.11 g/L olarak belirlenmiştir. 20 µL enzim ilave edilmiş örnekteki D-pinitol miktarı ile 30 µL enzim ilave edilmiş örnekteki D-pinitol miktarı arasında fark gözlenmemiş olup, ortamda tamamen substrat tükendiği için yeni ürün oluşmadığından 20 µL enzim ilavesinin yeterli olduğu kanısına varılmıştır. Keçiboynuzu tozlarının enzim ilavesi ile birlikte sakkaroz, glukoz ve früktoz içeriklerinde değişiklik gözlenmemiştir. Elde edilen veriler ışığında keçiboynuzu meyveleri içerisinde glikozit formunda bulunan D-pinitolün, kavurma işlemleri esnasında glikozit bağların parçalanması ile arttığı kanısına varılmıştır.



Şekil 4.1. Kavurulmamış ve enzim ilavesi yapılmamış örnekte D-pinitol içeriğine ait kromatogram



Şekil 4.2. Kavrulmamış ve enzim ilavesi yapılmış örnekte D-pinitol içeriğine ait kromatogram

Kavrulmamış ve 20 µL glikoamilaz enzimi ilave edilmiş keçiyoynuzu tozu örneklerine ait şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriğindeki değişimin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.28’de, önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise; Çizelge 4.29’da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 28. Glikoamilaz enzim ilavesi yapılmış keçiyoynuzu tozlarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Sakkaroz (g/kg)		Glukoz (g/kg)		D-pinitol (g/kg)		Fruktoz (g/kg)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Enzim İlavesi	1	0.0006	0.09	0.00004	0.06	32.30	126.43**	0.0008	0.00
Hata	2								

N=2

Çizelge 4. 29. Glikoamilaz enzim ilavesi yapılmış keçiyoynuzu tozlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Sakkaroz (g/kg)	Glukoz (g/kg)	D-pinitol (g/kg)	Fruktoz (g/kg)
Enzim İlavesiz	347.72 ^a ±0.06	62.19 ^a ±0.01	62.43 ^b ±0.01	90.46 ^a ±0.50
Enzim İlaveli	347.69 ^a ±0.1	62.19 ^a ±0.04	68.11 ^a ±0.71	90.43 ^a ±0.34

Varyans analiz sonuçlarına göre; kavrulmamış keçiyoynuzu tozlarının şeker kompozisyonu üzerine glikoamilaz enzimi ilavesinin önemli ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığı tespit edilirken, örneklerin D-pinitol içerikleri üzerine enzim ilavesinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu gözlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; enzim ilavesi ile birlikte D-pinitol miktarında artış gözlenmiş olup, kavrulmamış örnekte; 62.43 g/kg olarak ölçülen D-pinitol miktarı 20 µL glikoamilaz enzimi ilave edildikten sonra; 68.11 g/kg olarak ölçülmüştür.

4.7. Kavurma İşlemlerinin Keçiyoynuzu Tozlarının Uçucu Bileşenleri Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında keçiyoynuzu tozunun uçucu bileşenleri SPME (Katı Faz Mikro Ekstraksiyon) yöntemiyle doğrudan GC-MS' de kromatografik olarak analiz edilmiştir. Keçiyoynuzu meyvesinin kavurma işlemi ile uçucu bileşenlerinde kaydedeğer farklılıklar olduğu tespit edilmiş olup, yalnız mikrodalga kavurma ile elde edilen keçiyoynuzu tozlarına ait uçucu bileşenler Çizelge 4.30'da, mikrodalga destekli sıcak hava kombinasyonu ile elde edilen keçiyoynuzu tozlarına ait uçucu bileşenler Çizelge 4.31'de ve yalnız sıcak hava kavurma ile elde edilen keçiyoynuzu tozlarına ait uçucu bileşenler Çizelge 4.32'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 30. Yalnız mikrodalga kavurma ile elde edilen keçiyoynuzu tozlarına ait uçucu bileşen analizi sonuçları

Bileşen	TI	Kontrol Örneği	180 W				360 W				600 W			
			15 dk	16 dk	17 dk	18 dk	5.5 dk	6.5 dk	7.5 dk	8.5 dk	2 dk	2.5 dk	3 dk	3.5 dk
Asetik asit	<800	1.52	3.74	5.44	6.76	4.18	5.08	6.45	5.82	8.20	7.21	7.75	9.55	10.15
Asetaldehit	<800	-	3.40	3.64	4.01	2.86	3.42	3.36	3.70	3.84	-	-	-	-
Butanal, 3-metil-	<800	0.45	0.58	0.84	0.91	0.60	0.84	1.01	1.03	1.03	0.67	0.77	0.89	1.01
Tanımlanamadı	<800	0.24	0.70	1.23	1.57	0.80	1.16	1.34	1.31	1.73	0.83	0.92	1.29	1.50
Propanoik asit	<800	0.86	0.98	0.76	0.86	0.55	0.70	0.60	0.86	0.72	0.64	0.65	1.51	0.82
Tanımlanamadı	<800	0.79	-	0.59	0.71	0.49	0.41	-	0.62	-	0.59	0.54	-	-
alfa-hidroksiasetik asit	<800	0.19	0.55	0.79	0.60	0.59	0.59	-	0.64	0.00	0.41	0.50	0.51	0.52
Propanoik asit, 2-metil-(İzobütirik asit)	<800	60.41	59.51	53.60	48.37	59.89	55.55	50.07	50.89	44.36	63.33	61.29	56.01	50.51
2,3-Butandiol	<800	-	-	-	-	-	-	1.02	1.10	0.69	-	-	-	-
Butanoik asit	<800	5.95	6.98	6.25	5.94	6.29	6.43	5.89	6.05	5.49	6.80	6.57	6.08	5.91
Furfural	832	-	1.16	4.05	5.54	1.89	3.26	5.12	4.24	6.07	1.29	1.66	3.66	4.93
Butanoik asit, 2-metil-	849	0.47	3.00	2.50	2.18	2.87	2.59	2.36	2.41	2.07	2.90	2.73	2.46	2.32
3-Furanmetanol	852	4.11	-	1.90	2.85	0.70	1.77	2.51	2.02	4.29	0.47	0.57	1.63	2.65
Pentanoik asit	875	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanımlanamadı	914	0.29	-	0.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Furankarboksialdehit, 5-metil-	966	0.36	-	-	0.89	-	0.47	0.71	0.68	1.05	-	-	0.45	0.79
Hekzanoik asit	992	0.13	14.61	10.38	10.20	14.61	12.70	11.50	11.64	10.27	12.21	12.67	10.81	11.76
Propanoik asit, 2-metil-, 3-metilbütül ester	1014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanımlanamadı	1055	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanımlanamadı	1062	20.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Etanon, 1-(1H-pirol-2-yl)-	1064	-	1.85	2.91	2.89	1.92	1.98	2.34	2.46	2.83	1.37	1.55	1.72	1.93
2H-Piran-2-one, 5,6-dihidro- *	1078	0.44	0.90	1.17	1.15	0.84	0.88	1.03	1.03	1.25	0.72	0.79	0.95	1.08
Nonanal	1106	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4H-Piran-4-one, 2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil-	1146	0.65	0.50	3.31	3.99	0.92	2.17	3.87	3.01	5.00	0.56	1.03	2.48	3.03
Tanımlanamadı	1164	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oktanoik asit	1174	0.17	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3H-Pirazol-3-one, 2,4-dihidro-4,4,5-trimetil-	1230	0.16	-	-	0.56	-	-	0.82	-	0.62	-	-	-	0.70
Nonanoik asit	1270	-	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam		98.57	99.62	99.99	99.98	100	100	100	99.51	99.49	100	99.99	100	99.61

* Şüpheli ile tanımlandı.

