

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

INFRARED (KIZILÖTESİ) UYGULAMASININ KETEN
TOHUMUNUN KİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ İLE
SİYANOJENİK GLUKOZİD İÇERİĞİNE ETKİSİ VE İŞLENMİŞ
KETEN TOHUMUNUN TARHANADA KULLANIMI

Ayşen UYGUR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 24/06/2014

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL

ÇANAKKALE

Ayşen UYGUR tarafından Doç.Dr. Necati Barış TUNCEL yönetiminde hazırlanan ve **24/06/2014** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “Infrared (Kızılötesi) Uygulamasının Keten Tohumunun Kimyasal ve Duyusal Özellikleri ile Siyanojenik Glukozid İçeriğine Etkisi ve İşlenmiş Keten Tohumunun Tarhanada Kullanımı” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL

.....

Başkan

Doç. Dr. Yonca YÜCEER

.....

Üye

Doç. Dr. Habib KOCABIYIK

.....

Üye

Sıra No:

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından 112O937 numaralı projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Ayşen UYGUR

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL' e; çalışmalarımda katkılarını esirgemeyen saygıdeğer Doç. Dr. Yonca YÜCEER' e; tezimin jüri üyelerinden olan saygıdeğer Doç. Dr. Habib KOCABIYIK' a, analizlerimde ve verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesindeki katkıları ve manevi desteğinden dolayı Araştırma Görevlisi Neşe YILMAZ' a ve yardımlarından ötürü Araştırma Görevlisi Onur GÜNEŞER' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hem yüksek lisans tezimin gerçekleşmesine olanak veren proje (112O937) desteği hem de proje bursiyeri olarak şahsıma verilen maddi destek için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK)'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca sevgilerini ve desteklerini üzerimden hiç eksik etmeyen, her zaman yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ayşen UYGUR

Çanakkale, Haziran 2014

Bu çalışmamı ve tüm emeğimi, beni her zaman sevdiğine emin olduğum sevgili annem Nazife UYGUR, babam Rafet UYGUR, kardeşlerim Tuğçe UYGUR ve Duygu UYGUR' a ve yetişmemde çok büyük emeği olan sevgili anneannem Saadet BAKICI' ya ithaf ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

IR	İnfrared (Kızılötesi)
HPLC	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
GC	Gaz kromatografisi
MS	Kütle spektrometresi
UV-VIS	Ultraviyole (morötesi)-görünür bölge
LOD	Tayin alt sınırı
LOQ	Tespit alt sınırı
M	Molarite
ICP	İndüktif Eşleşmiş Plazma
n	Gözlem sayısı
a_w	Su aktivitesi
ΔE	Toplam renk değişimi
rpm	Dakikadaki devir sayısı
FID	Alev iyonizasyon dedektörü
v/v	Hacim/hacim
RI	Alıkonma indeksi
n	Küçük alkanın karbon sayısı
tRa	İlgilenilen aroma maddesinin alıkonma zamanı
tRn	Küçük alkanın alıkonma zamanı
tRN	Büyük alkanın alıkonma zamanı
M. Ö.	Milattan Önce
SDG	Secoisolarisiresinol diglukozid
%	Yüzde oranı
mg	Miligram
g	Gram
ppm	Milyonda bir
mL	Mililitre
μm	Mikrometre
cm	Santimetre
nm	Nanometre
μL	Mikrolitre

LDL	Düşük yoğunluklu lipoprotein (kötü kolesterol)
mm	Milimetre
W	Watt
α	Alfa
β	Beta
γ	Gama
δ	Delta
HCN	Hidrosiyanik asit
h	Saat
MHz	Megahertz
meq	Miliekivalan
cP	Santipois
dk	Dakika
eV	Elektronvolt
amu	Atomik kütle birimi

ÖZET

INFRARED (KIZILÖTESİ) UYGULAMASININ KETEN TOHUMUNUN KİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ İLE SİYANOJENİK GLUKOZİD İÇERİĞİNE ETKİSİ VE İŞLENMİŞ KETEN TOHUMUNUN TARHANADA KULLANIMI

Ayşen UYGUR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL

24/06/2014, 30

Bu tezde, keten tohumundaki toksik HCN bileşenlerini azaltmak ve keten tohumuna hoş bir aroma kazandırmak amaçlanmıştır. Bu nedenle keten tohumu, 1150 W/m² sabit radyasyon yoğunluğu esas alınarak orta ve kısa dalga infrared lambalar kullanılarak işlenmiştir. Ön denemeler sonucunda, uygun işleme süreleri kısa dalga IR radyasyon için 6.1, 4.5, 4 ve 3.3 dakika, orta dalga için ise 7, 5.3, 4.3 ve 3.4 dakika olarak belirlenmiştir. Genel olarak, infrared enerjinin keten tohumlarındaki HCN içeriğini azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, keten tohumunun kısa dalga infrared enerji ile 7 dakika işlenmesi sonucunda HCN bileşiminin %59.71 oranında azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, kısa dalga infrared enerjinin HCN bileşiminin azaltılması konusunda daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca infrared işlemenin, keten tohumunun besin değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde olumsuz herhangi bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir (p>0.05). Yapılan duyusal analizler, IR işlemenin keten tohumuna hoş, kavruk bir tat kazandırdığını göstermiştir. Uçucu bileşen analizleri sonucunda ise keten tohumlarında, işleme ile birlikte birçok pirazin bileşiğinin oluştuğu tespit edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda orta dalga infrared enerji ile 5.3 dakika işlenen keten tohumu, tarhana bileşimine ilave edilmek üzere seçilmiştir. %5, 10 ve 15 oranlarında keten tohumu ilave edilen tarhanaların besin değerinin keten tohumu ilavesiyle birlikte zenginleştiği belirlenmiştir. Uçucu bileşen analizlerine göre, keten tohumunda tespit edilen bazı bileşenlerin tarhana bileşiminde de bulunduğu görülmüştür. İşlenmiş keten tohumunda belirlenmiş pirazinlerden ise sadece pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl çeşidinin tarhana bileşimine geçtiği tespit edilmiştir. Tüketici testi sonucunda ise %5 keten tohumu katkılı

tarhana örneğinin, tüketici kabul edilebilirliği açısından daha fazla tercih edildiği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Keten Tohumu, Infrared, Tarhana, HCN, Uçucu Bileşen, Duyusal Analiz.

ABSTRACT

THE EFFECT OF INFRARED TREATMENT ON THE CHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES AND CYANOGENIC GLYCOSIDE CONTENT OF FLAXSEED AND THE UTILIZATION OF PROCESSED FLAXSEED IN TARHANA

Ayşen UYGUR

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Food Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. N. Barış TUNCEL

24/06/2014, 30

In this thesis, it was aimed to reduce the toxic HCN compounds in flaxseed and to achieve a pleasant flavor. So that, flax seed is processed by using short and medium wave infrared emitters based on 1150 W/m² fixed radiation intensity. As a result of the preliminary analysis, the suitable processing times were determined as 6.1, 4.5, 4 and 3.3 minutes for short wave and 7, 5.3, 4.3 and 3.4 minutes for medium wave IR radiation. Generally it was determined that IR processing reduced the content of HCN compounds in flaxseeds. However, HCN content of flaxseeds that were processed with short wave IR radiation for 7 minutes was reduced 59.71%. Therefore, it is concluded that, short wave infrared energy is more effective in reducing the HCN composition. Moreover, it was observed that IR processing doesn't have a significant negative effect on the nutritive value of flaxseed (p>0.05). Sensory analysis showed that flaxseed got a pleasant, roasted aroma with infrared radiation. As a result of volatile compound analyses, many pyrazine compounds were determined in flaxseed.

Flaxseed, treated in 5.3 minutes with medium wave infrared energy was chosen to add in tarhana formulation. It was determined that, the nutritive value of the tarhana samples which were substituted with IR processed flaxseed at the rate of 5, 10 and 15% was enhanced. According to the results of the volatile compound analysis shows that, some volatile compounds were determined in flaxseed are seen in tarhana composition too. Only pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl type pyrazine was found in tarhana composition as a volatile compound of processed flaxseed. According to the consumer test's results, it is determined

that, tarhana samples which were substituted with 5% of processed flaxseed were found more acceptable than other formulations in terms of the overall consumer preference.

Keywords: Flaxseed, Infrared, Tarhana, HCN, Volatile Compounds, Sensory Analysis.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ÖZET	viii
ABSTRACT.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1 - GİRİŞ	1
1.1. Dünyada ve Türkiye’ de Keten Tohumu Üretimi	1
1.2. Keten Tohumunun Besinsel Bileşimi	2
1.3. Keten Tohumundaki Toksik Bileşen	3
1.4. Keten Tohumunun İnsan Sağlığı Açısından Önemi	5
1.5. Keten Tohumunun Gıda Olarak Kullanımı	7
1.6. Infrared (Kızılötesi) Enerji	8
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
2.1. Infrared (Kızılötesi) Enerjinin Gıda Alanındaki Genel Kullanımı	11
2.2. Keten Tohumundaki Siyanojenik Glukozid Bileşiğinin Azaltılması	12
2.3. Isıl İşlemin Keten Tohumu Üzerindeki Etkisi.....	15
2.4. Keten Tohumu Katkılı Ürünler	16
2.5. Tarhana	18
BÖLÜM 3 – MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Keten Tohumu	21
3.2. Infrared Enerji Sistemi	21
3.3. Analiz Tertibi	25
3.3.1. Birinci iş paketi.....	25
3.3.2. İkinci iş paketi	25
3.3.3. Üçüncü iş paketi	26
3.4. Yöntem	28
3.4.1. Nem tayini	28
3.4.2. Toplam ham yağ tayini	28
3.4.3. Ham protein tayini	28

3.4.4. Toplam kül tayini.....	28
3.4.5. Hidrosiyamik asit içeriği tayini	28
3.4.6. Serbest yağ asitliği tayini.....	28
3.4.7. Peroksit sayısı tayini	29
3.4.8. Titrasyon asitliği tayini	29
3.4.9. Toplam diyet lifi tayini	29
3.4.10. Mineral madde tayini kompozisyonu	29
3.4.11. B ₁ ve B ₂ vitaminleri tayini	29
3.4.12. Tokoferol tayini	30
3.4.13. Yağ asitleri kompozisyonu tayini	31
3.4.14. Fitik asit tayini	31
3.4.15. Viskozite tayini	32
3.4.16. Yağ ve su bağlama analizleri	32
3.4.17. Köpürme kapasitesi tayini	32
3.4.18. Renk analizi	33
3.4.19. Duyusal analizler	33
3.4.20. Uçucu bileşen analizi.....	34
3.5. Tarhana formülasyonu.....	35
3.6. İstatistiksel analizler	38
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Keten Tohumu Örneklerinde Yapılan Analizlerin Sonuçları	39
4.1.1. Temel bileşen analizleri.....	39
4.1.2. Su aktivitesi analizi.....	40
4.1.3. Serbest yağ asitliği analizi	41
4.1.4. Renk sonuçları	42
4.1.5. Hidrosiyamik asit (HCN) analizi	45
4.1.6. Tokoferol analizi.....	47
4.1.7. Yağ asidi kompozisyonu	50
4.1.8. Tanımlayıcı duyusal analiz	54
4.1.9. Uçucu bileşen analizi.....	59
4.2. Depolama Boyunca Yapılan Peroksit Sayısı Tayini Sonuçları	72
4.3. Ham Keten Tohumunun Diyet Lif ve Mineral Madde Sonuçları	77
4.4. Tarhanaya Katılmasına Karar Verilen Keten Tohumu.....	78
4.5. Tarhanaya Katılmasına Karar Verilen Keten Tohumunun Diyet Lif Sonuçları.....	78

4.6. Farklı Oranlarda Keten Tohumu Katkılı Tarhanaların Analiz Sonuçları.....	79
4.6.1. Temel bileşen analizleri.....	79
4.6.2. Titrasyon asitliği	81
4.6.3. Mineral madde kompozisyonu	82
4.6.4. Renk değerleri.....	84
4.6.5. Diyet lif içeriği.....	86
4.6.6. Fitik asit içeriği	88
4.6.7. Tokoferol içeriği	89
4.6.8. B ₁ ve B ₂ vitaminleri içeriği.....	91
4.6.9. Fonksiyonel özellikler	93
4.6.10. Yağ asidi kompozisyonu	97
4.6.11. Tanımlayıcı duyu analizi	101
4.6.12. Tüketici testi	104
4.6.13. Uçucu bileşen analizi.....	106
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER	112
KAYNAKLAR	116
EKLER.....	I
EK 1. Keten Tohumu Tanımlayıcı Duyusal Analiz Skor Kağıdı	I
EK 2. Tarhana Çorbası Tanımlayıcı Duyusal Analiz Skor Kağıdı.....	II
EK 3. Tarhana Çorbası Tüketici Testi Skor Kağıdı.....	III
ÖZGEÇMİŞ	IV

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Siyanojenik glukozidlerden HCN oluşum yolu (Francisco ve Pinotti, 2000)	4
Şekil 3.1.	Laboratuvar tipi IR enerji sistemi düzeneğinin şematik gösterimi	22
Şekil 3.2.	IR enerji sistemi düzeneği.....	22
Şekil 3.3.	IR enerji sistemi düzeneğinde kullanılan infrared lambalar	22
Şekil 3.4.	IR enerji sistemi düzeneği elemanlarını yönetmeyi sağlayan kontrol ünitesi...	23
Şekil 3.5.	Infrared kamera görüntüleri ve IR enerji ile işlenmiş keten tohumu	23
Şekil 3.6.	Tarhana hamurunun elde edilmesi (yoğurma ve fermentasyon).....	37
Şekil 3.7.	Tarhana hamurunun kurutma ve öğütme aşamaları	37
Şekil 4.1.	Ham keten tohumu (1) ve tokoferol standartları (2) kromatogramları	49
Şekil 4.2.	Ham keten tohumunun yağ asidi kompozisyonu kromatogramı	51
Şekil 4.3.	Ham (1) ve orta dalga 5.3 dakikada işlem gören (2) keten tohumlarının uçucu bileşen kromatogramı	59
Şekil 4.4.	Kontrol tarhana (1), %15 keten tohumu katkı tarhana (2) ve tokoferol standartları (3) kromatogramları	91
Şekil 4.5.	Kontrol tarhana (1) ve %15 keten tohumu katkılı tarhananın (2) yağ asidi kompozisyonu kromatogramı	99
Şekil 4.6.	%15 keten tohumu katkılı tarhananın uçucu bileşen kromatografisi	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Keten tohumunun HCN içeriğinin farklı yöntemlerle azaltılması (Feng ve ark., 2003).....	13
Çizelge 2.2. Tarhananın mineral madde ve renk değerleri (Bilgiçli, 2009)	19
Çizelge 2.3. Tarhananın besinsel içeriği (Bilgiçli, 2009)	19
Çizelge 2.4. Keçiboynuzu unu katkısının fonksiyonel özellikler bakımından tarhana üzerindeki etkisi (Çağlar ve ark., 2013)	20
Çizelge 3.1. Hız kontrol cihazı göstergesine karşılık gelen gerçek işlem süreleri	24
Çizelge 3.2. Esas deneme planı	24
Çizelge 3.3. Yapılan analizler.....	27
Çizelge 3.4. Tarhana hamuru için kullanılan genel karışım	35
Çizelge 3.5. Tarhana çeşitlerinin genel bileşimi.....	36
Çizelge 3.6. Tarhana içeriklerinin % bileşimi	36
Çizelge 4.1. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının bazı temel bileşen değerleri (n=4)	40
Çizelge 4.2. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının su aktivitesi değerleri (n=4)	41
Çizelge 4.3. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının serbest yağ asitliği değerleri (n=4)	42
Çizelge 4.4. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının renk değerleri (n=4)	44
Çizelge 4.5. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının HCN değerleri ve işleme ile meydana gelen % HCN azalışı (n=4)	46
Çizelge 4.6. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının tokoferol miktarları (mg/100 g keten tohumu yağı) (n=4).....	48
Çizelge 4.7. Tokoferol izomerlerine ait kalibrasyon parametreleri	48
Çizelge 4.8. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının yağ asidi kompozisyonu (% toplam yağ asidi)	52
Çizelge 4.9. Tanımlayıcı duyuşal terimler ve kullanılan referanslar	54
Çizelge 4.10. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının tanımlayıcı duyuşal analiz değerlendirmesi-1	57
Çizelge 4.11. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının tanımlayıcı duyuşal analiz değerlendirmesi-2	58

Çizelge 4.12. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının uçucu bileşenleri (µg/100 g keten tohumu).....	62
Çizelge 4.13. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının uçucu bileşenlerinin istatistiksel değerlendirmesi (µg/100 g keten tohumu).....	67
Çizelge 4.14. Depolama boyunca keten tohumlarındaki peroksit sayısı değişimi (miliequivalen oksijen/kg keten tohumu yağı) (n=8).....	74
Çizelge 4.15. Ham keten tohumunun diyet lif değerleri (n=4)	77
Çizelge 4.16. Ham keten tohumunun mineral madde değerleri (n=2)	78
Çizelge 4.17. Tarhanaya katılmasına karar verilen keten tohumunun diyet lif sonuçları (n=4)	78
Çizelge 4.18. Tarhana örneklerinin bazı temel bileşen değerleri (n=4)	80
Çizelge 4.19. Tarhana örneklerinin Laktik Asit cinsinden % asitlik değerleri (n=4)	81
Çizelge 4.20. Tarhana örneklerinin mineral madde içeriği (ppm) (n=4)	83
Çizelge 4.21. Tarhana örneklerinin renk değerleri (n=4)	85
Çizelge 4.22. Tarhana örneklerinin % diyet lif içeriği (n=4)	87
Çizelge 4.23. Tarhana örneklerinin fitik asit içeriği (mg/100 g tarhana) (n=4)	88
Çizelge 4.24. Tarhana örneklerinin tokoferol değerleri (mg/100 g tarhana yağı) (n=4)....	90
Çizelge 4.25. Tarhana örneklerinin B ₁ ve B ₂ vitamini içeriği (n=4)	92
Çizelge 4.26. Tarhana örneklerinin viskozite değerleri (cP) (n=4)	93
Çizelge 4.27. Tarhana örneklerinin bazı fonksiyonel özellikleri (n=4)	95
Çizelge 4.28. Tarhana örneklerinin yağ asidi kompozisyonu (% toplam yağ asidi).....	98
Çizelge 4.29. Tanımlayıcı duyuşal terimler ve kullanılan referanslar	101
Çizelge 4.30. Tarhana örneklerinin tanımlayıcı duyuşal analiz değerleri-1.....	103
Çizelge 4.31. Tarhana örneklerinin tanımlayıcı duyuşal analiz değerleri-2.....	103
Çizelge 4.32. Tarhana örneklerinin tüketici testi sonuçları	104
Çizelge 4.33. Tarhana örneklerinin uçucu bileşenleri (µg/kg tarhana)	108
Çizelge 4.34. Tarhana örneklerinin uçucu bileşenlerinin istatistiksel değerlendirmesi (µg/kg tarhana)	110

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Dünyada ve Türkiye’ de Keten Tohumu Üretimi

Keten bitkisi, 13 cins ve 300 türü bulunan *Linaceae* familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. Latince (*Linum usitatissimum*) ‘çok faydalı’ anlamına gelen keten tohumunun, 8000 yıl önce verimli Mezopotamya topraklarında yetiştirmeye başladığı belirlenmiştir. Gıda ve ilaç olarak kullanımının M. Ö. 5000 yılına dayandığı bilinen keten tohumunun mumyalama işlemlerinde bez olarak kullanıldığı görülmüştür (Yıldırım, 2005).

Ilıman iklim koşullarında yetişen bir yaz mahsulü olan keten tohumu düz, yassı, oval, sivri uçlu yapıda ve 2.5x5.0x1.5 mm boyutlarında olup ince bir endosperm tabakası, 2 embriyo ve bunları çevreleyen bir kabuğa sahiptir. Sarıdan koyu kahveye kadar çeşitli renklerde taneler içeren keten tohumundaki bu renk farklılığı, besinsel içerik ve gıda güvenliği açısından önemli bir fark oluşturmamaktadır (Yıldırım, 2005).

En fazla keten tohumu üretimi yapan ülkeler başta Kanada olmak üzere, Çin, Rusya, Kazakistan, ABD, Hindistan, Etiyopya, Ukrayna ve Fransa’ dır (Anonim, 2012). Dünyadaki keten tohumu üretiminin yaklaşık %40’ ını yapan ve dünya üzerindeki en büyük keten tohumu ihracatçısı konumundaki Kanada için ekonomik açıdan oldukça önemli bir yağlı tohum mahsulü olan keten tohumuna dünya çapında endüstriyel kullanımı açısından keten tohumu yağı şeklinde ihtiyaç duyulmaktadır. Buna rağmen, son yıllarda keten tohumunu değerli yapan kendine özgü eşsiz bazı özelliklerinden dolayı, insan ve hayvan tüketiminde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Oomah, 2001).

Keten tohumu yağı, bazı kaynaklarda bezir yağı olarak da nitelendirilmekte ve yüksek yağ içeriğinden dolayı yemeklik ve yemeklik olmayan yağ olarak değerlendirilmektedir; ancak yemeklik olarak yaygın bir kullanıma sahip değildir. Bitkisel yağlar içerisinde çabuk kuruyan yağlardan olan keten tohumu yağı bu nedenle vernik, boya, cila, mürekkep, sabun, cam macunu, deri ve muşamba sanayinde de kullanılmaktadır (Tunçtürk, 2007; Endes ve Akınerdem, 2011).

Ülkemiz coğrafyasında, 38 tür keten bulunurken bunların 12 tanesi yerli türdür (Yıldırım, 2005). Ülkemizde son yıllarda keten tohumu üretiminin gittikçe azaldığı, hatta TÜİK 2013 Yağlı Tohumlar verilerine göre yağlı tohum olarak keten tohumu üretiminin yapılmadığı belirtilmiştir (TÜİK, 2013). Türkiye İstatistik Kurumu Tarım İstatistikleri

2011 Özeti, Türkiye keten tohumu üretimini, yağlı tohum olarak, 1992 yılı için 758 ton, 2000 yılı için 173 ton ve 2008 yılı için 40 ton olarak belirtmiştir (TÜİK 2012). Aynı raporda, yağlı tohum elde etmek amacıyla 2011 yılından bu güne, keten tohumu üretiminin yapılmadığı görülmektedir.

Son yıllarda keten tohumunun çeşitli kanser türlerine yakalanma riskini azaltması, diyabet, menopoz, osteoporoz ve kalp rahatsızlıklarına iyi gelmesi gibi sağlık açısından birçok faydasının olduğu belirlenmiş ve bu nedenle keten tohumu tüketimi dünya çapında dikkat çekmiştir. Ülkemizde bu konuyla ilgili yapılan çalışma sayısı ve bu bitkinin tüketiminin az olmasına karşılık bu konuda dünya çapında birçok araştırma mevcuttur.

1.2. Keten Tohumunun Besinsel Bileşimi

Besinsel bileşimi, keten bitkisinin yetiştirme koşullarına, kültürüne, tohum işleme yöntemlerine ve analiz metoduna bağlı olarak değişebilmektedir. Keten tohumunun yaklaşık olarak besinsel bileşimi; ortalama %28 diyet lif, %20 protein, %35-45 yağ, %4 kül, 790-1030 mg/100 g toplam fenolik asit, 13 mg/g lignan olarak belirlenmiştir. Keten tohumu, soya proteinine benzer bir aminoasit profiline sahiptir ve gluten içermez. Toplam yağ asidi içeriğinin %45-52' sinden fazlasını α -linolenik asit oluştururken diğer yağ asitleri, yaklaşık %5 palmitik asit, %3 stearik asit, %18 oleik asit, %14 linoleik asit ve %1 zincir uzunluğu C₂₄ 'e kadar olan yağ asitleri şeklindedir (Wanasundara ve Shahidi, 1998; Hall ve ark., 2006; Hussain ve ark., 2008; Heimbach, 2009; Singh ve ark., 2011).

E vitamini profili açısından ise, γ -tokoferol içeriği 19.95 mg/100 g olan keten tohumunun δ -tokoferol içeriği ise 0.35 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Heimbach, 2009). Hall ve ark. (2006), keten tohumundaki γ -tokoferol miktarının tüm tokoferol izomerleri içinde en baskın fraksiyon olduğunu ve α -linolenik asit içeriği yüksek olan keten tohumu örneklerindeki γ -tokoferol miktarının da fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Fenolik asitlerce zengin olan keten tohumunun 100 gramında yaklaşık olarak 800-1000 mg arasında toplam fenolik asit mevcuttur. Bunların %54' ü çözünür formda bulunurken %26-29 kadarı çözünmez formdadır. Keten tohumundaki başlıca fenolik asitleri; trans-ferulik ve trans-sinapik asitler oluştururken keten tohumunda en az bulunanlar, trans-kafeik, *p*-kumarik ve *p*-hidroksibenzoik asitlerdir (Shahidi ve Naczki, 2004). Keten tohumundaki başlıca lignan ise 2,3-bis(3-metoksi-4-hidroksibenzil)bütan-1,4-diol diğer adıyla secoisolarisiresinol (C₂₀H₂₆O₆) bileşiğidir. Genellikle iki glikoz ünitesine bağlı bulunduğundan secoisolarisiresinol diglukozid (SDG) adını alır (Heimbach, 2009).

SDG bileşimine ek olarak isolarisiresinol, pinoresinol ve matairesinol bileşikleri de keten tohumunda minör olarak bulunan lignanlardır. Keten tohumundaki mevcut SDG miktarı, çeşit, hasat ediliş yılı ve coğrafik konumla değişiklik göstermektedir. Secoisolarisiresinol ve matairesinol miktarları sırasıyla 370 ve 1.087 mg/100 g keten tohumu şeklindedir (Shahidi ve Naczki, 2004).

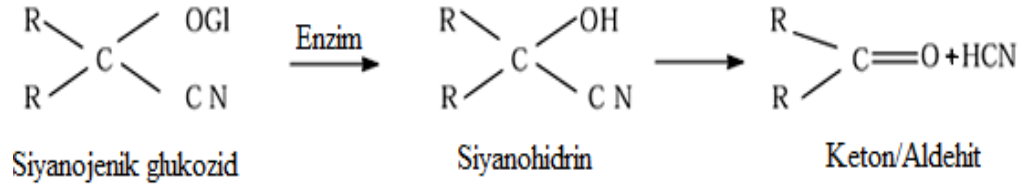
Keten tohumu, bitkisel lignanların en zengin kaynağı olarak bilinmektedir. Tahıllar, tahıl kepekleri, çeşitli bitkiler, sebze ve meyvelerden çok daha yüksek miktarda lignan içerdiği belirtilen keten tohumunun günde 5-25 g tüketilmesiyle (direkt veya ürünlere ilave edilmiş formlarının) yeterli miktarda lignan alımını sağlayacağı belirtilmektedir. Keten tohumunun diğer bitkisel ürünlere kıyasla çok daha fazla miktarda lignan içermesi gıdalardaki kullanımını arttırmak için fırsat sunmaktadır (Hall ve ark., 2006).

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir çalışmada, 100 g keten tohumunun toplam diyet lif içeriği 27.3 g bulunmuştur. Keten tohumunda mevcut olan toplam diyet lifin yarısından fazlasını çözünmez yapıdaki selüloz oluşturmaktadır. Çözünen lifler ise, musilaj formunda bulunmaktadır (Heimbach, 2009).

1.3. Keten Tohumundaki Toksik Bileşen

Keten tohumu kullanımında en büyük sorunu, içerdiği siyanojenik glukozid bileşikleri oluşturmaktadır. Keten tohumu tanelerinin öğütme işleminde olduğu gibi mekanik bir etkiyle veya sindirim sırasında parçalanması sonucu keten tohumunda mevcut olan β -glükosidaz enzimi aktif forma geçer ve siyanojenik glukozid bileşikleri hidrolize uğrar. Bunun sonucunda da insan vücudu için toksik olduğu bilinen HCN bileşiği açığa çıkmaktadır. HCN bir kez oluştuğunda uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu madde, kaynama noktası 26°C olan uçucu özellikte bir maddedir. Kısaca, siyanojenik glukozidlerin toksik etkisi, β -glükosidaz enzimin aktivitesi sonucu serbest kalan siyanid (HCN) bileşiklerine dayanmaktadır. Bu nedenle keten tohumu tüketimi sınırlı miktarlarda kalmakta ve içerdiği zengin besinsel öğelerden yararlanabilme imkanı da azalmaktadır (Feng ve ark., 2003; Wu ve ark., 2008).

Keten tohumundaki en belirgin siyanojenik glukozidler; linamarin, linustatin ve neolinustatin bileşikleridir. Bunların keten tohumundaki miktarları ise sırasıyla 13.8-31.9 mg/100 g, 213-352 mg/100 g ve 91-203 mg/100 g'dır (Wu ve ark., 2008).



Şekil 1.1. Siyanojenik glukozidlerden HCN oluşum yolu (Francisco ve Pinotti, 2000)

Hidroliz, β -glukosidaz enziminin aktivitesiyle meydana gelir ve öncelikle şekerler ve siyanohidrin bileşiği oluşur, daha sonra tepkime kendiliğinden ilerleyerek hidroliz sonunda HCN (siyanohidrik asit) ve 1 aldehid veya keton oluşturur. Siyanohidrik asit oldukça toksik bir maddedir ve Fe^{++} , Mn^{++} ve Cu^{++} gibi enzimlerin yapısında yer alan, fotosentezdeki elektron transferi, sitokrom döngüsü olaylarında fonksiyonel özellikteki metalleri bağlayıcı özelliğe sahiptir (Francisco ve Pinotti, 2000). Tamamen olgunlaşmamış tanedeki HCN miktarı olgunlaşmış olanlara göre çok daha fazladır (Heimbach, 2009).

İnsan için minimum lethal doz seviyesi 0.5-3.5 mg/kg vücut ağırlığı olan HCN 1000' den fazla bitki tarafından üretilmektedir. Kasava bitkisinde 2450 mg/kg HCN mevcutken ham keten tohumunda 377 mg/kg olarak tespit edilmiştir ki bu değer kasava bitkisinin içerdiği miktarın çok çok altındadır (Feng ve ark., 2003).

Siyanid, keten tohumu dışında badem, kasava ve bambuda da mevcuttur. WHO' nun 2007 verilerine göre, siyanid miktarı lima fasulyesinde 2000-3000 ppm, bambuda 7700 ppm, ticari vişne suyunda 4.6 ppm, ticari kayısı suyunda 2.2 ppm, soya proteini ürünlerinde 0.07-0.3 ppm, hububat ve ürünlerinde ise 0.001-0.45 ppm düzeyindedir. JECFA (1993), veri eksikliğinden dolayı vücuda siyanojenik glukozid alımıyla ilgili güvenilir bir miktar tespit edilemediğini belirtmiştir (Hall ve ark., 2006).

Keten tohumunun günde 1-2 çorba kaşığı kadar tüketilebileceği tavsiye edilmektedir. Bu miktardaki keten tohumunda yaklaşık olarak ancak 5-10 mg HCN olabileceği belirtilmekte, bu miktarın da yetişkinlerde tahmin edilen akut toksisite değeri olan 50-60 mg ve insanların günde detoksifiye edebileceği 30-100 mg seviyesinin altında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bir insanın akut siyanid toksisiteye maruz kalması için yaklaşık 1 kg öğütülmüş keten tohumu tüketmesi gerektiği belirtilmektedir (Hall ve ark., 2006).

Faydalı bileşimine rağmen, keten tohumu kullanımında içerdiği siyanojenik glukozid bileşikler sorunu oluşturmaktadır. Oluşan toksik HCN bileşikler, keten tohumunun içerdiği zengin besinsel öğelerden yararlanabilme imkanının da sınırlı düzeylerde kalmasına neden olmaktadır. Keten tohumunun, içerdiği siyanojenik glukozidler ve HCN bileşiklerinden

arındırılması ve β -glukosidaz enziminin inaktif forma dönüştürülmesi ile günümüzde özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, İngiltere, Fransa, İsrail ve Avustralya gibi ülkelerde çeşitli ürünlere katılarak tüketimi yaygınlaştırılmakta ve içerdiği zengin besinsel öğelerin günlük olarak insan vücuduna alımı arttırılmaktadır. İçerdiği bu toksik maddelerden dolayı keten tohumunun insanlar tarafından tüketimi sınırlı miktarlarda kalmaktadır. Yapılan araştırmalarda keten tohumu, otoklav, ekstrüzyon (peletleme), mikrodalga ve geleneksel fırında belli sıcaklıkta kavurma, solventlerle muamele etme gibi çeşitli işlemlere maruz bırakılmış ve HCN içeriğinin azaldığı görülmüştür. Ancak IR uygulamasının toksik bileşenlere olan etkisinin incelendiği bir çalışma bulunamamıştır.

1.4. Keten Tohumunun İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Keten tohumunun insan sağlığı açısından oldukça faydalı olduğu bilim adamları tarafından tespit edilmiştir. Keten tohumunun kronik bronşit tedavisinde, cilt yaraları ve yanık tedavisinde, sindirim sistemi bozukluklarında kullanıldığı ve yüksek miktardaki lignan içeriğine bağlı olarak keten tohumu kabuğunun ise özellikle göğüs ve kolon kanserine karşı koruyucu etkisi olduğu bilinmektedir (Konuklugil ve Bahadır, 2004; Singh ve ark., 2011).

Keten tohumunun tam tane veya ürünleri (yağı çıkarılmış formu, keten tohumu ekstraktları) şeklinde tüketilmesinin hem insan hem de hayvan sağlığı üzerinde etkilerinin araştırıldığı klinik çalışmalar sonucunda, kan lipidlerinin profilinde değişiklikler oluşturduğunu ve bazı kanser türlerine karşı koruyucu etki sağladığını göstermektedir. Yalnız bu etkilere keten tohumundaki hangi maddelerin neden olduğu tam olarak açıklanamamaktadır (Adolphe ve ark., 2010).

Yapılan çalışmalar, kronik hastalıklar ve kanser gibi ölümcül olabilen hastalıkların en önemli nedenleri arasında diyetle alınan gıdaların niteliğinin büyük bir paya sahip olduğunu işaret etmektedir. Keten tohumu, bitkisel lignanların en zengin kaynağı olarak bilinmektedir. Keten tohumunun da aralarında bulunduğu 67 besin arasında keten tohumunun lignan, özellikle de SDG içeriğinin, diğer 66 besine göre %100-800 kat fazla olduğu araştırmalar neticesinde belirlenmiştir. Çalışmalar, yüksek oranda SDG tüketen Finli kadınların meme kanserine yakalanma olasılığının çok düşük olduğunu göstermiş bunun için de lif ve memeli lignanlarının öncü maddeleri olan SDG açısından zengin gıdaların sıkça tüketiminin önemli olduğu belirtilmiştir. Bu maddeler, fitoöstrojen özelliktedirler ve en dikkat çekici özellikleri ise memeli lignanlarının oluşumunda öncü madde konumunda olmalarıdır. Ayrıca bu maddeler antioksidan özellikleri açısından da

insan sağlığını olumlu yönde etkilemektedir. Yapılan deneyler sonucunda SDG' nin gelişen tümör hücrelerinin gelişimini inhibe ettiği görülmüştür. Bu maddeler bu etkileri, nitrik oksit oluşumuna neden olan nitrik oksit sentaz enzimini inhibe etmesi, kanser hücrelerinin büyümesini engellemesi ve meme kanseri hücrelerinin yok edilme sürecini başlatması ile sağlamaktadır (Ferrari ve Torres, 2003; Konuklugil ve Bahadır, 2004; Hall ve ark., 2006).

SDG bakımından zenginleştirilmiş keten tohumu ürünlerinin sağlık açısından faydalı olduğu bilimsel olarak kanıtlanmış olup bu faydalardan yararlanabilmek için günde en az 500 mg SDG tüketilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Adolphe ve ark., 2010).