Çizelge 4. 31. Kombinasyon kavurma ile elde edilmiş keçiyoynuzu tozlarına ait uçucu bileşen analizi sonuçları

Bileşen	TI	Kontrol Örneği	Kombi 3(1)	Kombi 3(2)	Kombi 3(3)	Kombi 4(1)	Kombi 4(2)	Kombi 4(3)	Kombi 5(1)	Kombi 5(2)
Asetik asit	<800	1.52	2.86	4.12	6.27	3.38	5.49	7.56	3.33	8.91
Asetaldehit	<800	-	3.02	3.25	4.23	2.99	4.09	4.96	3.02	-
Butanal, 3-metil-	<800	0.45	0.50	0.94	1.29	0.57	1.11	1.20	0.49	1.07
Tanımlanamadı	<800	0.24	0.56	0.88	1.64	0.54	1.19	1.98	0.54	1.20
Propanoik asit	<800	0.86	0.45	1.41	1.00	1.28	1.94	1.15	1.31	1.76
Tanımlanamadı	<800	0.79	0.96	-	0.85	-	-	1.01	-	-
alfa-hidroksiasetik asit	<800	0.19	0.80	0.97	1.13	0.93	0.97	1.18	0.89	0.95
Propanoi asit, 2-metil-(İzobütirik asit)	<800	60.41	59.10	56.25	52.70	59.11	51.94	42.00	60.75	51.55
2,3-Butandiol	<800	-	-	-	-	0.79	-	0.90	-	-
Butanoik asit	<800	5.95	5.96	6.74	6.18	6.08	7.26	5.61	6.10	6.83
Furfural	832	-	0.76	1.89	3.58	0.79	2.59	3.92	0.71	2.58
Butanoik asit, 2-metil-	849	0.47	-	3.58	2.45	3.42	2.73	2.02	3.48	2.76
3-Furanmetanol	852	4.11	3.66	-	1.43	-	0.89	2.23	-	0.87
Pentanoik asit	875	-	0.22	0.20	-	-	-	-	-	-
Tanımlanamadı	914	0.29	-	-	-	-	-	0.35	-	-
2-Furankarboksialdehit, 5-metil-	966	0.36	-	-	0.38	-	-	0.50	-	-
Hekzanoik asit	992	0.13	17.59	15.31	10.67	17.15	13.17	11.35	16.55	14.23
Propanoik asit, 2-metil-, 3-metilbütül ester	1014	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanımlanamadı	1055	-	0.40	0.23	-	0.30	-	0.34	0.29	-
Tanımlanamadı	1062	20.25	0.58	1.68	-	0.43	-	-	0.46	-
Etanon, 1-(1H-pirol-2-yl)-	1064	-	0.89	-	2.46	0.83	2.25	2.77	0.74	2.15
2H-Piran-2-one, 5,6-dihidro- *	1078	0.44	0.64	0.83	0.17	0.62	1.01	1.13	0.61	1.02
Nonanal	1106	0.66	-	-	-	-	-	-	-	0.32
4H-Piran-4-one, 2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil-	1146	0.65	-	0.98	2.32	-	1.16	4.52	-	3.05
Tanımlanamadı	1164	0.52	0.18	0.24	-	0.22	-	0.39	0.21	0.32
Oktanoik asit	1174	0.17	0.44	0.45	0.27	0.54	0.49	0.40	0.50	0.43
3H-Pirazol-3-one, 2,4-dihidro-4,4,5-trimetil-	1230	0.16	-	-	-	-	-	0.56	-	-
Nonanoik asit	1270	-	0.33	-	-	-	0.73	-	-	-
Toplam		98.62	99.00	99.95	99.02	99.97	99.01	98.03	99.98	100

* Şüphe ile tanımlandı.

Çizelge 4. 32. Yalnız sıcak hava kullanılarak kavrulmuş keçiboynuzu tozlarına ait uçucu bileşen analizi sonuçları

Bileşen	Tutunma İndeksi	Kontrol Örneği	Sıcak Hava 12 dk	Sıcak Hava 16 dk	Sıcak Hava 20 dk
Asetik asit	<800	1.52	3.98	7.18	8.54
Asetaldehit	<800	-	3.66	4.45	5.34
Butanal, 3-metil-	<800	0.45	0.82	1.16	1.03
Tanımlanamadı	<800	0.24	0.92	1.68	2.23
Propanoik asit	<800	0.86	1.64	2.01	1.29
Tanımlanamadı	<800	0.79	-	-	1.16
alfa-hidroksiasetik asit	<800	0.19	0.90	0.90	1.35
Propanoik asit, 2-metil-(İzobütirik asit)	<800	60.41	50.59	44.70	36.79
2,3-Butandiol	<800	-	-	-	4.42
Butanoik asit	<800	5.95	6.61	6.15	1.54
Furfural	832	-	1.93	3.35	4.22
Butanoik asit, 2-metil-	849	0.47	2.79	2.27	1.84
3-Furanmetanol	852	4.11	0.38	1.53	3.07
Pentanoik asit	875	-	0.21	-	-
Tanımlanamadı	914	0.29	-	-	0.41
2-Furankarboksialdehit, 5-metil-	966	0.36	-	0.29	0.70
Hekzanoik asit	992	0.13	16.30	12.79	10.25
Propanoik asit, 2-metil-, 3-metilbütül ester	1014	-	0.20	-	-
Tanımlanamadı	1055	-	0.35	-	-
Tanımlanamadı	1062	20.25	-	-	-
Etanon, 1-(1H-pirol-2-yl)-	1064	-	2.36	3.29	3.42
2H-Piran-2-one, 5,6-dihidro- *	1078	0.44	0.92	1.26	1.49
Nonanal	1106	0.66	0.23	-	-
4H-Piran-4-one, 2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil-	1146	0.65	1.80	6.18	9.41
Tanımlanamadı	1164	0.52	0.42	-	0.37
Oktanoik asit	1174	0.17	0.95	0.47	0.39
3H-Pirazol-3-one, 2,4-dihidro-4,4,5-trimetil-	1230	0.16	-	0.33	0.74
Nonanoik asit	1270	-	0.76	-	-
Toplam		98.62	98.72	99.99	100

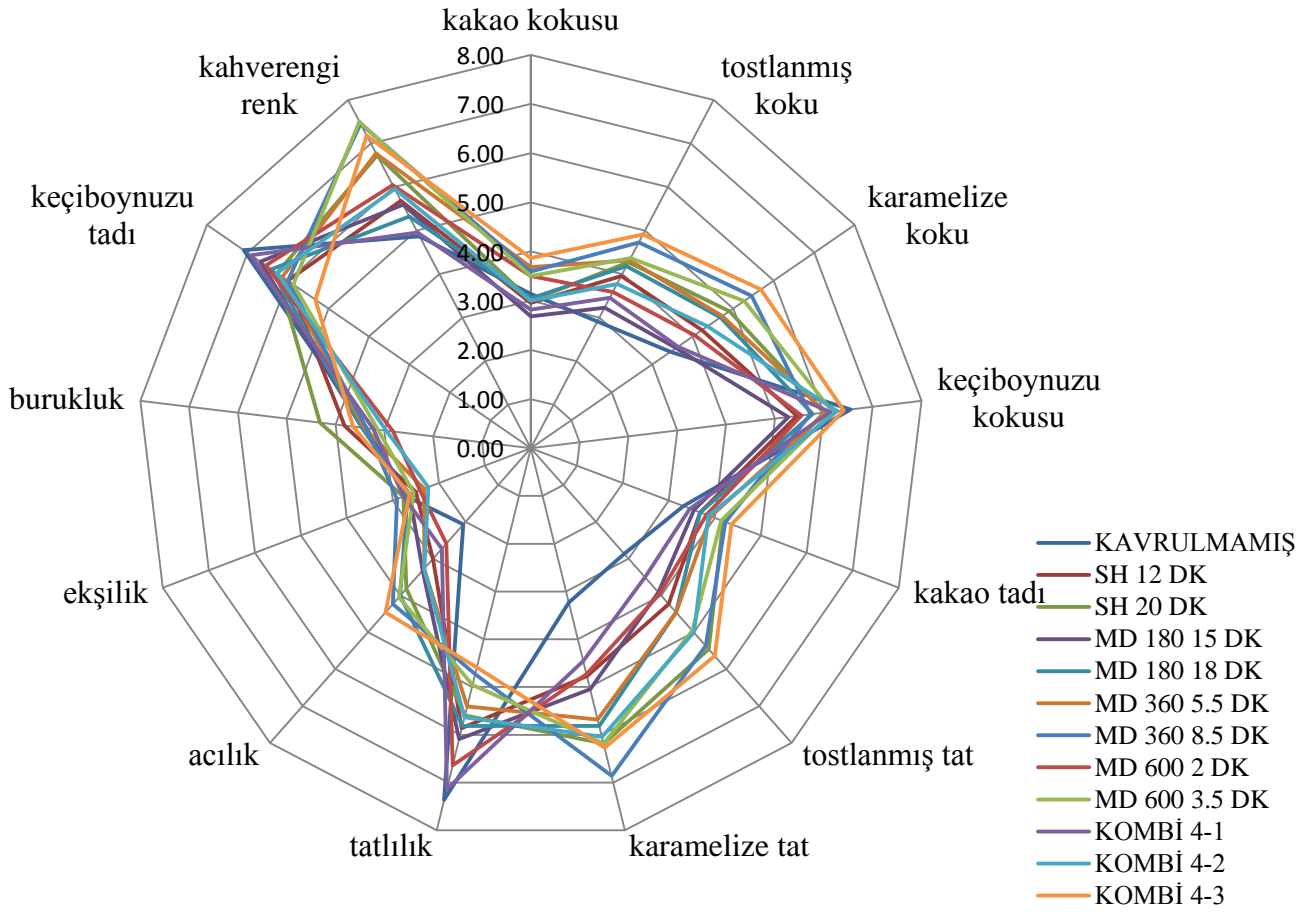
* Şüpheli ile tanımlandı.

GC-MS ile uçucu bileşen profili belirlenmiş olan keçiboynuzu tozların kavurma işlemi ile birlikte uçucu bileşen sayısında artış gözlenmiş olup, kavrulmuş örneklerde Maillard reaksiyonu ürünlerinden furan, pirol ve pirazin oluşumu gözlenmiştir. Kavrulmamış örnekte ve farklı yöntemlerle kavurma işlemi uygulanan örneklerde ana uçucu bileşen olarak izobütirik asit (propanoik asit,2-metil) belirlenmiştir. İzobütirik asit kavurma süre, sıcaklık ve güç değerleri arttıkça miktarca azalmıştır. Kavrulmamış keçiboynuzu tozu örneğinde izobütirik asit (propanoik asit,2-metil), bütanoik asit, metilbütirik asit, asetik asit ve hekzanoik asit gibi asidik bileşiklerin başlıca uçucu bileşenleri oluşturduğu gözlenmiştir. Kavrulmuş örneklerde miktarı kavrulmamış olan örnekte daha az belirlense de uçucu bileşenlerin büyük bir kısmını asidik bileşiklerin oluşturduğu gözlenmiştir. Yalnız sıcak hava ile kavruyan keçiboynuzu tozları ile kombinasyon kavurma yöntemi uygulanan keçiboynuzu tozlarının uçucu bileşen profillerinin birbirlerine yakın olduğu gözlenirken, yalnız mikrodalga kullanılarak kavruyan örneklerde bazı bileşenlerin (Etanon,1-(1H-pirol-2-yl)) daha az olduğu belirlenmiştir.

Cantalejo (1997) yaptığı çalışmada; konvansiyonel fırın içerisinde 120°C’de 10-60 dakika boyunca keçiboynuzu pulpuna kavurma işlemi uygulamış, kavruan örneklerin kavurma işlemi ile birlikte değişen uçucu bileşen kompozisyonunu incelemiştir. %91.4 oranında tanımlama yapılan çalışmada, kavrulmamış keçiboynuzu meyvesinde methylpropanoic acid, hexanoic acid, 2-methylbutanoic acid ve butanoic acid temel uçucu bileşenler olarak belirtilmiştir. Kavrulmuş keçiboynuzu örneklerinde metilpropanoik asit, hekzanoik asit, 2-metilbütanoik asit ve bütanoik asit bileşiklerine ek olarak furan ve pirollerin oluştuğu rapor edilmiştir.

4.8. Kavurma İşlemlerinin Keçiboynuzu Tozlarının Duyusal Özelliklerine Etkisi

Yalnız mikrodalga, mikrodalga destekli sıcak hava kombinasyonu ve yalnız sıcak hava ile kavrulmuş olan keçiboynuzu tozu örneklerine pannelle duyusal analiz yürütülmüştür. Duyusal analiz aynı panelistler eşliğinde 2 tekerrür şeklinde ve toz örnekler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz sonucunda elde veriler örümcek ağı grafiğe işlenmiş ve grafik Şekil 4. 3’te verilmiştir.



Şekil 4. 3. Duyusal analiz sonuçlarına ait örümcek ağı grafiği

Duyusal analizler esnasında panelistlerden kendilerine verilen 12 farklı örneği Şekil 4.3’de görülen parametreler açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Ayrıca belirlenen bu duyusal kriterler dışında panelistlerden kendilerine sunulan ürünleri satın alma eğilimlerini belirlemek amacıyla 1 (kesinlikle satın almam) ile 5 (kesinlikle satın alırım) arasında puanlamaları istenmiştir. Satın alma eğilimi ortalama sonuçlarına göre en az puanı kavrulmamış toz ürün alırken en yüksek puanı ise; kombinasyon kavurma yöntemiyle kavrulmuş olan toz ürün almıştır.

Duyusal analiz sonuçlarına göre; kavrulmamış keçiyoynuzu örneklerinin tatlılık, puanları ile keçiyoynuzu kokusu ve keçiyoynuzu tadı puanları en yüksek, acılık, tostlanmış tat ve tostlanmış koku puanları en düşük seviyelerde gözlenmiştir. Kavrulmuş örneklerde tatlılık ve keçiyoynuzuna özgü tat/koku puanları düşerken, acılık, tostlanmış tat/koku, karamelize tat/koku, kahverengi renk ve kakao tadı/kokusu puanları yükselmiştir.

Duyusal analiz sonrasında; kavrulmamış örnekte yüksek olan tatlılık ve keçiyoynuzu tadı/kokusu puanlarının kavurma işlemi ile birlikte düştüğü ve kavrulmuş örneklerde daha yüksek puan alan kahverengi renk, kakao tadı/kokusu, karamelize tat/koku, tostlanmış tat/koku ve acılık parametrelerinin kavurma işlemleri ile birlikte arttığı gözlemlenmiştir. Duyusal analiz sonucunda kavurma işlemi uygulanan keçiyoynuzu tozları ve özellikle kombinasyon kavurma uygulaması yapılan örnekler daha çok beğeni puanı toplarken, bu değerlerin istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34).

Çizelge 4. 33. Keçiyoynuzu tozlarının duysal özelliklerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Kahverengi Renk		Kakao Kokusu		Tostlanmış Koku		Karamelize Koku		Tatlılık	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulama	3	0.98	5.63	3.71	7.69	0.63	3.73	0.56	2.01	1.28	7.28*
Hata	4										
VK	SD	Keçiyoynuzu Kokusu		Kakao Tadı		Karamelize Tat		Keçiyoynuzu Tadı		Acılık	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulama	3	0.87	0.87	0.40	2.03	2.44	5.23	0.58	1.76	1.53	1.38
Hata	4										
VK	SD	Ekşilik		Burukluk		Satın Alma Eğilimi		Tostlanmış Tat			
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F		
Uygulama	3	0.20	0.27	0.53	1.45	0.58	0.54	1.63	14.85*		
Hata	4										

Çizelge 4. 34. Keçiboynuzu tozlarının duyuşal özelliklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Kavrulmamış	Sıcak Hava Kavurma	Mikrodalga Kavurma	Kombinasyon Kavurma
Kahverengi Renk	4.87 ^b ±0.06	6.20 ^a ±0.74	6.45 ^a ±0.03	6.03 ^a ±0.39
Kakao Kokusu	4.05 ^b ±1.10	2.98 ^b ±0.74	3.33 ^b ±0.19	6.03 ^a ±0.39
Tostlanmış Koku	2.91 ^b ±0.38	4.11 ^a ±0.61	3.48 ^a ±0.40	4.05 ^a ±0.02
Karamelize Koku	3.45 ^a ±0.00	4.57 ^a ±0.93	4.34 ^a ±0.05	4.56 ^a ±0.49
Keçiboynuzu Kokusu	6.55 ^a ±0.00	5.73 ^a ±0.71	5.05 ^a ±1.72	6.27 ^a ±0.73
Kakao Tadı	3.32 ^a ±0.45	3.93 ^a ±0.10	4.42 ^a ±0.76	3.89 ^a ±0.02
Karamelize Tat	3.23 ^b ±0.45	5.48 ^a ±0.93	5.14 ^a ±0.74	5.59 ^a ±0.49
Keçiboynuzu Tadı	7.09 ^a ±0.25	6.14 ^a ±0.51	5.84 ^a ±0.85	6.17 ^a ±0.54
Tatlılık	7.37 ^a ±0.39	5.73 ^b ±0.58	5.77 ^b ±0.01	5.79 ^b ±0.47
Acılık	2.07 ^a ±0.81	3.41 ^a ±0.26	4.17 ^a ±1.82	3.48 ^a ±0.64
Ekşilik	2.73 ^a ±0.90	2.64 ^a ±0.13	3.26 ^a ±1.44	2.55 ^a ±0.39
Burukluk	3.37 ^a ±0.90	4.07 ^a ±0.80	2.82 ^a ±0.15	3.27 ^a ±0.04
Satın Alma Eğilimi (5 puan üzerinden)	3.20 ^a ±0.29	3.59 ^a ±0.32	3.39 ^a ±0.61	4.42 ^a ±1.93

Keçiboynuzu meyvesinin farklı sıcaklık ve sürelerde kavruğu bir çalışma sonucunda elde edilen örneklerin duyuşal analizleri yapılmıştır. 1 ile 9 arasında puanlama yapılan analizde kavurma işleminin süresi ve sıcaklığı arttıkça örneklere verilen puanların yükseldiği rapor edilmiştir (Yousif ve Alghzawi, 2000).

Şam fıstığı kavruşmuş olan bir çalışmada örnekler 90, 120 ve 150°C’de 30’ar dakika boyunca kavruşmuş ve üç örneğin de duyuşal analizleri gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz 10 kişilik bir panel grubu ile ve 5 puanlık hedonik skalada gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda kavurma işleminin örneklerin duyuşal beğenisini önemli derecede artırdığına değinilirken, kavurma sıcaklığı arttıkça örneklere olan beğenin arttığı rapor edilmiştir (Nikzadeh ve Sedaghat 2008).

Tane karabiber kavruşmuş olan bir çalışmada; panelistler tarafından kavruşmuş ve kavruşmamış olan örneklere duyuşal analiz gerçekleştirilmiş, kavurma işlemi uygulanmış örnekler çiğ örneklerden daha yüksek puanlar almışlardır (Chacko vd 1996).