Keten tohumu tüketiminin böbreklerdeki bazı histolojik anormallikleri azaltma eğiliminde olduğu ve bu konuda soya proteinine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Keten tohumunda bulunan bazı bileşen/ler böbreklerden protein atılımını engelleyerek koruyucu etki göstermektedir. Yapılan alışmalar sonucunda, keten tohumu tüketimiyle kronik böbrek rahatsızlıkları ve tip 2 diyabete karşı koruyucu etki kazanıldığı, ayrıca kandaki insülinin aşırı yükselmesine karşı olumlu etki sağlandığı görülmüştür (Velasquez ve ark., 2003).

Keten tohumunun yüksek oranda omega-3 ve omega-6 yağ asitlerini içermesi sebebiyle insan beslenmesine önemli bir katkı sağladığı belirtilmektedir. Yağında yaklaşık %55 oranında α -linolenik yağ asidi (omega-3) içermesi, keten tohumuna iltihap önleyici etki kazandırırken eklem iltihabı (romatizma) ve bazı alerji türlerinin tedavisinde kullanılabılme imkanı sağlamıştır. Hormonlara bağlı kanserlerden ve kalp rahatsızlıklarından korunmak için özellikle omega-3 yağ asitlerinin vücud a alımı oldukça önemlidir. α -linolenik asit, omega-3 serisi yağ asitlerinin ebeveyni sayılmaktadır. Bu nedenle keten tohumu, içerdiği yüksek α -linolenik asit miktarıyla bu yağ asidinin oldukça önemli bir kaynağı olmaktadır. α -linolenik asit, esansiyel bir yağ asididir ve insan vücudu α -linolenik asit sentezleyemediğinden günlük beslenme ile bu maddelerin vücud a alınması gerekmektedir. Bu bileşiklerin eksikliğinde ise nörolojik rahatsızlıklar ve çocuklarda gelişim problemleri meydana gelmektedir. Bu nedenle insan sağlığı açısından α -linolenik asit alımı çok önemlidir. Ayrıca, çok az miktarda doymuş yağ asidi içerdiğinden keten tohumu kullanımıyla kan kolesterolü ve LDL kolesterol seviyeleri düşürülebilmektedir. Günlük beslenmemizde kullandığımız una keten tohumu ununun karıştırılmasıyla elde edilen fırıncılık ürünlerin tüketilmesiyle veya keten tohumu yağının yemeklerde günlük olarak kullanımıyla, keten tohumunda bulunan bu faydalı yağ asitlerinden faydalanılabileceği belirtilmektedir (Craig, 1997; Yıldıırım 2005; Heimbach, 2009).

1.5. Keten Tohumunun Gıda Olarak Kullanımı

Son yıllarda fitokimyasallar ve fonksiyonel gıdalara olan ilginin artması ve keten tohumunun çeşitli kanser türlerine yakalanma riskini azaltması, diyabet, menopoz, osteoporoz ve kalp rahatsızlıklarını önlemede etkili olması gibi sağlık açısından birçok faydasının belirlenmesiyle keten tohumu tüketimi dünya çapında dikkat çekmiştir. Ülkemizde bu konuyla ilgili yapılan çalışma sayısı ve bu bitkinin tüketiminin az olmasına karşılık dünya çapında birçok araştırma mevcuttur (Simbalista ve ark., 2012).

Keten tohumunun omega-3 yağ asidi, α -linolenik asit, diyet lif ve fenolik bileşenler olan lignanlar açısından oldukça zengin olması önemli bir fonksiyonel gıda olduğunu kanıtlamaktadır (Oomah, 2001). Keten tohumu gluten içermediği için çölyak hastaları ve zengin omega-3 kaynağı olmasından dolayı da vejetaryen beslenenler için balık ürünlerine alternatif bir gıdadır.

Keten tohumu bütün halde veya öğütülmüş olarak, ekmek ve fırıncılık ürünlerine fındığımsı bir aroma vermek ve son ürünün besinsel değerini yükseltmek amacıyla ilave edilebilmektedir. Keten tohumunun Asya ve Avrupa’da ekmek, kurabiye, salata sosları ve diğer fırıncılık ürünleri gibi çeşitli gıdalara yaklaşık %12 oranında katılarak bu gıdalarda bir gıda bileşeni olarak kabul edildiği belirtilmiştir. 2004 verilerine göre; ABD’ de keten tohumu içeren ürün sayısı 166 olarak tespit edilmişken bu sayı Kanada’da 57, İngiltere ve Fransa’da 6’ dır (Craig, 1997; Heimbach, 2009).

Keten tohumunun faydalı bileşenlerinden yararlanabilmek için öğütülmüş olarak kullanılması gerektiği tavsiye edilmektedir. Sarı ve kahverengi çeşitleri olan keten tohumu bitkisinin bu iki rengi arasında besinsel açıdan fark bulunmamaktadır. Kahverengi keten tohumu kullanımı daha yaygın olmasına rağmen açık renginden dolayı sarı olan çeşitler; içecekler, meyve suları ve fırıncılık ürünlerinde bazı tüketiciler tarafından tercih edilebilmektedir (Wilkes, 2007).

Çeşitli ürünlere öğütülmüş veya bütün halde keten tohumu eklenmesi, vücuda alfa-linolenik asit ve diyet lif alımını arttırması açısından önemlidir. Keten tohumu yaklaşık olarak %25 oranında α -linolenik asit içerdiğinden yetişkin bir bayanın günde 4.4 g keten tohumu tüketmesi veya yetişkin bir erkeğin günde 6.4 g keten tohumu tüketmesi sonucu günlük α -linolenik asit gereksinimi karşılanmaktadır. Vücudun α -linolenik asit ihtiyacı genellikle tahıl ürünleri, et, balık, katı-sıvı yağ ve sebzeler tarafından karşılanmaya çalışılmakta, ancak bu gıdalardan alınan α -linolenik asit miktarı, günlük alınması gereken

α -linolenik asit seviyesini karşılayamamaktadır. Bu nedenle, çeşitli ürünlere keten tohumu katılarak günlük α -linolenik asit tüketimi artırılabilir (Heimbach, 2009).

Karakteristik ham tadından dolayı keten tohumunun gıdalarda kullanımı duyuşal açıdan sınırlıdır. Yapılan bir çalışmada, buğday ununa katılan %6-8 oranındaki keten tohumunun hamur ürünlerine ceviz tadı verdiği belirlenmiştir. Fırıncılık ürünleri dışında kahvaltılık tahıl karışımlarına, bisküvi, kek, çorba gibi ürünlere de katkı maddesi olarak keten tohumu katıldığı belirtilmektedir (Yıldırım, 2005).

1.6. Infrared (Kızılötesi) Enerji

Infrared (IR) radyasyon, elektromanyetik dalgalardan oluşan bir enerji çeşidi olup konveksiyon ve kondüksiyon mekanizmalarına göre daha hızlı ve daha etkili bir ısı iletim yöntemidir (Yang ve ark., 2010). Elektromanyetik spektrumdaki yeri görünür ışık ile mikrodalga ışınlar arasında olan kızıl ötesi ışınların dalga boyu 0.76 mm ile 1000 mm arasında değişmekte ve kendi arasında yakın (0.76-2 mm), orta (2-4 mm) ve uzak (4-1000 mm) kızılötesi olarak ayrılmaktadır. Kızıl ötesi ışınlara maruz kalan gıda maddeleri, ortaya çıkan enerjiyi bünyesine alabilmekte ve kısa sürede düzgün bir ısıtma sağlanarak ürünlerdeki kalite ve besinsel içerik kayıplarının minimuma indirildiği gıda maddeleri elde edilebilmektedir (Özkoç, 2010).

Kızılötesi ışınlardan yararlanılarak geliştirilen gıda işleme metotları, zaman ve enerji tasarrufu sağladığı için gıda endüstrisinde genel olarak kurutma, kavurma, çözündürme, pişirme, pastörizasyon ve sterilizasyon gibi işlem basamaklarında kullanılmaktadır. Bu sayede alternatif gıda işleme metotları geliştirilmekte ve kaliteli ürün eldesi sağlanmaktadır. Kızılötesi ısıtma ile yüksek ısı verimlilik ve yüksek ısıtma hızı sağlandığından son yıllarda hem gıda hem de diğer sektörlerde kullanımı artmakta ve popüler bir teknoloji halini almaktadır. IR enerji, dolaşan havayı ısıtmadan enerji kaynağından doğrudan ürünün yüzeyine transfer olur (Özkoç, 2010).

Kurutma süresini azaltmak amacıyla kullanılabilen yöntemlerden biri olan infrared ısıtma yöntemi, genellikle radyasyonun ince tabakalı ve geniş yüzeye uygulanması ile gerçekleştirilmektedir. Genellikle katı formdaki materyaller infrared enerjiyi yüzeylerinde ince bir tabakada absorblarlar, ancak suyun infrared enerjiyi absorblayabilmesi de önemlidir. Çünkü kurutma sırasında radyasyon özellikleri su miktarının azalışıyla değişmektedir. Infrared radyasyon kısa dalga boyunda suyun içine aktarılır, uzun dalga boyunda ise yüzeyde absorblanır. Bu nedenle ince tabakalı materyallerin uzak-infrared radyasyonla, daha kalın materyallerin ise yakın-infrared radyasyonla kurutulması daha

etkili olmaktadır. Infrared ısıtmanın işlem süresini kısaltma, ısı iletim katsayısını arttırma, düşük enerji kullanımı, ekipman azlığı ve ayarlanabilir işlem parametreleri gibi avantajları vardır. Soya fasulyesi, tüketime hazır gıdalar, tahıl taneleri, kakao çekirdekleri, fıstık gibi ürünlerin ısıtılması ve pişirilmesi, yosun, sebzeler, balık filetosu ve makarna gibi ürünlerde ise tünel bir mekanizmada kurutma gibi işlemlerde ve gıdaların su içeriğinin tespitinde kullanılmaktadır. Kurutma işlemi sırasında infrared enerji yüzey tabakaları tarafından emilir ve ısıya dönüşür (Nowak ve Lewicki, 2004).

Diğer kurutma yöntemlerine kıyasla daha az maliyet, enerji tasarrufu ve kaliteli ürün elde edebilme olanaklarından dolayı infrared enerji, gıda kurutma işlemlerinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. İşlem sırasında ısı ürünün her noktasına eşit dağılabilmekte ve işlem süresi kısalmakta, enerji verimliliği artmaktadır. Patates, soğan, elma gibi meyve ve sebzelerin kurutulmasında infrared ısıtmadan yararlanıldığı, farklı halojen lambaların kullanıldığı ekmek içi kurutma çalışmasında ise konvensiyonel fırında kurutmaya göre kurutma süresinin %80-94 oranında azaldığı ve su tutma kapasitesinde ise artış olduğu belirtilmektedir. Ayrıca kızılötesinden yararlanarak kek, ekmek, tost ve kurabiye gibi fırıncılık ürünleri de pişirilebilmektedir. Böylece pişirme süresi %50' ye kadar azaltılabilmektedir (Özkoç, 2010).

Infrared enerjiden enzim inaktivasyonu amaçlı da yararlanılmaktadır. Soya fasulyesi, elma dilimleri ve pirinç kepeği enzim inaktivasyonu amacıyla infrared enerjinin kullanıldığı gıda maddelerindendir (Krishnamurthy ve ark., 2008; Lin ve ark., 2009; Yılmaz ve ark., 2014).

Geleneksel kavurma işlemlerine kıyasla infrared ile ısıl işlem gören gıdaların daha üstün duyuşal ve kimyasal nitelikler taşıdığı belirtilmektedir. Örneğin; yeşil çaya uygulanan infrared enerjinin fizikokimyasal özellikleri geliştirdiği gözlemlenmiştir. Kavurma işlemi sırasında yüksek sıcaklıktan dolayı enzimler denatürasyona uğradığından enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları meydana gelmekte ve buna bağlı olarak da üründe renk değişimleri görülmektedir. Yapılan duyuşal analizler sonucunda, görünüş, yapı ve lezzet özellikleri açısından ise IR enerjinin arzu edilmeyen bir duruma yol açmadığı tespit edilmiştir (Yang ve ark., 2010).

Yukarıdaki bilgilerin ışığında bu tezin amaçları; keten tohumunda bulunan ve ısıl işlem sonucunda azaldığı bilinen toksik HCN bileşenlerini IR enerji ile azaltmak, ham tada sahip keten tohumuna hoş, kavruk bir aroma kazandırmak ve işlenen keten tohumunu tarhanaya ilave ederek elde edilen ürünün besinsel ve fonksiyonel özelliklerini

araştırmaktır. Bilgimiz dahilinde, keten tohumunun IR enerji ile işlenmesi, IR enerji ile HCN bileşiminin azaltılması ve keten tohumu katkılı tarhana yapımıyla ilgili herhangi bir çalışma bulunmadığından tezin sonuçlarının bu boşluğu doldurabileceğı düşünölmektedir. Ayrıca bu tez konuyla ilgili gerçekleştirilmiş ilk tezdır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Infrared (Kızılötesi) Enerjinin Gıda Alanındaki Genel Kullanımı

Infrared enerji genel olarak kurutma, kavurma, çözündürme, pişirme, pastörizasyon ve sterilizasyon gibi işlem basamaklarında kullanılmaktadır. IR enerjinin enzim inaktivasyonu üzerindeki etkinin araştırıldığı bir çalışmada soya fasulyesinde bozulmaya neden olan lipoksigenaz enziminin inaktivasyonu için 60 saniyelik bir infrared ısıtma uygulaması yapılmış ve enzimin %95.5 oranında inaktive olduğu görülmüştür. 6 dakikalık infrared muamelesinin ise lipaz aktivitesini %60 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Krishnamurthy ve ark., 2008).

3 farklı kalınlıkta dilimlenen elma dilimlerinin 4000 W/m² IR yoğunluğunda 10 dakika süreye kadar ısıtılması sonucunda polifenoloksidaz enziminin 4. dakikada ve peroksidaz enziminin ise 7. dakikada aktivitelerinin durduğu belirlenmiştir (Lin ve ark., 2009).

Geleneksel kavurma işlemlerine kıyasla infrared ile ısıtılma işlemi gören gıdaların daha üstün duyu ve kimyasal nitelikler taşıdığı belirtilmektedir. Örneğin; yeşil çaya uygulanan infrared enerjinin fizikokimyasal özellikleri geliştirdiği gözlemlenmiştir. Kavurma işlemi sırasında yüksek sıcaklıktan dolayı enzimler denatürasyona uğradığından enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları meydana gelmekte ve buna bağlı olarak da üründe renk değişimleri görülmektedir. Yapılan çalışmada, bademler metal yüzeyli bir tepside, 130, 140 ve 150°C yüzey sıcaklığında, sırasıyla 104, 124 ve 155 saniye kavurma süresiyle ortalama 5000 W/m² IR yoğunluğu ile muamele edilmiş, toplam renk değişimi değerlerinin daha hızlı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Yapılan duyu analizleri sonucunda, görünüş, yapı ve lezzet özellikleri arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamış olup IR enerjinin bu özellikler bakımından arzu edilmeyen bir duruma yol açmadığı tespit edilmiştir (Yang ve ark., 2010).

Yılmaz ve ark. (2014), pirinç kepeğinde acılaşmaya neden olan lipaz enziminin inaktivasyonu amacıyla IR enerjiden yararlanılmış, 500-700 W güçlerdeki kısa dalga IR enerjinin bu konuda başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bu sayede pirinç kepeğinin acılaşması önlenmiş ve raf ömrü yaklaşık 6 aya uzamıştır. IR enerji ile işlenen pirinç kepeği örneklerinin yağ asidi kompozisyonunda önemli bir değişim görülmezken, α , β ve γ -tokoferol fraksiyonlarında önemli miktarda azalış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Tuncel ve ark. (2014a,b), 700 W kısa dalga IR enerji gücünde 3 dakika stabilize ettikleri pirinç kepeklerini %2.5, 5 ve 10 oranlarında kullanarak farklı ekmekler elde etmişlerdir. Genel olarak stabilize pirinç kepeğinin katılmasıyla birlikte nem, yağ, protein, B1 ve B2 vitaminleri, fitik asit, suda çözünmeyen diyet lif ve toplam lif oranlarında artış meydana gelirken suda çözünen diyet lif içeriklerinin değişmediği tespit edilmiştir. Renk değerlerinde ise *L* değerlerinde azalma meydana gelirken *a* ve *b* değerlerinde ise artış gözlemlenmiştir. Yapılan tüketici testi sonunda ise %2.5 stabilize pirinç kepeği katkılı ekmeklerin en fazla beğeniyi kazandığı görülmüştür.

2.2. Keten Tohumundaki Siyanojenik Glukozid Bileşiğinin Azaltılması

Siyanojenik glukozidlerin toksik etkisi β -glukosidaz enzimin aktivitesi sonucu serbest kalan HCN bileşiklerine dayanmaktadır. HCN miktarı keten tohumunun kullanımını limitleyen ana husustur. Literatüre göre; suya veya solvante daldırma, basınçla pişirme, mikrodalga ısıtma, yüksek sıcaklık ve yüksek basınç ekstrüzyon (peletleme) ve kavurma gibi işlemler uygulanarak HCN içeriği azaltılmaya çalışılmıştır. Suyu kaynatma metodunda prensip; keten tohumunu suya daldırdıktan sonra HCN içeriğini buharlaştırmaktır. Bu metotla, HCN bileşikleri %100' e kadar uzaklaştırılabildiği halde kaynatmayla birlikte nitrojen çözünürlüğünün azalması ve proteinlerin denatürasyona uğramasından dolayı bu yöntem elverişli değildir. Ayrıca pH 3.0-8.0 arasında değişmekte ve hidrofobik gruplar açığa çıkmaktadır. Methanol, ethanol, ammonia, 2-propanol, su ve hegzan gibi solventlerle gerçekleştirilen uygulamalarda ise HCN içeriğinin %50 oranında azaldığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, ekstrüzyon tekniğinin keten tohumundaki mevcut HCN içeriğini etkileyişi araştırılmıştır. Ekstrüzyon işlemi sırasında suyun buharlaşmasıyla birlikte mevcut HCN içeriğinin bir kısmı uçmaktadır. Araştırmada, 90-156°C sıcaklıklar arasında 12 farklı sıcaklık derecesinde çalışılmıştır. Ham keten tohumunda 298.6 mg/kg düzeyinde olan HCN miktarındaki azalış %87.3 ile 126°C sıcaklık, 39.2 kg/h besleme hızı, 180 rpm vida dönüş hızı, %6.4 nem koşullarında gerçekleşmiştir. Sonuç olarak ekstrüzyonun keten tohumu detoksifikasyonunda önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir (Wu ve ark., 2008).

Feng ve ark. (2003), çalışmalarında keten tohumlarına 120°C sıcaklıkta 15 dakika otoklavlama, 750 W, 2450 MHz ve maksimum güçte 4 dakika mikrodalga fırında kavurma ve yüksek basınç, yüksek sıcaklık koşullarında (bir veya birden fazla kez tekrarlanmış işlemler ve ayrıca mısır gibi başka gıdalarla da %50 oranında karıştırılarak gerçekleştirilen uygulamalarla) peletleme işlemleri uygulamışlardır. Bu işlemler sonucunda HCN miktarları Çizelge 2.1' de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Keten tohumunun HCN içeriğinin farklı yöntemlerle azaltılması (Feng ve ark., 2003)

Keten Tohumu Örnekleri	HCN miktarı (mg/kg)
Ham	377.0
Otoklavlanmış	265.0
Mikrodalga kavurma	63.5
1 kez peletlenmiş	327.0
6 kez peletlenmiş	170.0
%50 mısırla 1 kez peletlenmiş	292.3
%50 mısırla 6 kez peletlenmiş	136.5
130°C sıcaklıkta 10 dakika ısıtma işlemi	316.0
130°C sıcaklıkta 20 dakika ısıtma işlemi	291.0

Bu sonuçlara göre; uygulanan yöntemler içerisinde HCN miktarını %83.2 azaltarak en etkili olan yöntem mikrodalga fırında kavurma işlemidir. Mikrodalga ışınları; radyo dalgaları ile infrared dalga frekansları arasında yer alır. Bu ışınlar, yansır, absorbe edilebilir ve geçirilebilir özelliktedir. Mikrodalga ile materyal arasındaki etkileşim ısı oluşturur ve bu da materyalin işlenmesinde kullanılır. Bu nedenle hızlı ve etkili bir yöntemdir. Bu çalışmada, mikrodalga ile HCN içeriğinin azaltılmasındaki etkisi açıkça görülmüştür. Bu etki, ısı ile β -glukosidaz enziminin inaktif hale getirilmesi ve HCN bileşiklerinin oluştuktan sonra buharlaşarak ortamdan uzaklaşmasıdır. 4 dakikalık mikrodalga işlemi sırasında HCN'nin buharlaşarak uzaklaşmasıyla %5.7 suyun da keten tohumundan ayrıldığı belirlenmiştir. Nem kaybının diğer yöntemlere göre fazla oluşu, mikrodalga ile güçlü indüksiyon gücüne bağlıdır (Feng ve ark., 2003). Diğer yöntemler uygulandığında HCN miktarındaki azalışın otoklavlama ile %29.7, mikrodalga kavurma ile %83.2, ekstrüzyon ile %73.8, fırında 130°C sıcaklıkta 10 dakika ve 20 dakika kavurma ile de sırasıyla %16.2 ve 22.8 oranlarında gerçekleştiği, solvent ve kaynatma işlemlerinin ise etkili olmadığı görülmüştür (Hall ve ark., 2006).

Kavrulmuş ve kavrulmamış, tam veya kısmi olarak yağı alınmış keten tohumu unu örnekleri üzerinde yapılan bir çalışmada, kısmen yağ alınan örneklerin hem kavrulmuş hem de kavrulmamış olanlarında ham protein, ham lif, kül ve mineral içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Kavurma işlemi, 480 W, 2450 MHz koşullarında 2.5 dakika süreyle ev tipi bir mikrodalga fırında gerçekleştirilmiştir. Kısmi yağ alma işleminin köpük kapasitesi, köpük stabilitesi ve su absorpsiyon kapasitesini arttırdığı, kavurma işleminin ise köpük

kapasitesi ve stabilitesini düşürdüğü görülmüştür. Çalışma sonunda yağı alınan ve kavrulmuş keten tohumu ununun çeşitli gıdalara katılabileceği ve kavurma işleminin siyanojenik glukozid içeriğini önemli düzeyde azalttığı belirtilmiştir. Kavurma işlemi protein içeriğini ise etkilememiştir. HCN miktarı, bütün halde kavrulmuş olan örneklerde 20.58 mg/kg iken kavrulmamış olanlarda 145.72 mg/kg; kısmi yağı alınan kavrulmuş örneklerde 25.42 mg/kg iken kısmi yağı alınmış ve kavrulmamış örneklerde ise 197.57 mg/kg düzeyinde belirlenmiştir. Bu verilere bakarak, mikrodalga kavurma işleminin HCN içeriğini %83.3 oranında azalttığı söylenebilmektedir. Çalışma sonucunda mikrodalga kavurmanın, demir, çinko ve bakır hariç mineral madde içeriğini etkilemediği belirlenmiştir (Hussain ve ark., 2008).

Ivanov ve ark. (2012), yaptıkları araştırmada mikrodalga fırın frekansını 2450 MHz, çalışma güç seviyelerini ise 240 W, 400 W, 560 W ve 800 W olarak belirlemiş ve örnekler her bir çalışma gücüne 0, 3, 6 ve 10 dakika maruz bırakılmıştır. Mikrodalga fırın 560 ve 800 W güçlerinde 6 dakika ve üzerinde çalıştırıldığında ise keten tohumları yanıp zarar gördüğünden bu örnekler analizlerde kullanılmamıştır. Keten tohumları öğütülmüş olarak mikrodalga işleme tabi tutulmuştur. Mikrodalga gücü arttıkça keten tohumundaki mevcut HCN miktarındaki azalışın da arttığı belirlenmiştir. Mikrodalga gücü sabitken ısı işleme maruz kalma süresinin artmasıyla da aynı etkinin gerçekleştiği tespit edilmiştir. 240 W dışındaki tüm güçlerde ve uygulanan tüm sürelerde ulaşılan HCN seviyesi Sırbistan kanunlarına göre olması gereken maksimum HCN miktarı olan 250 mg HCN/kg keten tohumu seviyesinin altında kalabilmiştir. Çalışma sonucunda HCN miktarını istenen seviyeye düşürmek için gerekli olan optimum güç değeri 400 W, optimum süre ise 290 saniye olarak belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise, mikrodalga keten tohumundaki HCN içeriğini azaltmada otoklavlama, peletleme ve fırında kurutma işlemleri arasında en başarılı işlem olduğu tespit edilmiştir.

Taze çekilmiş keten tohumunda siyanojen glukozidlerin HCN' lere dönüşümü hızlı gerçekleşmektedir. Bu nedenle keten tohumundaki bu toksik bileşenlerin öğütme aşamasından önce uzaklaştırılması gerekmektedir (Yamashita ve ark., 2007). Yapılan bir çalışmada, 120°C' de 3 kez kavrulan keten tohumlarındaki toplam siyanojenik glukozitlerin 20.8 mg HCN/100 g tohum seviyesinden 1.0 mg HCN/100 g tohum' a düştüğü bulunmuştur (Rajiv ve ark., 2012).

Keten tohumundaki diğer anti besleyici öge, fitik asittir. Fitik asit içeriği keten tohumu çeşidine bağlı olarak 2280-3250 mg/100 g keten tohumu arasında değişmektedir (Hall ve ark., 2006).

Keten tohumundaki mevcut HCN içeriğini azaltmaya ve hoş bir aroma kazandırmaya yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır; ancak bu amaçlarla bilginiz dahilinde IR enerjiden yararlanıldığına dair herhangi bir kaynağa rastlanılmamıştır. IR enerji, kullanılan diğer metotlara göre daha az maliyetli ve endüstriyel olarak daha kolay kullanım imkanı sağladığı için, çalışmada bu metodun kullanılması, ayrıca IR enerjinin yeni bir teknik olması ve dünya üzerinde kullanımının gittikçe artması nedeniyle de tercih edilmiştir.

2.3. Isıl İşlemin Keten Tohumu Üzerindeki Etkisi

Keten tohumu kavrulduğunda güzel bir aroma kazanmaktadır (Yıldırım, 2005). Bu nedenle tezde, IR enerji ile ısıtım işlem uygulanan keten tohumunun duysal açıdan özellikleri detaylı bir şekilde izlenmiş ve aroma değişimleri incelenmiştir.

Kavrulmuş yağlı tohumların kalitesi genel olarak kavurma koşullarına bağlıdır. Kavurma işlemi ile yağın depolandığı hücrelerin zarar görerek oksijene maruz kalması kolaylaşmaktadır. Buna rağmen kavurma işlemi sonucu arzu edilen lezzet ve aroma gelişimi meydana gelmektedir (Cammerer ve Kroh, 2009).

Chetana ve ark. (2010), keten tohumunu fındıgımsı/cevizimsi bir lezzet kazanana kadar fırında 100°C sıcaklıkta 15 dakika kavurduktan sonra oda sıcaklığına soğutmuş ve bu örnekleri öğütürerek keten tohumu unu elde etmişlerdir. Kontrol keten tohumu ununun (fırınlanmadan öğütülen ham keten tohumu unu) yaklaşık olarak %21.8 protein, %42.7 toplam diyet lif içerdiği, 100°C sıcaklıkta kavurma işlemi ile bu miktarların sırasıyla %20.3 ve %40.5 seviyelerine düştüğü görülmüştür. Yağ asidi kompozisyonundaki değişim ise; fırında kavrulmuş keten tohumlarında miristik asit miktarında çok az bir artış ve palmitik ile stearik asit miktarında ise önemli düzeyde artış şeklinde olmuştur. Ham keten tohumunda %55.4 düzeyinde olan omega-3 yağ asidi seviyesi ise fırında kavurma işlemi sonucunda %50.8'e düşmüştür.

Kavurma işlemi ile peroksit değerinin düştüğü belirtilmektedir. Kavrulmuş keten tohumları 0-0.2 meq/kg gibi düşük seviyelerde peroksit değerine sahipken, kavrulmamış keten tohumları 1.8 meq/kg değerine sahiptir. Aynı şekilde kavurma işleminin serbest yağ asidi içeriğini düşürdüğü, kısa süreli kavurma işleminin bu konuda daha etkili olduğu belirtilmektedir. 4-8 dakika kavrulan keten tohumu örnekleri 16-24 dakika kavrulanlara kıyasla daha düşük serbest yağ asitliği değerine sahiptir. Kavrulmuş keten tohumundaki baskın yağ asitleri ise; α -linolenik, oleik ve linoleik asitleridir. Kavurma işlemi sırasında veya sonunda yağ asidi pofilinde önemli bir değişikliğin olmadığı istatistiksel açıdan tespit

edilmiş olup sadece α -linolenik asit miktarında çok az bir azalma olduğu bunun da önemli olmadığı belirtilmiştir. Yapılan bir çalışmada keten tohumları öğütülmeden ve öğütüldükten sonra 178°C sıcaklıkta 90 dakika kavrulmuş ve öğütülmeden kavrulan örneklerin yağ asidi kompozisyonunun değişmediği, ancak öğütülen örneklerde önemli derecede α -linolenik asit kaybı, oleik asitte ise önemli miktarda artış görülmüştür (Hall ve ark, 2006).

Hussain (2009) araştırmasında, kavurma işleminin keten tohumundaki peroksit değerini oldukça etkilediğini vurgulamıştır. Kavurma işlemi yapılmayan keten tohumlarındaki peroksit değeri, kavrulanlara göre daha yüksek peroksit değerlerine sahip olmaktadır. Ayrıca kavrulmuş keten tohumu örneklerinde serbest yağ asitliğinin kavrulmamış olanlara kıyasla önemli derecede daha düşük olduğu görülmüştür.

Kavurma sıcaklığı 180°C' ye çıkarıldığında renk özelliklerinde önemli bir değişim gözlenmezken tohum parlaklığı azalmaktadır. Ayrıca kavurma sıcaklığının artmasıyla ekstrakte edilebilir yağ miktarının arttığı belirlenmiştir. Kavrulmuş keten tohumundan ekstrakte edilen yağlarda hoş giden cevizimsi kavruk aroma oluşumu tespit edilmiştir. Kavurma, keten tohumunun aroma ve lezzet özelliklerini önemli derecede geliştirmektedir. Kavrulmuş keten tohumunda pirazinlerin mevcudiyetinin tüketici tercihini önemli derecede etkileyeceğine inanılmaktadır. Bunlara ilaveten, tüketici açısından görünüş özelliğinin kavrulmuş keten tohumunda belirleyici olmadığı, bunun yerine aroma ve lezzetin önemli olduğu belirlenmiştir (Hall ve ark, 2006).

2.4. Keten Tohumu Katkılı Ürünler

Fitokimyasallar ve fonksiyonel gıdalara olan ilgi, keten tohumunun gıdalarda kullanımını arttırmıştır. Keten tohumunun faydalı bileşenlerinden yararlanabilmek için öğütülerek kullanılması gerektiği tavsiye edilmektedir. Ülkemizde keten tohumu bazı ekmek karışımlarına öğütülmeden az miktarda ilave edilmektedir. Sarı ve kahverengi çeşitleri olan keten tohumu bitkisinin bu iki rengi arasında besinsel açıdan fark bulunmamaktadır. Kahverengi keten tohumu kullanımı daha yaygın olmasına rağmen açık renginden dolayı sarı olan çeşitler içecekler, meyve suları ve fırıncılık ürünlerinde bazı tüketiciler tarafından tercih edilebilmektedir. (Wilkes, 2007).

Yapılan bir çalışmada, buğday ununa katılan %6-8 oranındaki keten tohumunun hamur ürünlerine ceviz tadı verdiği belirlenmiştir. Fırıncılık ürünleri dışında kahvaltılık tahıl karışımlarına, bisküvi, kek, çorba gibi ürünlere de katkı maddesi olarak keten tohumu

katıldığı belirtilmektedir (Yıldırım, 2005). Keten tohumunun ekmeklerde ve diğer fırıncılık ürünlerinde kullanımının son yıllarda oldukça yaygın olduğu söylenmektedir. 2004 verilerine göre; ABD’ de keten tohumu içeren ürün sayısı 166 iken bu sayının Kanada’da 57, İngiltere ve Fransa’da ise 6 civarında olduğu belirtilmektedir (Heimbach, 2009).

Hussain ve ark. (2008)’ nın 480 W ve 2450 MHz koşullarında 2.5 dakika süreyle ev tipi bir mikrodalga fırında kavurdıkları ve yağını aldıkları keten tohumu ununu, %16 ve daha düşük oranlarda tam buğday unu ile yer değiştirecek şekilde chapatti ekmeğine katmışlardır. Pişirilen chapatti ekmeğinde kabul edilebilen tüketici verilerine ulaşılmıştır. Ayrıca mikrodalga kavurma ve kısmen yağ alma işlemleri keten tohumu ununun fonksiyonel özelliklerini geliştirmektedir ve bu nedenle diğer fırıncılık ürünlerinde de kullanımının artacağı çalışma sonunda vurgulanmıştır.

Yapılan bir başka çalışmada, yağsız keten tohumunun, muffin içeriğine %2-5 oranında katılmasıyla, keten tohumu artışının viskozite değerlerini 2730 ± 530 ’ dan 12775 ± 4425 düzeyine yükselttiği, diğer fizikokimyasal özellikleri ise etkilemediği görülmüştür. Pişirilen keten tohumu katkılı muffinlerin *L* ve *a* renk değerlerinin kontrolden daha düşük değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu fizikokimyasal sonuçlar ise muffinlerin tazelik özelliklerini olumsuz bir şekilde etkilemediği için keten tohumundan yararlanılabileceğini işaret etmektedir (Shearer ve Davies, 2005).

Gambue ve ark. (2004)’ nın çalışmasında toplam unun %10 ve 13’ü kadarı kahverengi öğütülmüş keten tohumu unu olarak kullanılmıştır. Keten tohumu eklenmiş ekmeklerdeki P, K, Mg, Cu ve Zn mineralleri kontrol örneğinden daha yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Özellikle Mg, kontrol örneğine kıyasla iki kat daha fazla miktarda belirlenmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada kullanılan keten tohumları findığımsı kavruk aroma kazanıncaya kadar 180°C sıcaklıkta 13 dakika kavrulmuştur. Kavrulan keten tohumları kabaca öğütülmüş ve öğütülen keten tohumu %5, 10, 15 ve 20 oranında ilave edilerek kurabiye elde edilmiştir. Hiç keten tohumu katılmamış kontrol örneğindeki su absorpsiyonu değeri, %59.5 iken %20 kavrulmuş keten tohumu ilaveli örneklerdeki su absorpsiyonu değeri ise %62.0’ dir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi kavrulmuş keten tohumu ilavesiyle hamurun su absorpsiyonu süresi artmıştır. Yapılan duyu analizler ise, kullanılan keten tohumu miktarının artmasıyla toplam puanın azaldığını ve %15’ den fazla keten tohumu ilavesinin duyu özellikleri etkilediğini işaret etmektedir. %20 oranında ilave edilen kavrulmuş keten tohumu ile hazırlanan kurabiyelerin, kahve rengine, pütürlü dış

yüzeye, sert bir yapıya, baskın yabancı bir tada, ağızda kumlu bir yapı oluşumuna neden olan özelliğe ve en düşük puanlamaya sahip olduğu belirtilmiştir. Tüm bu sonuçlara bakılarak, optimum duyuşal şartları sağlayan örneğin %15 keten tohumu ilaveli kurabiyeler olduğu tespit edilmektedir. Çalışma sonunda kabul edilebilir miktarın %15 olduğu belirlenmiştir (Rajiv ve ark., 2012).