4.9. Farklı Kavurma İşlemlerinin Enerji Verimlilikleri

Çalışma kapsamında keçiyoynuzu pulunu kavurmak için kullanılan mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga destekli sıcak hava kombinasyon uygulamalarının enerji verimlilikleri Akkarachaneeyakorn vd (2010) yaptıkları araştırmada kullandıkları yöntem ile belirlenmiştir. Mikrodalga ve mikrodalga destekli sıcak hava kombinasyon uygulamasının enerji verimlilikleri yalnız sıcak hava kullanılan kavurma yöntemi ile kıyaslanmış, % verim hesaplanmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.35'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 35. Farklı kavurma tekniklerinin enerji verimlilikleri

Uygulama	En Kısa Sürede Harcanan Enerji (W/h)	En Uzun Sürede Harcanan Enerji (W/h)	Ortalama (W/h)	Enerji Verimliliği (%)
Sıcak Hava	720	1200	960	-
Mikrodalga	72	194.4	133.2	86.12
Kombinasyon	378	546	462	51.88

4.10. Farklı Kavurma Yöntemlerinin Birbirleriyle Kıyaslanması

Araştırma kapsamında kullanılan mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga destekli sıcak hava kombinasyon uygulamalarıyla elde edilen keçiyoynuzu tozlarının analizlerine ait sonuçların varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile birbirlerine kıyası gerçekleştirilmiştir. Buna göre; kullanılan uygulamalara ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4. 36'da, önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçları Çizelge 4. 37'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 36. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilen keçiyoynuzu tozlarına uygulanan analiz sonuçlarına ait varyans analizi tablosu

VK	SD	Nem (%)		A _w		L Değeri		a Değeri		b Değeri	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulama	2	0.29	129.88**	0.001	146.14**	14.88	880443**	1.02	4240.47**	4.04	19256.2**
Hata	3										
VK	SD	TFM (mg/gkm)		BI		UV-A		AA (g/mg DPPH)		pH	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulama	2	0.78	25.46*	402.04	7817.73**	7537.48	6748.39**	0.15	5079.99**	0.01	356.24**
Hata	3										
VK	SD	Sakkaroz (g/kg)		Glukoz (g/kg)		D-pinitol (g/kg)		Fruktoz (g/kg)			
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F		
Uygulama	2	149.53	4.10	11.36	1.73	24.56	10.35	22.45	32.94		
Hata	3										

(*) p<0.05 ve (**) p<0.01 farklılık ifade eder.

Çizelge 4. 37. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilen keçiboynuzu tozlarına uygulanan analiz sonuçlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Mikrodalga	Kombinasyon	Sıcak Hava
Nem (%)	4.15 ^a ±0.00	3.61 ^b ±0.00	3.40 ^c ±0.08
A _w	0.29 ^b ±0.00	0.30 ^a ±0.00	0.26 ^c ±0.00
<i>L</i> Değeri	53.35 ^a ±0.00	51.85 ^b ±0.00	48.05 ^c ±0.01
<i>a</i> Değeri	11.03 ^a ±0.03	10.42 ^b ±0.01	9.60 ^c ±0.00
<i>b</i> Değeri	20.27 ^a ±0.02	19.08 ^b ±0.02	17.44 ^c ±0.00
TFM (mg/g km)	12.57 ^a ±0.22	11.66 ^b ±0.03	11.37 ^b ±0.21
BI	25.10 ^c ±0.00	32.13 ^b ±0.05	52.41 ^a ±0.39
UV-A	473.87 ^c ±1.03	484.15 ^b ±1.51	584.97 ^a ±0.00
AA (g/mgDPPH)	0.91 ^c ±0.00	1.17 ^b ±0.01	1.47 ^a ±0.00
pH	5.10 ^a ±0.00	5.10 ^a ±0.00	4.97 ^b ±0.01
Sakkaroz (g/kg)	334.92 ^a ±9.94	320.08 ^a ±0.65	319.81 ^a ±3.20
Glukoz (g/kg)	48.84 ^a ±0.65	45.62 ^a ±0.65	44.18 ^a ±4.34
D-pinitol (g/kg)	71.70 ^a ±0.66	67.90 ^b ±0.33	74.90 ^a ±2.56
Fruktoz (g/kg)	87.20 ^a ±0.11	81.09 ^b ±0.16	86.54 ^a ±1.42

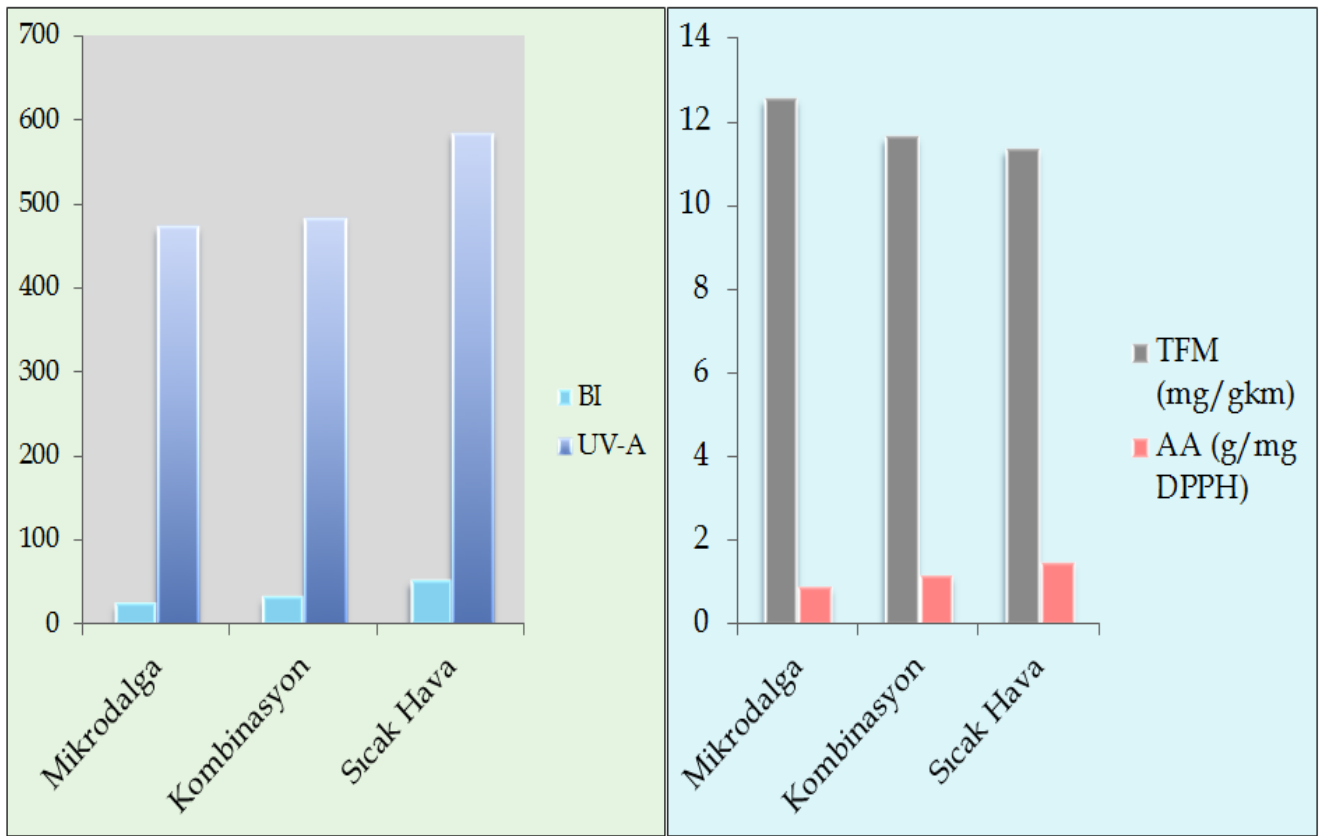
(N=2)

Varyans analiz sonuçlarına göre; farklı kavurma yöntemlerinin keçiboynuzu tozlarının TFM içeriği üzerine önemli ($p<0.05$) ve TAA, BI, UV-A, nem, a_w , pH, Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri üzerine önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Farklı kavurma yöntemlerinin keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonu ve D-pinitol içerikleri üzerine önemli ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

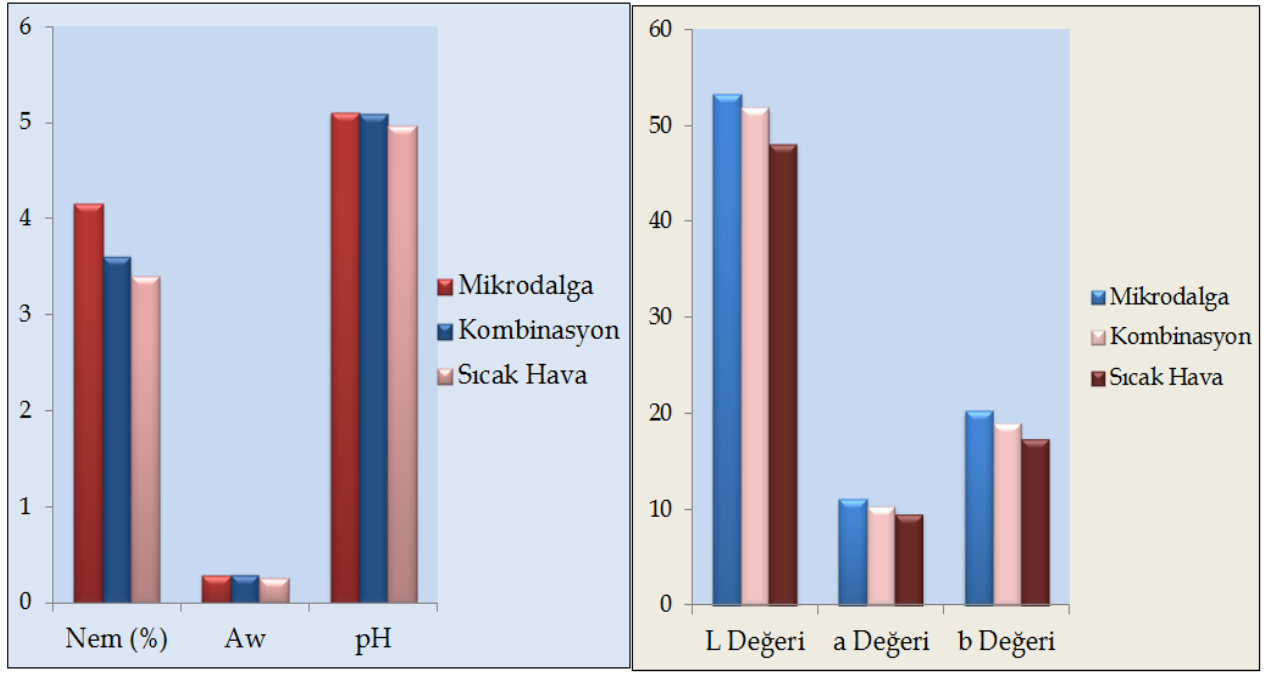
Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; keçiboynuzu tozlarının TFM içeriği mikrodalga, kombinasyon ve sıcak hava kavurma işlemlerinde sırasıyla 12.57, 11.66 ve 11.37 mg/gkm olarak belirlenmiştir. TAA değerleri mikrodalga, kombinasyon ve sıcak hava kavurma işlemlerinde sırasıyla; 0.91, 1.17 ve 1.47 g/mg DPPH olarak bulunmuştur. Keçiboynuzu tozlarının BI ve UV-A değerleri mikrodalga, kombinasyon ve sıcak hava kavurma işlemlerinde sırasıyla; 25.10, 32.13, 52.41 ve 473.87, 484.15 ve 584.97 olarak belirlenmiştir. Kavrulmuş örneklerin nem ve su aktivitesi değerleri mikrodalga, kombinasyon ve sıcak hava kavurma işlemlerinde sırasıyla; 4.15, 3.61, 3.40 ve 0.29, 0.30, 0.26 olarak tespit edilmiştir. Keçiboynuzu tozlarının Hunter *L*, *a* ve *b* değerleri mikrodalga, kombinasyon ve sıcak hava kavurma işlemlerinde sırasıyla; 53.35, 51.85, 48.05 ve 11.03, 10.42, 9.60 ve 20.27, 19.08, 17.44 olarak bulunmuştur. Keçiboynuzu tozlarının sakkaroz,

glukoz ve fruktoz içerikleri mikrodalga, kombinasyon ve sıcak hava kavurma işlemlerinde sırasıyla; 334.92, 320.08, 319.81 g/kg ve 48.84, 45.62, 44.18 g/kg ve 87.20, 81.09, 86.54 g/kg olarak ölçülmüştür. Keçiyoynuzu tozlarının D-pinitol içerikleri ise mikrodalga, kombinasyon ve sıcak hava kavurma işlemlerinde sırasıyla; 71.70, 67.90 ve 74.90 g/kg olarak belirlenmiştir.

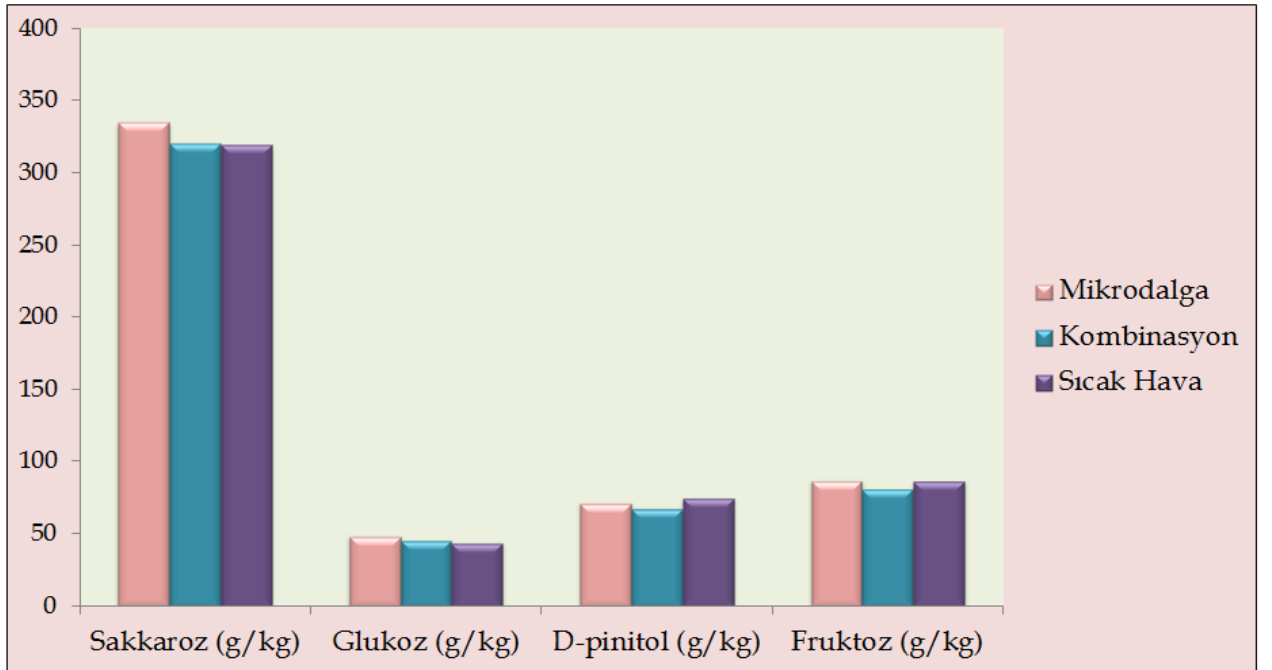
Farklı kavurma yöntemleri ile elde edilen keçiyoynuzu tozlarına uygulanan analiz sonuçlarının karşılaştırılması için bir takım grafiklerde kullanılmış olup, TFM, AA, BI ve UV-A değerlerine ait grafik Şekil 4.4'te, nem, a_w , pH ve Hunter L , a ve b değerlerine ait grafik Şekil 4.5'te ve şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriğine ait grafik Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 4. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilmiş keçiyoynuzu tozlarının TFM, AA, BI ve UV-A değerlerine ait grafik



Şekil 4.5. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilmiş keçiboynuzu tozlarının nem, su aktivitesi, pH ve Hunter *L*, *a* ve *b* değerlerine ait grafik



Şekil 4.6. Farklı kavurma yöntemleriyle elde edilmiş keçiboynuzu tozlarının şeker kompozisyonu ve D-pinitol içeriklerine ait grafik

Enerji verimlilikleri ve farklı yöntemlerin karşılaştırma sonuçları göz önüne alındığında, yalnız mikrodalga ile kavurma işleminin zaman tasarrufu sağladığı ve ekonomik olduğu gözlemlenmiştir. Fakat elde edilen son ürün özellikleri söz konusu olduğunda, yalnız mikrodalga ile kavru lan örneklerde istenilen bir takım özelliklerin bulunmadığı, mikrodalga süre ve güç değerlerinin renk ve aroma bileşiklerini tam anlamıyla oluşturamadığı kanısına varılabilir. Bu nedenle sıcak havaya kıyasla yaklaşık olarak %50 oranında enerji tasarrufu sağlayan kombinasyon kavurma yönteminde, mikrodalga enerjisi ile zaman ve enerji tasarrufu, sıcak hava ile de Maillard reaksiyonları sayesinde istenilen aroma ve renk bileşiklerinin oluşturulabileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇ

Keçiboynuzu tozu; gün geçtikçe kullanımı artan, pek çok farklı tüketim şekli bulunan, mineral ve vitamin içeriğinin yanında doğal şeker içeriği oldukça yüksek olan ve ucuz olmasının yanı sıra kolay bulunabilen bir materyaldir. Yoğun kokusundan dolayı tercih edilmeyen keçiboynuzu meyvesinin kavrulup, değirmenlerde öğütüldükten sonra tüketilebilirliği daha da artmıştır. Bu çalışmada keçiboynuzu meyvesi yalnız mikrodalga, yalnız sıcak hava ve mikrodalga destekli sıcak hava kombinasyonu ile kavurma işlemine tabi tutulmuş, kavrulduktan sonra öğütülerek elde edilen keçiboynuzu tozunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

1. Keçiboynuzu tozu sıcak hava yerine; yalnız mikrodalga kullanılarak veya mikrodalga destekli sıcak hava uygulamasıyla kavrularak daha ekonomik şekilde üretilebilir.
2. Farklı kavurma uygulamalarıyla elde edilen ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine mikrodalga gücü, uygulama süresi ve güç x süre interaksiyonları önemli derecede etkili olmuştur.
3. Kavrulmuş tüm keçiboynuzu tozlarında şeker içeriği kavurma ile azalmış, buna karşılık D-pinitol içeriği artmıştır. Kavurma ile gerçekleşen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu örneklerin esmerleşme indeksleri ve UVA değerleri artmış, pH azalmış ve renk koyulaşmıştır.
4. Keçiboynuzu tozunda kavurma işlemiyle toplam uçucu bileşen sayısında artış gözlenmiştir. İşlem görmemiş üründe ve kavrulmuş tüm örneklerde “izobütirik asit” ana uçucu bileşen olarak saptanmıştır. Kavurma işlemiyle ham örnekte bulunan asidik uçucu bileşenler azalmış, bunun yanında furan, pirol ve pirazin bileşikleri artmıştır.
5. Keçiboynuzu tozunda kavurma işlemiyle test edilen duyuşal özelliklerin iyileştiği, dolayısıyla da kavrulmuş örneklerin duyuşal puanlarının yüksek olduğu gözlenmiştir. Satınalma eğiliminde mikrodalga destekli sıcak hava uygulamasıyla kavrulan örnekler en çok tercih edilen örnekler olmuştur.

Sonuç olarak; değerli bir besin olan keçiboynuzu tozunun, üretimi için farklı pek çok yöntem kullanılabileceği ve ürünün kullanımını sınırlandıran bazı özelliklerinin bu kavurma yöntem ve kombinasyonları ile ortadan kaldırılabilceği görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- AGRAWAL, A., MOHAN, M., KASTURE, S., FODDIS, C., FRAU, M.A., LOI, M.C. and ANDREA, M. 2011. Antidepressant activity of *Ceretonia siliqua* L. fruit extract, a source of polyphenols. *Natural Product Research*, 25 (4): 450-456.
- AHRAZ, A. 2003. Locust bean gum (keçiboynuzu zamkı) E-410'un Türkiye'de üretimi. *Gıda Teknolojisi*, 7: 36-37.
- AKKARACHANEYAKORN, S., LAGUERRE, J.C., TATTIYAKUL, J., NEUGNOT, B., BOIVIN, P., MORALES, F.J. and BIRLOUEZ-ARAGON, I. 2010. Optimization of combined microwave-hot air roasting of malt based on energy consumption and neo-formed contaminants content. *Journal of Food Science*, 75 (4): 201-207.
- ANDRES-ELIAS, N., PUJOLS, J., BADIOLA, I. and TORRALARDONA, D. 2007. Effect of nucleotides and carob pulp on gut health and performance of weanling piglets. *Livestock Science*, 108: 280-283.
- ANONİM. 2013. http://en.wikipedia.org/wiki/Convection_microwave
- ANONİM. 2014a. <http://www.cine-tarim.com.tr/dergi/arsiv57/sektorel05.htm>
- ANONİM. 2014b. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Ke%C3%A7iboynuzu>
- ANONİM. 2014c. TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ. 1977. Keçiboynuzu (Harnup), TS 2907.
- ANONİM. 2014d. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:D-Pinitol.svg>
- ANONİM. 2014e. FAO, 2004, Date palm production.
- ANONİM. 2014f. <http://blogtechtics.com/2013/09/how-microwave-oven-worksprinciple-and-mechanism.html>
- AVALLONE, R., PLESSI, M., BARALDI, M. and MONZANI, A. 1997. Determination of chemical composition of carob (*Ceretonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates and tannins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10: 166-172.
- AVALLONE, R., COSENZA, F., FARINA, F., BARALDI, C. and BARALDI, M. 2002. Extraction and purification from *Ceretonia siliqua* of compounds acting on central and peripheral benzodiazepine receptors. *Fitoterapia*, 73 (5): 390-396.
- AYAZ, F.A., TORUN, H., GLEW, R.H., BAK, Z.D., CHUANG, L.T., PRESLEY, J.M. and ANDREWS, R. 2009. Nutrient content of carob pod (*Ceretonia siliqua* L.) flour

- prepared commercially and domestically. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64: 286-292.
- AYDENİZ, B., GUNESER, O. and YILMAZ, E. 2014. Physico-chemical, sensory and aromatic properties of cold press produced safflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91: 99-110.
- BATES, S.H., JONES, R.B. and BAILEY, C.J. 2009. Insulin-like effect of pinitol. *British Journal of Pharmacology*, 130 (8): 1944-1948.
- BATTLE, I. 1997. Current situation and possibilities of development of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in the Mediterranean region. Unpublished FAO report. Rome, Italy.
- BATTLE, I. and TOUS, J. 1997. Carob tree (*Ceratonia siliqua* L.), International Plant Genetic Resources Institute. Rome-Italy, 10-39.
- BATU, A. 2011. Üzüm, pekmez ve insan sağlığı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (2): 25-35.
- BEHERA, S., NAGARAJAN, L. and RAO, L.J.M. 2004. Microwave heating and conventional roasting of cumin seeds (*Cuminum cyminum* L.) and effect on chemical composition of volatiles. *Food Chemistry*, 87: 25-29.
- BENGOECHEA, C., ROMERO, A., VILLANUEVA, A., MORENO, G., ALAIZ, M., MILLAN, F., GUERRERO, A. and PUPPO, M.C. 2008. Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins. *Food Chemistry*, 107: 375-683.
- BINER, B., GUBBUK, H., KARHAN, M., AKSU, M. and PEKMEZCI, M. 2007. Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food Chemistry*, 100: 1453-1455.
- BORRELLI, R.C., VISCONTI, A., MENNELLA, C., ANESE, M. and FOGLINA, V. 2002. Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6527-6533.
- BOUZOUITA, N., KHALDI, A., ZGOULLI, S., CHEBIL, L., CHEKKI, R., CHAABOUNI, M.M. and THONART, P. 2007. The analysis of crude and purified locust bean gum; a comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia. *Food Chemistry*, 101 (4): 1508-1015.
- BURDURLU, H. S. ve KARADENİZ, F. 2002. Gıdalarda Maillard reaksiyonu. *Gıda*, 27 (2): 77-83.

- CAGLAR, A., EROL, N. and ELGUN, S. 2013. Effect of carob flour substitution on chemical and functional properties of tarhana. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37: 670-675.
- CALIXTO, F.S. and CANELLAS, J. 1982. Components of nutritional interest in carob pods *Ceratonia siliqua*. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 33: 1319-1323.
- CANTALEJO, M. J. 1997. Effects of roasting temperature on the aroma components of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 1345-1350.
- CEPO, D.V., MORNAR, A., NIGOVIC, B., KREMER, D., RADANOVIC, D. and DRAGOJEVIC, I.V. 2014. Optimization of roasting conditions as an useful approach for increasing antioxidant activity of carob powder. *LWT-Food Science and Technology*
- CHACKO, S., JAYALEKSHMY, A., GOPALAKRISHNAN, M. and NARAYANAN, C.S. 1996. Roasting studies on black pepper (*Piper nigrum* L.). *Flavour and Fragrance Journal*, 11: 305-310.
- CHANDRASEKARA, N. and SHAHIDI, F. 2011. Antioxidative potential of cashew phenolics in food and biological model systems as affected by roasting. *Food Chemistry*, 129: 1388-1396.
- CHEN, J., ZHANG, H., CHEN, Y., WU, T., YU, W. and DAI, G. 2014. Optimization of D-pinitol extraction from vegetable soybean leaves and its potential application in control of cucumber powdery mildew. *Crop Protection*, 60: 20-27.
- CHOI, M.S., LEE, M.K., JUNG, U.J., KIM, H.J., DO, G.M., PARK, Y.B. and JEON, S.M. 2009. Metabolic response of soy pinitol on lipid-lowering, antioxidant and hepatoprotective action in hamsters fed-high fat and high cholesterol diet. *Molecular Nutrition and Food Research*, 53: 751-759.
- COPPEN, J.J.W. 1995. Gums, resins and latexes of plant origin. *Rome: FAO*, 142 p.
- DAKIA, P.A., WATHELET, B. and PAQUOT, M. 2007. Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chemistry*, 102 (4): 1368-1374.
- DAKIA, P.A. 2007. Carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds, endosperm and germ composition and application to health. In: V. R. Preedy, R. R. Watson and V.B. Patel (Editors), *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, Elsevier, pp. 293-299, USA.
- DEMİRTAŞ, Ö. 2007. Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua*) çekirdeklerinden gam üretim yollarının araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ss 48, Adana.