Keten tohumu, fırıncılık ürünlerinin yanında süt ürünleri ve kurutulmuş makarna ürünlerine de katılabilmektedir. %15 oranında keten tohumu unu katılan makarnalarda raf ömrünün arttığı tespit edilmiştir. Öğütölmüş keten tohumunun %10 oranında kullanımı sonucu somun ekmeği hacminin gözle göröölür bir şekilde arttığı, bayatlamamanın geciktiği vurgulanmıştır. %20 oranına kadar öğütölmüş keten tohumu kullanılan bisküvilerde keten tohumunun kabul edilebilir bir lezzet verdiği göröölümüştür. Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada’ da keten tohumu unu, unlu mamul üretiminde ticari olarak kullanılmakta ve bu ürünlerden günlük olarak binlerce sayıda satılmaktadır. Soya sütü ve meyveli içeceklerde de %2-3 oranında kullanılarak besinsel değerler arttırılmaktadır (Singh ve ark., 2011).

2.5. Tarhana

Tarhana; yoğurt, buğday unu, maya, çeşitli sebze ve baharatların (domates, kapyra biberi, soğan, tuz, nane, vb.) karışımıyla elde edilen, Türkiye’ ye özgü geleneksel, buğday unu-yoğurt karışımı fermente bir üründür. Fermantasyon süresi 1-7 gün arasındadır. Fermantasyon sırasındaki asit oluşumundan, laktik asit bakterileri ve maya sorumludur. Fermantasyondan sonra güneşte kurutulan tarhana, asidik ve ekşi bir tada sahiptir. Protein ve vitamin deposu bir ürün olduğundan çocuk ve yaşılların beslenmesinde de sıklıkla tercih edilmektedir (İbanoğlu ve İbanoğlu, 1997).

Bozkurt ve Gürbüz (2008), farklı yoğurt oranları ve fermentasyon süreleri ile elde edilen tarhanaların % nem, yağ, protein ve kül değerlerini sırasıyla 12.38-13.42, 2.34-3.14, 14.48-15.60 ve 8.55-8.79 olarak bulmuşlardır.

Patojen ve bozulmaya sebebiyet veren mikroorganizmaların gelişimi, tarhananın düşük pH ve nem değerlerinden dolayı durmaktadır. Bu da tarhananın 1 yıldan daha uzun süre raf ömrüne sahip olmasını sağlamaktadır (Bilgiçli ve ark., 2006b).

Bilgiçli (2009) çalışmasında %100 buğday unundan yapılmış tarhananın bazı fiziksel, kimyasal ve besleyici değerlerine değinmiştir. Bu değerler izelge 2.2 ve izelge 2.3’ te gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Tarhananın mineral madde ve renk değerleri (Bilgiçli, 2009)

Mineral madde içeriği (mg/100 g)						Renk Değerleri		
K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	L	a	b
384.6	100.4	61.05	246.2	2.52	1.5	71.59	10.40	32.80

Çizelge 2.3. Tarhananın besinsel içeriği (Bilgiçli, 2009)

Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Selüloz (%)	Nişasta (%)	% Asitlik	Fitik Asit (mg/100 g)
1.68	6.1	16.4	1.7	64.5	2.0	21.20

Tarhana, ekmek ve çeşitli sebzeler eşliğinde genellikle kahvaltı veya ana yemek şeklinde tüketilen bir gıda çeşididir. Tarhananın besinsel bileşimini ise içerisindeki yoğurt, un ve diğer maddelerin oranları belirlemektedir. Dağlıoğlu (2000), tarhananın besinsel bileşimini %16 protein, %60 karbonhidrat, %5.4 yağ, %1 lif, %3.8 tuz ve %6.2 kül şeklinde özetlemiştir. Tarhananın B1 ve B2 vitamini içeriğini ise ortalama olarak sırasıyla 0.01 mg/100 g ve 0.08 mg/100 g şeklinde belirtmiştir.

Yapılan bir çalışmada, buğday unu ile yapılan tarhana çorbasının viskozite değerinin, kepekli buğday unu ile yapılan tarhana çorbasının viskozite değerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (İbanoğlu ve İbanoğlu, 1999).

Arpa unu katkısının tarhana üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada tarhana örnekleri duyuşal açıdan karşılaştırılmıştır. Renk ve lezzet özellikleri bakımından tarhana örnekleri arasında önemli bir farkın bulunduğu ve arpa katkılı tarhananın bu iki özellik açısından daha az puan aldığı tespit edilmiştir. Ağız hissi ve koku özellikleri açısından ise istatistiksel olarak önemli bir farkın bulunmadığı ve arpa katkısının tarhana çorbası üzerinde oluşturduğu genel duyuşal beğenin kabul edilebilir düzeyde olduğu belirtilmiştir (Erkan ve ark., 2006).

Tarhana yapımında %3, %5 ve %8 oranında keçi boynuzu unu kullanılmasıyla kül, protein, asitlik ve mineral değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Örneğin, *L* (aydınlık) renk değeri için ölçülen değer keçi boynuzu unu katkısız örnekte 80.34 iken %8 katkılı örnekte 66.48 olarak belirlenmiş, genel olarak ise renk değerleri (*L*, *a*, *b*) verilerinin keçi boynuzu unu katkı oranının artmasıyla birlikte azaldığından bahsedilmiştir. Keçi boynuzu ununun koyu renginden dolayı tarhana renginde koyuluğun arttığı ve duyuşal açıdan arzu

edilmeyen bir duruma yol açtığı belirtilmiştir. Katkı dozunun artması genel beğenilirlik, renk ve lezzet açısından tüketici puanlarını olumsuz yönde etkileyerek puanların düşmesine neden olmuştur. Kontrol tarhanadaki viskozite değeri 98.40 cP iken, %8 keçiyoynuzu katkılı tarhanadaki viskozite değerinin 117.65 cP değerine yükseldiği, köpürme kapasitesi, yağ bağlama ve su bağlama kapasitelerinde de viskozite değerleriyle benzer bir şekilde katkılama ile birlikte artış gözlemlendiği, köpük stabilitesi değerlerinde ise azalış meydana geldiği tespit edilmiştir (Çağlar ve ark., 2013).

Çizelge 2.4. Keçiyoynuzu unu katkısının fonksiyonel özellikler bakımından tarhana üzerindeki etkisi (Çağlar ve ark., 2013)

Katkı Oranı (%)	Viskozite (cP)	Köpürme Kapasitesi (mL/mL)	Köpük Stabilitesi (dk)	Yağ bağlama Kapasitesi (mL/g)	Su bağlama Kapasitesi (mL/g)
0	98.40	0.78	0.34	0.61	0.62
3	112.00	0.85	0.42	0.64	0.62
5	114.25	0.86	0.34	0.65	0.63
8	117.65	0.91	0.21	0.68	0.64

Yükselci Kilci ve Göçmen (2012), yulaf katkısının tarhana üzerindeki etkilerini incelemiş ve %10, %20, %30 ve %40 yulaf katkısı dozunun artmasıyla birlikte kül ve asitlik değerlerinin yükseldiğini, protein içeriğinin ise azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca katkı dozunun artmasıyla birlikte suda çözünen, suda çözünmeyen ve toplam diyet lifi içeriklerinde ise artışın meydana geldiğini, kontrol tarhana için toplam diyet lifi miktarının %1.60 iken %40 yulaf katkısıyla birlikte bu değerin %4.14'e yükseldiğini tespit etmişlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Keten Tohumu

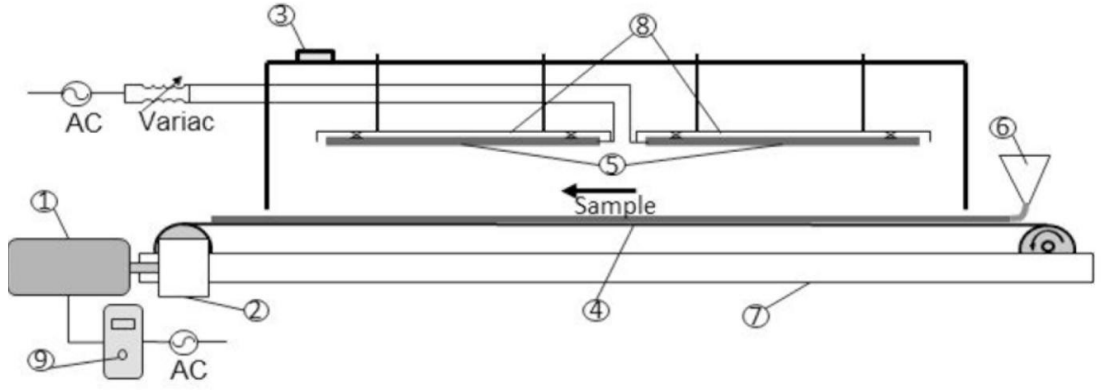
Gerekli olan keten tohumu materyali Bağdat Baharat A.Ş.' den temin edilmiştir. Keten tohumları tam tane şeklinde IR enerji sisteminden geçmiştir. Tarhana yapımında ise seçilen keten tohumu örneği öğütülerek tarhana formülasyonuna katılmıştır.

3.2. Infrared Enerji Sistemi

Tezde kullanılan IR enerji sistemi düzeneği fotoğraflarla aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir (Şekil 3.1-3.5). Sisteme lamba boyu 340 mm olan 3 adet kısa dalga (1-1.4 μm aralığında), lamba boyu 500 mm olan 2 adet orta dalga IR lamba ayrı ayrı yerleştirilmiştir. Kısa dalga lamba maksimum 1200 W, orta dalga lamba ise maksimum 1000 W güce sahiptir. Antistatik ve teflon malzemeden yapılmış 0.36 mm kalınlığında bant kullanılmıştır. Bandın uzunluğu 1500 mm olup, genişliği 200 mm dir. Bandın bağlandığı tambur çapı 6 cm olup, tamburu döndürmek için bir redüktörlü motor kullanılmıştır. Motorun devri de elektronik varyatör ile ayarlanmaktadır. Böylece, ürünün istenilen süre boyunca sistemden geçmesi sağlanmış ve farklı işlem süresi faktörleri denenebilmiştir. Üründen buharlaşacak nemin uzaklaştırılması için stabilizasyon düzeneği üzerinde bir buhar çıkış fanı bulunmaktadır.

Orta dalga ve kısa dalga lambalar için radyasyon yoğunluğu (birim alana düşen radyasyon miktarı) Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde var olan piranometre (CMP 11, Kipp&Zonen, Hollanda) ile ölçülmüş ve her iki lamba tipi için infrared kamera yardımıyla yapılan ayarlamalar sonucunda ortak radyasyon yoğunluğu 1150 W/m^2 olarak belirlenmiştir. IR lambalar ve ürün arasındaki mesafe de bu radyasyon değerine bağlı olarak 15 cm uzaklığa ayarlanmıştır. Kısa dalga infrared lambaları için 550 W, orta dalga infrared lambaları için ise 700 W lamba gücü olarak belirlenmiştir. Kısa dalga infrared enerji uygulaması için belirlenen hız kontrol cihazı göstergesi 1.4, 1.8, 2.2 ve 2.6 iken bu değerler orta dalga infrared uygulaması için 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 olarak (4 adet kısa dalga, 4 adet de orta dalga lamba uygulaması olmak üzere toplamda 8 farklı işlem süresi) belirlenmiştir.

Keten tohumları, infrared kamera ile yapılan ayarlamalar sonucunda bandın sağ tarafından 7.5 cm, sol tarafından 9 cm boşuk kalacak şekilde bandın ortasındaki 3.5 cm enindeki alandan yüklenmiştir.

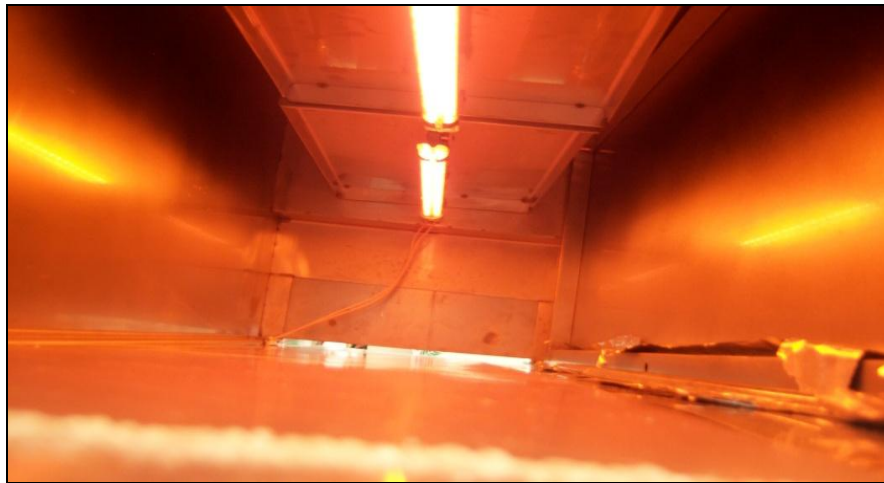


Şekil 3.1. Laboratuvar tipi IR enerji sistemi düzeneğinin şematik gösterimi

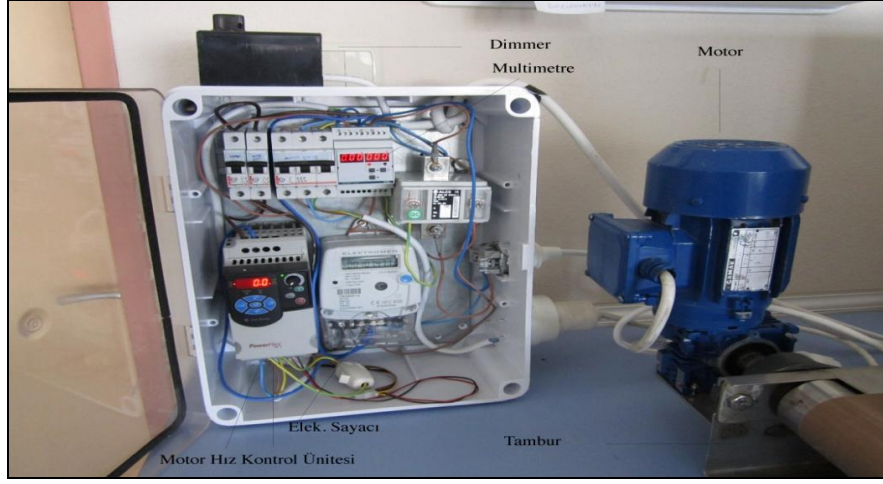
(1. Elektrik motor, 2.Redüktör, 3. Fan, 4.Konveyör, 5. Infrared lamba, 6. Yükleme ünitesi 7. Şase, 8. Yansıtıcı, 9. Elektronik varyatör)



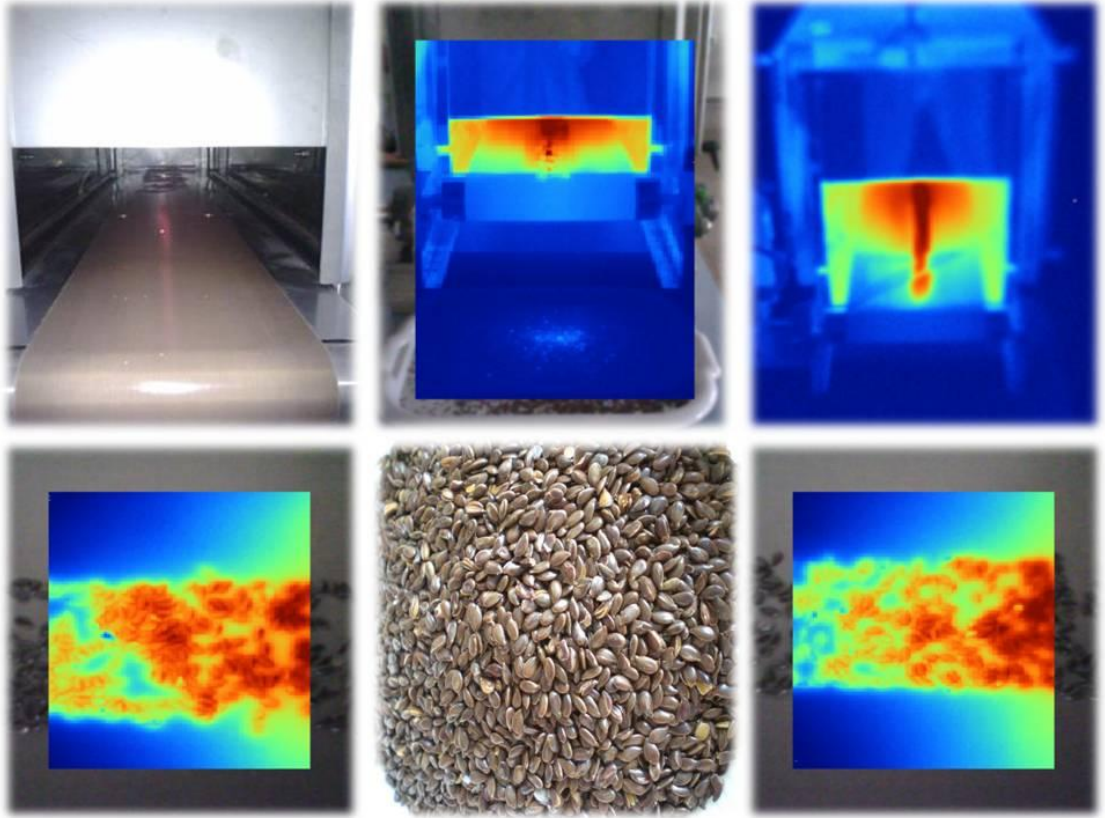
Şekil 3.2. IR enerji sistemi düzeneği



Şekil 3.3. IR enerji sistemi düzeneğinde kullanılan infrared lambalar



Şekil 3.4. IR enerji sistemi düzeneği elemanlarını yönetmeyi sağlayan kontrol ünitesi



Şekil 3.5. Infrared kamera görüntüleri ve IR enerji ile işlenmiş keten tohumu

Çizelge 3.1’ de verilen işlem süreleri, yapılan ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Ön denemeler sırasında, keten tohumundaki ham tadın giderilemediği ve yanık tat, koku ve renk oluşumuna sebep olan işlem süreleri belirlenmiş ve bu işlem süreleri esas deneme planına alınmamıştır.

Çizelge 3.1. Hız kontrol cihazı göstergesine karşılık gelen gerçek işlem süreleri

Hız kontrol cihazı (elektronik varyatör) göstergesi	Gerçek işlem süresi (dk)
1.0	8.2
1.20	7
1.40	6.1
1.60	5.3
1.80	4.5
2.00	4.3
2.20	4
2.40	3.4
2.60	3.3
2.80	3.1

Esas deneme planı Çizelge 3.2’ de sunulmuş olup esas deneme her bir keten tohumu örneği için 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Keten tohumlarının banttıan geçtikten sonra oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiş ve öğütölmemiş tam tane şeklinde alüminyum bariyerli, su ve hava geçişini engelleyecek özellikteki her bir örnek için 7 ayrı zip-lock ambalajda etiketlenerek saklanmıştır. Keten tohumu örnekleri, karanlık, kuru şartlarda ve sıcaklığı klima ile 25 °C’ ye ayarlanmış odada 6 ay boyunca depolanmıştır. Depolama boyunca her 30 günde bir peroksit sayısı analizi yapılmıştır. Peroksit analizi dışındaki diğer analizler içinse keten tohumları aynı şekilde ambalajlandıktan sonra derin dondurucuda saklanmıştır.

Çizelge 3.2. Esas deneme planı

Infrared lamba tipi ve lamba gücü (W)	Karşılık gelen radyasyon yoğunlukları (W/m ²)	İşlem Süresi (dk)							
		7	6.1	5.3	4.5	4.3	4	3.4	3.3
Kısa dalga 550	1150		XX		XX		XX		XX
Orta dalga 700	1150	XX		XX		XX		XX	

3.3. Analiz Tertibi

Yapılan işlemler temel olarak 3 iş paketinden oluşmaktadır ve yapılan analizler Çizelge 3.3' te sunulmuştur.

3.3.1. Birinci iş paketi

Öğütülmemiş keten tohumu için orta ve kısa dalga infrared lambalar kullanılarak her bir lamba tipinde için sabit bir radyasyon yoğunluğu ve 4' er farklı işlem süresi belirlenmiştir. Bu amaçla ön denemeler yapılmış ve en uygun işlem süreleri tespit edilmiştir. Yanma, aşırı kavruk veya yetersiz ısı işlem sonucunda aroma gelişmemesi gibi tat-aroma özelliklerin görülmediği işlem süreleri belirlendikten sonra esas deneme oluşturulmuştur.

Ham ve belirlenen farklı sürelerde işlenmiş keten tohumu örneklerinin (4 tane orta dalga, 4 tane kısa dalga lamba uygulaması ve ham olmak üzere toplamda 9 adet örnek) duyu analizleri yapılarak bu örneklerde, IR enerjinin uçucu bileşen (GC-MS ile), HCN miktarı ve besinsel içerik (nem, yağ, kül, protein, E vitamini, yağ asidi kompozisyonu, serbest yağ asitliği, peroksit değeri) üzerine etkisinin belirlenebilmesi amacıyla gerekli analizler yapılmıştır.

Ayrıca ham keten tohumunda da nem, kül, protein, yağ, diyet lif, peroksit, serbest yağ asitliği, HCN içeriği, GC-MS uçucu bileşen analizi, su aktivitesi, yağ asidi kompozisyonu, mineral madde, E vitamini, renk ve tanımlayıcı duyu analizler gerçekleştirilmiş ve böylelikle IR ile muamele edilenler ve ham keten tohumu örnekleri arasındaki ilişkiler belirlenebilmiştir.

Ham ve IR ısıtma uygulanan örneklerde yapılan tüm analizlerin sonuçları değerlendirilerek sabit IR yoğunluğuna ait bir işlem süresi seçilmiş ve böylece IR ile muamele koşulu 1' e düşürülmüştür.

3.3.2. İkinci iş paketi

IR enerji uygulaması sonrasında keten tohumunun raf ömrünü tayin edebilmek amacıyla, 1. İş Paketinde belirlenmiş, IR enerji uygulanan 8 keten tohumu örneği (4 tane orta dalga, 4 tane kısa dalga lamba uygulaması) ve ham keten tohumu olmak üzere toplamda 9 adet örnek, öğütülmemiş-tam tane şeklinde alüminyum bariyerli su ve hava geçişini engelleyecek özellikteki zip-lock ambalajlarda 6 ay süreyle depolanmıştır. Depolanan örneklerin ayda bir kez (30 günde bir) olmak üzere peroksit sayısı analizleri yapılmış, IR enerjinin oksidasyona etkisi takip edilmiştir.

3.3.3. Üçüncü iş paketi

1. İş Paketinde belirlenen koşula ait keten tohumu örneği öğütüldükten sonra tarhana yapımında kullanılmıştır. Yapılan ön çalışmalar sonucunda tarhana formülasyonuna %5, 10 ve 15 oranlarında keten tohumu katılması kararlaştırılmıştır. Ayrıca kontrol örnek olması amacıyla bir de keten tohumu ilavesiz tarhana hazırlanmıştır.

Hazırlanan tarhana örneklerine nem, kül, protein, yağ, diyet lif, titrasyon asitliği, uçucu bileşen, su aktivitesi, yağ asidi kompozisyonu, mineral madde, E vitamini, B1 ve B2 vitaminleri, renk, fitik asit, su bağlama, köpürme, viskozite ve yağ bağlama analizleri yapılmıştır. Böylece IR ile muamele edilen keten tohumunun, tarhananın besinsel ve kimyasal içerikleri ile duyuşal ve reolojik özelliklerine olan etkileri belirlenmiştir.

Tez kapsamında yapılan tüm analizler Çizelge 3.3' te özetlenmiştir.

Çizelge 3.3. Yapılan analizler

1. İŞ PAKETİ			2. İŞ PAKETİ	3. İŞ PAKETİ
Ham keten tohumundaki analizler	Sabit IR yoğunluğuna farklı sürelerde maruz kalmış kavrulmuş keten tohumlarındaki analizler	Uygulanan farklı kombinasyonların arasından seçilen optimum süreye ait kavrulmuş keten tohumu örneğindeki analizler	Sabit IR yoğunluğuna farklı sürelerde maruz kalmış kavrulmuş keten tohumları ve ham keten tohumundaki depolama analizi	Ham ve IR kavurma uygulanmış keten tohumlarının farklı oranlarda katılması sonucu elde edilen tarhanalardaki analizler
Nem	Nem	Diyet lif	Peroksit	Nem
Kül	Protein			Kül
Protein	Yağ			Protein
Yağ	Renk			Yağ
Renk	Su aktivitesi			Renk
Su aktivitesi	Serbest Yağ Asitliği			Su aktivitesi
Serbest yağ asitliği	HCN içeriği			Titrasyon asitliği
HCN içeriği	Peroksit			Mineral madde (K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu)
Peroksit	E vitamini			Diyet lif
Mineral madde (K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu)	Yağ asiti kompozisyonu			E vitamini
Diyet lif	GC-MS aroma profili takibi			B1 ve B2 vitaminleri
E vitamini	Tanımlayıcı duyuşsal analiz			Fitik asit
Yağ asidi kompozisyonu				Su bağlama kapasitesi
GC-MS aroma profili				Köpürme kapasitesi
Tanımlayıcı duyuşsal analiz				Viskozite
				Yağ bağlama kapasitesi
				Yağ asidi kompozisyonu
				GC-MS aroma profili
				Tanımlayıcı duyuşsal analiz
				Tüketici testi

3.4. Yöntem

3.4.1. Nem tayini

Rutubet değerleri AACC standartında (44-15A) belirtilen metoda göre gravimetrik olarak tayin edilmiştir (AACC, 2000).

3.4.2. Toplam ham yağ tayini

Keten tohumu ve keten tohumu katkılı ürünün toplam ham yağ içeriği Soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile hegzan ve petrol eter kullanılarak AACC standart metotda (30–25) belirtilen yöntemle göre yapılmıştır (AACC, 2000).

3.4.3. Ham protein tayini

Keten tohumu ve keten tohumu katkılı ürünün ham protein tayinleri, makro Kjeldahl yöntemi ile AACC standart metotda (46-12) belirtilen yöntemle göre yapılmıştır (AACC, 2000). Faktör olarak 6.25 kullanılmıştır.

3.4.4. Toplam kül tayini

Keten tohumu ve keten tohumu katkılı ürünün toplam % kül miktarı, AACC standart metotda (08-01) belirtilen yöntem esas alınarak yapılmıştır (AACC, 2000).

3.4.5. Hidrosiyanik asit içeriği tayini

Ham, kavrulmuş keten tohumları ve keten tohumu katkılı ürünün HCN miktarını tespit etmek amacıyla titrimetrik bir yöntem olan AOAC Metot No: 915.03 (2000) modifiye edilerek uygulanmıştır. Öğütülmüş 20 g keten tohumu örneği Kjeldahl tüpüne konulduktan sonra üzerine 200 mL saf su eklenmiş ve ağzı kapalı bir şekilde yaklaşık 4 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda Kjeldahl tüpü destilasyon ünitesine yerleştirilmiş ve destilat 20 mL %2.5' lik NaOH çözeltisinin içerisine toplanmıştır. Bu karışım mezürde 250 mL' ye tamamlandıktan sonra buradan 100 mL alınıp ayrı bir erlene aktarılmış ve üzerine 8 mL 6N NH₄OH ve 2 mL %5' lik KI çözeltileri ilave edilmiştir. Bu karışım, aydınlık ve siyah bir zemin üzerinde 0.02 M AgNO₃' e karşı titre edilmiştir.

3.4.6. Serbest yağ asitliği tayini

Serbest yağ asitliği titrimetrik yöntemle AOCS (1997) Ca 5a-40 no.lu metot kısmen modifiye edilerek yapılmıştır. 5 g keten tohumu 50 mL etanol:dietiletere (50:50, v/v) ile 25°C' de 15 dk orbital çalkalayıcıda (Jeio Tech, IS-971R, Seoul, Kore) 200 rpm de iyice karıştırıldıktan sonra 4°C' de 5 dk 8000 rpm de santrifüj edilmiş ve erlenlere transfer

edilen supernatant fenolftaleyn indikatörlüğünde 0.05 N potasyum hidroksit ile titre edilmiştir. Analiz sonuçları % oleik asit cinsinden ifade edilmiştir. Hesaplamada kullanılan formül (3.1) aşağıda gösterilmiştir.

$$\% \text{ Serbest yağ asitliği} = 100 \times \frac{\text{Sarf KOH} \times \text{Normalite KOH (0.01)} \times 0.282}{\text{Örnek (5 g keten tohumu) miktarı}} \quad (3.1)$$

3.4.7. Peroksit sayısı tayini

Keten tohumu ve keten tohumu katkılı ürünün oda sıcaklığında kloroform ve hegzan ile yağı ekstrakte edildikten sonra potasyum iyodür çözeltisi ile reaksiyonu sonucu açığa çıkan iyodun ayarlı sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titrasyonuna dayanan AOCS (1997)'nin Cd 8-53 no.lu metodu kullanılmıştır.

3.4.8. Titrasyon asitliği tayini

Tarhana örneklerinde titrasyon asitliği, TS 2282' ye göre yapılmıştır.

3.4.9. Toplam diyet lifi tayini

Keten tohumu ve keten tohumu katkılı tarhananın toplam ve suda çözünebilir lif miktarı enzimatik-gravimetrik bir yöntem olan AACC Metot No: 32-07'de belirtilen prosedür izlenerek yapılmıştır (AACC, 2000). Bu tayin için α -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimlerinden oluşan Megazyme (Megazyme International, Bray, Co. Wicklow, İrlanda) enzim kiti kullanılmıştır.

3.4.10. Mineral madde tayini kompozisyonu

Keten tohumu ve keten tohumu katkılı ürünün bazı mineral madde içerikleri (Demir (Fe), Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Potasyum (K), Fosfor (P), Bakır (Cu) ve Çinko (Zn)) için ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi' inden hizmet alımı ile yapılmıştır.

3.4.11. B₁ ve B₂ vitaminleri tayini

IR enerji ile işlenmiş keten tohumu katkılı tarhanalarda B₁ ve B₂ vitaminleri miktarı Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (HPLC) (Agilent, 1200, Waldbronn, Almanya) ile Arella ve ark. (1996)' nin belirttiği yöntemin modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon için, 5 g tarhana örneği üzerine 50 mL 0.1 N HCl ilave edilmiş ve iyice

kariştırıldıktan sonra 30 dk 121 °C’de otoklavlanmıştır. Soğutulduktan sonra örnek pH’ ları 2.5 M sodyum asetat ile 4.5’ a ayarlanmış ve 100 mg Claradiastaz enzim karişımı ilave edilerek 37 °C’de 48 saat çalkalayıcı inkübatörde inkübe edilmiştir. Süre sonunda kaba filtreden süzülen ekstraktlar belli bir hacme tamamlanmış ve analizler için bu filtrat kullanılmıştır.

B₁ vitamini için, 1 mL ekstrakt üzerine 1 mL %1’lik potasyum ferrisiyanid ve 24 mL 3.75 M sodyum hidroksitten oluşan karişımdan 3 mL ilave edilerek tiokrom oluşumu sağlanmıştır. Bu türevlendirme işleminden hemen sonra ekstrakt 0.45 µm membran filtreden süzölerek enjeksiyon yapılmıştır. B₂ vitamini için ise yukarıda belirtilen şekilde elde edilen filtrat 0.45 µm membran filtreden süzöldükten sonra doğrudan enjekte edilmiştir. Hem B₁ hem de B₂ vitamini için aynı kolon ve mobil faz kullanılmış ancak 2 ayrı enjeksiyon yapılmıştır. Mobil faz, metanol:0.05 M sodyum asetat tamponu (30:70, v/v) karişımından oluşmakta olup her iki analizde de izokratik elüsyon yapılmıştır. Ayrım, Agilent Zorbax Eclipse C18 (250mm x 4.6mm x 5 µm) kolonda gerçekteştirilmiştir. Enjeksiyon hacmi 20 µL ve akış hızı 1 mL/dakikadır. Kolon sıcaklığı 40 °C’ye ayarlanmıştır. B₁ vitamini için floresans dedektörde eksitasyon ve emisyon dalga boyu sırasıyla 366 ve 435 nm olarak ayarlanırken, B₂ vitamini için sırasıyla 422 ve 522 nm’ye ayarlanmıştır.

3.4.12. Tokoferol tayini

Tokoferol tayini için Panfili ve ark. (2003)’ nın belirttiği yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Keten tohumu ve tarhana örneklerinden yağ ekstraksiyonu için örnekler 1 gece boyunca 25°C’de orbital çalkalayıcıda petrol eter:kloroform (50:50, v/v) çözücü karişımı ile çalkalanmıştır. Yağ ve solvent karişımı rotary evaporatörde 40 °C’de ayrıldıktan sonra, ekstrakte edilen yağ, santrifüjlenerek mumsu maddelerin çökmesi sağlanmıştır. Buradan elde edilen yağdan 0.5 g santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerine oksidasyonu engellemek için 0.1 g askorbik asit ilave edilmiştir. Tüplere 10 mL etanol, 10 mL NaCl (10g/L) ve 25 mL hegzan:etil asetat karişımı (9:1, v/v) ilave edilerek 1 dk vortex yapılmıştır. İçerik 15 dk boyunca 40 °C’de orbital çalkalayıcıda 150 rpm de çalkalandıktan sonra düz bir zemin üzerinde 5 dk bekletilerek faz ayrımının gerçekteşmesi sağlanmış ve daha sonra üst faz rotary balonuna transfer edilerek 40°C’de buharlaştırılmıştır. Kalıntı 4 mL %1 isopropanol içeren hegzan ile çözölerek 0.45µm membran filtreden süzölmüş ve HPLC viallerine aktararak enjeksiyon yapılmıştır.

Mobil faz hegzan:isopropanol:asetik asit:etilasetat (98.5:0.1:0.6:0.8, v/v) karışımından oluşmakta olup, akış hızı 1.6 mL/dk, kolon sıcaklığı 25 °C olarak ayarlanmıştır. Analiz için floresan dedektör kullanılmış olup floresan dedektör eksitasyon dalga boyu 290 nm ve emisyon dalga boyu 330 nm olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrım yapılan kolon ACE Si 5 µm normal faz kolondur. Enjeksiyon hacmi 5 µL dir.

3.4.13. Yağ asitleri kompozisyonu tayini

Yağ asitleri kompozisyonu tayini ISO 5508 no.'lu metoda göre yapılmıştır (EN ISO, 1995). Keten tohumu ve tarhana örneklerinden yağ ekstraksiyonu için örnekler 1 gece boyunca 25 °C'de orbital çalkalayıcıda petrol eter:kloroform (50:50, v/v) çözücü karışımı ile çalkalanmıştır. Yağ ve solvent karışımı rotary evaporatörde 40 °C'de ayrıldıktan sonra, ekstrakte edilen yağ, santrifüjlenerek mumsu maddelerin çökmesi sağlanmıştır.

Buradan elde edilen yağlardan yaklaşık 100 mg deney numunesi alınarak üzerine 10 mL n-Hegzan ve 0.5 mL metanol ile hazırlanmış potasyum hidroksit ilave edilmiştir. 1 dakika vortex ile kuvvetlice çalkalandıktan sonra 10 dakika 7800 rpm hızda santrifüjlenmiş ve ayrılan üst faz viallere transfer edilmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu tayini alev iyonizasyon dedektörlü (FID) gaz kromatografisi (GC 6890, Agilent Technologies, Wilmington, DE, ABD) ile yapılmıştır. Ayrım, HP-88 (100 m x 0.25 mm x 0.20 µm) kolonda gerçekleştirilmiştir (J&W Scientific, ABD). Fırın başlangıç sıcaklığı 130 °C olup bu sıcaklıkta 1 dk tutulduktan sonra sıcaklık dakikada 6.5 °C arttırılarak 170 °C'ye daha sonra dakikada 2.75 °C arttırılarak 215 °C'ye çıkartılmış ve 215 °C'de 12 dakika tutulduktan sonra, sıcaklık dakikada 40°C artacak şekilde 230°C'ye çıkartılmıştır. Son olarak 230 °C'de de 25 dakika tutulmuş ve analiz 60.89 dakikada sona ermiştir. Enjeksiyon hacmi yaklaşık olarak 1 µL olup, taşıyıcı gaz akışı 1 mL/dakikadır. Split uygulaması 1/10 oranında gerçekleştirilmiştir. Yağ asitlerinin tanımlanması yüksek saflıktaki yağ asidi standartlarının metil esterlerinin alıkonma zamanları ile keten tohumu ve tarhana örnekleri yağ ekstraktlarının alıkonma zamanı karşılaştırılarak yapılmıştır. Sonuçlar % olarak (g/100 g toplam yağ asitleri) ifade edilmiştir.

3.4.14. Fitik asit tayini

Fitik asit AOAC (2000) metot no: 986.11'e göre yapılmıştır. 2 g örnek üzerine 40 mL %2.4'lük HCl ilave edilerek 3 saat oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Filtre edilen ekstrakttan 1 mL alınarak üzerine 1 mL Na₂EDTA-NaOH çözeltisi eklenmiş ve saf su ile 25 mL'ye tamamlanmıştır. Ekstrakt, daha önceden 0.5 g anyon değiştirici resin konarak sırasıyla 15 mL 0.7 M NaCl ve 15 mL su ile koşullanmış cam kolondan geçirilmiş ve

15 mL 0.7 M NaCl ile elue edilmiştir. Eluat üzerine 0.5 mL H₂SO₄ ve 3 mL HNO₃ eklenerek yaş yakma yapılmış ve fosforun serbest kalması sağlanmıştır. Yakılmış ekstrakt 50 mL' lik balon jojeye transfer edilmiş, üzerine 2 mL molybdat ve 1 mL sulfonik asit solüsyonları ilave edildikten sonra saf su ile ölçüsüne tamamlanmış ve 15 dakika inkübe edildikten sonra UV-VIS spektrofotometre ile 640 nm de absorbansı ölçülmüştür. Standart olarak KH₂PO₄ kullanılmış ve AOAC prosedüründe yer alan formül üzerinden hesap yapılmıştır. Sonuçlar, mg fitat olarak ifade edilmiştir.

3.4.15. Viskozite tayini

Keten tohumu katkılı tarhana örneklerinde gerçekleştirilen viskozite analizi Hayta ve ark. (2002), Bilgiçli (2009) ve İbanoğlu ve İbanoğlu (1999) makalelerinde kullanılan yöntemlerin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. 8 g tarhana üzerine 100 mL su eklenmiş ve 15 dakika iyice karışması sağlanmıştır. Yaklaşık 250°C sıcaklığa ayarlanmış manyetik karıştırıcıda ağzı kapalı bir şekilde 2 dakika kaynatıldıktan sonra 65°C' ye soğutulan örneğin viskozite değeri S34 numaralı spindle kullanılarak sirkülasyonlu su banyosuna bağlanan viskozimetre ile ölçülmüştür.

3.4.16. Yağ ve su bağlama analizleri

Tarhana örneklerinde yağ ve su bağlama kapasitesine ilişkin analizler Hayta ve ark. (2002)' nin kullandığı yöntemle göre yapılmıştır. Yağ bağlama ve su bağlama için uygulanan yöntem aynıdır. Analizlerdeki tek farklılık su bağlama için saf su, yağ bağlama içinse ayçiçeği yağının kullanılmasıdır. Önceden darası alınmış falcon tüplere 5 g örnek tartılmış ve üzerine 25 mL su/ayçiçeği yağı ilave edilmiştir. 60 dakika boyunca 15 dakikada bir her tüp 1 dakika vortex ile çalkalanmış ve 60 dakika sonunda 4000 x g' de 20 dk santrifüj edilmiştir. Supernatant dikkatlice dökülmüş geri kalan kısım ise falcon tüple birlikte tartılmıştır.

3.4.17. Köpürme kapasitesi tayini

Keten tohumu katkılı tarhana örneklerinde gerçekleştirilen köpürme kapasitesi tayini Hayta ve ark. (2002)' nin kullandığı yöntemin kısmen modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. 2.5 g tarhana örneği 100 mL su ile 15 dakika karıştırıldıktan sonra falcon tüplere aktarılmış ve 4000 x g hızda 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant kaba filtre kağıdından süzöldükten sonra elde edilen süzöntü Waring Blender' da maksimum hızda 1 dakika çırpılmıştır. Süzöntü çırpıldıktan sonra yavaşça 250 mL'lik bir mezüre süzülerek hızlıca köpük ve sıvı miktarı ölçülmüştür.

3.4.18. Renk analizi

Renk analizleri için Minolta CR-400 model (Minolta Co., Osaka, Japonya) kolorimetre kullanılarak CIE $L^*a^*b^*$ sistemine göre yapılmıştır. Bu değerlerden hesaplanarak elde edilen diğer renk karakteristiklerinin formülleri (3.2, 3.3, 3.4, 3.5) aşağıda verilmiştir (Chen ve ark., 1997).

$$\text{Kroma (doygunluk)} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3.2)$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (3.3)$$

$$\text{Kırmızılık} = a^*/b^* \quad (3.4)$$

$$\Delta E (\text{Toplam renk değişimi}) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3.5)$$

3.4.19. Duyusal analizler

Tanımlayıcı duyusal analiz, ham ve IR enerji ile muamele edilen keten tohumları ve tarhana örneklerinde, tüketici testi ise sadece tarhanalarda yapılmıştır. Bu analizler, Meilgaard ve ark. (1999)'nın tekniğine göre gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan panelistler üniversite akademik personeli ve öğrencilerinden oluşmuştur. Duyusal analizlere ait değerlendirme formları Ek Şekil-1, Ek Şekil-2 ve Ek Şekil-3' te sunulmuştur.

Tanımlayıcı duyusal analizlerde 15 puanlı skala kullanılmıştır. Tüketici testi ise, 9 noktalı hedonik skala kullanılarak 73 panelistle gerçekleştirilmiştir. Skalada 9 “çok fazla beğendim”, 5 “ne beğendim ne beğenmedim”, 1” hiç beğenmedim” izlenimlerini karşılamaktadır. Ayrıca, panelistlerden ürünleri en beğendiklerinden en az beğendiklerine göre sıralamaları istenmiştir.

Tarhana örneklerinde tanımlayıcı duyusal analiz yapılırken, her bir tarhana çeşidi için, 150g tarhana 2500 mL su ile karıştırılmış ve orta ateşte 45 dakika pişirilmiştir. Tüketici testinde ise aynı pişirme yöntemi kullanılmış, ancak tarhananın normalde tüketildiği şekilde sunulabilmesi ve tüketicilerin daha doğru bir şekilde değerlendirme yapabilmeleri amacıyla her bir tarhana bileşimine pişirme aşamasında 15g ayçiçeği yağı ve 5g tuz ilave edilmiştir. Tarhanaların hem tanımlayıcı duyusal analizinde hem de tüketici testinde, pişirilen çorbalar, cam kavanozlara aktarılmış ve 72°C’ de sabitlenen su banyosuna yerleştirilmiştir. Bu sıcaklık, çorbanın tüketim sıcaklığı olarak düşünülmüş ve çorbalar 72°C sıcaklıkta sabitlenince panelistlere beyaz köpük bardaklarda sunulmuştur.

3.4.20. Uçucu bileşen analizi

Uçucu bileşenlerin tanımlanması ve miktar belirlemesi için Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) (GC 6890, MS 6890N, Agilent Technologies, Wilmington, DE, ABD) kullanılmıştır. Uçucu bileşenlerin izolasyonu amacıyla katı faz mikroekstraksiyon tekniği (SPME) uygulanmıştır. Polar olmayan özellikteki HP-5MS kolonu (30m x 0.250 mm id x 0.25 µm film kalınlığı) kullanılmıştır (J&W Scientific, Folsom, CA, ABD).

Keten tohumu ve tarhana örneklerinin uçucu bileşenlerinin incelenmesi için kullanılan ekstraksiyon yöntemleri farklı olup enjeksiyondan sonraki GC-MS şartları her iki örnek çeşidi için de aynıdır. Keten tohumunun uçucu bileşen analizi için Pawliszyn (2001) tarafından önerilen mikroekstraksiyon yöntemi uygulanmıştır. 3g öğütülmüş keten tohumu SPME vialine (Supelco, Bellafonte, ABD) alınmış ve içerisine 1 g NaCl ve 10 µL iç standart (1 mL'sinde 0.5 µL 2-metil-3-heptanone içermektedir) ilave edilmiştir. Ardından örnekler vorteks (Grant bio, Hillsborough, İngiltere) yardımıyla 1 dakika karıştırılmış ve karışım 20 dakika boyunca 40°C'lik su banyosunda (GFL, Burgwedel, Almanya) bekletilmiştir. Bu süre sonunda SPME fiberi (2 cm-50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS stable flex, Bellafonte, ABD) vialin tepe boşluğuna batırılarak 40°C' de 20 dakika bekletilmiştir. Fiberde toplanan uçucu bileşenler GC-MS'e enjekte edilmiştir. Tarhananın uçucu bileşenlerinin mikroekstraksiyonu için ise Göçmen ve ark., (2004) tarafından kullanılmış metot modifiye edilerek hali kullanılmıştır. Tarhanadaki uçucu bileşenler, pişirilmiş tarhana çorbasında incelenmiştir. 3g tarhana erlene tartılmış ve üzerine 50mL su ilave edilip ağzı alüminyum folyo ve parafilm ile kapatılmıştır. Manyetik karıştırıcıda yaklaşık 250°C' de içeriğin karışması da sağlanarak 4 dakika kaynatılmıştır. Örnek, hızlıca soğutulduktan sonra içerisine alüminyum folyo delinerek 10 µL iç standart (1 mL' sinde 0.05 µL 2-metil-3-heptanone içermektedir) ilave edilmiştir. Erlenin ağzı alüminyum folyo ve parafilm ile kapatılmıştır. İyice karıştırıldıktan sonra örnek 70°C' lik su banyosunda (GFL, Burgwedel, Almanya) 20 dakika bekletilmiştir. Bu süre sonunda SPME fiberi (2 cm-50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS stable flex, Bellafonte, ABD) erlenin tepe boşluğuna batırılmış ve sabit bir şekilde durması için fiber ve erlen parafilm ile dikkatlice sarılmıştır. Bu şekilde de 70°C' de 60 dakika bekletilmiştir. Fiberde toplanan uçucu bileşenler GC-MS'e enjekte edilmiştir.

Her iki örnek türü için GC-MS koşulları şu şekilde belirlenmiştir: Taşıyıcı gaz akışı 1.0 mL/dk olup, fırın programı başlangıç sıcaklığı 38°C' de başlamış ve 1 dakika bu sıcaklıkta kaldıktan sonra 5°C/dk artışla sıcaklık 220°C' ye çıkmış ve bu sıcakta 12.50 dk

sabit kalmıştır. Son sıcaklık 220°C olup analiz 49.90 dakikada sona ermiştir. MS şartları; kapiler arayüz (capillary interface) sıcaklığı 280°C, iyonizasyon enerjisi (ionization energy): 70 eV; kütle aralığı (mass range) 35 ile 350 amu, tarama hızı (scan rate) 4.45 scans/s'dir. Uçucu bileşenlerin tanımlanmasında Wiley Registry of Mass Spectral Data (Wiley, 2005), National Institute of Standards and Technology (NIST, 2008) ve Flavor2.L kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Uçucu bileşenlerin miktarlarının belirlenmesi ise oransal bolluklarına göre Avşar ve ark. (2004) tarafından belirtildiği şekilde yapılmıştır. Uçucu bileşenler için 2-metil-3-heptanon iç standart olarak kullanılmıştır. Belirlenen uçucu bileşenlerin alıkonma indeksleri (RI) ise Van den Dool ve Kratz (1963) tarafından belirtildiği şekilde (3.6) hesaplanmıştır.

$$RI = 100n + 100 (t_{Ra}-t_{Rn})/(t_{R_N}-t_{Rn}) \quad (3.6)$$

3.5. Tarhana formülasyonu

Yapılan ön denemelerde %15' ten fazla keten tohumu katkısının tarhananın renk, tat, koku, aroma gibi özelliklerini olumsuz etkilediği görülmüştür. Bu nedenle keten tohumu katkı oranları un ağırlığı üzerinden %5, 10 ve 15 olarak belirlenmiştir. Keten tohumu tarhana hamuru içeriğine öğütülerek ilave edilmiştir. Ürünlere ait formülasyonlar Çizelge 3.4, 3.5 ve 3.6' da belirtilmiştir.

Çizelge 3.4. Tarhana hamuru için kullanılan genel karışım

GENEL KARIŞIM
250 g kabuğu soyulmuş domates püresi
250 g tohumları ayıklanmış kapy biberi püresi
125 g kabuğu soyulmuş soğan püresi
300 g yoğurt
75 g tuz
5 g instant maya

250 g kabuğu soyulmuş domates, 250 g tohumları ayıklanmış kapy biberi ve 125 g kabuğu soyulmuş soğan mutfak robotunda püre haline getirildi. Üzerine 300 g yoğurt, 75 g tuz ve 5 g instant maya ilave edildikten sonra iyice karıştırılmıştır. Elde edilen bu karışım, tüm tarhana çeşitlerinde aynı şekilde ve aynı oranlarda hazırlanarak genel/ortak bir karışım elde edilmiştir. Bu karışım üzerine her bir tarhana formülasyonu için 1500 g buğday unu

ve bu un ağırlığı üzerinden katkı dozuna göre öğütülmüş keten tohumu ilave edilmiştir (keten tohumu tartılmadan önce öğütülmüştür). Karışım, masa üstü tipi bir karıştırıcıda (Kitchen aid, Michigan, ABD) 5 dk boyunca 2.devirde (orta hız) karıştırılmış ardından 5 dakika süreyle elde yoğurulmuştur. Oluşan hamur ağzı kapaklı kovalara konulduktan sonra 3 gün (72 saat) oda sıcaklığında fermantasyona bırakılmıştır.

Çizelge 3.5. Tarhana çeşitlerinin genel bileşimi

Kontrol	%5	%10	%15
Genel karışım	Genel karışım	Genel karışım	Genel karışım
1500 g buğday unu	1500 g buğday unu	1500 g buğday unu	1500 g buğday unu
-	75 g keten tohumu	150 g keten tohumu	225 g keten tohumu

Çizelge 3.6. Tarhana içeriklerinin % bileşimi

Toplam hamur ağırlığı üzerinden yaklaşık olarak % bileşim				
Malzemeler	Kontrol	%5	%10	%15
Un	60.00	58.25	56.60	55.04
Yoğurt	12.00	11.65	11.32	11.00
Domates	10.00	9.70	9.43	9.17
Kapya biberi	10.00	9.70	9.43	9.17
Soğan	5.00	4.85	4.71	4.58
Tuz	3.00	2.91	2.83	2.75
İnstant maya	0.20	0.19	0.18	0.18
Keten tohumu	-	2.91	5.66	8.25

Fermantasyondan çıkarılan hamur, parçalar halinde tepsilere serilerek 55°C’ deki etüvde yaklaşık 21 saat bekletilmiştir. Süre sonunda etüvden çıkarılan tepsilerdeki hamur parçaları elle daha ufak parçalar haline dönüştürülmüş ve bu şekilde oda koşullarında yaklaşık 3 saat bekletilmiştir. Kuruyan parçalar mutfak robotunda toz hale gelinceye kadar öğütülmüş ve homojen partikül çapını sağlayabilmek amacıyla mutfak eleğinden geçirilmiştir. Tepsilere serilen toz tarhanalar günde 2 kez karıştırmak şartıyla, nemi %10 un altına inene kadar (yaklaşık 3 gün) oda koşullarında bekletilmiştir. Nemin %10’ un altına düşüp düşmediği hızlı nem ölçer ile kontrol edilmiştir. Tamamen kuruyan tarhanalar alüminyum bariyerli, su ve hava geçişini engelleyecek özellikteki zip-lock ambalajda etiketlenerek saklanmıştır. Tarhana üretimi 2 tekerrür şeklinde yapılmıştır (Şekil 3.6-3.7).



Şekil 3.6. Tarhana hamurunun elde edilmesi (yoğurma ve fermentasyon)



Şekil 3.7. Tarhana hamurunun kurutma ve öğütme aşamaları

3.6. İstatistiksel analizler

İstatistiksel analizler, Minitab (v.16.1, Statsoft, Inc., Tulsa, ABD) ve NCSS (Kaysville, ABD) paket programlar kullanılarak varyans analizi ile yapılmıştır. Infrared radyasyonun keten tohumlarının besin öğeleri üzerine etkisi tek yönlü ANOVA analizi ile incelenmiştir. Kısa ve orta dalga infrared kaynakları ile yapılan işlemin süreleri farklılık arz ettiğinden çift yönlü değerlendirme mümkün olmamıştır. Bununla birlikte peroksit sayısı analizleri işlem koşulu ve depolama süresi faktörleri dikkate alınarak çift yönlü ANOVA ile değerlendirilmiştir. Farklılığın önem arz ettiği ($p<0.05$) ortalamalar arasındaki çoklu karşılaştırma testleri MSTAT paket programı kullanılarak ve Tukey testine göre yapılmıştır. Duyusal analiz testlerine ait sonuçlar ise ANOVA testinin parametrik olmayan karşılığı Kruskal Wallis testi ile değerlendirilmiş, farklılığın önemli olması durumunda bu farkın hangi ortalama dan kaynaklandığını tespit etmek için NCSS paket programı kullanılarak Dunn testi uygulanmıştır. Uçucu bileşen analizleri için parametrik One Way ANOVA testi ön şartlarının (varyansların homojenliği ve varyansların normal dağılımı) sağlanmadığı durumlarda veriler rank testine tabi tutularak sapmaların küçülmesi sağlanmıştır. Bu sayede ANOVA testi için ön şartlar sağlanabilmiş ve uçucu bileşen verileri için parametrik One Way ANOVA testi kullanılmıştır. Tüm sonuçlar “ortalama $\pm$ standart hata” olarak ifade edilmiştir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Keten Tohumu Örneklerinde Yapılan Analizlerin Sonuçları

4.1.1. Temel bileşen analizleri

Ham ve IR işleme maruz kalan keten tohumu örneklerinin nem, kül, ham protein ve ham yağ analiz sonuçları Çizelge 4.1' de gösterilmiştir. IR işlem uygulanmadan önce ham keten tohumunun nem değeri %6.31 iken IR enerji kullanılarak uygulanan ısıl işlemeden sonra bu değerin %0.75-2.24 civarına düştüğü görülmektedir. İstatistiksel açıdan ham ve ısıl işlem gören örnekler arasında önemli bir fark olduğu ($p<0.05$) çizelgede belirtilmiş olup en yüksek nem değerine ham keten tohumu sahiptir. Genel olarak, hem kısa dalga hem de orta dalga IR lambaların farklı işlem sürelerinde, işlem süresinin uzamasıyla birlikte nem değerlerinde azalma olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca kısa dalga IR enerjinin orta dalgaya göre daha yüksek sıcaklık uyguladığı gözönüne alındığında, benzer sürelerdeki uygulamalarda kısa dalga uygulanmış örneklerin % nem düzeylerinin orta dalga örneklerle göre daha düşük olduğu ortaya çıkmaktadır. Böyle bir sonucun ortaya çıkması bu nedenlerden dolayı oldukça normaldir.

Çizelge 4.1' e bakıldığında, % kül bileşimi bakımından ham ve işlenmiş keten tohumu örnekleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu anlaşılmaktadır ($p<0.05$). Ancak standart hataların çok küçük olduğu görülmektedir. Bu yüzden matematiksel olarak bu farklılıkların tesadüfi hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer bir durum da, örneklerin ham protein ve ham yağ içeriklerinde de görülmektedir. İstatistiksel açıdan örnekler arasında ham protein ve ham yağ sonuçları bakımından önemli farklılıkların ($p<0.05$) olduğu anlaşılmasına rağmen standart hataların küçüklüğüne bağlı olarak pratikte bu farklılıkların tesadüfi hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ham keten tohumu, kısa dalga 6.1 dakika ve orta dalga 7 dakikada işlenen keten tohumu örneklerinde ham protein içeriği sırasıyla %24.00, 23.29 ve 22.72 iken bu örneklerin ham yağ değerleri ise sırasıyla %44.25, 45.64 ve 46.02 olarak belirlenmiştir.

Sargi ve ark. (2013), keten tohumunun % nem, kül, toplam yağ ve ham protein değerlerini sırasıyla %6.52, 2.63, 38.13 ve 24.42 olarak belirlemişken, Bozan ve Temelli (2008) ise keten tohumundaki bu bileşenleri sırasıyla %6.4, 3.9, 33.6 ve 17.9 olarak bulmuşlardır. Hall ve ark. (2006), keten tohumunun yüksek sıcaklık değerlerinde uzun sürelerde kavrulması sonucu tohum içeriğinde oldukça yüksek miktarda nem kaybı

olabileceğini belirtmiştir. 160-180°C sıcaklıklarda 24 dakika süreyle kavurma işlemi sonucu keten tohumunun nem içeriği %0.1-0.3 düzeyine kadar düşebilmektedir. Bu sonuçlara bakıldığında, çalışmada bulunan değerlerin yapılan nem, kül, ham yağ ve ham protein analizleri açısından literatür ile uyumlu olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 4.1. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının bazı temel bileşen değerleri (n=4)

Örnek	% Nem	% Kül	% Ham	% Ham Yağ
Ham	6.31 ± 0.01 ^A	3.53 ± 0.01 ^{AB}	24.00 ± 0.06 ^{ABC}	44.25 ± 0.10 ^C
Kısa Dalga 6.1 dk	0.91 ± 0.01 ^E	3.32 ± 0.02 ^C	23.29 ± 0.11 ^{BCD}	45.64 ± 0.17 ^{ABC}
Kısa Dalga 4.5 dk	0.75 ± 0.01 ^F	3.31 ± 0.06 ^C	23.34 ± 0.38 ^{BCD}	44.99 ± 0.29 ^{BC}
Kısa Dalga 4 dk	1.03 ± 0.01 ^E	3.32 ± 0.02 ^C	23.19 ± 0.02 ^{CD}	45.94 ± 0.24 ^{AB}
Kısa Dalga 3.3 dk	1.49 ± 0.02 ^C	3.39 ± 0.01 ^{BC}	23.20 ± 0.08 ^{CD}	46.75 ± 0.61 ^A
Orta Dalga 7 dk	1.18 ± 0.02 ^D	3.42 ± 0.01 ^{BC}	22.72 ± 0.22 ^D	46.02 ± 0.17 ^{AB}
Orta Dalga 5.3 dk	1.04 ± 0.02 ^E	3.62 ± 0.02 ^A	24.17 ± 0.32 ^{ABC}	44.91 ± 0.16 ^{BC}
Orta Dalga 4.3 dk	2.24 ± 0.04 ^B	3.46 ± 0.03 ^{BC}	24.32 ± 0.01 ^{AB}	45.75 ± 0.29 ^{ABC}
Orta Dalga 3.4 dk	2.24 ± 0.01 ^B	3.53 ± 0.01 ^{AB}	24.63 ± 0.05 ^A	44.93 ± 0.13 ^{BC}
p	0.000	0.000	0.001	0.004

Farklı büyük harflerle (A-F) gösterilen ortalamalar Tukey testine göre birbirinden farklılık göstermektedir (p<0.05).

*Protein için azot faktörü 6.25 alınmıştır.

4.1.2. Su aktivitesi analizi

Çizelge 4.2' den de anlaşılabacağı gibi IR enerji ile ısı işlem görmeyen önce 0.51 olan su aktivitesi değeri işlemeden sonra 0.13-0.27 civarına düşmüştür. Örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu Çizelge 4.2' den de anlaşılmaktadır (p<0.05). Keten tohumu örneklerinin % nem içeriklerine bakılacak olursa sonuçların benzer bir eğilim gösterdiği ve nem ile su aktivitesi değerleri arasında benzer bir ilişkinin olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 4.2. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının su aktivitesi değerleri (n=4)

Örnek	Su Aktivitesi
Ham	0.51 ± 0.01 ^A
Kısa Dalga 6.1 dk	0.13 ± 0.01 ^E
Kısa Dalga 4.5 dk	0.13 ± 0.01 ^E
Kısa Dalga 4 dk	0.15 ± 0.01 ^{DE}
Kısa Dalga 3.3 dk	0.19 ± 0.01 ^C
Orta Dalga 7 dk	0.27 ± 0.01 ^{CD}
Orta Dalga 5.3 dk	0.14 ± 0.01 ^{DE}
Orta Dalga 4.3 dk	0.26 ± 0.01 ^B
Orta Dalga 3.4 dk	0.16 ± 0.01 ^B
p	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-E) gösterilen ortalamalar Tukey testine göre birbirinden farklılık göstermektedir (p<0.05).

4.1.3. Serbest yağ asitliği analizi

Çizelge 4.3' ten görüleceği üzere, işlemeden önce ham keten tohumunun serbest yağ asitliği değeri %0.79 iken işlemeyle birlikte bu değerde az da olsa bir artışın olduğu görülmektedir. İstatistiksel açıdan önemli olan bu farklılığın (p<0.05), ısıtılma maruz kalan örneklerde tohumun çatlayarak tohumdaki mevcut yağın parçalanmasından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.3. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının serbest yağ asitliği değerleri (n=4)

Örnek	% Serbest Yağ Asitliği
Ham	0.79 ± 0.01 ^F
Kısa Dalga 6.1 dk	1.12 ± 0.01 ^A
Kısa Dalga 4.5 dk	1.10 ± 0.01 ^{AB}
Kısa Dalga 4 dk	1.05 ± 0.01 ^{ABC}
Kısa Dalga 3.3 dk	0.97 ± 0.01 ^{DE}
Orta Dalga 7 dk	0.99 ± 0.03 ^{CDE}
Orta Dalga 5.3 dk	0.92 ± 0.01 ^E
Orta Dalga 4.3 dk	1.01 ± 0.01 ^{CD}
Orta Dalga 3.4 dk	1.02 ± 0.01 ^{BCD}
p	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-F) gösterilen ortalamalar Tukey testine göre birbirinden farklılık göstermektedir (p<0.05).

Anjum ve ark. (2006), 2450 MHz, 500 W mikrodalga kavurma işlemi ile birlikte, yağlı bir tohum olan ayçiçeği tohumunun yağında % serbest yağ asitliği değerinin kavrulmamış örneğe göre artış gösterdiğini belirtmiştir. Kavurma işleminden önceki serbest yağ asitliği değeri %0.80 iken 15 dakika kavurma sonucunda serbest yağ asitliğinin %0.94' e yükseldiği görülmüştür.

Malcolmson ve ark. (2000), keten tohumunu tam tane ve öğütülmüş formlarda depolamış ve depolamanın 0. gününde yapılan analiz sonuçlarına göre; tam tane şeklinde depoladıkları keten tohumu örneklerinde serbest yağ asitliği değerinin %0.30-0.34 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Öğütülmüş şekilde depolanan tohumdaki serbest yağ asitliği değerinin ise %0.40-0.50 arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

4.1.4. Renk sonuçları

Ham ve IR enerjisi ile işlenmiş keten tohumlarındaki renk ölçümleri tohumlar öğütülmeden, yani tohumlar bütün halde iken gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerin renk karakteristikleri Çizelge 4.4' te sunulmuştur. Renk değerlerinde tüm renk karakteristikleri için istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu çizelgeden anlaşılmaktadır (p<0.05).

Örnekler arasında ısıt işlem ile birlikte L (aydınlık), a (kırmızılık), b (sarılık) ve kroma (doygunluk) değerlerinde düşme olduğu gözlenmiştir. Toplam renk (ΔE) değişimi, işlenmiş keten tohumu örneklerinin ham keten tohumuyla kıyaslanarak incelenmiştir. Toplam renk değişimindeki farkın en fazla olduğu örnekler, işleme sürelerinin de fazla olduğu kısa dalga 6.1, 4.5 ve 4 dakika işlem görenler ile orta dalga 7 dakika işlem gören örneklerdir.

Hall ve ark. (2006), 180°C' den daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen kavurma işleminin, keten tohumunun renk özelliklerini önemli düzeyde etkilediğini ve renk değerlerinde önemli değişikliklerin meydana geldiğini belirtmiştir. 160 ve 180°C sıcaklıklarda gerçekleştirilen kavurma işlemleri sonucunda kavrulmuş örneklerde ham keten tohumuna kıyasla aydınlık ve sarılık değerlerinin azaldığı, kırmızılık değerinin ise arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının renk değerleri (n=4)

ÖRNEKLER	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	Kroma	Hue Açısı	ΔE
Ham	45.23 $\pm$ 0.31 ^A	7.76 $\pm$ 0.29 ^A	11.00 $\pm$ 0.18 ^A	13.47 $\pm$ 0.03 ^A	54.83 $\pm$ 1.43 ^{ABC}	-
Kısa Dalga 6.1 dk	38.75 $\pm$ 0.30 ^D	4.46 $\pm$ 0.08 ^D	7.21 $\pm$ 0.20 ^{BC}	8.47 $\pm$ 0.20 ^{BC}	58.22 $\pm$ 0.53 ^A	8.21 $\pm$ 0.32 ^{AB}
Kısa Dalga 4.5 dk	39.15 $\pm$ 0.51 ^{CD}	4.61 $\pm$ 0.08 ^D	7.23 $\pm$ 0.36 ^{BC}	8.58 $\pm$ 0.31 ^{BC}	57.35 $\pm$ 1.38 ^{AB}	7.83 $\pm$ 0.56 ^{AB}
Kısa Dalga 4 dk	38.86 $\pm$ 0.38 ^D	4.86 $\pm$ 0.10 ^{CD}	6.78 $\pm$ 0.30 ^{BC}	8.34 $\pm$ 0.25 ^{BC}	54.23 $\pm$ 1.32 ^{ABC}	8.19 $\pm$ 0.42 ^{AB}
Kısa Dalga 3.3 dk	40.60 $\pm$ 0.18 ^{BC}	5.54 $\pm$ 0.16 ^{BC}	6.98 $\pm$ 0.20 ^{BC}	8.91 $\pm$ 0.24 ^B	51.65 $\pm$ 0.66 ^C	6.53 $\pm$ 0.16 ^{BC}
Orta Dalga 7 dk	39.18 $\pm$ 0.18 ^{CD}	4.52 $\pm$ 0.19 ^D	6.06 $\pm$ 0.26 ^C	7.56 $\pm$ 0.31 ^C	53.32 $\pm$ 0.58 ^{BC}	8.46 $\pm$ 0.33 ^A
Orta Dalga 5.3 dk	40.45 $\pm$ 0.47 ^{BC}	5.22 $\pm$ 0.26 ^{BCD}	7.49 $\pm$ 0.39 ^B	9.13 $\pm$ 0.46 ^B	55.15 $\pm$ 0.66 ^{ABC}	6.46 $\pm$ 0.64 ^{BC}
Orta Dalga 4.3 dk	41.17 $\pm$ 0.20 ^B	5.56 $\pm$ 0.11 ^{BC}	7.47 $\pm$ 0.17 ^B	9.31 $\pm$ 0.19 ^B	53.40 $\pm$ 0.55 ^{BC}	5.82 $\pm$ 0.24 ^C
Orta Dalga 3.4 dk	41.47 $\pm$ 0.13 ^B	5.97 $\pm$ 0.23 ^B	7.44 $\pm$ 0.23 ^B	9.54 $\pm$ 0.30 ^B	51.30 $\pm$ 0.85 ^C	5.50 $\pm$ 0.19 ^C
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar Tukey testine göre birbirinden farklılık göstermektedir (p<0.05).

4.1.5. Hidrosiyanik asit (HCN) analizi

Keten tohumundaki mevcut siyanojenik glukozidler, β -glukosidaz enzimin aktivitesi ile birlikte siyanid (HCN) bileşiklerine dönüşmekte ve insan sağlığı açısından toksik etki oluşturmaktadır.

HCN analizinde IR ısıtma işlemin etkisini daha açık görebilmek için, sadece bu analizde olmak üzere işlem faktörleri, kısa dalga ve orta dalga IR lamba işlemlerinin her ikisi için de 2' şer işlem süresi olarak arttırılmış, bu faktörlerin istatistiksel değerlendirmesi de buna göre yapılmıştır.

Ham örnek ve IR enerjiye maruz kalan örnekler arasında HCN analizi sonuçları bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Çizelge 4.5' ten de anlaşılabacağı üzere IR ısıtma işlem sonucu ham keten tohumundaki mevcut HCN bileşimi olan 218.30 mg/kg keten tohumu azalma göstermiştir. Bu azalma işlem süresinin uzamasıyla artmıştır. En etkili işlem faktörü ise %59.71' lik azalış oranıyla kısa dalga IR lamba ile 7 dakika işlemeye aittir. Kısa ve orta dalga IR enerji kullanılarak HCN bileşiklerinin azaltılmasında ise genel olarak kısa dalga IR enerjinin kısmen daha etkili olduğu söylenebilmektedir.

Literatüre göre; suya veya solvente daldırma, basınçla pişirme, mikrodalga ısıtma, yüksek sıcaklık ve yüksek basınç ekstrüzyon (peletleme) ve kavurma gibi işlemler uygulanarak HCN içeriği azaltılmaya çalışılmıştır. Cressey ve ark. (2013), keten tohumundaki HCN miktarını 91-178 mg/kg olarak tespit etmiştir. Wu ve ark. (2008) ise, keten tohumundaki HCN içeriğini 298.6 mg/kg olarak belirlemiş ve ekstrüzyon uygulaması ile 126°C sıcaklık, 39.2 kg/saat besleme hızı, 180 rpm vida dönüş hızı ve %6.4 nem koşullarında HCN miktarındaki azalışın %87.3 olduğunu belirlemişlerdir.

Feng ve ark. (2003) ise, ham keten tohumundaki HCN içeriğini 377.0 mg/kg olarak bulmuş ve keten tohumuna çeşitli işlemler uygulayarak bu toksik bileşenin miktarını azaltmaya çalışmıştır. Sonuç olarak HCN içeriği, 120°C sıcaklıkta 15 dakika otoklavlama ile 265.0 mg/kg, 750 W, 2450 MHz ve maksimum güçte 4 dakika mikrodalga fırında kavurma ile 63.5 mg/kg ve 130°C sıcaklıkta 10 ve 20 dakika ısıtma işlemleri ile de sırasıyla 316.0 ve 291.0 mg/kg düzeyine düşürülebilmektedir. Sonuçlara bakıldığında ise, HCN miktarındaki %83.2' lik azalmayla mikrodalga fırında kavurma işleminin, uygulanan tüm işlemler içinde en etkili olan yöntem olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının HCN değerleri ve işleme ile meydana gelen % HCN azalışı (n=4)

ÖRNEKLER	HCN (mg/kg)	% HCN Azalışı
Ham	218.30 ± 1.50 ^A	-
Kısa Dalga 7 dk*	87.95 ± 2.12 ^I	59.71
Kısa Dalga 6.1 dk	105.94 ± 1.51 ^G	51.47
Kısa Dalga 4.5 dk	112.22 ± 0.673 ^{EFG}	48.59
Kısa Dalga 4 dk	116.97 ± 1.41 ^E	46.42
Kısa Dalga 3.3 dk	131.91 ± 1.89 ^D	39.57
Kısa Dalga 3.1 dk*	144.93 ± 1.18 ^C	33.61
Orta Dalga 8.2 dk*	88.46 ± 1.02 ^I	59.48
Orta Dalga 7 dk	97.68 ± 2.13 ^H	55.25
Orta Dalga 5.3 dk	108.80 ± 1.88 ^{FG}	50.16
Orta Dalga 4.3 dk	114.27 ± 1.64 ^{EF}	47.65
Orta Dalga 3.4 dk	143.28 ± 1.04 ^C	34.37
Orta Dalga 3.3 dk*	155.71 ± 0.861 ^B	28.67
p	0.000	

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-I) gösterilen ortalamalar Tukey testine göre birbirinden farklılık göstermektedir (p<0.05).