- DHAOUADI, K., RABOUDI, F., FUNEZ, L., PAMIES, D., ESTEVAN, C. and HAMDAOUI, M. H. 2013. Polyphenolic extract of barbary-fig (*Opuntia ficus-indica*) syrup: RP-HPLC-ESI-MS analysis and determination of antioxidant, antimicrobial and cancer-cells cytotoxic potentials. *Food Analytical Methods*, 6: 45-53.
- DHAOUADI, K., BELKHIR, M., AKINOCCHO, I., RABOUDI, F., PAMIES, D., BARRAJON, E., ESTEVAN, C. and FATTOUCH, S. 2014. Sucrose supplementation during traditional carob syrup processing affected its chemical characteristics and biological activities. *LWT- Food Science and Technology*, 57: 1-8.
- DIAB, J., HERTZ-SCHUNEMANN, R., STREIBEL, T. and ZIMMER-MANN, R. 2014. On-line measurement of volatile organic compounds released during roasting of cocoa beans. *Food Research International*, 296 (14): 8.
- DUH, P.D., YEN, G.C., YEN, W.J. and CHANG, L.W. 2001. Antioxidant effects of water extracts from barley (*Hordeum vulgare* L.) prepared under different roasting temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 1455-1463.
- DURAZZO, A., VALERIA, T., NARDUCCI, V., AZZINI, E., MAIANI, G. and CARCEA, M. 2014. Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chemistry*, 153: 109-113.
- DÜZGÜNEŞ, O., KESİCİ, T., KAVUNCU, O. and GÜRBÜZ, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistiksel Metotlar II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, pp.
- ERTUĞ, F. 29-31 MAYIS 2002. Bodrum yöresinde halk tıbbında yararlanılan bitkiler. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Eskişehir.
- FIOCCHI, A., RESTANI, P., TRAVAINI, M., DECET, E., GAIASCHI, A., BERNARDO, L. and RIVA, E. Carob is not allergenic in peanut-allergic subjects. *Clinical and Experimental Allerg*, 29: 402-406.
- GAHALAWAT, P. and SEHAGAL, S. 1992. Phytic acid, saponin and polyphenol in weaning foods prepared from oven heated green gram and cereals. *Cereal Chemistry*, 69: 463-464.
- GİRAY BOZKAYA, Ö., AKGÜN, İ., BİRGİ, E., ÇİNKOĞLU, A., GÖG, K. ve KARADENİZ, D. 2008. Anne babaların çocuklarında uyguladıkları alternatif tıp yöntemleri. *DEÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 22 (3): 129-135.
- GÖLÜKCÜ, M. ve TOKGÖZ, H. 2005. Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizması ve insan sağlığı üzerine etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya.

- GUBBUK, H., KAFKAS, E., GUVEN, D. and GUNES, E. 2010. Physical and phytochemical profile of wild and domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) genotypes. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (4): 1129-1136.
- GÜL, M. ve AKPINAR, M.G. 2006. Dünya ve Türkiye meyve üretimindeki gelişmelerin incelenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 15-27.
- HARBİ, M. 2005. Yanı başımızdaki ekolojik potansiyel ve ekonomik değer: Harnup (keçiboynuzu). *Orman Mühendisliği*, 42: 10-12.
- HOKE, K., HOUSKA, M., PRUCHOVA, J., GABROVSKA, D., VACULOVA, K. and PAULICKOVA, I. 2007. Optimization of puffing of naked barley. *Journal of Food Engineering*, 80: 1016-1022.
- INCE, A.E., SAHIN, S., SUMNU, S.G. 2013. Extraction of phenolic compounds from melissa using microwave and ultrasound. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37: 69-75.
- JEONG, S.M., KIM, S.Y., KIM, D.R., NAM, K.C., AHN, D.U. and LEE, S.C. 2004. Effect of seed roasting conditions on the antioxidant activity of defatted sesame meal extracts. *Food Chemistry and Toxicology*, 69 (5): 377-381.
- KAHYAOGLU, T. and KAYA, S. 2006. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*, 75: 167-177.
- KARABABA, E. and COSKUNER, Y. 2013. Physical properties of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): An industrial gum yielding crop. *Industrial Crops and Products*, 42: 440-446.
- KARKACIER, M. ve ARTIK, N. 1995. Keçiboynuzunun (*Ceratonia siliqua* L.) fiziksel özellikleri, kimyasal bileşimi ve ekstraksiyon koşulları. *Gıda*, 20 (3): 131-136.
- KHATIB, S. and VAYA, J. 2010. Fig, carob, pistachio and health. In: R. R. Watson and V. R. Preedy (Editors), *Bioactive Foods in Promoting Health Fruits and Vegetables*, Elsevier, pp. 245-263, Oxford.
- KIM, S.Y., JEYONG, S.M. and JO, S.C. 2006. Application of far-infrared radiation in manufacturing of process green tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 9943-9947.
- KONAK, Ü.İ., CERTEL, M. ve HELHEL, S. 2009. Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (3): 20-31.

- KOTHE, L., ZIMMERMANN, B.F. and GALENSA, R. 2013. Temperature influences epimerization and composition of flavanol monomers, dimers and trimers during cocoa bean roasting. *Food Chemistry*, 141: 3656-3663.
- KRYSIAK, W. 2011. Effects of convective and microwave roasting on the physicochemical properties of cocoa beans and cocoa butter extracted from this material. *Grasas Y Aceites*, 62 (4): 467-478.
- KUMAZAWA, S., TANIGUCHI, M., SUZUKI, Y., SHIMURA, M., KWON, M. and NAKAYAMA, T. 2002. Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 373-377.
- LEE, J.S., LEE, C.M., JEONG, Y.I. JUNG, I.D., KIM, B.H., SEONG, E.Y., KIM, J.I., CHOI, I.W., CHUNG, H.Y. and PARK, Y.M. 2007. D-pinitol regulates Th1/Th2 balance via suppressing Th2 immune response in ovalbumin-induced asthma. *Federation of European Biochemical Societies*. 581: 57-64.
- LEITE, P.B., BISPO, E.D.S. and SANTANA, L.R.R.D. 2013. Sensory profiles of chocolates produced from cocoa cultivars resistant to *Moniliophthora perniciosa*. *Revista Brasileira de Fruiticultura*. 35: 594-602.
- MAISUTHISAKUL, P., SUTTAJIT, M. and PONGSAWATMANIT, R. 2007. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chemistry*, 100(4):1409-1418.
- MAKRIS, D.P. and KEFALAS, P. 2004. Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Technology and Biotechnology*, 42 (2): 105-108.
- MARAKIS, S. 1996. Carob bean in food and feed: current status and future potentials- a critical appraisal. *Journal of Food Science Technology*, 33: 365-383.
- MAZA, M.P., ZAMORA, R., ALAIZ, M., HIDALGO, F.J., MILLAN, F. and VIOQUE, E. 1989. Carob bean germ seed (*Ceratonia siliqua*): Study of the oil and proteins. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 46: 495-502.
- MHAISEN, A. 1991. Carob tree. *Agricultural Engineer*, 43: 90-91.
- MOLYNEUX, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26 (2): 211-219.
- MOON, J.K., YOO, H.S. and SHIBAMOTO, T. 2009. Role of roasting conditions in the level of chlorogenic acid content in coffee beans: correlation with coffee acidity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 5365-5369.

- NARAYANAN, C.R., JOSHI, D.D., MUJUMBAR, A.M. and DHEKNE, V.V. 1987. Pinitol- A new anti-diabetic compound from the leaves of *Bougainvillea spectabilis*. *Current Science*, 56: 139-141.
- NIKZADEH, V. and SEDAGHAT, N. 2008. Physical and sensory changes in Pistachio Nuts as affected by roasting temperature and storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 4(4): 478-483.
- OLŞEN, K., BAYRAM, F., ÖZME, A., DÖNMEZ, H., GÜDER, N. ve TOY, N. 28 Mayıs-1 Haziran 2001. Knidia etnoarkeolojisi 2000 raporu. 17. Arkeometri Sonuç Toplantısı, Ankara.
- OOSTERVELD, A., VORAGEN, A.G.J. and SCHOLS, H.A. 2003. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea arabica* beans. *Carbohydrate Polymers*, 54: 183-192.
- ORTEGA, N., MACIA, A., ROMERO, M. P., TRULLOLS, E., MORELLO, J. R., ANGLES, N. and MOTILVA, M. J. Rapid determination of phenolic compounds and alkaloids of carob flour by improved liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 7239-7244.
- OZCAN, M.M., ARSLAN, D. and GOKCALIK, H. 2007. Some compositional properties and mineral contents of carob (*Ceratonia siliqua*) fruit, flour and syrup. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58 (8): 652-658.
- OZDEMIR, F., GOLUKCU, M. and ERBAS, M. 2006. Influence of different microwave seed roasting processes on the changes in quality and fatty acid composition of tehina (sesame butter) oil. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 207-216.
- OZDEMIR, M. and DEVRES, O. 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 42: 225-233.
- OZDEMIR, M. and DEVRES, O. 2000. Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 42: 225-233.
- OZIYCI, H.R., TETIK, N., TURHAN, I., YATMAZ, E., UCGUN, K., AKGUL, H., GUBBUK, H. and KARHAN, M. 2014. Mineral composition of pods and seeds of wild and grafted carob (*Ceratonia siliqua* L.) fruits. *Scientia Horticulturae*, 167: 149-152.
- ÖZÇELİK, H. ve BALABANLI, C. 16-19 KASIM 2005. Burdur ilinin tıbbi ve aromatik bitkileri. I. Burdur Sempozyumu, Burdur.