*Infrared radyasyonun gıdaların HCN içeriğine etkisine dair bir çalışmaya ulaşılamadığından yukarıdaki çizelgede tez içeriğinde bahsedilen IR faktörlerinden daha fazla sayıda koşul kullanılmış olup, söz konusu koşullar sadece bu analiz için değerlendirilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada ise; Ivanov ve ark., (2012), mikrodalga kullanarak HCN içeriğini azaltmaya çalışmıştır. Bunun için mikrodalga fırın frekansı 2450 MHz, çalışma güç seviyeleri ise 240 W, 400 W, 560 W ve 800 W olarak ayarlanmıştır. Örnekler her bir çalışma gücünde 0, 3, 6 ve 10 dakika işlenmiştir. Keten tohumlarının öğütülmüş şekilde işleme tabi tutulmasıyla gerçekleştirilen çalışmada mikrodalga gücünün artmasıyla doğru orantılı olarak keten tohumundaki mevcut HCN miktarındaki azalışın da arttığı görülmüştür. Ayrıca mikrodalga gücünün sabit tutulması şartıyla ısıl işleme maruz kalma süresinin artması sonucu da HCN miktarındaki azalmanın benzer bir eğilimde olduğu tespit edilmiştir.

IR enerjiye maruz kalan örnekler aynı zamanda ısıl bir işleme de maruz kaldığından kavrulmaktadır. Çizelge 4.5' teki sonuçlara bakıldığında da literatürdeki gibi, ısıl işleme

maruz kalma süresinin artmasıyla birlikte HCN içeriğindeki % azalışın da arttığı ve bu azalışın, çalışmada gerçekleştirilen süreler içerisinde kısa dalga IR enerji uygulaması için en uzun ısıtma işlem süresi olan 7 dakika ve orta dalga IR enerji uygulaması için ise en uzun işleme süresi olan 8.2 dakika olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca IR enerjiden yararlanılarak keten tohumundaki HCN bileşiminin azaltılmasına yönelik literatürde herhangi bir kaynak bulunamadığından bu çalışma bu konu açısından yapılan ilk çalışma olmuştur.

4.1.6. Tokoferol analizi

Tokoferol, en güçlü antioksidan maddelerdendir. Tokoferol izomerleri farklı biyolojik aktivitelere sahiptir ve yağları oksidatif ransiditeden koruyabilmektedirler. E vitamini yağda çözünen bir vitamin olduğundan sonuçlar keten tohumu yağı esas alınarak hesaplanmıştır. Keten tohumlarının tokoferol içeriği alfa (α), beta (β), gama (γ) ve delta (δ) tokoferol izomerleri ve toplam tokoferol miktarı olarak belirlenmiştir. Ham ve işlenmiş keten tohumlarının tokoferol içerikleri Çizelge 4.6' da, tokoferol izomerlerine ait kalibrasyon parametreleri ise Çizelge 4.7' de sunulmuştur. En yüksek miktarda bulunan tokoferol izomeri gama tokoferol olarak tespit edilmişken, delta tokoferol az miktarda bulunmuş, α ve β tokoferoller ise tespit edilememiştir. Gama ve delta tokoferol miktarları ise sırasıyla 146.57-193.14 ve 2.91-3.23 mg/100 g keten tohumu aralığında belirlenirken istatistiksel açıdan keten tohumları arasında delta tokoferol miktarları açısından farklılık görülmemiştir ($p>0.05$). Gama tokoferol ve toplam tokoferol içerikleri bakımından ise istatistiksel olarak keten tohumu örnekleri arasında önemli bir fark olduğu anlaşılmaktadır ($p<0.05$). Genel olarak ise, IR enerji ile ısıtma işlemine maruz kalan örneklerin gama tokoferol içeriklerinde artış gözlemlenmiştir. Ham keten tohumu ve tokoferol standartlarına ait kromatogramlar Şekil 4.1' de gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının tokoferol miktarları (mg/100 g keten tohumu yağı) (n=4)

Örnekler	Tokoferoler				Toplam tokoferol miktarı
	α -T	β -T	γ -T	δ -T	
Ham	t.e.*	t.e.	148.66 $\pm$ 1.16 ^D	2.91 $\pm$ 0.08	151.57 $\pm$ 1.24 ^D
Kısa Dalga 6.1 dk	t.e.	t.e.	173.83 $\pm$ 2.12 ^B	3.11 $\pm$ 0.08	176.94 $\pm$ 2.03 ^B
Kısa Dalga 4.5 dk	t.e.	t.e.	193.14 $\pm$ 1.15 ^A	3.23 $\pm$ 0.08	196.38 $\pm$ 1.23 ^A
Kısa Dalga 4 dk	t.e.	t.e.	153.38 $\pm$ 1.90 ^D	2.97 $\pm$ 0.01	156.36 $\pm$ 1.91 ^D
Kısa Dalga 3.3 dk	t.e.	t.e.	146.57 $\pm$ 2.41 ^D	3.00 $\pm$ 0.01	149.57 $\pm$ 2.39 ^D
Orta Dalga 7 dk	t.e.	t.e.	164.81 $\pm$ 0.33 ^C	3.09 $\pm$ 0.09	167.90 $\pm$ 0.23 ^C
Orta Dalga 5.3 dk	t.e.	t.e.	176.46 $\pm$ 2.07 ^B	3.21 $\pm$ 0.01	179.68 $\pm$ 2.06 ^B
Orta Dalga 4.3 dk	t.e.	t.e.	164.40 $\pm$ 0.68 ^C	2.99 $\pm$ 0.16	167.40 $\pm$ 0.85 ^C
Orta Dalga 3.4 dk	t.e.	t.e.	182.23 $\pm$ 0.44 ^B	2.95 $\pm$ 0.05	185.18 $\pm$ 0.38 ^B
p	-	-	0.000	0.162	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

*t.e.: tespit edilememiştir.

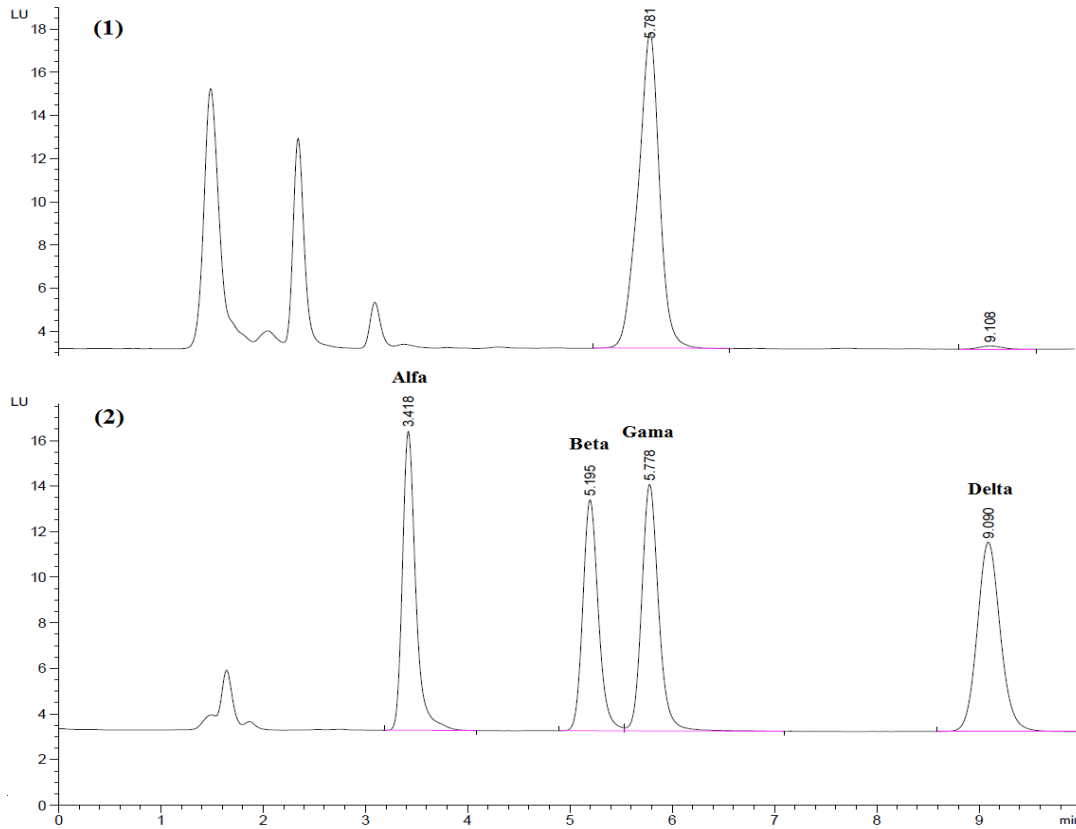
Çizelge 4.7. Tokoferol izomerlerine ait kalibrasyon parametreleri

Kalibrasyon parametreleri (n=6)					
Tokoferoller	a $\pm$ SD	b $\pm$ SD	r	LOD (M)	LOQ (M)
α	724900 $\pm$ 9004	-2.34 $\pm$ 0.64	0.9992	2.92 x 10 ⁻⁶	8.86 x 10 ⁻⁶
β	456100 $\pm$ 6619	-1.00 $\pm$ 0.81	0.9989	5.86 x 10 ⁻⁶	1.77 x 10 ⁻⁵
γ	480300 $\pm$ 2906	-1.10 $\pm$ 0.35	0.9998	2.44 x 10 ⁻⁶	7.41 x 10 ⁻⁶
δ	442300 $\pm$ 4428	-1.74 $\pm$ 0.67	0.9995	5.02 x 10 ⁻⁶	1.52 x 10 ⁻⁵

Hall, ve ark. (2006), Kanada’ da yaptıkları çalışmada, keten tohumundaki γ -tokoferol miktarının tüm tokoferol izomerleri içinde en baskın fraksiyon olduğunu ve α -linolenik asit içeriği yüksek olan keten tohumu örneklerindeki γ -tokoferol miktarının da fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, 8 farklı keten tohumu çeşidinin tokoferol içeriği incelenmiş ve genel ortalama olarak α , γ , δ ve toplam tokoferol içerikleri sırasıyla 0.06, 9.04, 0.23 ve 9.34 mg/100 g tohum şeklinde belirlenmiştir. Toplam tokoferol içeriğinin %96-98' ini oluşturan γ tokoferolün baskın özellik gösterdiğine değinilmiştir (Oomah ve ark., 1997).

Khatab ve Zeitoun (2013), keten tohumdaki α , $\gamma+\beta$, δ ve toplam tokoferol içeriklerini ise sırasıyla 0.60-0.66, 32.10-32.30, 1.77-1.90 ve 34.47-34.82 mg/g yağ şeklinde belirtmiştir. Çiftçi ve ark. (2012) ise keten tohumundaki ortalama α , γ ve δ tokoferol miktarlarını sırasıyla 8.542 ve 5 mg/kg yağ olarak sunmuştur.



Şekil 4.1. Ham keten tohumu (1) ve tokoferol standartları (2) kromatogramları

Tokoferol içeriklerindeki değişiklikler, bitkinin ekim yılı, ekildiği yer ve tohumun içerdiği α -linolenik asit içeriğine bağlı olarak değişmektedir. α -linolenik asit içeriği yüksek olan keten tohumu örneklerindeki γ -tokoferol miktarının da fazla olduğu tespit edilmiştir (Oomah ve ark., 1997).

Yılmaz ve ark. (2014), kısa dalga IR enerji ile stabilize ettiği pirinç kepeği örneklerinde işlemeyle birlikte tokoferol içeriklerinde önemli azalmaların meydana geldiğini belirtmiştir. Ham pirinç kepeğindeki α , β , γ ve toplam tokoferol içeriği sırasıyla 128.57, 9.07, 12.87 ve 150.51 mg/kg pirinç kepeği iken, 600 W güçte 3 dakika süreyle gerçekleştirilen ısıtma işlemi sonucunda ise bu değerlerin sırasıyla 97.24, 6.13, 10.20 ve 113.57 mg/kg pirinç kepeği düzeyine düştüğü görülmüştür.

Kavurma işleminin hardal tohumu yağı tokoferolleri üzerinde etkisi ile ilgili yapılan bir çalışmada ise, 165°C sıcaklıkta 30 dakika kavrulan tohumların α , γ , δ ve toplam tokoferol içeriklerinde kavurmayla birlikte artış meydana geldiği belirlenmiştir. Kavrulmamış kontrol örneğin α , γ , δ ve toplam tokoferol içerikleri sırasıyla 145.25, 431.95, 24.89 ve 602.09 $\mu\text{g/g}$ yağ iken kavrulmuş örnekteki değerler ise sırasıyla 179.03, 437.68, 25.06 ve 641.78 $\mu\text{g/g}$ yağ olarak tespit edilmiştir (Vaidya ve Choe, 2011).

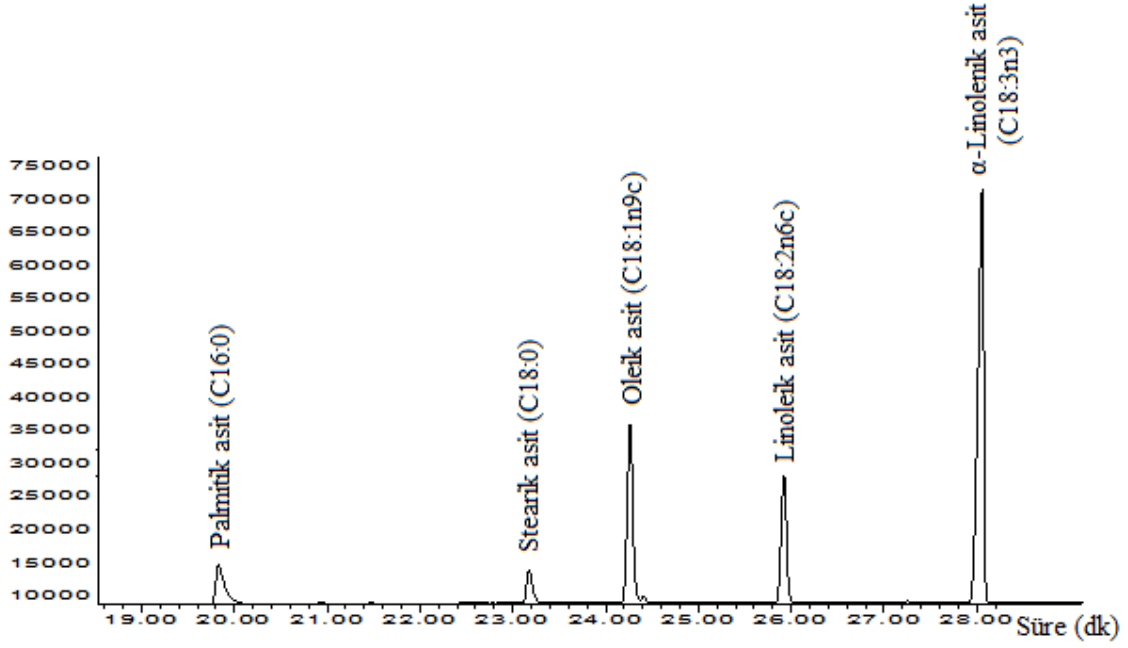
Lee ve ark. (2004), aspir tohumu yağında tokoferol içeriğinin kavurma işlemiyle birlikte arttığını tespit etmiştir. Örneğin, tohumdaki α ve γ tokoferol içerikleri sırasıyla 386 ve 2.4 mg/kg yağ iken bu değerler 140°C’ de yapılan kavurma işlemi için sırasıyla 441 ve 4.0 mg/kg yağ, 180°C sıcaklıkta gerçekleştirilen kavurma işlemi için ise 520 ve 7.7 mg/kg yağ olarak belirlenmiştir. Tokoferol içeriğindeki bu artışın, sıcaklığın etkisiyle hücre zarının hasar görmesi sonucu tokoferolün yağla geçmesinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.

4.1.7. Yağ asidi kompozisyonu

Çizelge 4.8’ de ham ve işlenmiş keten tohumlarının yağ asidi kompozisyonu belirtilmiş ve keten tohumundaki yağ asitleri sırasıyla α -linolenik, oleik, linoleik, palmitik ve stearik asitler olarak bulunmuş, bunların içinde en baskın olan ise α -linolenik asit olmuştur. Literatürle uyumluluk gösteren yağ asidi kompozisyonu, ham keten tohumunda %51.37 α -linolenik, %21.48 oleik, %15.18 linoleik, %7.84 palmitik ve %4.11 ile stearik asit şeklindedir. Ham keten tohumunun yağ asidi kompozisyonuna ait kromatogram Şekil 4.2’ de sunulmuştur.

Palmitik, oleik ve linoleik asitler açısından örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar yokken ($p>0.05$), stearik ve α -linolenik asitler bakımından örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır ($p<0.05$). Kısa dalga IR enerji ile işlem gören keten tohumlarını α -linolenik asit içeriği %50.90-52.48 aralığında iken, orta dalga IR enerji ile işlem gören örneklerin bu yağ asidi için değerleri %51.49-52.17 arasında tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak örnekler arasında α -linolenik asit bakımından önemli bir fark olduğu

görülürken değerler arasındaki farklılığın çok fazla olmadığı söylenebilmektedir. Genel olarak yağ asitleri değerlerine bakıldığında ise, IR enerji ile işlemenin, keten tohumlarının yağ asidi içeriğine çok fazla etki etmediği sonucu çıkarılabilmektedir.



Şekil 4.2. Ham keten tohumunun yağ asidi kompozisyonu kromatogramı

Çizelge 4.8. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının yağ asidi kompozisyonu (% toplam yağ asidi)

ÖRNEK	Yağ Asitleri (% toplam yağ asiti)								Toplam doymamış	$\omega 6/\omega 3^*$
	Palmitik	Stearik	Oleik	Linoleik	α -Linolenik	Doymuş	MUFA*	PUFA*		
Ham	7.84 ± 0.31	4.11 ± 0.07 ^{AB}	21.48 ± 0.09	15.18 ± 0.33	51.37 ± 0.48 ^{AB}	11.96 ± 0.23	21.48 ± 0.09	66.55 ± 0.14 ^{ABC}	88.04 ± 0.23	0.29 ± 0.01 ^{AB}
Kısa Dalga 6.1 dk	7.28 ± 0.48	4.39 ± 0.11 ^A	21.84 ± 0.14	15.07 ± 0.02	51.40 ± 0.20 ^{AB}	11.67 ± 0.37	21.84 ± 0.14	66.48 ± 0.23 ^{ABC}	88.32 ± 0.37	0.29 ± 0.01 ^{AB}
Kısa Dalga 4.5 dk	8.06 ± 0.12	4.35 ± 0.01 ^A	21.51 ± 0.01	15.14 ± 0.02	50.90 ± 0.13 ^B	12.42 ± 0.11	21.51 ± 0.01	66.05 ± 0.10 ^C	87.57 ± 0.11	0.29 ± 0.01 ^A
Kısa Dalga 4 dk	8.48 ± 0.01	3.92 ± 0.03 ^{BC}	21.26 ± 0.02	14.91 ± 0.01	51.42 ± 0.03 ^{AB}	12.40 ± 0.02	21.26 ± 0.02	66.33 ± 0.05 ^{BC}	87.59 ± 0.02	0.28 ± 0.01 ^{AB}
Kısa Dalga 3.3 dk	7.89 ± 0.40	3.58 ± 0.05 ^C	21.39 ± 0.13	14.64 ± 0.01	52.48 ± 0.21 ^A	11.48 ± 0.35	21.39 ± 0.13	67.12 ± 0.22 ^A	88.52 ± 0.35	0.27 ± 0.01 ^B
Orta Dalga 7 dk	7.07 ± 0.23	4.06 ± 0.03 ^{AB}	21.82 ± 0.11	14.96 ± 0.01	52.07 ± 0.06 ^A	11.13 ± 0.19	21.82 ± 0.11	67.03 ± 0.08 ^{AB}	88.86 ± 0.19	0.28 ± 0.01 ^{AB}
Orta Dalga 5.3 dk	7.62 ± 0.07	3.79 ± 0.01 ^{BC}	21.53 ± 0.02	14.87 ± 0.01	52.17 ± 0.03 ^A	11.42 ± 0.06	21.53 ± 0.02	67.04 ± 0.04 ^{AB}	88.57 ± 0.06	0.28 ± 0.01 ^{AB}
Orta Dalga 4.3 dk	6.65 ± 0.31	4.32 ± 0.04 ^A	22.06 ± 0.16	15.12 ± 0.01	51.83 ± 0.10 ^{AB}	10.97 ± 0.27	22.06 ± 0.16	66.96 ± 0.11 ^{AB}	89.03 ± 0.27	0.29 ± 0.01 ^{AB}
Orta Dalga 3.4 dk	7.17 ± 0.53	4.35 ± 0.09 ^A	21.85 ± 0.31	15.12 ± 0.01	51.49 ± 0.11 ^{AB}	11.52 ± 0.44	21.85 ± 0.31	66.62 ± 0.12 ^{ABC}	88.47 ± 0.44	0.29 ± 0.01 ^{AB}
p	0.059	0.000	0.053	0.104	0.008	0.051	0.053	0.004	0.051	0.045

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-C) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

*MUFA: çoklu doymamış yağ asitleri, PUFA: tekli doymamış yağ asitleri, $\omega 6/\omega 3$: omega-6 ve omega-3 yağ asitlerini oranı

Pohjanheimo ve ark. (2006), keten tohumundaki palmitik, stearik, oleik, linoleik ve α -linolenik asit içeriklerini sırasıyla % toplam yağ asitleri cinsinden 5.0, 2.3, 19.8, 16.2 ve 54.9 olarak belirlemiştir.

Sargi ve ark. (2013), kahverengi keten tohumundaki baskın yağ asidinin α -linolenik asit (396.56 mg/g toplam yağ) olduğunu, bunu miktersal olarak sırasıyla oleik (197.76 mg/g yağ toplam), linoleik (127.49 mg/g yağ toplam), palmitik (61.16 mg/g yağ toplam), stearik (56.49 mg/g yağ toplam), vaksenik (6.45 mg/g yağ toplam) ve araşidik (1.80 mg/g yağ toplam) asitler takip etmektedir. Araştırmada, doymuş yağ asitleri 123.69 mg/g yağ olarak belirlenirken, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri içeriği sırasıyla 207.16 ve 524.36 mg/g yağ olarak tespit edilmiştir. Toplam omega-6 ve omega-3 oranı ise 0.28 olarak değerlendirilmiştir.

Khatab ve Zeitoun (2013), α -linolenik asit içeriğinin toplam yağ asitleri üzerinden %56.28 ile ilk sırada yer aldığını, ikinci sırada ise %18.30 ile oleik asitin bulunduğunu ve keten tohumundaki diğer yağ asitlerinin ise sırasıyla %15.60 ile linoleik, %5.22 ile palmitik, %4.12 ile stearik, %0.20 ile araşidik ve %0.15 ile behenik asit olduğunu belirtmiştir. Ayrıca omega-6:omega-3 yağ asitleri oranının 0.28 olduğu vurgulanmıştır.

Guimaraes ve ark. (2013), keten tohumunda miktersal olarak ilk beşteki yağ asidi sıralamasını Sargi ve ark. (2013) ve Khatab ve Zeitoun (2013) ile benzer bulmuştur.

Anjum ve ark. (2006), 2450 MHz frekansta 5, 10 ve 15 dakika mikrodalga kavurma işlemine tabi tuttıkları ayçiçeği tohumu yağının yağ asidi içeriğini incelemiş, kavurma süresinin artmasıyla birlikte palmitik ve stearik asitlerin miktarında önemli bir değişme olmadığı, oleik ve linoleik asitlerin palmitik ve stearik yağ asitlerine göre kavurma işleminden daha fazla etkilendiği görülmüştür. Kontrol örneğinin oleik ve linoleik asit içerikleri sırasıyla %30.82 ve 53.93 olarak belirlenirken, 15 dakika sonunda oleik asit miktarının artarak %43.79' a yükseldiği, linoleik asit miktarının ise %43.58' e düştüğü görülmüştür.

Vaidya ve Choe (2011), kavurma işleminin hardal tohumunun yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerini incelemiş, 165°C sıcaklıkta 30 dakika kavrulan tohumların yağ asidi kompozisyonu içeriklerinde oransal olarak önemli bir değişimin olmadığı ve kavurma işleminin yağ asidi bileşimini etkilemediği görülmüştür. Kavrulmamış tohumlarda palmitik, stearik, oleik, linoleik ve α -linolenik yağ asidi içerikleri oransal olarak sırasıyla %3.8, 1.3, 24.7, 24.8 ve 11.1 olarak bulunurken, kavrulan tohumların bu değerlerinin ise sırasıyla %3.9, 1.4, 24.4, 24.8 ve 11.0 olduğu tespit edilmiştir.

Amaral ve ark. (2006), kavurma sıcaklığı ve süresinin artmasıyla birlikte fındık yağındaki oleik asit ve doymuş yağ asidi bileşiminin oransal olarak arttığını, linoleik asit içeriğinin ise azaldığını belirlemiştir. Yoshida ve Takagi (1997), 160, 180, 200, 220 ve 250°C sıcaklıklarda 5, 10, 15, 20 ve 25 dakika kavurdıkları susam tohumu yağlarının yağ asidi kompozisyonunda genel olarak 200°C sıcaklığa kadar önemli bir değişim belirlemezken, kavurma sıcaklığı ve süresinin artmasıyla birlikte palmitik ve oleik asitlerin arttığını, linoleik asit içeriğinin ise azaldığını belirlemişlerdir.

4.1.8. Tanımlayıcı duyu analizi

Ham ve işlenmiş keten tohumu örneklerinin tanımlayıcı duyu değerlendirilmesinde 7 eğitimli panelist ve 15 puanlı skala kullanılmıştır. Toplam olarak 13 adet duyu terim belirlenmiş olup bu terimler için ve panelistlerin eğitimlerinde kullanılan referanslar Çizelge 4.9’ da gösterilmiştir. Keten tohumlarının puanlandırılması Çizelge 4.9’ da belirtilen referanslara göre yapılmış ve değerlendirmede kullanılan kafein ve şeker çözeltilerinin sırasıyla 2’ şer puana denk geldiği, bunların dışındaki referansların ise en yüksek puan olan 15 puana denk geldiği düşünülerek değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.9. Tanımlayıcı duyu terimleri ve kullanılan referanslar

Tanımlayıcı duyu analizi terimleri	Referanslar
Bitkisel/Çimen	Kesilmiş çimen
Çiğ/Nohutumsu	1 gece suda bekletilmiş nohut
Ham ayçekirdeği	Ham ayçekirdeği içi
Kavrulmuş ayçekirdeği	Az kavrulmuş ayçekirdeği içi
Yanmış ayçekirdeği	Yanmış (fazla kavrulmuş) ayçekirdeği içi
Boyamsı/Cilamsı	Cila
Balımsı	Alabalık yağı
Patlamış mısır	Patlamış mısır
Metalik	Metal para
Tahılsı	Buğday kepeği
Yağımsı	Ayçiçeği yağı
Acı	%0.05’ lik kafein çözeltisi
Tatlı	%2’ lik şeker çözeltisi

Keten tohumu hoş fındıksı bir tada sahiptir. Duyusal özellikleri tam olarak ortaya konmamış olan keten tohumunun tüketici beğenilirliği keten tohumunun kalitesine bağlıdır. Görünüş, renk ve aroma özellikleri keten tohumunun yetiştirme koşullarına ve çeşide bağlı

olarak değişiklik göstermektedir. Öğütme ile birlikte keten tohumundaki uçucu bileşenlerin açığa çıkması kolaylaşır. Özellikle öğütme sonucunda fenolik bileşenler ve siyanojenik glukozidler duysal olarak algılanabilecek duruma gelmektedir. Öğütmeyle birlikte daha net algılanabilen toplam fenolik bileşenler ve siyanojenik glukozid bileşenlerinin, keten tohumuna acılık verebileceği düşünölmektedir (Hall ve ark., 2006).

Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’ de göröldüğü üzere ‘tatlı’ özelliği hariç diğer tüm özellikler açısından keten tohumları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). ‘Bitkisel/çimen’ özelliği bakımından en yüksek puanı ham keten tohumu örneği alırken, bu özellik bakımından IR enerji ile ısıtılma maruz kalan örneklerin aldığı puanlar genellikle daha düşük olmuştur. Benzer eğilimdeki puanlandırmalar ‘çiğ/nohutumsu’, ‘ham ayçekirdeği’, ‘boyamsı/cilamsı’, ‘balığımsı’ ve ‘metalik’ özellikleri için de geçerli olmakta ve bu özellikler bakımından en yüksek puanlara sahip olan örnekler ısıtılma maruz kalmayan ham keten tohumu olurken, işlenmiş örnekler bu özellikler bakımından panelistlerden daha düşük puanlar almıştır. Bu durumda genel olarak işlenmiş örnekler arasında, IR enerjiye maruz kalma süresi kısaldıķça puanlandırmanın daha yüksek olduğu ve puanların ham keten tohumunun puanına yaklaştığı görölmektedir. ‘Kavrulmuş ayçekirdeği’, ‘yanmış ayçekirdeği’, ‘patlamış mısır’, ‘tahılımsı’, ‘yağımsı’ ve ‘acı’ özellikleri açısından ise durum tam tersi bir eğilim göstermiş olup, puanlandırmalar işlenmiş keten tohumlarında daha yüksek iken, ham keten tohumu için ise daha düşük olmuştur. Bu durumda ise genel olarak işleme ile birlikte bu özellikler bakımından puanların arttığı söylenebilmektedir. Tüm özellikler açısından keten tohumlarının tanımlayıcı duysal analizini değerlendirecek olursak, ısıtılmanın ürönlere kavruk aroma vermesine bağlı olduğu ve oluşan bu kavruk tadın ham keten tohumdaki bazı duysal özellikleri maskelediği veya ortadan kaldırdığı, işlenen keten tohumu örneklerinde bazı özelliklerin daha baskın duruma geçtiği yorumu yapılabilmektedir.

Kısa dalga ve orta dalga IR enerji işleme olarak bakıldığında ise orta dalga IR işlem sürelerinin daha uzun olmasına karşın genellikle ham keten tohumunun daha yüksek puan aldığı, ‘bitkisel/çimen’, ‘çiğ/nohutumsu’, ‘ham ayçekirdeği’ ve ‘boyamsı/cilamsı’ özellikleri bakımından orta dalga IR enerjiye maruz kalan örneklerin kısa dalga IR enerjiye maruz kalan örneklerden daha yüksek puan aldığı söylenebilmektedir. Örneğin; ‘ham ayçekirdeği’ özelliği için ham keten tohumu 6.25 puan alırken, kısa dalga ve orta dalga IR işlemler için alınan en yüksek puanlar ise kısa dalga 3.3 dakika ve orta dalga 3.4 dakika işlemler için sırasıyla 2.00 ve 4.07 olmuştur. Ham keten tohumunun en düşük puanları aldığı özelliklere bakacak olursak,

genellikle kısa dalga IR işleme maruz kalan örnekler hamdan çok daha yüksek puanlar almıştır. Bu durumu örneklendirecek olursak, ‘kavrulmuş ayçekirdeği’ özelliği bakımından ham keten tohumu 0.07 puan alırken kısa dalga ve orta dalga IR enerji ile işlenen örneklerin en yüksek değerleri ise kısa dalga 6.1 dakika ve orta dalga 7 dakika için sırasıyla 6.67 ve 4.78 olmuştur. Tüm bu bilgiler ışığında genel olarak kısa dalga ve orta dalga IR işleme açısından kısa dalga IR işlemenin ürüne daha kavruk bir aroma kazandırdığı, orta dalga IR ile işlenen ürünlerin ise duyuşal özellikler bakımından ham keten tohumuna daha yakın değerler aldığı söylenebilmektedir.

Keten tohumu kavrulduğunda güzel bir aroma kazanmaktadır (Yıldırım, 2005). Kavrulmuş yağlı tohumların kalitesi genel olarak kavurma koşullarına bağlıdır. Kavurma işlemi ile yağın depolandığı hücrelerin zarar görerek oksijene maruz kalması kolaylaşmaktadır. Buna rağmen kavurma işlemi sonucu arzu edilen lezzet ve aroma gelişimi meydana gelmektedir (Cammerer ve Kroh, 2009).

Hall ve ark. (2006), tüketici açısından kavrulmuş keten tohumunun kavrulmamış ham keten tohumuna kıyasla daha iyi bir tat, aroma, tekstür ve genel beğeniye sahip olduğunu belirtmiştir. Kavurma işleminin aroma ve tat özelliklerini geliştirdiği ve oluşan pirazin bileşenlerinin tüketici tercihi etkilediği vurgulanmıştır. Tüketici testleri sonuçlarına bakılacak olduğunda kavrulmuş keten tohumunun tat, tekstür ve genel beğeni açısından ham keten tohumundan daha yüksek puanlar aldığı görülmektedir. Özellikle genel beğenilirlik puanları kavrulmuş keten tohumunun tat ve tekstür özelliklerinden etkilenmektedir. Kavurma işlemiyle birlikte meydana gelen Maillard Reaksiyonu sonucu oluşan pirazinler, ısı işleme maruz kalan keten tohumundaki kavruk tat ve aromadan sorumludur.

Wiesenborn ve ark. (2005), keten tohumu yağlarında yapmış oldukları duyuşal analizlerin sonucunda, 10 puanlı skala kullanarak 2.4-3.9 puan aralığında fındığımsı, 0.8-5.2 puan aralığında boyamsı ve 1.6-6.3 puan aralığında da acı terimlerini belirlemişlerdir.

Çizelge 4.10. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının tanımlayıcı duyuşsal analiz değerlendirmesi-1

Örnek	Bitkisel/ Çimen	Çiğ/ Nohutumsu	Ham Ayçekirdeği	Kavrulmuş Ayçekirdeği	Yanmış Ayçekirdeği	Boyamsı/ Cilamsı
Ham	7.78 ± 0.15 ^A	7.03 ± 0.33 ^A	6.25 ± 0.16 ^A	0.07 ± 0.07 ^E	0.00 ± 0.00 ^F	1.85 ± 0.09 ^A
Kısa Dalga 6.1 dk	0.89 ± 0.10 ^E	0.78 ± 0.06 ^E	0.53 ± 0.06 ^E	6.67 ± 0.08 ^A	8.25 ± 0.19 ^A	0.25 ± 0.21 ^{CD}
Kısa Dalga 4.5 dk	1.60 ± 0.13 ^{DE}	1.07 ± 0.13 ^{CDE}	1.07 ± 0.07 ^{DE}	5.71 ± 0.18 ^{AB}	2.46 ± 0.12 ^{AB}	0.10 ± 0.07 ^D
Kısa Dalga 4 dk	2.03 ± 0.16 ^D	1.50 ± 0.12 ^{CD}	1.60 ± 0.09 ^{CD}	4.07 ± 0.15 ^{CD}	1.78 ± 0.12 ^{BC}	0.50 ± 0.10 ^{BC}
Kısa Dalga 3.3 dk	2.28 ± 0.10 ^{BCD}	1.53 ± 0.06 ^{CD}	2.00 ± 0.09 ^{BC}	5.14 ± 0.15 ^{ABC}	1.39 ± 0.07 ^{BCD}	0.10 ± 0.07 ^D
Orta Dalga 7 dk	1.75 ± 0.09 ^{DE}	1.42 ± 0.10 ^{CDE}	1.32 ± 0.08 ^{CDE}	4.78 ± 0.11 ^{BC}	2.00 ± 0.14 ^{ABC}	0.32 ± 0.08 ^{BCD}
Orta Dalga 5.3 dk	2.25 ± 0.18 ^{CD}	1.67 ± 0.10 ^{BC}	2.14 ± 0.12 ^{BC}	4.10 ± 0.13 ^{CD}	0.96 ± 0.08 ^{CDE}	0.21 ± 0.13 ^{CD}
Orta Dalga 4.3 dk	4.21 ± 0.13 ^{ABC}	3.03 ± 0.14 ^{AB}	3.71 ± 0.18 ^{AB}	2.39 ± 0.13 ^{DE}	0.10 ± 0.07 ^{EF}	0.71 ± 0.12 ^{AB}
Orta Dalga 3.4 dk	4.92 ± 0.22 ^{AB}	3.50 ± 0.18 ^A	4.07 ± 0.24 ^{AB}	2.32 ± 0.20 ^{DE}	0.35 ± 0.07 ^{DEF}	0.98 ± 0.23 ^{AB}
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-F) gösterilen ortalamalar Dunn testine göre birbirinden farklılık göstermektedir (p<0.05).

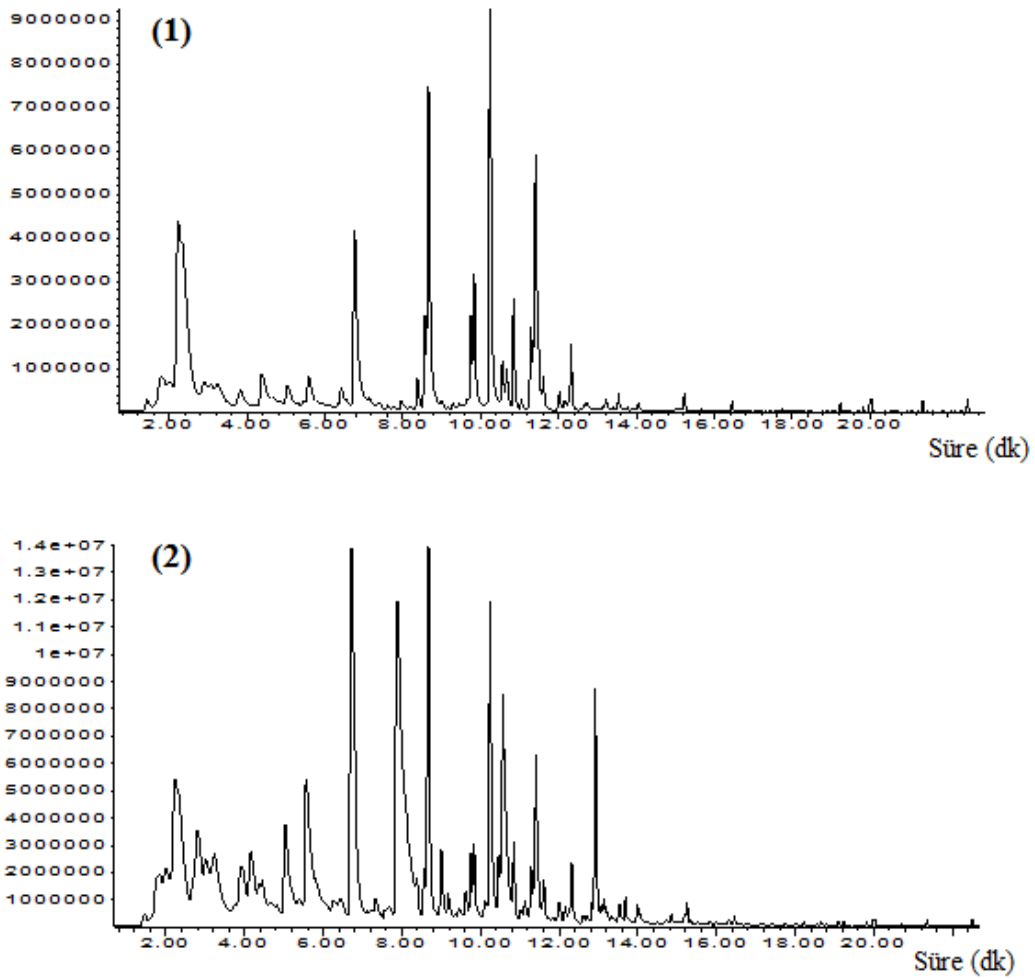
Çizelge 4.11. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının tanımlayıcı duyuşsal analiz değerdendirmesi-2

Örnek	Balığmsı	Patlamış Mısır	Metalik	Tahılımsı	Yağımsı	Acı	Tatlı
Ham	1.67 ± 0.08^A	0.03 ± 0.03^D	1.17 ± 0.04^A	0.71 ± 0.10^E	2.35 ± 0.12^D	0.40 ± 0.04^D	0.90 ± 0.08
Kısa Dalga 6.1 dk	0.92 ± 0.16^{AB}	6.64 ± 0.60^A	0.17 ± 0.14^{CD}	1.28 ± 0.23^{DE}	2.46 ± 0.25^{CD}	1.46 ± 0.10^A	0.62 ± 0.05
Kısa Dalga 4.5 dk	0.10 ± 0.07^D	4.50 ± 0.16^A	0.03 ± 0.03^D	2.42 ± 0.22^{AB}	3.50 ± 0.34^A	0.42 ± 0.07^D	0.91 ± 0.04
Kısa Dalga 4 dk	0.25 ± 0.07^D	3.21 ± 0.12^{BC}	0.17 ± 0.07^{BCD}	2.21 ± 0.14^{ABC}	3.21 ± 0.16^{AB}	0.71 ± 0.03^{ABC}	0.86 ± 0.08
Kısa Dalga 3.3 dk	1.17 ± 0.07^{AB}	4.14 ± 0.13^{AB}	0.25 ± 0.07^{BCD}	1.67 ± 0.24^{CD}	3.10 ± 0.14^{ABC}	0.51 ± 0.01^{CD}	0.87 ± 0.04
Orta Dalga 7 dk	0.32 ± 0.04^{CD}	3.03 ± 0.16^{BC}	0.10 ± 0.07^{CD}	2.46 ± 0.08^A	3.57 ± 0.04^A	0.78 ± 0.04^{AB}	0.90 ± 0.08
Orta Dalga 5.3 dk	0.35 ± 0.05^{CD}	4.03 ± 0.13^{AB}	0.21 ± 0.03^{BCD}	2.50 ± 0.18^A	3.57 ± 0.13^A	0.45 ± 0.03^D	0.91 ± 0.04
Orta Dalga 4.3 dk	1.10 ± 0.05^{AB}	1.28 ± 0.14^{CD}	0.50 ± 0.13^{AB}	1.82 ± 0.19^{ABCD}	3.07 ± 0.08^{ABC}	0.44 ± 0.03^D	1.00 ± 0.07
Orta Dalga 3.4 dk	0.75 ± 0.14^{BC}	1.57 ± 0.27^{CD}	0.39 ± 0.13^{BC}	1.85 ± 0.32^{BCD}	2.82 ± 0.16^{BCD}	0.58 ± 0.06^{BCD}	0.97 ± 0.09
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.112

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-E) gösterilen ortalamalar Dunn testine göre birbirinden farklılık göstermektedir ($p < 0.05$).

4.1.9. Uçucu bileşen analizi

Ham keten tohumu ve orta dalga 5.3 dakikada IR işlem gören keten tohumu örneklerinin uçucu bileşen kromatogramları Şekil 4.3’ te gösterilmektedir. Kromatogramlardan da görüldüğü üzere işlenmiş keten tohumu örneğinin kromatogramı olan 2 numaralı kromatogram diğerine göre daha yoğun ve daha büyük pikler içermektedir. Büyük olan piklerin çoğu çeşitli pirazin bileşenlerine aittir.



Şekil 4.3. Ham (1) ve orta dalga 5.3 dakikada işlem gören (2) keten tohumlarının uçucu bileşen kromatogramı

Çizelge 4.12’ de keten tohumu örneklerinde belirlenmiş tüm uçucu bileşenleri yer almakta iken Çizelge 4.13’ te yalnızca bir örnekte belirlenebilmiş uçucu bileşenler istatistiksel olarak değerlendirilmeyerek diğer uçucu bileşenlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesine yer verilmiştir.

Keten tohumu örneklerinde ‘5H-5-methyl-6,7-dihydrocyclopentapyrazine’, ‘pyrazine,2,5-dimethyl’, ‘pyrazine,2,6-dimethyl’, ‘pyrazine,2-ethyl-6-methyl’, ‘pyrazine,2-ethyl-5-methyl’, ‘pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl’, ‘pyrazine,2-ethyl-3,5-dimethyl’, ‘dimethyl-2-vinylpyrazine’, ‘pyrazine,2,3-diethyl-5-methyl’, ‘pyrazine,3,5-diethyl-2-methyl’, ‘3,5(3,6)-dimethyl-2-n-propylpyrazine’, ‘2-methyl 5H-6,7-dihydrocyclopentapyrazine’ ve ‘2-methyl pyrazine’ olmak üzere birçok pirazin çeşidi olduğu görülmektedir. Bu pirazinler ham keten tohumunda bulunmazken, işlenmiş keten tohumlarında genellikle işlem süresinin kısalmasıyla birlikte bu pirazinlerin miktarlarının da azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, işleme ile keten tohumunda ‘2-furancarboxaldehyde’, ‘2-furanmethanol’, ‘thiophene,2-ethyl’, ‘5-methyl furfural’, ‘thiazole,4-methyl-2-(1-methylethyl)’, ‘hydroxy dimethyl furanone’, ‘2-acetyl-1,4,5,6-tetrahydropyridine’, ‘1,2-dithian-4-one’, ‘2-methyl-3-furanthiol’, ‘sulfurol’, ‘phenol,4-ethyl-2-methoxy’ ve ‘2-methoxy-4-vinylphenol’ maddelerinin de olduğu görülmektedir. Bu maddelerin miktarları da genellikle işlem süresinin uzamasıyla birlikte artmakta ve genellikle kısa dalga IR enerji ile işlenmiş keten tohumlarında miktarlarının daha fazla olduğu görülmekte ve ‘hydroxy dimethyl furanone’, ‘thiazole,4-methyl-2-(1-methylethyl)’, ‘2-methyl-3-furanthiol’ ve 2-furancarboxaldehyde’ bileşiklerinin orta dalga IR ile işlenmiş örneklerde çok fazla bulunmadığı görülmüştür.

‘3-hexen-1-ol’, ‘1-hexanol’, ‘alpha-thujene’, ‘1-phellandrene’, ‘alpha terpinene’, ‘linalool’ ve ‘3-cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)’, bileşikleri keten tohumuna özgü aroma maddeleri olup bunlardan ‘3-hexen-1-ol’ orta dalganın 4.3 ve 3.4 dakika işlem sürelerinde işlenmiş keten tohumu örneklerinde de mevcutken, diğerleri sadece ham keten tohumunda görülmektedir. Ham ve işlenmiş keten tohumlarının hepsinde mevcut olan uçucu bileşenler ise ‘alpha pinene’, ‘sabinene’, ‘2-beta-pinene’, ‘delta-3-carene’, ‘benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)’, ‘dl-limonene’, ‘gamma-terpinene’, ‘alpha-copaene’, ‘trans(beta)-caryophyllene’ ve ‘2-cyclohexen-1-one,2-methyl-5-(1-methylethenyl)’ olup ‘alpha pinene’, ‘2-beta-pinene’, ‘dl-limonene’, ‘gamma-terpinene’, ‘alpha-copaene’, ‘trans(beta)-caryophyllene’ ve ‘2-cyclohexen-1-one,2-methyl-5-(1-methylethenyl)’ bileşenleri bakımından örnekler arasında farklılık varken ($p < 0.05$), ‘sabinene’, ‘delta-3-carene’ ve ‘benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)’ bileşenleri bakımından örnekler arasında önemli bir farklılık görülmemiştir ($p > 0.05$).

Kavurma işlemiyle birlikte çeşitli pirazinler, piroller, piridinler, thiazoller, furanlar, alifatik aldehytler, alifatik alkoller ve ketonlar oluşmaktadır. Pirazinler kavrulmuş ve yüksek sıcaklıklarda işlenmiş gıdalarda ortaya çıkan uçucu özellikteki maddelerdir ve kavurma

işleminin niteliklerine bağlı olarak miktarlarında değişiklikler olmaktadır. Yapılan bir çalışmada 180 ve 170°C sıcaklıklarda 10 dakika kavrulmuş susamlardan elde edilen yağlarda bu maddelerin miktarlarının kavurma sıcaklığı ile ilgili olduğu görülmüş ve özellikle pirazinlerin miktar olarak daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kavurma sıcaklığının artmasıyla birlikte pirazinlerin ve oluşan diğer maddelerin miktarlarında da artış olduğu belirlenmiştir (Shimoda ve ark., 1997).

Jung ve ark. (1997), 130, 150 ve 170°C sıcaklıklarda kızartılmış soyafasulyesi yağlarında yaptıkları analizler sonucunda yağlarda ‘pyrazine’, ‘2-methy pyrazine’, ‘2,5-dimethylpyrazine’, ‘2,6-dimethylpyrazine’, ‘2-ethyl-6-methylpyrazine’ ve ‘2-ethyl-5-methylpyrazine’ gibi pirazin çeşitlerinin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Yağlardaki fındığımsı, kavruk aromanın bu pirazinlerden kaynaklandığını ve bu maddelerin de ısıtılma işlemi sonucu ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Literatüre bakıldığında keten tohumlarında IR enerjisi uygulamasından sonra oluşan çeşitli pirazinlerin ve ısıtılma işlemi sonucu oluşmuş diğer maddelerin benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. IR enerjisi ile açığa çıkan sıcaklık sebebiyle keten tohumları kavrulmuş ve böylece çeşitli pirazinler, furanlar oluşmuş ve keten tohumundaki ham tat uzaklaştırılıp keten tohumuna fındığımsı, kavruk bir lezzet kazandırılmıştır.

Çizelge 4.12. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının uçucu bileşenleri (µg/100 g keten tohumu)

[illegible]

Çizelge 4.12' nin devamı

927	Pyrazine,2,6-dimethyl-	t.e.	31.24 ± 1.27	28.97 ± 2.15	33.80 ± 10.50	22.33 ± 0.85	25.12 ± 0.32	22.17 ± 0.72	19.46 ± 0.54	22.65 ± 1.85
934	Alpha pinene	23.63 ± 4.66	22.49 ± 0.95	20.32 ± 1.18	27.50 ± 8.92	19.52 ± 1.33	16.40 ± 0.44	16.51 ± 0.37	15.02 ± 0.90	20.54 ± 2.69
949	Thiophene,2-ethyl-	t.e.	12.58 ± 0.21	11.86 ± 1.15	14.42 ± 4.34	8.82 ± 0.59	9.15 ± 0.13	8.37 ± 0.26	7.68 ± 0.40	8.79 ± 1.17
964	5-Methyl furfural	t.e.	29.24 ± 0.88	18.53 ± 1.80	17.77 ± 6.16	9.72 ± 0.81	11.14 ± 0.41	10.70 ± 0.47	11.50 ± 0.17	14.34 ± 1.66
974	Sabinene	23.00 ± 4.48	23.87 ± 0.18	23.31 ± 2.15	30.50 ± 8.99	19.34 ± 1.22	18.84 ± 0.20	20.07 ± 0.60	19.36 ± 0.86	24.88 ± 3.11
976	2-Beta-pinene	45.57 ± 9.59	26.37 ± 0.25	26.61 ± 2.61	43.99 ± 8.23	71.17 ± 3.30	23.67 ± 0.12	32.62 ± 0.84	28.95 ± 1.20	36.11 ± 4.84
995	Pyrazine,2-ethyl-6-methyl-	t.e.	67.25 ± 2.19	48.01 ± 4.57	43.30 ± 12.70	19.42 ± 1.28	27.68 ± 0.73	18.33 ± 0.65	12.82 ± 0.33	11.57 ± 1.14
999	Pyrazine,2-ethyl-5-methyl-	t.e.	66.16 ± 1.73	53.37 ± 5.00	51.40 ± 15.20	24.23 ± 1.32	32.72 ± 1.12	23.41 ± 0.82	17.67 ± 0.54	15.68 ± 1.79
1001	1-Phellandrene	14.70 ± 2.97	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
1008	Delta-3-carene	29.23 ± 5.93	48.23 ± 1.24	40.97 ± 3.73	45.40 ± 13.30	24.71 ± 1.23	31.92 ± 0.70	28.34 ± 0.85	25.19 ±0.89	30.41 ± 3.51

Çizelge 4.12' nin devamı

[illegible]

Çizelge 4.12' nin devamı

1139	5H-5-methyl-6,7-dihydrocyclopentapyrazine	t.e.	0.79 ± 0.02	0.57 ± 0.04	0.51 ± 0.15	0.21 ± 0.01	0.34 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0.01
1144	2-Acetyl-1,4,5,6-tetrahydropyridine	t.e.	4.14 ± 0.16	4.37 ± 0.05	4.63 ± 1.12	2.52 ± 0.05	5.11 ± 0.14	3.61 ± 0.13	3.72 ± 0.26	4.65 ± 0.26
1155	Pyrazine,2,3-diethyl-5-methyl	t.e.	1.70 ± 0.04	1.53 ± 0.11	1.60 ± 0.48	0.76 ± 0.01	1.10 ± 0.04	0.91 ± 0.03	0.72 ± 0.01	0.66 ± 0.05
1157	Pyrazine,3,5-diethyl-2-methyl	t.e.	2.06 ± 0.06	1.88 ± 0.12	2.00 ± 0.61	0.95 ± 0.02	1.36 ± 0.05	1.13 ± 0.06	0.88 ± 0.01	0.83 ± 0.04
1160	3,5(3,6)-Dimethyl-2-n-propylpyrazine	t.e.	6.86 ± 0.02	5.18 ± 0.36	5.02 ± 1.28	2.16 ± 0.05	3.42 ± 0.16	2.54 ± 0.08	1.96 ± 0.02	1.86 ± 0.14
1166	1,2-Dithian-4-one	t.e.	0.67 ± 0.01	0.48 ± 0.04	0.40 ± 0.10	0.15 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.11 ± 0.01	t.e.
1177	3-Cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)	0.45 ± 0.06	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
1187	2-Methyl-3-furanthiol	t.e.	2.72 ± 0.22	1.58 ± 0.08	1.34 ± 0.29	t.e.	0.89 ± 0.06	t.e.	t.e.	t.e.
1192	2-Methyl 5H-6,7-dihydrocyclopentapyrazine	t.e.	0.83 ± 0.02	0.73 ±0.06	0.72 ± 0.21	0.32 ± 0.01	0.46 ± 0.02	0.36 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.28 ± 0.02
1245	2-Cyclohexen-1-one,2-methyl-5-(1-methylethenyl)	0.13 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.20 ± 0.06	0.10 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.16 ± 0.01

Çizelge 4.12' nin devamı

1278	Sulfurol	t.e.	0.27 ± 0.01	0.26 ± 0.03	0.36 ± 0.09	0.22 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.26 ± 0.02
1291	Phenol,4-ethyl-2-methoxy	t.e.	1.21 ± 0.06	1.49 ± 0.03	2.06 ± 0.33	1.27 ± 0.16	1.21 ± 0.19	1.27 ± 0.01	1.54 ± 0.16	2.17 ± 0.20
1312	2-Methoxy-4-vinylphenol	t.e.	1.56 ± 0.11	1.21 ± 0.03	1.35 ± 0.25	0.62 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.71 ± 0.02	0.55 ± 0.01	0.62 ± 0.01
1377	Alpha-Copaene	2.05 ± 0.40	1.78 ± 0.03	1.99 ± 0.01	2.42 ± 0.58	0.84 ± 0.02	1.50 ± 0.09	1.52 ± 0.14	1.73 ± 0.04	2.07 ± 0.15
1422	Trans(Beta)-Caryophyllene	2.24 ± 0.38	1.85 ± 0.10	1.99 ± 0.04	2.13 ± 0.59	0.84 ± 0.03	1.63 ± 0.05	1.50 ± 0.09	1.79 ± 0.03	2.25 ± 0.10

*t.e.: tespit edilememiştir.

Çizelge 4.13. Ham ve farklı koşullarda işlenmiş keten tohumlarının uçucu bileşenlerinin istatistiksel değerlendirmesi (µg/100 g keten tohumu)

	ÖRNEK									
Uçucu Bileşenler	Ham	Kısa dalga 6.1 dk	Kısa dalga 4.5 dk	Kısa dalga 4 dk	Kısa dalga 3.3 dk	Orta dalga 7 dk	Orta dalga 5.3 dk	Orta dalga 4.3 dk	Orta dalga 3.4 dk	p
Pyrazine	*t.e.	36.75 ± 0.57 ^A	23.28 ± 2.28 ^{AB}	23.38 ± 7.53 ^{AB}	13.33 ± 0.60 ^C	14.78 ± 0.22 ^{BC}	t.e.	t.e.	t.e.	0.006
2-Methy pyrazine	t.e.	222.00 ± 0.67 ^A	153.50 ± 15.60 ^{AB}	130.40 ± 40.60 ^{AB}	55.65 ± 3.18 ^{CD}	84.27 ± 0.05 ^{BC}	44.93 ± 0.49 ^{CDE}	30.18 ± 1.53 ^{DE}	25.71 ± 3.78 ^E	0.000
2-Furancarboxaldehyde	t.e.	25.32 ± 0.69	9.73 ± 1.03	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.106
3-Hexen-1-ol	10.31 ± 2.00 ^B	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	24.90 ± 0.78 ^{AB}	31.32 ± 2.75 ^A	0.025
2-Furanmethanol	t.e.	7.28 ± 0.34 ^A	2.98 ± 0.35 ^{AB}	1.92 ± 0.53 ^{ABC}	0.69 ± 0.01 ^C	1.32 ± 0.09 ^{BC}	0.71 ± 0.05 ^C	t.e.	t.e.	0.002
Pyrazine,2,5-dimethyl	t.e.	239.89 ± 3.07 ^A	216.10 ± 22.50 ^{AB}	230.70 ± 69.90 ^A	121.82 ± 6.54 ^{ABC}	150.25 ± 3.35 ^{ABC}	114.64 ± 3.34 ^{BC}	93.85 ± 3.75 ^C	91.70 ± 11.90 ^C	0.001
Pyrazine,2,6-dimethyl	t.e.	31.24 ± 1.27 ^A	28.97 ± 2.15 ^A	33.80 ± 10.50 ^{AB}	22.33 ± 0.85 ^{AB}	25.12 ± 0.32 ^{AB}	22.17 ± 0.72 ^{AB}	19.46 ± 0.54 ^B	22.65 ± 1.85 ^{AB}	0.015

Çizelge 4.13' ün devamı

Alpha pinene	23.63 ± 4.66 ^{AB}	22.49 ± 0.95 ^{AB}	20.32 ± 1.18 ^{AB}	27.50 ± 8.92 ^A	19.52 ± 1.33 ^{AB}	16.40 ± 0.44 ^B	16.51 ± 0.37 ^B	15.02 ± 0.90 ^B	20.54 ± 2.69 ^{AB}	0.035
Thiophene,2-ethyl	t.e.	12.58 ± 0.21 ^A	11.86 ± 1.15 ^A	14.42 ± 4.34 ^A	8.82 ± 0.59 ^{AB}	9.15 ± 0.13 ^{AB}	8.37 ± 0.26 ^{AB}	7.68 ± 0.40 ^B	8.79 ± 1.17 ^{AB}	0.018
5-Methyl furfural	t.e.	29.24 ± 0.88 ^A	18.53 ± 1.80 ^{AB}	17.77 ± 6.16 ^{ABC}	9.72 ± 0.81 ^D	11.14 ± 0.41 ^{BCD}	10.70 ± 0.47 ^{CD}	11.50 ± 0.17 ^{ABCD}	14.34 ± 1.66 ^{ABC}	0.002
Sabinene	23.00 ± 4.48	23.87 ± 0.18	23.31 ± 2.15	30.50 ± 8.99	19.34 ± 1.22	18.84 ± 0.20	20.07 ± 0.60	19.36 ± 0.86	24.88 ± 3.11	0.167
2-Beta-pinene	45.57 ± 9.59 ^{AB}	26.37 ± 0.25 ^{CD}	26.61 ± 2.61 ^{CD}	43.99 ± 8.23 ^{AB}	71.17 ± 3.30 ^A	23.67 ± 0.12 ^D	32.62 ± 0.84 ^{ABC}	28.95 ± 1.20 ^{BCD}	36.11 ± 4.84 ^{ABC}	0.000
Pyrazine,2-ethyl-6-methyl	t.e.	67.25 ± 2.19 ^A	48.01 ± 4.57 ^{AB}	43.30 ± 12.70 ^{AB}	19.42 ± 1.28 ^{CD}	27.68 ± 0.73 ^{BC}	18.33 ± 0.65 ^{CD}	12.82 ± 0.33 ^D	11.57 ± 1.14 ^D	0.000
Pyrazine,2-ethyl-5-methyl	t.e.	66.16 ± 1.73 ^A	53.37 ± 5.00 ^{AB}	51.40 ± 15.20 ^{AB}	24.23 ± 1.32 ^{BCD}	32.72 ± 1.12 ^{ABC}	23.41 ± 0.82 ^{CD}	17.67 ± 0.54 ^D	15.68 ± 1.79 ^D	0.000
Delta-3-carene	29.23 ± 5.93	48.23 ± 1.24	40.97 ± 3.73	45.40 ± 13.30	24.71 ± 1.23	31.92 ± 0.70	28.34 ± 0.85	25.19 ±0.89	30.41 ± 3.51	0.057

Çizelge 4.13' ün devamı

Benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)	22.36 ± 4.62	19.91 ± 0.31	18.46 ± 1.60	25.83 ± 7.71	36.62 ± 1.38	16.09 ± 0.77	17.54 ± 0.69	15.43 ± 0.51	20.57 ± 2.42	0.060
dl-Limonene	7.75 ± 1.59 ^{AB}	6.30 ± 0.12 ^{AB}	6.49 ± 0.57 ^{AB}	7.99 ± 2.40 ^{AB}	4.52 ± 0.23 ^B	5.13 ± 0.14 ^{AB}	5.34 ± 0.18 ^{AB}	5.42 ± 0.16 ^{AB}	7.12 ± 0.82 ^A	0.015
Thiazole,4-methyl-2-(1-methylethyl)	t.e.	11.41 ± 0.17	9.66 ± 0.84	9.54 ± 2.81	t.e.	6.82 ± 0.45	t.e.	t.e.	t.e.	0.381
Gamma-terpinene	2.81 ± 0.58 ^{AB}	2.54 ± 0.06 ^{AB}	2.45 ± 0.21 ^{AB}	3.74 ± 1.09 ^{AB}	6.75 ± 0.39 ^A	2.14 ± 0.05 ^B	2.42 ± 0.08 ^{AB}	2.12 ± 0.07 ^{AB}	2.79 ± 0.29 ^{AB}	0.027
Hydroxy dimethyl furanone	t.e.	2.40 ± 0.19	1.63 ± 0.10	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.106
Pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl	t.e.	108.72 ± 3.03 ^A	98.55 ± 8.39 ^{AB}	105.90 ± 30.90 ^{AB}	55.53 ± 2.17 ^{BC}	75.71 ± 3.29 ^{ABC}	64.24 ± 2.42 ^{ABC}	50.82 ± 0.91 ^C	48.98 ± 4.72 ^C	0.002
Pyrazine,2-ethyl-3,5-dimethyl	t.e.	16.16 ± 0.35 ^A	14.17 ± 1.11 ^{AB}	13.80 ± 3.91 ^{AB}	7.19 ± 0.27 ^{CD}	9.39 ± 0.40 ^{ABC}	7.83 ± 0.25 ^{BCD}	6.21 ± 0.07 ^D	6.42 ± 0.61 ^{CD}	0.001
Dimethyl-2-vinylpyrazine	t.e.	15.55 ± 0.32 ^A	14.55 ± 1.09 ^A	16.44 ± 4.58 ^A	9.59 ± 0.30 ^{AB}	10.38 ± 0.46 ^{AB}	9.90 ± 0.38 ^{AB}	8.14 ± 0.10 ^B	9.51 ± 0.76 ^{AB}	0.005
5H-5-methyl-6,7-dihydrocyclopentapyrazine	t.e.	0.79 ± 0.02 ^A	0.57 ± 0.04 ^{AB}	0.51 ± 0.15 ^{AB}	0.21 ± 0.01 ^{CD}	0.34 ± 0.01 ^{ABC}	0.23 ± 0.01 ^{BCD}	0.18 ± 0.01 ^D	0.17 ± 0.01 ^D	0.000
2-Acetyl-1,4,5,6-tetrahydropyridine	t.e.	4.14 ± 0.16 ^{AB}	4.37 ± 0.05 ^{AB}	4.63 ± 1.12 ^{AB}	2.52 ± 0.05 ^B	5.11 ± 0.14 ^A	3.61 ± 0.13 ^{AB}	3.72 ± 0.26 ^{AB}	4.65 ± 0.26 ^{AB}	0.047

Çizelge 4.13' ün devamı

Pyrazine,2,3-diethyl-5-methyl	t.e.	1.70 ± 0.04 ^A	1.53 ± 0.11 ^{AB}	1.60 ± 0.48 ^{AB}	0.76 ± 0.01 ^{CD}	1.10 ± 0.04 ^{ABC}	0.91 ± 0.03 ^{BCD}	0.72 ± 0.01 ^{CD}	0.66 ± 0.05 ^D	0.000
Pyrazine,3,5-diethyl-2-methyl	t.e.	2.06 ± 0.06 ^A	1.88 ± 0.12 ^A	2.00 ± 0.61 ^A	0.95 ± 0.02 ^{BC}	1.36 ± 0.05 ^{AB}	1.13 ± 0.06 ^{ABC}	0.88 ± 0.01 ^{BC}	0.83 ± 0.04 ^C	0.001
3,5(3,6)-Dimethyl-2-n-propylpyrazine	t.e.	6.86 ± 0.02 ^A	5.18 ± 0.36 ^{AB}	5.02 ± 1.28 ^{AB}	2.16 ± 0.05 ^{CD}	3.42 ± 0.16 ^{BC}	2.54 ± 0.08 ^C	1.96 ± 0.02 ^D	1.86 ± 0.14 ^D	0.000
1,2-Dithian-4-one	t.e.	0.67 ± 0.01 ^A	0.48 ± 0.04 ^{AB}	0.40 ± 0.10 ^{AB}	0.15 ± 0.01 ^{CD}	0.21 ± 0.01 ^{BC}	0.15 ± 0.01 ^{CD}	0.11 ± 0.01 ^D	t.e.	0.000
2-Methyl-3-furanthiol	t.e.	2.72 ± 0.22 ^A	1.58 ± 0.08 ^{AB}	1.34 ± 0.29 ^{AB}	t.e.	0.89 ± 0.06 ^B	t.e.	t.e.	t.e.	0.025
2-Methyl 5H-6,7-dihydrocyclopentapyrazine	t.e.	0.83 ± 0.02 ^A	0.73 ±0.06 ^{AB}	0.72 ± 0.21 ^{AB}	0.32 ± 0.01 ^{CD}	0.46 ± 0.02 ^{ABC}	0.36 ± 0.01 ^{BCD}	0.30 ± 0.01 ^D	0.28 ± 0.02 ^D	0.000
2-Cyclohexen-1-one,2-methyl-5-(1-methylethenyl)	0.13 ± 0.01 ^{AB}	0.14 ± 0.01 ^{AB}	0.16 ± 0.01 ^{AB}	0.20 ± 0.06 ^{AB}	0.10 ± 0.01 ^B	0.11 ± 0.01 ^{AB}	0.12 ± 0.01 ^{AB}	0.13 ± 0.01 ^{AB}	0.16 ± 0.01 ^A	0.021
Sulfurol	t.e.	0.27 ± 0.01	0.26 ± 0.03	0.36 ± 0.09	0.22 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.243
Phenol,4-ethyl-2-methoxy	t.e.	1.21 ± 0.06	1.49 ± 0.03	2.06 ± 0.33	1.27 ± 0.16	1.21 ± 0.19	1.27 ± 0.01	1.54 ± 0.16	2.17 ± 0.20	0.051

Çizelge 4.13' ün devamı

2-Methoxy-4-vinylphenol	t.e.	1.56 ± 0.11 ^A	1.21 ± 0.03 ^{AB}	1.35 ± 0.25 ^{AB}	0.62 ± 0.01 ^{CD}	0.79 ± 0.01 ^{ABC}	0.71 ± 0.02 ^{BC}	0.55 ± 0.01 ^D	0.62 ± 0.01 ^{CD}	0.000
Alpha-Copaene	2.05 ± 0.40 ^{AB}	1.78 ± 0.03 ^{AB}	1.99 ± 0.01 ^{AB}	2.42 ± 0.58 ^A	0.84 ± 0.02 ^B	1.50 ± 0.09 ^{AB}	1.52 ± 0.14 ^{AB}	1.73 ± 0.04 ^{AB}	2.07 ± 0.15 ^{AB}	0.048
Trans(Beta)-Caryophyllene	2.24 ± 0.38 ^A	1.85 ± 0.10 ^{AB}	1.99 ± 0.04 ^{AB}	2.13 ± 0.59 ^{AB}	0.84 ± 0.03 ^B	1.63 ± 0.05 ^{AB}	1.50 ± 0.09 ^{AB}	1.79 ± 0.03 ^{AB}	2.25 ± 0.10 ^A	0.047

Aynı satırda farklı büyük harflerle (A-E) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

*t.e.: tespit edilememiştir.

4.2. Depolama Boyunca Yapılan Peroksit Sayısı Tayini Sonuçları

Keten tohumları, işlendikleri gün 0. gün olarak kabul edilerek 180 gün boyunca oda sıcaklığında, tam tane şeklinde depolanmış, her 30 günde bir yağları soğuk ekstraksiyonla elde edilerek peroksit sayılarına bakılmıştır.

Sonuçlar, aynı işlem şartları ve aynı depolama süresine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Örnekler arasındaki farklılıklar hem aynı işlem şartları hem de aynı depolama süreleri için istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4.14' e bakarak aynı işlem şartlarına göre örnekleri değerlendirecek olursak, ham keten tohumunun 0. gün 0.00 miliequivalen oksijen/kg keten tohumu yağı olan peroksit sayısı değeri 180 gün sonunda 1.99 olarak bulunmuştur. Ancak bu artış, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Kısa dalga IR enerji ile işlem gören örnekler bakacak olursak, aynı işlem şartlarında depolama boyunca önemli farklılıkların olduğu ve genel olarak 120. Gün sonuna kadar peroksit sayısının hızlı bir şekilde arttığı, 120. günden sonra peroksit sayısındaki artışın daha yavaş bir şekilde olduğu söylenebilmektedir. Örneğin kısa dalga 4.5 dakika için peroksit sayısı değerleri 0, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180. günler için sırasıyla 0.75, 17.69, 42.60, 61.55, 73.35, 74.32 ve 75.67 miliequivalen oksijen/kg keten tohumu yağı olarak tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere, 0-30 gün arasında peroksit sayısında oldukça fazla bir artış meydana gelmiş ve artış 120. gün sonuna kadar oldukça hızlı bir şekilde devam etmiştir. 150 ve 180. gün sonlarında belirlenen peroksit sayısı değerleri ile 120. Gün arasındaki farkın ise matematiksel olarak diğer sürelerle kıyasla daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Orta dalga IR enerji ile işlenmiş örnekler için ise böyle bir genelleme yapmak mümkün değildir. Orta dalga IR enerjiye maruz kalan örnekler için aynı işlem şartlarında depolama boyunca istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ancak depolama boyunca peroksit sayılarında oluşan artışlar orta dalga IR enerji ile işlenen örneklerde lineerlik gösterememiştir. Genel olarak orta dalga IR enerji ile işlenen örneklerin en yüksek peroksit sayısına sahip olduğu depolama süresinin 180. gün olduğu söylenebilmektedir.

Aynı depolama sürelerine göre örnekleri istatistiksel olarak kıyaslayacak olursak, 0. gün hariç diğer tüm depolama süreleri için örnekler arasında önemli farklılıkların olduğu söylenebilmektedir ($p < 0.05$). 0. gün yapılan analiz sonuçlarına göre ham keten tohumu, kısa dalga ve orta dalga IR enerji ile işlenen tüm örneklerde peroksit sayısı değerlerinin 0-1.01 miliequivalen oksijen/kg keten tohumu yağı olduğu ve 0' a oldukça da yakın olduğu görülmektedir. Kısa dalga IR enerji ile işlenen örneklerde tüm depolama süreleri sonunda

genellikle işlem süresinin azalmasıyla birlikte peroksit sayısının arttığı söylenebilmektedir. Orta dalga IR enerji ile işlenen örneklerde ise bu bakımdan işlem süresinin azalmasıyla lineer bir artışın olduğundan bahsedilememektedir.