- ÖZHAN, N.B. 2008. Depolama süresince keçiboynuzu pekmezinde enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları kinetiği. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ss 49, Ankara.
- ÖZKOÇ, S. Ö. 2010. Kızılötesi ve kızılötesi-kombinasyon ısıtma teknolojilerinin gıda işleme uygulamalarında kullanımı. *Gıda*, 35 (3): 211-218.
- PETIT, M.D. and PINILLA, J.M. 1995. Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *Food Science and Technology*, 28 (1): 145-152.
- PITTIA, P., ROSA, M.D. and LERICI, C.R. 2001. Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 34: 168-171.
- RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M. and RICE-EVANS, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26: 1231-1237.
- REN, G. and CHEN, F. 1998. Drying of American ginseng (*Panax quinquefolium*) roots by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*, 35: 433-443.
- ROUKAS, T. 1994. Solid-state fermentation of carob pods for ethanol production. *Applications of Microbiology and Biotechnology*, 41 (3): 296-301.
- ROUKAS, T. 1999. Citric acid production from carob pod by solid-state fermentation. *Enzyme and Microbial Technology*, 24 (1-2): 54-59.
- SAHIN, H., TOPUZ, A., PISCHETSRIEDER, M. and OZDEMIR, F. 2009. Effect of roasting process on phenolic, antioxidant and browning properties of carob powder. *European Food Research and Technology*, 230: 155-161.
- SAKLAR, S., KATNAS, S. and UNGAN, S. 2001. Determination of optimum hazelnut roasting conditions . *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 271-281.
- SARI, A.O., OĞUZ, B., BİLGİÇ, A., TORT, N., GÜVENSEN, A. ve ŞENOL, S.G. 2010. Ege ve Güney Marmara bölgelerinde halk ilacı olarak kullanılan bitkiler. *Anadolu Dergisi*, 20 (2): 1-21.
- SAYILI, M., ŞEKEROĞLU, N., AKÇA, H. ve YARAMANCI, H. 2006. Ordu ili kentsel alanda tüketicilerin baharat tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 1-7.

- SEBECIC, B., VEDRINA-DRAGOJEVIC, I., VITALI, D., HECIMOVIC, M. and DRAGICEVIC, I. 2007. Raw materials in fibre enriched biscuits production as source of total phenols. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72: 265-270.
- SERPEN, A. and GOKMEN, V. 2009. Evaluation of the Maillard reaction in potato crisps by acrylamide, antioxidant capacity and color.
- SHARMA, P. and PRASAD, S. 2001. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*, 50: 99-105.
- SHARMA, P. and GUJRAL, H.S. 2011. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Research International*, 44: 235-340.
- SILANIKOVE, N., LANDAU, S., OR, D., KABABYA, D., BRUCKENTAL, I. and NITSAN, Z. 2006. Analytical approach and effects of condensed tannins in carob pods (*Ceratonia siliqua*) on feed intake, digestive and metabolic responses of kids. *Livestock Science*, 99: 29-38.
- SUMNU, G., SAHİN, S. and SEVİMLİ, M. 2005. Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking of cakes. *Journal of Food Engineering*, 71: 150-155.
- ŞİMŞEK, A. 2004. Değişik kavurma proseslerinin bazı fındık çeşitlerinde oluşturduğu biyokimyasal değişiklikler. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 149 ss. Ankara.
- TOPDAŞ, E. F. ve ERTUGAY, M.F. 2012. Yüksek hidrostatik basınç ve vurgulu elektriksel alan işlemlerinin Maillard reaksiyonu üzerine etkisi. *Gıda*, 37 (4): 235-242.
- TETİK, N., TURHAN, I., OZIYCI, H.R., GUBBUK, H., KARHAN, M. and ERCISLI, S. 2011a. Physical and chemical characterization of *Ceratonia siliqua* L. germplasm in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 129: 583-589.
- TETİK, N., TURHAN, I., OZIYCI, H.R. and KARHAN, M. 2011b. Determination of D-pinitol in carob syrup. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62 (6): 572-576.
- TETİK, N. and YUKSEL, E. 2014. Ultrasound-assisted extraction of D-pinitol from carob pods using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21: 860-865.
- TORRINGA, E., ESVELD, E., SCHEEWE, I., BERG, R.V.D. and BARTELS, P. 2001. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 49: 185-191.

- TSATSARAGKOU, K., YIANNOPOULOS, S., KONTOGIORGI, A., POULLI, E., KROKIDA, M. and MANDALA, I. 2014. Mathematical approach of structural and textural properties of gluten free bread enriched with carob flour. *Journal of Cereal Science*, 56: 603-609.
- TUNALIOĞLU, R. 1987. Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.) meyvelerinden farklı gelişme dönemlerinde alınan tohumlarında çimlenme yeteneklerinin araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ss 68, Ankara.
- TUNALIOĞLU, R. and ÖZKAYA, M.T., 2003. Keçiboynuzu. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü- Bakış Dergisi*, 3(5): 1-4.
- TURHAN, İ., ve KARHAN, M. 2004. Doğal bir ürün; Keçiboynuzu. *Dünya Gıda*, 12: 76-79.
- TURHAN, I., TETİK, N., AKSU, M., KARHAN, M. and CERTEL, M. 2006. Liquid-solid extraction of soluble solids and total phenolic compounds of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal of Food Process Engineering*, 29 (5): 498-507.
- TURHAN, İ., TETİK, N. ve KARHAN, M. 2007. Keçiboynuzu pekmezinin bileşimi ve üretim aşamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2007 (2): 39-44.
- TURHAN, İ. 2013. Relationship between sugar profile and d-pinitol content of pods of wild and cultivated types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.). *International Journal of Food Properties*, 17: 363-370.
- TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ. 1977. Keçiboynuzu (Harnup), TS 2907.
- USLU, M.K. ve CERTEL, M. 2006. Dielektrik ısıtma ve gıda işlemede kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3: 61-69.
- VAR, A.A. 2006. Söke/Aydın civarının orman tali ürünleri, mahalli adları ve potansiyel kullanım maksatları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları. <http://web.ogm.gov.tr/birimler/merkez/odundisiurun>
- VARITH, J., DIJKANARUKKUL, P., ACHARIYAVIRIYA, A. and ACHARIYAVIRIYA, S. 2007. Combined microwave-hot air drying of peeled longan. *Journal of Food Engineering*, 81: 459-468.
- WALL, M.M. and GENTRY, T.S. 2007. Carbohydrate composition and color development during drying and roasting of macadamia nuts (*Macadamia integrifolia*). *LWT*, 40: 587-593.
- XINIAS, I., SPIROGLOU, K., DEMERTZIDOU, V., KARATZA, E. and PANTELİADIS, C. 2003. An antiregurgitation milk formula in the management of infants with mild

to moderate gastroesophageal reflux. *Current Therapeutic Research*, 64 (4): 270-278.

YILDIZ, O., ŞAHİN, H., KARA, M., ALİYAZICIOĞLU, R., TARHAN, Ö. ve KOLAYLI, S. 2010. Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi. *Akademik Gıda*, 8 (6): 44-51.

YOUSIF, A.K. and ALGHZAWI, H.M., 2000. Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*, 69: 283-287.

YURDAGEL, Ü. ve TEKE, İ. 1985. Keçiboynuzu meyvesinin kavrulması ile oluşan renk değişimlerinin araştırılması. *Gıda*, 1: 39-42.

ZUNFT, H.J.F., LUDER, W., HARDE, A., HABER, A., GRAUBAUM, J.J. and GRUENWALD, J. 2001. Carob pulp preparation for treatment for hypercholesterolemia. *Advances in Therapy*, 18 (5): 230-236.

ÖZGEÇMİŞ

Zehra KASIMOĞLU 1989 yılında Nevşehir’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Nevşehir’de, lise öğrenimini Kayseri’de tamamladı. 2007 yılında girdiği Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden Gıda Mühendisi ünvanı ile 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başlayan Zehra KASIMOĞLU, halen aynı kurumda eğitimini sürdürmektedir.