Türk Gıda Kodeksi, Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği' nde peroksit sayısının rafine yağlarda en fazla 10, soğuk pres ve natürel yağlarda ise en fazla 15 milieqivalen oksijen/kg yağ olması gerektiği belirtilmiştir. Çizelge 4.14' ten de görüleceği üzere, işlem gören keten tohumu örnekleri depolamanın henüz 30. gününde yapılan analizler sonucunda tebliğde belirtilen aralığın dışına çıkmıştır. Ancak ham keten tohumu, 180 gün sonunda bile tebliğde belirtilen değerler arasında kalmıştır.

İşleme ile birlikte tüm örneklerde peroksit artışının 0. günden sonra hızlı bir şekilde gerçekleştiği söylenebilmektedir ve 180 gün sonundaki değerler oldukça yüksektir. Keten tohumları, IR ısı ile işleme maruz kaldığında tohumların çatladığı gözlemlenmiştir. Tohumların bu şekilde çatlamasının, tohum içerisindeki yağın havadaki oksijenle daha kolay temasa geçmesine neden olduğu ve tohum içerisindeki yağ miktarının ortalama olarak %40' tan daha fazla olup, içerdiği yağ asitlerinin çoğunun çoklu doymamış yağ asitleri şeklinde olduğu düşünüldüğünde peroksit sayılarındaki bu hızlı artışın ve depolama sonunda oldukça yüksek değerlere çıkmasının sebebi olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.14. Depolama boyunca keten tohumlarındaki peroksit sayısı değişimi (milieqivalen oksijen/kg keten tohumu yağı) (n=8)

İşleme Faktörü	Depolama Süresi Boyunca Peroksit Sayısı (milieqivalen oksijen/kg keten tohumu yağı)						
	0. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün	120. Gün	150. Gün	180. Gün
Ham	0.00 ± 0.00 ^{Aa}	0.00 ± 0.00 ^{Af}	0.00 ± 0.00 ^{Ae}	0.00 ± 0.00 ^{Af}	0.00 ± 0.00 ^{Af}	1.42 ± 0.04 ^{Ag}	1.99 ± 0.03 ^{Ad}
Kısa Dalga 6.1 dk	0.75 ± 0.02 ^{Ea}	17.69 ± 0.26 ^{De}	42.60 ± 1.69 ^{Cd}	61.55 ± 0.50 ^{Be}	73.35 ± 0.18 ^{Ae}	74.32 ± 2.44 ^{Af}	75.67 ± 0.59 ^{Ac}
Kısa Dalga 4.5 dk	0.75 ± 0.02 ^{Ea}	25.40 ± 0.23 ^{Dbcd}	58.10 ± 2.82 ^{Cc}	75.10 ± 1.53 ^{Bb}	84.50 ± 0.58 ^{Acđ}	82.50 ± 0.66 ^{Ade}	82.70 ± 0.67 ^{Ab}
Kısa Dalga 4 dk	0.79 ± 0.01 ^{Fa}	29.86 ± 0.09 ^{Eab}	64.98 ± 2.57 ^{Db}	73.35 ± 0.27 ^{Cbc}	92.75 ± 1.97 ^{Aab}	95.00 ± 2.88 ^{Aab}	83.72 ± 0.56 ^{Bb}
Kısa Dalga 3.3 dk	0.79 ± 0.02 ^{Da}	32.55 ± 1.37 ^{Ca}	71.65 ± 4.30 ^{Ba}	77.28 ± 0.96 ^{Bb}	96.13 ± 2.36 ^{Aa}	97.90 ± 3.03 ^{Aa}	92.15 ± 0.15 ^{Aa}
Orta Dalga 7 dk	0.98 ± 0.04 ^{Fa}	22.76 ± 0.38 ^{Ecđe}	41.98 ± 1.34 ^{Dđ}	67.72 ± 1.09 ^{Ccđ}	83.13 ± 0.89 ^{Bđ}	89.60 ± 0.45 ^{Abc}	93.65 ± 0.24 ^{Aa}
Orta Dalga 5.3 dk	1.01 ± 0.03 ^{Ea}	21.93 ± 0.17 ^{Dcđe}	43.73 ± 0.91 ^{Cđ}	64.42 ± 0.60 ^{Bđe}	74.48 ± 1.49 ^{Ae}	78.40 ± 1.17 ^{Aef}	79.28 ± 1.83 ^{Abc}
Orta Dalga 4.3 dk	0.98 ± 0.04 ^{Ga}	20.56 ± 0.59 ^{Fđe}	43.13 ± 0.13 ^{Eđ}	62.48 ± 0.36 ^{Dđe}	87.95 ± 1.32 ^{Bbcd}	81.80 ± 0.41 ^{Cđe}	95.35 ± 1.13 ^{Aa}
Orta Dalga 3.4 dk	0.93 ± 0.03 ^{Da}	27.73 ± 1.43 ^{Cabc}	57.35 ± 2.71 ^{Bc}	87.38 ± 0.62 ^{Aa}	89.40 ± 0.13 ^{Abc}	86.00 ± 3.46 ^{Acđ}	90.98 ± 1.06 ^{Aa}

Aynı işlem şartlarında farklı büyük harflerle (A-G) gösterilen peroksit ortalamaları arasındaki farklar önemlidir (p<0.005).

Aynı depolama süresinde farklı küçük harflerle (a-g) gösterilen peroksit sayısı ortalamaları arasındaki farklar önemlidir (p<0.005).

Yağların oksidatif stabilitesi ve kalitesi, antioksidan özellik gösteren tokoferollerin miktarına ve bu tokoferollerin çeşidine, yağ asidi kompozisyonuna ve aynı zamanda içerisindeki doymuş/doymamış yağ asidi miktarına bağlı olarak değişmektedir. Bozan ve Temelli (2008), tokoferol homologlarının antioksidan aktivite gösterme sırasının genellikle $\alpha > \beta \geq \gamma > \delta$ olduğunu belirtmiş ve α tokoferol dışındaki tokoferol çeşitlerinin prooksidan madde olarak çok başarılı olamadığına değinmiştir. Ayrıca yağın fazla miktarda çoklu doymamış yağ asidi içermesinin, yağın oksidatif stabilitesini düşürebileceğini belirtmişlerdir.

Malcolmson ve ark. (2000), öğütülmüş keten tohumlarını $23 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 128 gün boyunca depolamış ve depolanan keten tohumlarının 0, 33, 66, 96 ve 128. Gün sonunda peroksit değerlerini incelemişlerdir. 0. günde 0.20 meq O_2/kg yağ iken 128 gün sonunda da önemli bir değişim göstermeyerek 0.12-0.30 meq O_2/kg yağ düzeyinde kalmıştır. Aynı şartlarda ve sürelerde depolanan tam tane halindeki keten tohumunun peroksit sonuçları da 0 ve 128. gün sonlarında sırasıyla 0.4-0.6 meq O_2/kg yağ ve 0.2-0.3 meq O_2/kg yağ şeklinde tespit edilerek benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Fırında 180°C sıcaklıkta 13 dakika boyunca kavrulan keten tohumları öğütüldükten sonra kurabiye yapımında kullanılmış ve elde edilen kurabiyeler 30, 60 ve 90 gün boyunca depolanmıştır. %15 kavrulmuş keten tohumu katılan kurabiyelerin başlangıç peroksit değerleri 12.3 meq O_2/kg yağ iken 90 gün sonunda bu değer 18.3 meq O_2/kg yağ düzeyine yükselmiştir (Rajiv ve ark. 2012).

Ayçiçeği tohumunun 2450 MHz, 500 W koşullarında mikrodalga ile 5, 10 ve 15 dakika kavrulması sonucu tohum yağındaki peroksit değerleri kavrulmamış örnekte 2.60-3.77 meq O_2/kg yağ iken, 5 dakika kavrulan örnekte 4.01 meq O_2/kg yağ, 10 dakika kavrulan örnekte 4.05-4.95 meq O_2/kg yağ ve 15 dakika mikrodalga enerjiye maruz kalan örnekte ise 5.65-6.93 meq O_2/kg yağ düzeyine yükselmiştir. Tohumların ısıtılma işlemine maruz kalma süresinin artmasıyla peroksit değerlerinin de arttığı görülmektedir (Anjum ve ark., 2006).

Lee ve ark. (2004), aspir tohumunu 140 , 160 ve 180°C sıcaklıklarda kavurmuş ve hem kavrulmamış hem de kavrulmuş tohumların yağları çıkarılmış ve tohum yağını 60°C ' de 26 gün depolamışlardır. Yağların oksidatif stabilitesinin incelendiği bu çalışmada, yüksek sıcaklıklarda kavrulan tohumların yağlarının, daha düşük sıcaklıklara maruz kalan ve ısıtılma işlemi görmemiş örneklerin yağlarına kıyasla peroksit sayısı değerlerinin daha düşük olduğu ve dolayısıyla daha iyi oksidatif stabiliteye sahip olduğu belirlenmiştir. 15 gün sonunda yapılan analizler sonucunda, kavrulmamış kontrol örnek ile 140 , 160 ve 180°C sıcaklıklarda

kavrulan tohumların yağlarının peroksit değerleri sırasıyla 241, 169, 123 ve 64.2 meq O₂/kg yağ olarak bulunmuştur. Anlaşılabacağı üzere, en yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemi gören örnek yağındaki peroksit değeri 15 gün sonunda en az artışı göstermiş, diğer örneklerdeki artış daha hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Araştırmacılar, yüksek sıcaklıklarda daha fazla enzimatik olmayan reaksiyon ürünü oluştuğunu belirtmekte ve yüksek sıcaklıkta işlenen aspir tohumu yağının daha yüksek antioksidatif stabilite göstermesinin kavurma esnasında oluşan bu enzimatik olmayan reaksiyon ürünlerinin güçlü antioksidan aktivitesinden kaynaklanabileceğini düşünmektedirler.

Yoshida ve Takagi (1997), elektrikli bir fırında 160, 180, 200, 220 ve 250°C sıcaklıklarda 5, 10, 15, 20 ve 25 dakika kavurdıkları susam tohumlarının yağlarını elde etmiş ve bu yağların peroksit değerlerini incelemişlerdir. Özellikle 200°C sıcaklığın altındaki uygulamalarda olmak üzere genel olarak sıcaklık ve sürenin artmasıyla birlikte peroksit değerlerinde minör bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Cammerer ve Kroh (2009), 120, 140, 160 ve 180°C sıcaklıklarda keten tohumlarını kavurmuş ve öğüttükten sonra oda sıcaklığında ve 35°C sıcaklıkta depolamışlardır. Genel olarak, kavurma işleminin en düşük sıcaklığı olan 120°C sıcaklıkta kavruan tohumların diğerlerine göre daha stabil olduğu görülmüştür. 120°C’ deki lag süresi 46 günken, 140°C’ de 25 güne düşmüştür. Görüldüğü üzere, sıcaklığın ve sürenin artması, oksidatif stabiliteyi azaltmaktadır.

Endojen antioksidanlar, kavurma işlemi sırasında bozulmakta ve yağ hücreleri de hasar görmektedir. Oksijenle çok daha kolay teması geçen yağ molekülleri değişime uğramakta ve buna bağlı olarak da radikaller oluşmaktadır. Maillard reaksiyon ürünleri antioksidan etkisiye sahip olmakla birlikte Maillard tepkimesi için gerekli serbest karbonhidrat içeriği %1 civarındadır. Keten tohumunda bu tepkimeye katılacak polisakkaritler çok kararlı yapıda olduklarından yeterli miktarda Maillard reaksiyon ürünü oluşamamakta ve keten tohumunun kavrulmasıyla oluşan bu olumsuz durumu telafi etmeye yetmemektedir. 120, 140, 160 ve 180°C sıcaklıklarda kavruan yerfıstığına peroksit değerinin kavurma sıcaklığı ve süresinin artmasıyla azaldığı ve oksidatif stabilitenin keten tohumu yağlarındaki eğilimin tam tersi şeklinde ortaya çıktığı görülmüştür. Yani yüksek sıcaklık ve uzun süreli ısıtılma işlemleri yerfıstığı oksidatif açıdan daha stabil kalmış ve lag süresi artmıştır. Keten tohumlarının kavrulmasıyla ham taneye kıyasla oksidite hızlı bir şekilde artış gösterirken, yerfıstığında kavurma işlemi raf ömrünü arttırmıştır. Bu durum antioksidan Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumu ile açıklanabilmektedir. Kavrulmuş ürünlerin raf ömrü ile ikincil bir Maillard

reaksiyon ürünü olan deoksioson miktarı arasında bir korelasyon olduğu bilinmektedir. Çünkü bu ürünler Maillard reaksiyonunda kilit konumundadır ve bu maddelerin nicel ve nitel olarak bulunuşu melanoidin oluşumunu etkilemektedir. Genel olarak yerfıstığının kavrulma derecesi ile bu maddelerin miktarı artmaktadır (Cammerer ve Kroh, 2009).

4.3. Ham Keten Tohumunun Diyet Lif ve Mineral Madde Sonuçları

Ham keten tohumunun diyet lif sonuçları Çizelge 4.15 ' te sunulmuştur. Görüldüğü üzere keten tohumunda suda çözünmeyen lif, suda çözünen liften daha fazla miktardadır. Simbalista ve ark. (2012), keten tohumundaki diyet lif içeriğini %25.7 suda çözünmeyen, %10.7 suda çözünen diyet lif olarak belirtmiştir. Singh ve ark. (2011) ise keten tohumundaki suda çözünen ve suda çözünmeyen diyet lif oranlarının 20:80 ve 40:60 aralığında suda çözünen diyet lif:suda çözünmeyen diyet lif şeklinde olabileceğine değinmişlerdir. Chetana ve ark. (2010), ham keten tohumunun toplam diyet lif değerlerini %42.7 olarak değerlendirmiştir.

Çizelge 4.15. Ham keten tohumunun diyet lif değerleri (n=4)

Ham Keten Tohumunun Diyet Lif İçeriği (%)	
% Suda Çözünen Diyet Lif	21.54 ± 0.09
% Suda Çözünmeyen Diyet Lif	25.45 ± 0.33
% Toplam Diyet Lif	47.00 ± 0.43

Çizelge 4.16' da keten tohumunun mineral madde içeriği gösterilmektedir. Analiz sonucunda 5302.10 ppm içeriği ile P minerali keten tohumunda en fazla miktarda bulunan mineral madde olmuştur.

Çizelge 4.16. Ham keten tohumunun mineral madde değerleri (n=2)

Mineral Madde (ppm)	
Fe	27.89 ± 0.46
Cu	5.82 ± 0.14
Zn	18.39 ± 0.07
Mg	3575.00 ± 153.00
Ca	2020.63 ± 3.90 B
K	5269.20 ± 37.00
P	5302.10 ± 37.00

Singh ve ark. (2013), 11 farklı keten tohumunun bazı özelliklerini incelemiş ve kalsiyumun 90.77-120.97 mg/100 g, demirin ise 5.97-10.45 mg/100 g aralığında değiştiğini belirtmiştir. Hussain ve ark. (2008), keten tohumu unundaki Fe, Zn, Cu, Ca, Mg ve K mineral değerlerini ise sırasıyla 6.10, 4.51, 1.96, 240.80, 430.54 ve 826.32 mg/100 g şeklinde bulmuştur.

4.4. Tarhanaya Katılmasına Karar Verilen Keten Tohumu

Keten tohumu örneklerinin tanımlayıcı duyuşsal analizi sırasında, orta dalgada IR lamba ile 5.3 dakika işlem gören örnek panelistler tarafından daha çok beğenilmiş, örneğin rahatsız etmeyen hoş bir kavruk aromasının olduğuna değinilmiş ve bu ürünün tarhana içerisine katılması durumunda tüketici beğenisini olumsuz yönde etkilemeyebileceği düşünülmüştür. Böylece yapılan tanımlayıcı duyuşsal analiz sonuçları esas alınarak tarhanaya katılacak keten tohumu orta dalga IR lamba ile 5.3 dakika işlem gören ürün olmuştur.

4.5. Tarhanaya Katılmasına Karar Verilen Keten Tohumunun Diyet Lif Sonuçları

Çizelge 4.17’ de de görüldüğü üzere kavruşan keten tohumu örneğinin Çizelge 4.15’ te belirtilen ham keten tohumunun diyet lif içeriğinden çok fazla bir farkı yoktur.

Çizelge 4.17. Tarhanaya katılmasına karar verilen keten tohumunun diyet lif sonuçları (n=4)

Diyet Lif İçeriği	
% Suda Çözünen Diyet Lif	22.10 ± 0.04
% Suda Çözünmeyen Diyet Lif	25.88 ± 0.41
% Toplam Diyet Lif	47.99 ± 0.46

Chetana ve ark. (2010), 100°C sıcaklıkta 15 dakika kavrulan keten tohumu örneklerinin toplam diyet lif içeriğini %40.50 olarak belirtmiştir. Ganorkar ve Jain (2013) ise, keten tohumunun diyet lif içeriğinin %10 suda çözünebilen ve %30 suda çözünemeyen diyet lifler olmak üzere toplam diyet lifin %40 olduğuna değinmişlerdir.

4.6. Farklı Oranlarda Keten Tohumu Katkılı Tarhanaların Analiz Sonuçları

4.6.1. Temel bileşen analizleri

Tarhana örneklerinde yapılan nem, kül, ham protein, ham yağ ve su aktivitesi analiz sonuçları Çizelge 4.18’ de gösterilmiştir. Ürünlerin nem değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunurken ($p<0.05$), kontrol niteliğindeki keten tohumu katkısız tarhana örneğinin nem değeri %7.75, %15 keten tohumu katkılı tarhananın nem değeri ise %8.36 olarak bulunmuştur. Tarhana örneklerinin kurutma aşamasında hepsi için sabit bir kurutma süresi uygulanmış olup, tarhanaların nem değerlerinin %10’ un altında olması sağlanmıştır.

Kül değerleri açısından ise, keten tohumu katkı oranıyla orantılı olarak az da olsa bir artış gözlemlenmiş olup istatistiksel açıdan önemli bir değişim görülmemektedir ($p>0.05$). Keten tohumu katkısıyla orantılı olarak tarhana örnekleri arasında ham protein ve ham yağ içerikleri bakımından ise artış olduğu görülmüştür. Ham protein ve ham yağ değerleri kontrol (%0 katkılı tarhana) tarhana için sırasıyla %14.94 ve 1.47 iken %15 katkılı tarhana için bu değerler sırasıyla %16.28 ve 7.46 olarak belirlenmiştir. Su aktivitesi açısından ise tarhana örnekleri arasındaki değişim istatistiksel olarak önemli olmakla birlikte ($p<0.05$) bu farklılığın, standart hataların çok küçük olmasına bağlı olarak matematiksel açıdan tesadüfi hatalardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Özay ve ark. (1993), tarhanayı düşük nemli gıdalar listesinde gösterip mantar, sebze, ezogelin, mercimek ve tarhana gibi hazır çorbaların 0.184-0.352 aralığında su aktivitesi değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Erbaş ve ark. (2005) ise, kurutulmuş tarhananın su aktivite değerini 0.63 olarak tespit etmiştir.

Çizelge 4.18. Tarhana örneklerinin bazı temel bileşen değerleri (n=4)

Katkı Dozu (%)	% Nem	% Kül	% Ham Protein*	% Ham Yağ	Su Aktivitesi
0	7.75 ± 0.19 ^B	1.74 ± 0.10	14.94 ± 0.09 ^C	1.47 ± 0.01 ^D	0.42 ± 0.01 ^C
5	9.10 ± 0.08 ^A	1.78 ± 0.03	15.37 ± 0.03 ^{BC}	3.77 ± 0.01 ^C	0.46 ± 0.01 ^B
10	8.09 ± 0.01 ^B	2.04 ± 0.13	15.70 ± 0.04 ^{AB}	5.68 ± 0.06 ^B	0.45 ± 0.01 ^B
15	8.36 ± 0.01 ^B	2.14 ± 0.12	16.28 ± 0.22 ^A	7.46 ± 0.03 ^A	0.49 ± 0.01 ^A
p	0.004	0.142	0.007	0.000	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

*Protein için azot faktörü 6.25 alınmıştır.

Ekinci (2005), tarhananın 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda sırasıyla 48, 40 ve 35 saat kurutulması sonucunda % nem içeriğinin 10 olduğunu belirtmiştir. Özdestan ve Üren (2013), ev yapımı ve ticari tarhanaların nem içeriğinin %7.68-13.58 aralığında değişiklik gösterdiğine değinmiştir.

Masoodi ve ark. (2012), 90°C sıcaklıkta 10 dakika kavrulan keten tohumunu öğütülmüş olarak farklı dozlarda bisküvi yapımında kullanmış ve doz oranının artmasıyla birlikte, bisküvilerin nem, kül, yağ, protein ve diyet lif değerlerinde artış olduğunu belirlemişlerdir. Kontrol örnekteki protein oranı %8.74 iken keten tohumu katkısının en fazla, buğday unu:keten tohumu oranının 57:43 olduğu örnekte %10.84 bulunmuş, kül değerleri ise sırasıyla % 0.83 ve 2.64 olup yağ içerikleri ise sırasıyla %4.04 ve 11.55 olarak bulunmuştur.

Chetana ve ark. (2010), kavrulmuş keten tohumu ilave edilerek elde edilen keklerin nem, kül, protein ve yağ içeriklerindeki artışı, keten tohumu ilavesiz örneğe göre kıyaslamıştır. Kontrol örnekteki % nem, kül, protein ve yağ değerleri sırasıyla 17.9, 0.79, 8.5 ve 29.61 iken, %40 keten tohumu katkılı keklerde bu değerlerin sırasıyla %20.5, 1.23, 11.9 ve 39.9' a yükseldiği görülmüştür.

Erkan ve ark. (2006), kontrol tarhananın nem, kül, protein, yağ ve asitlik değerlerini sırasıyla 8.2, 1.71, 1.50, 3.40 ve 1.4 olarak belirlemiş, arpa unu ve buğday unu oranının 1:1 şeklinde kullanıldığı tarhana örneklerinde ise nem, kül, protein, yağ ve asitlik değerlerini sırasıyla %8.3, 1.92, 13.6, 4.08 ve 1.2 olarak tespit etmiştir.

Başka bir çalışmada ise tarhananın nem, ham protein, ham yağ, kül ve laktik asit cinsinden asitlik değerleri sırasıyla %7.7, 16.2, 3.8, 7.4 ve 1.8 olarak belirtilmiştir (İbanoğlu ve ark., 1999).

Yükselci Kilci ve Göçmen (2012), %10, 20, 30 ve 40 yulaf unu katkılı tarhanaların, nem değerlerinin katkı dozu arttıkça az miktarda artış gösterdiğini, kül değerleri ise kontrol tarhanada %1.74 iken %10, 20, 30 ve 40 yulaf katkılı tarhanalarda sırasıyla %1.98, 2.10, 2.23 ve 2.34 değerlerine artmıştır.

4.6.2. Titrasyon asitliği

Çizelge 4.19' da tarhanaların % laktik asit cinsinden asitlik değerlerinin 0.74-0.88 arasında olduğu sunulmuştur. İstatistiksel açıdan tarhana örneklerinin asitlik değerleri arasında önemli bir farklılık olduğu ($p<0.05$) anlaşılsa da standart hataların çok küçük olduğu görülmekte ve buna bağlı olarak pratikte matematiksel olarak bu farklılığın tesadüfi hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.19. Tarhana örneklerinin Laktik Asit cinsinden % asitlik değerleri (n=4)

Katkı Dozu (%)	Laktik Asit Cinsinden (%) Asitlik
0	0.84 ± 0.01^B
5	0.88 ± 0.01^A
10	0.78 ± 0.01^C
15	0.74 ± 0.01^D
p	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır ($p<0.05$).

Tarhananın fermentasyonunda ve mayalanmasında genel olarak yoğurt bakterileri (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*), ticari maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve buğday unundaki bakteriler etkili olmaktadır. Fermentasyondan kaynaklı olarak tarhananın pH değeri azalırken, asitliği ise artmaktadır. Laktik asit, tarhanada en fazla miktarda bulunan organik asittir. Farklı yoğurt oranları ve fermentasyon süreleri ile elde edilen tarhanaların % laktik asit cinsinden toplam asitlik değerleri 1.50-2.42 aralığında belirlenmişken, asitlik değerlerine yoğurt ilave oranı ve fermentasyon süresinin etki ettiği görülmüştür. %50 oranında katılan yoğurt ilavesi ile 0, 48 ve 96 saat fermentasyon süreleri

sonunda sırasıyla %1.50, 1.90 ve 2.05 olarak bulunan asitlik değerleri, %75 yoğurt kullanımıyla aynı fermentasyon süreleri için sırasıyla %1.72, 2.24 ve 2.42' ye yükselmiştir (Bozkurt ve Gürbüz, 2008). Gürbüz ve ark. (2010) ise, 72 saat fermentasyona bırakılmış tarhananın % laktik asit cinsinden asitlik değerinin 0.82 olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada kontrol tarhana için kullanılan yoğurt oranı (%12) ve fermentasyon süresi (72 saat) dikkate alındığında bulunan asitlik değerlerinin çalışmalardaki değerlerle uyumluluk gösterdiği düşünülmektedir.

Yapılan bir başka çalışma sonucunda, karabuğday katkısının tarhananın toplam asitliğini arttırdığı, kontrol örnekte %2 olan asitliğin, %40 karabuğday katkısı sonucu 2.36' ya çıktığı görülmüştür (Bilgiçli, 2009).

Özdestan ve Üren (2013), ev yapımı ve ticari tarhanaların asitlik değerlerini sırasıyla %0.60-3.89 aralığında tespit etmiştir. Yulaf katkılı tarhanaların % laktik asit cinsinden toplam asitlik değerleri ise yulaf katkısı ile birlikte artış göstermiştir. Kontrol tarhanada %1.02 olan asitlik değeri %10 yulaf katkısı ile %1.05 olmuştur (Yükselci Kilci ve Göçmen, 2012).

4.6.3. Mineral madde kompozisyonu

Tarhana örneklerinin mineral madde içeriği Çizelge 4.20' de sunulmuştur. İncelenen tüm mineral madde çeşitleri için tarhanalar arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır ($p<0.05$). Keten tohumunun özellikle Mg, Ca, K ve P minerallerince zengin olması, bu mineraller bakımından keten tohumu katkılı tarhanaların mineral içeriğini de olumlu yönde etkilemiştir. Mineral madde içeriğinin Fe, Zn, Mg, Ca, K ve P açısından genel olarak keten tohumu katkı dozuyla doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiş olup, bu mineraller kontrol tarhanada sırasıyla 2.60, 0.00, 309.30, 402.43, 2908.60 ve 1508.30 ppm düzeyinde belirlenmişken %15 keten tohumu katkılı tarhanada ise bu değerler artarak sırasıyla 22.65, 8.68, 649.67, 692.31, 3163.30 ve 1900.00 ppm düzeyine yükselmiştir. Cu mineralini en çok içeren tarhana çeşidinin ise kontrol tarhana olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Tarhana örneklerinin mineral madde içeriği (ppm) (n=4)

Katkı Dozu (%)	Mineral Madde (ppm)						
	Fe	Cu	Zn	Mg	Ca	K	P
0	2.60 ± 0.05 ^C	6.92 ± 0.01 ^A	t.e.	309.30 ± 1.57 ^D	402.43 ± 9.08 ^B	2908.60 ± 9.89 ^C	1508.30 ± 26.50 ^C
5	4.28 ± 0.05 ^C	t.e.*	0.56 ± 0.01 ^C	479.50 ± 11.20 ^C	681.08 ± 0.30 ^A	3114.30 ± 32.10 ^{AB}	1676.80 ± 14.30 ^B
10	12.20 ± 0.14 ^B	0.76 ± 0.04 ^B	3.96 ± 0.19 ^B	563.38 ± 5.46 ^B	682.77 ± 0.48 ^A	2928.10 ± 42.20 ^{BC}	1812.40 ± 30.40 ^A
15	22.65 ± 0.56 ^A	0.14 ± 0.01 ^C	8.68 ± 0.10 ^A	649.67 ± 2.20 ^A	692.31 ± 0.01 ^A	3163.30 ± 39.10 ^A	1900.00 ± 15.40 ^A
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.001

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

*t.e.: tespit edilememiştir.

Kilci ve Göçmen (2014), tarhanaya yulaf ilave ederek tarhananın mineral değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Kontrol tarhanadaki Fe, Cu, Zn, Mn, K, Mg, P ve Ca değerleri sırasıyla 386, 4351, 498, 1576, 9.18, 1.86, 9.06 ve 6.73 mg/kg olarak bulunmuştur. %20 yulaf katkılı tarhanalarda ise bu değerlerin sırasıyla 571, 4823, 612, 1907, 17.38, 2.35, 11.05 ve 10.75 mg/kg düzeyine arttığı görülmüştür.

Bilgiçli (2009), tarhananın K, Ca, Mg, P, Fe ve Zn içeriklerini sırasıyla 384.6, 100.4, 61.05, 246.2, 2.52 ve 1.56 mg/100 g olarak tespit etmiştir. Çağlar ve ark. (2013) ise, tarhananın Ca, Mg, K, P, Zn ve Cu bileşimini sırasıyla 80.44, 39.13, 500.23, 297.13, 0.99 ve 0.23 mg/100 g olarak bulmuş ve tarhana içeriğine keçiyoynuzu ilave edilmesiyle bu değerlerin arttığını belirtmiştir. %8 keçiyoynuzu katkılı tarhananın Ca, Mg, K, P, Zn ve Cu içeriği ise sırasıyla 99.61, 42.39, 580.93, 304.87, 1.20 ve 0.25 olarak belirlenmiştir.

Erbaş ve ark. (2005), tarhananın Ca, Zn, Fe, Na, K, Mg ve Cu içeriklerini sırasıyla 2679, 44.0, 97.0, 21492, 5948, 1582 ve 10.0 mg/kg şeklinde belirtmiştir. Kurutulmuş tarhananın su aktivite değeri ise 0.63 olarak tespit edilmiştir.

4.6.4. Renk değerleri

Keten tohumu katkısız ve keten tohumu katkılı tarhana örneklerin renk karakteristikleri Çizelge 4.21’ de sunulmuştur. Renk değerlerinde, tüm renk karakteristikleri için istatistiksel açıdan önemli bir farklılığın olduğu anlaşılmaktadır ($p<0.05$).

Örnekler arasında katkı dozuna bağlı olarak *L* (aydınlık), *a* (kırmızılık), *b* (sarılık), kroma (doygunluk), Hue açısı ve kırmızılık değerlerinde düşme gözlenmiştir ($p<0.05$). Toplam renk değişimi (ΔE) açısından ise, keten tohumu katkılı tarhana örnekleri keten tohumu katılmayan, kontrol niteliğindeki tarhana ile kıyaslanmıştır. Toplam renk değişimindeki fark, keten tohumu katkı dozunun artmasıyla birlikte artış göstermiştir. %5, 10 ve 15 katkı dozlu tarhanaların ΔE değerleri sırasıyla 5.48, 10.79 ve 13.43 olarak belirlenmiştir. Diğer renk karakteristikleri açısından ise *L* değeri kontrol tarhanada 76.71 iken %15 keten tohumu ilavesiyle 63.73’ e düşmüş, *a* değeri ise kontrol örnek için 9.28 iken, %15 katkılı örnekte 7.23 olmuştur. *a*, *b* ve kroma değerleri incelendiğinde, kontrol ve %5 katkılı tarhanalar bu renk karakteristikleri bakımından birbirlerine benzer sonuçlar vermişken, aynı durum %10 ve 15 katkılı örneklerde de görülmüştür.

Çizelge 4.21. Tarhana örneklerinin renk değerleri (n=4)

Katkı Dozu (%)	Renk						
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	Kroma	Hue Açısı	Kırmızılık	ΔE
0	76.71 ± 0.45^A	9.28 ± 0.24^A	33.49 ± 0.20^A	34.76 ± 0.23^A	74.50 ± 0.35^B	0.27 ± 0.01^A	-
5	71.44 ± 0.31^B	8.31 ± 0.24^A	33.41 ± 0.34^A	34.43 ± 0.38^A	76.02 ± 0.29^{AB}	0.24 ± 0.01^{AB}	5.48 ± 0.38^C
10	66.81 ± 0.53^C	6.99 ± 0.32^B	30.15 ± 0.50^B	30.95 ± 0.49^B	76.93 ± 0.62^A	0.23 ± 0.01^B	10.79 ± 0.78^B
15	63.73 ± 0.18^D	7.23 ± 0.15^B	30.98 ± 0.29^B	31.81 ± 0.30^B	76.85 ± 0.21^A	0.23 ± 0.01^B	13.43 ± 0.23^A
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

Villeneuve ve ark. (2013), %15 ve %30 keten tohumu katkılı makarnaların renk değerlerini sırasıyla *L* değeri için 42.7 ve 37.9, *a* değeri için 6.3 ve 9.3, *b* değeri için ise 20.8 ve 15.1 olarak belirlemiştir.

Chetana ve ark. (2010), ham ve 100°C sıcaklıkta 15 dakika kavrulan keten tohumu örneklerini ayrı ayrı %10, 20, 30 ve 40 oranlarında unla yer değiştirecek şekilde kek yapımında kullanmış ve keklerin iç renginin, miktarın artmasıyla birlikte krem beyazdan kahverengi bir görünüme kavuştuğu, ancak hem ham hem de kavrulmuş örneklerde %20' ye kadar olan katkının renk açısından beğeni kazandığı görülmüştür. Ham keten tohumu katkılı keklerin ΔE değerleri %10, 20, 30 ve 40 katkı dozları için sırasıyla 33.32, 38.06, 40.71 ve 44.79 iken, kavrulmuş keten tohumu katkılı keklerde bu değerler sırasıyla 32.99, 39.03, 43.62 ve 47.52 olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere, keten tohumu katkı oranının artmasıyla birlikte her iki keten tohumu katkılı kek çeşitlerinde de kek içindeki toplam renk değişimi değerlerinin arttığı ve renk değerlerinin kavrulmuş keten tohumu katkılı keklerde daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan bir başka çalışmada, karabuğday unu katkısı sonucu tarhana örneklerinin renk değerlerinde önemli değişikliklerin meydana geldiği belirlenmiştir. Kontrol örneğin *L*, *a* ve *b* renk değerleri sırasıyla 71.59, 10.40 ve 32.28 olarak bulunurken, %40 katkılı tarhananın bu değerleri sırasıyla 64.22, 10.50 ve 28.26 olarak değişmiştir. Çalışma sonucunda, karabuğday unu, buğday unundan daha koyu bir renge sahip olduğundan aydınlık ve sarılık değerlerinde önemli düzeyde azalma olduğu, kırmızılık değerlerinde ise %40 katkı dozundan sonra azalmanın olduğu ve azalışın diğer renk özelliklerindeki gibi yüksek oranlarda olmadığı sonucuna varılmıştır (Bilgiçli, 2009). Benzer sonuçlar, Erkan ve ark. (2006)' nın çalışmasında da görülmektedir. Buğday unu ile arpa unu oranının 1:1 olduğu arpa katkılı tarhanalarda *L*, *a* ve *b* değerlerinin, kontrol örneğe göre daha düşük olduğu belirlenmiş, kontrol örnekteki *L* değeri 75.06 iken arpa katkılı tarhana için ise bu değer 72.78 olduğu gösterilmiştir.

4.6.5. Diyet lif içeriği

Tarhana örneklerine ait % diyet lif içerikleri, suda çözünen, suda çözünmeyen ve toplam diyet lif şeklinde Çizelge 4.22' de gösterilmektedir. Tarhana örnekleri arasında tüm diyet lif sonuçları açısından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmaktadır ($p < 0.05$). Çizelgeden de görüldüğü üzere tarhana örnekleri, diyet lifin suda çözünen formunu, suda çözünmeyen formundan daha fazla içermektedir. Suda çözünen, suda çözünmeyen ve toplam diyet lif sonuçlarına bakılacak olduğunda, en düşük diyet lif içeriğine keten tohumu katkısız

tarhananın sahip olduğu görülmekte ve keten tohumu katkı dozunun artmasıyla doğru orantılı olarak diyet lif değerlerinde de artış olduğu anlaşılmaktadır. Bu artışın, tarhanaya ilave edilen keten tohumunun, diyet lifin suda çözünen ve suda çözünmeyen formlarını sırasıyla %22.10 ve 25.88 gibi yüksek miktarlarda içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.22. Tarhana örneklerinin % diyet lif içeriği (n=4)

Katkı Dozu (%)	Suda Çözünen Diyet Lif (%)	Suda Çözünmeyen Diyet Lif (%)	Toplam Diyet Lif (%)
0	3.52 ± 0.09 ^C	0.86 ± 0.16 ^D	4.38 ± 0.07 ^D
5	4.23 ± 0.11 ^B	1.78 ± 0.02 ^C	6.02 ± 0.09 ^C
10	4.51 ± 0.06 ^B	2.65 ± 0.01 ^B	7.16 ± 0.06 ^B
15	5.17 ± 0.03 ^A	3.49 ± 0.20 ^A	8.66 ± 0.17 ^A
p	0.001	0.001	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

Yükselci Kilci ve Göçmen (2012), tarhanaya %10, 20, 30 ve 40 oranlarında yulaf unu katmış ve katkı dozunun diyet lif içeriğine etkisini incelemiştir. Yulaf ununun suda çözünmeyen, çözünen ve toplam diyet lif içerikleri sırasıyla %4.88, 0.91 ve 7.20 olarak belirlenmiştir. Kontrol tarhananın bu değerleri sırasıyla %1.35, 0.25 ve 1.60 olarak tespit edilmiş, yulaf unu katkı oranının artmasıyla birlikte diyet lif değerlerinde önemli miktarlarda artış olduğu gözlemlenmiştir. %10 yulaf unu katkısı için suda çözünen, çözünmeyen ve toplam diyet lif içerikleri sırasıyla %2.13, 1.30 ve 3.43 iken %20 katkı ile diyet lifteki artış devam edip sırasıyla %2.25, 1.45 ve 3.70' e ulaşmıştır.

Pohjanheimo ve ark (2006), %5 öğütülmemiş ve %3 öğütülmüş keten tohumunu ekmek yapımında beraber kullanmış ve bu ekmeğin diyet lif içeriğini %5.8 suda çözünebilir ve %2.2 suda çözünmeyen olmak üzere toplam %8.0 olarak belirlemişlerdir.

Hussain ve ark. (2012), %12 keten tohumu katkılı ekmeğin kontrol ekmeğe kıyasla diyet lif içeriğindeki değişimleri, suda çözünen diyet lif için %0.82' den %1.86, suda çözünmeyen diyet lif formu için %2.68' den %4.72 ve toplam diyet lif için %3.40' dan %6.58 düzeylerine artmış olarak belirlemiştir.

Chetana ve ark. (2010), kavrulmuş keten tohumu ilave edilerek elde edilen keklerin diyet lif içeriklerini keten tohumu ilavesiz kontrol örnekle kıyaslamış ve kontrol örneğin suda çözünmeyen diyet lif içeriğini %2.82, toplam diyet lifini ise 3.08 olarak belirlemiştir. %40 keten tohumu katkılı keklerde ise bu değerler, sırasıyla %13.8 ve 15.88' e yükselmiştir.

4.6.6. Fitik asit içeriği

Bilgiçli ve ark. (2006b), fitik asitin mineral ve proteinleri bağlayarak bu bileşenlerin emilim, sindirim ve çözünbilme gibi özelliklerinin değişmesine sebep olduğunu ve bu nedenle de fitik asitin antibesleyici bir unsur olarak bilindiğine değinmişlerdir. Fitik asit-mineral kompleksleri çoğunlukla fizyolojik olarak çözünemez durumdadır. Bu da mineral komplekslerinin biyoyararlılıklarını azaltmaktadır.

Keten tohumu katkısıyla orantılı olarak tarhana örneklerindeki fitik asit değişimi Çizelge 4.23' te sunulmuştur. Tarhana örnekleri arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

Keten tohumu katkısız tarhanadaki fitik asit içeriği 10.20 mg/100 g şeklinde bulunmuşken bu değer keten tohumu katkı oranının artmasıyla beklenildiği gibi artış göstermiştir. Tarhana içeriğine eklenen keten tohumu örneğinin fitik asit miktarı 846 mg/100 g olduğu için katkı dozunun artmasıyla birlikte tarhana örneklerinde fitik asit miktarı artmış ve %15 katkılı tarhanada bu değer 144.40 mg/100 g düzeyine çıkmıştır.

Çizelge 4.23. Tarhana örneklerinin fitik asit içeriği (mg/100 g tarhana) (n=4)

Katkı Dozu (%)	Fitik Asit (mg/100 g tarhana)
0	10.20 ± 2.35 ^C
5	62.60 ± 13.00 ^{BC}
10	115.00 ± 15.10 ^{AB}
15	144.40 ± 19.20 ^A
P	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-C) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır ($p<0.05$).

NOT: Tarhana formülasyonuna uygulanan ve orta dalga IR enerji ile 5.3 dakika işlenen keten tohumunun fitik asit içeriği 100 g keten tohumu için 846.00 mg olarak bulunmuştur.

Fermentasyon aşamasında fitik asit miktarı azalmaktadır. Genel olarak, pH' nın düşmesi, fermentasyon süresi ve kullanılan mayanın katkı oranının artmasıyla ilişkili olarak fitik asitin parçalanması ve miktarının azalması daha kuvvetli olmaktadır. Yapılan bir çalışmada, fitik asit kaynağı olarak malt unu ilave edilmiş tarhana hamurunda 138 mg/100 g düzeyinde bulunan fitik asitin, fermentasyon sonucunda elde edilen tarhanada 22.1 mg/100 g' a düştüğü görülmüştür. Bu, fermentasyonla fitik asitin azaldığını göstermektedir. Aynı çalışmada maya ilavesiz elde edilen tarhanadaki fitik asit içeriği 26.8 mg/100 g olarak bulunmuşken, %2.5 ve 5 oranlarında katılan maya ile fitik asit değerlerinin sırasıyla 20.6 ve 18.9 mg/100 g' a düştüğü görülmüştür (Bilgiçli ve ark., 2006b).

Bilgiçli ve İbanoğlu (2007), tarhananın fermentasyonun başlangıcında 242.5 mg/100 g olan fitik asit içeriğinin 72 saat sonunda 20 mg/100 g' a düştüğünü belirlemiş, tarhanaya %25 oranında ilave edilen buğday kepeği ile bu değerlerin sırasıyla 554.5 ve 32.7 mg/100 g olduğu görülmüştür. Çalışmada buğday kepeğinin (3116 mg/100 g), buğday unundan (337.0 mg/100 g) daha yüksek miktarda fitik asit içermesi sonucu buğday kepeği katkı dozunun artmasına paralel olarak fitik asit içeriğinin arttığı ve fitik asit miktarının fermentasyon süresi ile birlikte azaldığı belirtilmiştir.

Bilgiçli (2009), tarhanaya karabuğday unu ilave edilmesiyle, katkı dozunun artışıyla doğru orantılı olarak, tarhananın fitik asit içeriğinin arttığını tespit etmiştir. Karabuğday unu 1565 mg/100 g olan yüksek fitik asit içeriğinden dolayı, karabuğday unu katkısız tarhanadaki fitik asit içeriği 21.20 mg/100 g olmasına karşın %40 karabuğday katkılı tarhananın fitik asit içeriğinin artmasına ve 25.12 mg/100 g seviyesine ulaşmasına sebep olmuştur.

4.6.7. Tokoferol içeriği

Tarhana örneklerinin tokoferol içeriği, alfa (α), beta (β), gama (γ) ve delta (δ) tokoferol izomerleri ve toplam tokoferol miktarı esas alınarak mg/100 g tarhana yağı şeklinde değerlendirilmiştir. Tarhanaların tokoferol içerikleri Çizelge 4.24' te sunulmuştur. Kontrol tarhana, %15 keten tohumu katkı tarhana ve tokoferol standartlarına ait kromatogramlar ise Şekil 4.4' te gösterilmektedir.

Genel olarak, tokoferol izomerleri ve toplam tokoferol içeriği bakımından tarhana örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunduğu söylenebilmektedir ($p<0.05$). α ve β tokoferol içerikleri bakımından katkı dozunun artmasıyla doğru orantılı olarak azalma meydana geldiği, gama tokoferol içerikleri bakımından ise tarhanadaki keten tohumu miktarının artmasıyla birlikte gama tokoferol değerlerinin de arttığı

görülebilmektedir. Kontrol tarhananın gama tokoferol içeriği tespit edilememişken, %5, 10 ve 15 katkılı tarhanalarda γ tokoferol değerleri sırasıyla 82.31, 86.23 ve 121.12 mg/100 g tarhana yağı şeklinde belirlenmiştir. Bu değerlere bakılacak olduğunda ise keten tohumu katkısıyla doğru orantılı olarak γ tokoferol içeriğindeki artışın da lineer özellikte olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 4.24. Tarhana örneklerinin tokoferol değerleri (mg/100 g tarhana yağı) (n=4)

Katkı Dozu (%)	Tokoferoller				Toplam tokoferol miktarı
	α -T*	β -T	γ -T	δ -T	
0	75.09 $\pm$ 0.10 ^A	31.60 $\pm$ 0.03 ^A	t.e**	t.e.	106.70 $\pm$ 0.13 ^D
5	51.13 $\pm$ 0.27 ^B	17.00 $\pm$ 0.05 ^B	82.31 $\pm$ 0.82 ^B	t.e.	150.45 $\pm$ 0.60 ^B
10	36.29 $\pm$ 0.99 ^C	9.28 $\pm$ 0.25 ^C	86.23 $\pm$ 1.93 ^B	t.e.	131.80 $\pm$ 3.19 ^C
15	35.46 $\pm$ 0.24 ^C	8.24 $\pm$ 0.11 ^D	121.12 $\pm$ 0.01 ^A	t.e.	164.83 $\pm$ 0.36 ^A
p	0.000	0.000	0.000	-	0.000

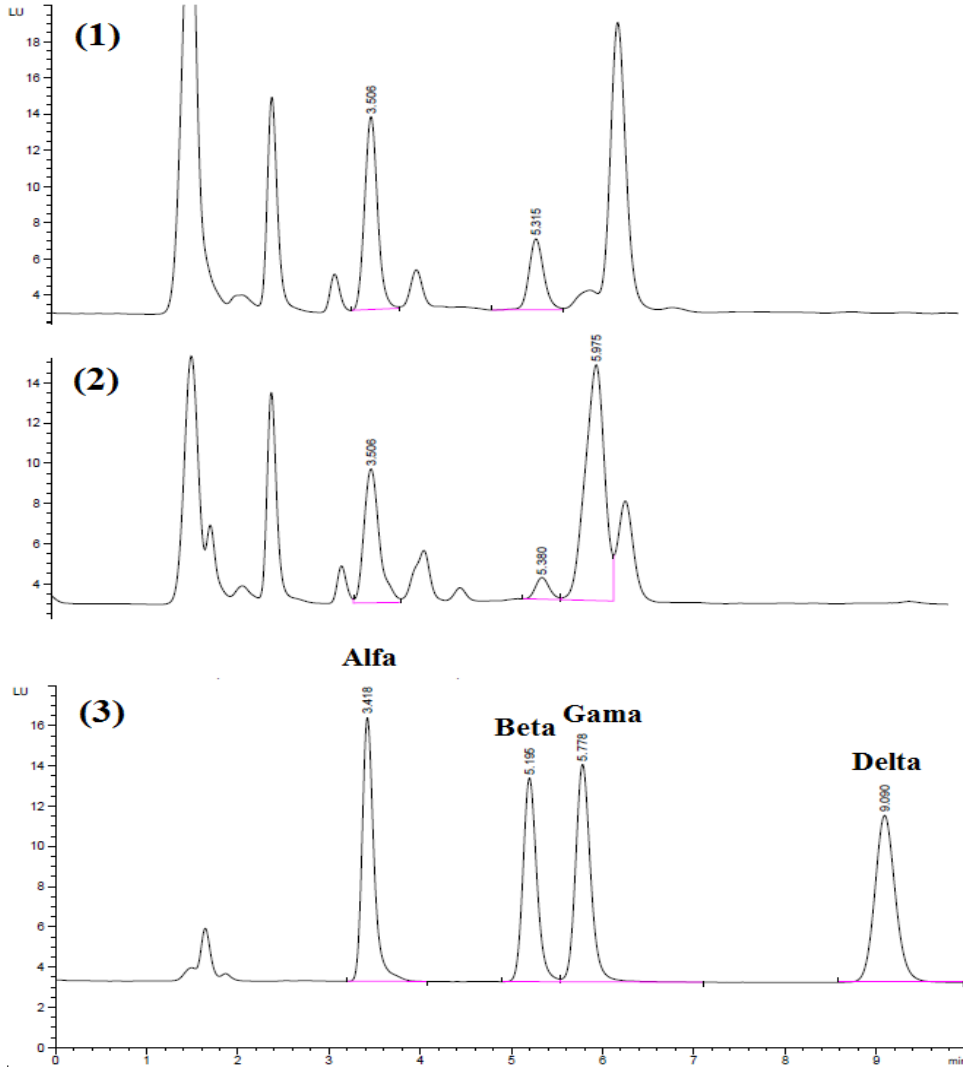
Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

*T: Tokoferol

**t.e.: tespit edilememiştir.

Çizelge 4.24' ten de görüleceği üzere, keten tohumu katkılı tarhanalarda, δ tokoferol hariç diğer tüm tokoferol izomerleri bulunmaktadır. Kontrol tarhanada ise δ tokoferolün yanında γ tokoferol de tespit edilememiştir. Keten tohumu katkılı tarhanaların γ tokoferol içermesi, keten tohumunun γ tokoferolce zengin olmasının bir sonucudur. Kontrol tarhana α ve β tokoferolleri sırasıyla 75.09 ve 31.60 mg/100 g tarhana yağı şeklinde içermekte ve tüm tarhana örnekleri içerisinde bu tokoferol izomerleri bakımından en yüksek değerlere sahip olduğu çizelgeden anlaşılmaktadır. Keten tohumunun, α ve β tokoferolleri içermemesine rağmen keten tohumu katkılı ürünlerin bu izomerleri içermesi ise kontrol tarhananın bu izomerlere sahip olmasıyla açıklanabilmektedir.

Çiftçi ve ark. (2010), ticari olarak piyasadan topladıkları tarhana örneklerinin α , γ ve δ tokoferol içeriklerini sırasıyla 9.1, 371.1 ve 1.34 μ g/g olarak tespit etmiştir.



Şekil 4.4. Kontrol tarhana (1), %15 keten tohumu katkılı tarhana (2) ve tokoferol standartları (3) kromatogramları

4.6.8. B₁ ve B₂ vitaminleri içeriği

Tarhana örneklerinin B₁ (tiamin) ve B₂ (riboflavin) vitamini içerikleri Çizelge 4.25' te gösterilmektedir. B₁ vitaminleri bakımından örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülürken ($p < 0.05$), en yüksek B₁ vitamini değerine 2.80 mg/kg ile keten tohumu katkısız tarhana sahip olmuştur. Genel olarak ise B₁ vitamini içeriklerinin, keten tohumu katkı dozunun artmasıyla birlikte azaldığı görülmektedir.

B₂ vitamini açısından tarhana örnekleri arasında en yüksek değere 0.76 mg/kg ile %15 katkılı tarhana sahip olmuş, genel olarak ise katkı dozunun artmasıyla birlikte B₂ vitamini içeriği de artmıştır. İstatistiksel açıdan örnekler arasındaki değişimin önemli olduğu görüle

de, değerler ve standart hatalar çok küçük olduğu için bu farklılığın matematiksel olarak tesadüfi hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.25. Tarhana örneklerinin B₁ ve B₂ vitamini içeriği (n=4)

Katkı Dozu (%)	B ₁ Vitamini (mg/kg tarhana)	B ₂ Vitamini (mg/kg tarhana)
0	2.80 ± 0.03 ^A	0.50 ± 0.03 ^B
5	2.51 ± 0.04 ^B	0.68 ± 0.04 ^{AB}
10	2.43 ± 0.04 ^B	0.62 ± 0.01 ^{AB}
15	2.08 ± 0.03 ^C	0.76 ± 0.01 ^A
p	0.001	0.018

Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

NOT: Tarhana formülasyonuna katılan orta dalga IR enerji ile 5.3 dakika işlenen keten tohumunun B₁ ve B₂ vitaminleri içeriği sırasıyla 0.38 ve 0.25 mg/kg keten tohumu olarak bulunmuştur.

HPLC ile yapılan B₁ vitamini analizinde kullanılan LOD ve LOQ değerleri sırasıyla 1.39×10^{-7} ve 4.22×10^{-7} M iken, B₂ vitamini analizinde kullanılan LOD ve LOQ değerleri ise sırasıyla 4.13×10^{-8} ve 1.25×10^{-7} M dir.

Vitamin miktarı; sıcaklık, ışık, hava, gıda işleme koşulları ve diğer gıda bileşenlerinden etkilenmektedir. Fermentasyon süresi ve kurutma sıcaklıkları suda çözünebilen vitaminlerin gıdalarda bulunma miktarları üzerinde etkili olmaktadır. Yapılan bir çalışmada, fermentasyon süresi artışıyla bu vitaminlerin miktarlarının arttığı belirlenmiş olup, kurutma sıcaklığındaki artışların ise bu vitaminlerin içerik olarak azalmasına neden olduğunu göstermektedir. Fermentasyon başlangıcında 1.7 mg/kg olan B₂ içeriği, fermentasyonun 4. gününde 2.3 mg/kg' a yükselmiş, B₁ içeriğinde 4.3 mg/kg seviyesinden 4.4 mg/kg' a çıkarak çok fazla bir değişiklik olmamıştır. 50°C sıcaklıkta 48 saat yapılan kurutma işlemi sonucunda ise tarhananın tiamin ve riboflavin içerikleri ise sırasıyla 3.6 ve 2.7 mg/kg tarhana şeklinde belirlenmiştir (Ekinci, 2005).

İbanoğlu ve ark. (1997), tarhana örneklerinin B₁ içeriklerini 1.4-2.2 µg/g aralığında, B₂ içeriklerini ise 0.7-0.9 µg/g olarak tespit etmiştir. Löker ve ark. (2013) ise, tarhananın B₁ ve B₂ vitamini içeriklerini sırasıyla 0.64 ve 0.83 mg/100 g olarak belirlemişlerdir. Dağlıoğlu (2000), tarhananın B₁ vitaminini 0.01 mg/100 g, B₂ içeriğinin ise 0.08 mg/100 g olduğunu belirlemiştir.

Certel ve ark. (2007), tam buğday unlu tarhananın B₁ içeriğini 10.06 mg/kg, B₂ içeriğini ise 3.91 mg/kg olarak tespit etmiştir.

4.6.9. Fonksiyonel özellikler

Tarhanaların fonksiyonel özellikleri, viskozite, köpürme kapasitesi, su bağlama kapasitesi ve yağ bağlama kapasitesi açısından incelenmiş olup viskozite değerleri, tarhanaların pişirilip çorba haline gelmesiyle sabit bir sıcaklıkta ölçülmüştür. Belirlenen sabit ölçüm sıcaklığı, insanların ortalama çorba tüketim sıcaklıkları düşünülerek belirlenmiş olup, sabit sıcaklık koşulunun sağlanabilmesi amacıyla viskozimetreye sirkülasyonlu bir su banyosu bağlanmıştır.

Tarhana örneklerinin farklı dönüş hızlarındaki viskozite değerleri cP cinsinden Çizelge 4.26' da verilmiş olup, örnekler arasında her bir dönüş hızı için yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda önemli farklılıkların olduğu görülmüştür ($p<0.05$). 10, 20 ve 50 rpm hızlardaki viskozite değerleri kontrol tarhana için sırasıyla 3443.00, 2134.00 ve 1186.70 cP iken %15 keten tohumu katkılı tarhana için ise bu değerlerin 1531.00, 923.00 ve 498.17 cP olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara bakarak keten tohumu katkısıyla orantılı olarak katkı dozu arttıkça tarhana çorbasının viskozite değerlerinin azaldığı söylenebilmektedir. Viskozite akmaya karşı direnci gösterdiği için daha yüksek değerlere sahip olan çorbaların daha koyu bir kıvamı sahip olduğu yani akışkan özelliğinin azaldığı, sonuç olarak ise keten tohumu katkısının artmasıyla birlikte tarhana çorbasının daha akışkan bir form kazanarak daha az kıvamlı bir özelliğe sahip olduğu şeklinde yorumlanabilmektedir.

Çizelge 4.26. Tarhana örneklerinin viskozite değerleri (cP) (n=4)

Katkı Dozu (%)	Viskozite (cP)		
	10 rpm	20 rpm	50 rpm
0	3443.00 ± 3.46 ^A	2134.00 ± 3.61 ^A	1186.70 ± 2.35 ^A
5	2394.00 ± 5.67 ^B	1585.50 ± 2.29 ^B	876.33 ± 1.20 ^B
10	1802.00 ± 4.00 ^C	1207.70 ± 2.23 ^C	672.48 ± 0.76 ^C
15	1531.00 ± 5.67 ^D	923.00 ± 2.68 ^D	498.17 ± 0.74 ^D
p	0.000	0.000	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır ($p<0.05$).

Bilgiçli (2009), karabuğday unu katkılı tarhanaların fonksiyonel özelliklerini incelemiş, pişmiş tarhananın 100 rpm dönüş hızında 60°C sıcaklıklardaki viskozite değerlerini karabuğday unu katkısız tarhana için 1470 cP olarak belirlemiş, karabuğdaylı tarhana çorbalarında ise, %20 katkılı örnekte 1320 ve %40 katkılı örnekte 1070 cP olarak tespit etmiştir. Genel olarak karabuğday unu ilavesindeki artışa bağlı olarak viskozite değerleri de düşmektedir. Viskozitedeki bu azalışın, karabuğday ununun artışıyla tarhana içeriğindeki nişasta ve glutenin azalması ve fermentasyon kaybına bağlı olduğu belirtilmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada, tarhana bileşimine %3, 5 ve 8 oranlarında keçi boynuzu ilave edilmiş ve keçi boynuzunun tarhananın fonksiyonel özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. 100 rpm ve 60°C sıcaklık koşullarında gerçekleştirilen viskozite analizleri sonucunda kontrol ve %8 keçi boynuzu katkılı tarhanaların viskozite değerleri sırasıyla 98.40 ve 117.65 cP olarak belirlenmiştir. Köpürme, su bağlama ve yağ bağlama kapasiteleri açısından ise kontrol örnek sırasıyla 0.78 mL/mL, 0.62 ve 0.61 mL/g değerlere sahipken, %8 keçi boynuzu katkılı tarhana örneğinin ise bu özellikler bakımından değerleri sırasıyla 0.91 mL/mL, 0.64 ve 0.68 mL/g olarak belirtilmiştir. Keçi boynuzu gamlarının kıvam verici ve jelleştirici özellikleri dikkate alındığında viskozite değerindeki artış beklenildiği gibi olmuş ve katkı dozunun artmasıyla viskozite artış göstermiştir (Çağlar ve ark., 2013).

Bilgiçli ve ark. (2006a), %10, 25 ve 50 oranlarında buğday kepeği ilave ettikleri tarhanaların pişmiş viskozitesini 100 rpm dönüş hızı ve 65°C sıcaklık koşullarında incelemişlerdir. Buğday kepeği içermeyen tarhana çorbasının viskozitesinin 600 cP olduğunu, buğday kepeği katkı dozunun artmasıyla birlikte ise viskozite değerlerinin %10, 25 ve 50 buğday kepeği katkıları için 450, 200 ve 150 cP' e düştüğünü belirtmişlerdir. Buğday kepeğinin düşük miktarlardaki nişasta içeriğine bağlı olarak, katkı dozunun artmasıyla birlikte viskozite değerlerinin düşme nedeni açıklanabilmektedir.

Çizelge 4.27. Tarhana örneklerinin bazı fonksiyonel özellikleri (n=4)

Katkı Dozu (%)	Köpürme Kapasitesi (mL/mL)	Su Bağlama Kapasitesi (mL/g)	Yağ Bağlama Kapasitesi (mL/g)
0	0.70 ± 0.01 ^A	0.61 ± 0.01	0.90 ± 0.01 ^B
5	0.67 ± 0.01 ^{AB}	0.59 ± 0.01	0.99 ± 0.01 ^A
10	0.64 ± 0.01 ^B	0.62 ± 0.01	0.91 ± 0.01 ^B
15	0.51 ± 0.01 ^C	0.60 ± 0.01	0.95 ± 0.01 ^{AB}
p	0.001	0.051	0.016

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-C) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

Yağ bağlama kapasitesi gıdalar için önemli bir fonksiyonel özellik olup, lezzetin kalıcılığını artırır ve ağızda algılanmasını geliştirir (Martinez ve ark., 2006). Tarhananın araştırılan diğer fonksiyonel özellikleri olan köpürme kapasitesi, su bağlama kapasitesi ve yağ bağlama kapasitesi Çizelge 4.27’ de gösterilmiştir. Su bağlama kapasitesi bakımından örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık görülmezken (p>0.05), köpürme kapasitesi ve yağ bağlama kapasitesi bakımından örnekler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (p<0.05). Kontrol tarhananın köpürme ve yağ bağlama kapasiteleri sırasıyla 0.70 mL/mL ve 0.90 mL/g olarak belirlenirken, %15 keten tohumu katkılı tarhana örneklerinde ise bu değerler sırasıyla 0.51 mL/mL ve 0.95 mL/g olarak tespit edilmiştir. Çizelgedeki değerlerden de anlaşılacağı üzere, keten tohumu katkısıyla birlikte tarhanalardaki köpürme miktarı azalmış, yani oluşan köpüğün hacminde azalış meydana gelmiş, yağ bağlama kapasitesinde ise tam tersi bir durum söz konusu olarak keten tohumu artışıyla birlikte tarhana örneklerinin daha fazla yağı bünyesine alabildiği görülmüştür.

Hayta ve ark. (2002), farklı kurutma koşullarının tarhananın fonksiyonel özelliklerini etkilediğini belirtmiştir. Yapılan çalışmada tarhana örneklerinin köpürme kapasitesi 0.11-0.65 mL/mL arasında değişiklik gösterirken, su bağlama ve yağ bağlama kapasiteleri ise sırasıyla 0.45-2.28 ve 0.62-0.76 mL/g arasında değerler almıştır.

Bilgiçli (2009), karabuğday unlu tarhanaların köpürme kapasitesinin %20 katkı oranı ile 0.75’ ten 0.83 mL/mL’ ye çıktığını belirlemiştir. Su bağlama ve yağ bağlama kapasitelerinde ise kontrol, %20 ve %40 karabuğday unu katkılı örnekler için sırasıyla su bağlama 0.63, 0.61 ve 0.56 mL/g ve yağ bağlama 4.59, 6.44 ve 3.53 mL/g olarak değişiklik göstermiştir.

Keten tohumunun viskozite ve su tutma kapasitesi tohum çeşidine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Oomah ve Mazza (1997), su tutma kapasitesini 1.10-2.37 g/g olarak belirlemişlerdir.

Martinez ve ark. (2006), bazı fonksiyonel özelliklerin, protein içeriğine, proteinin polar ve polar olmayan amino asit kompozisyonuna bağlı olduğuna değinmiş ve %59.89 oranında protein içeren keten tohumu protein konsantrantlarında su bağlama kapasitesinin 2.7 g/g (%253.5) ve yağ bağlama kapasitesinin de 1.18 g/g (%150.25) olduğunu belirtmiştir.

Rabetafika ve ark. (2011), keten tohumu proteinlerinin ve soya proteinlerinin su bağlama, yağ bağlama ve köpürme kapasitelerini karşılaştırmıştır. Keten tohumu proteinleri %603.5 su bağlama kapasitesi ile soya proteinlerinin su bağlama kapasitesinden (%328) daha fazla su bağlama kapasitesine sahipken, keten tohumu yağ bağlama ve köpürme kapasiteleri açısından sırasıyla %202 ve %18 ile soya proteinlerinin gerisinde kalmıştır. Keten tohumu, proteinlerinin tekstür ve yapıyı geliştirebilmesi bakımından fırıncılık ürünlerine ilave edilebilirken, protein konsantrantları (%56-66 protein içeriyor) et emülsiyon ürünlerine pişme kayıplarını azaltmak ve yağ bağlama kapasitesini arttırmak, et suyu/çorbaların emülsiyon ve viskozite özelliklerini geliştirmesi amacıyla kullanılırken, protein izolatları ise (%87 protein içeriyor) et emülsiyonlarına yağ ve su bağlama kapasitelerini arttırmak ve pişme kayıplarını azaltmak, tatlılarda köpürme özelliklerini geliştirmek, et suyu/çorbalarda emülsiyon, viskozite ve yağ özelliklerini geliştirmek amacıyla katılmaktadır.

Khattab ve Arntfield (2009), yağı alındıktan sonra keten tohumlarını öğütmüş ve keten tohumlarını 180°C sıcaklıkta 15 dakika kavurmuştur. Kavurmanın su ve yağ bağlama kapasiteleri ile köpürme kapasitelerinin incelendiği bu çalışmada, ısıl işlemin su ve yağ bağlama kapasitelerini arttırdığı, köpürme kapasitesini ise önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Kavurma işlemi uygulanmayan örneğin su ve yağ bağlama kapasiteleri sırasıyla 603.50 ve 201.50 g/100 g iken, kavruktan keten tohumu örneğinin bu değerleri sırasıyla 701.50 ve 218.10 g/100 g' a yükselmiştir. Köpürme kapasitesi değerleri ise kontrol örnek için %17.82 iken ısıl işlem sonucunda kavruktan örneğin köpürme kapasitesi değeri %6.92' ye düşmüştür. Köpürme kapasitesindeki bu azalışın temelde protein denatürasyonuna bağlı olabileceğine değinilmiştir.

4.6.10. Yağ asidi kompozisyonu

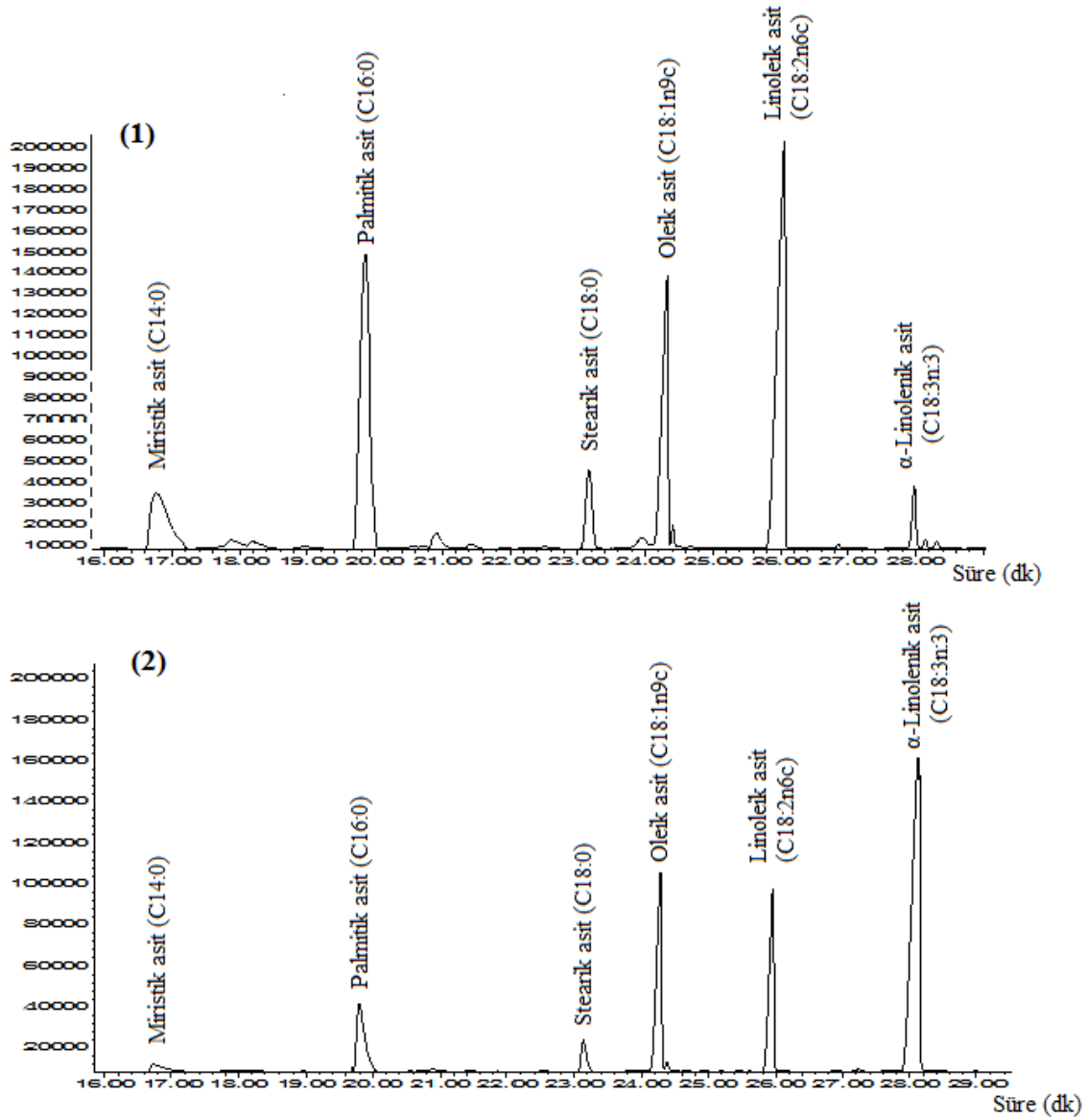
Çizelge 4.28' de tarhana bileşiminde yer alan yağ asitleri sunulmuştur. Belirlenen tüm yağ asitleri bakımından örnekler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır ($p<0.05$). Miristik, palmitik, stearik, oleik, linoleik ve α -linolenik asitleri içerdiği görülen örneklerde, keten tohumu katkısının artmasıyla birlikte, miristik, palmitik, oleik ve linoleik yağ asitleri miktarı azalırken, oleik ve α -linolenik asit içerikleri ise artmıştır. Bu değişimlere bağlı olarak, doymuş yağ asidi oranı azalmış, tekli ve çoklu doymamış yağ oranları ise artmıştır. Bu farklılıklar, tarhanaya ilave edilen keten tohumunun oleik ve α -linolenik asitlerce kontrol tarhanaya kıyasla daha zengin olması ve kontrol tarhananın ise, miristik, palmitik, stearik ve linoleik asitleri keten tohumundan daha fazla içermesinden kaynaklanmaktadır. Beklendiği üzere keten tohumundaki baskın α -linolenik asit içeriği tarhana örneklerine de yansımış ve bu bileşen açısından en zengin örnek %44.48 ile %15 keten tohumu katkılı tarhana olmuştur. Keten tohumu içermeyen kontrol tarhanada ise α -linolenik asit miktarı diğer yağ asitleri içinde en az orana sahipken, linoleik ve palmitik yağ asitleri ise kontrol tarhanadaki baskın karakterdeki yağ asitleri olmuştur. Kontrol tarhana ve %15 keten tohumu katkılı tarhananın yağ asidi kompozisyonlarına ait kromatogramlar Şekil 4.5' te sunulmuştur.

Çizelge 4.28. Tarhana örneklerinin yağ asidi kompozisyonu (% toplam yağ asidi)

Katkı Dozu (%)	Yağ Asitleri (% toplam yağ asidi)									Toplam Doymamış	$\omega 6/\omega 3^*$
	Miristik	Palmitik	Stearik	Oleik	Linoleik	α -Linolenik	Doymuş	MUFA*	PUFA*		
0	10.22 $\pm$	30.23 $\pm$	5.35 $\pm$	17.73 $\pm$	33.87 $\pm$	2.56 $\pm$	45.81 $\pm$	17.73 $\pm$	36.44 $\pm$	54.18 $\pm$	13.20 $\pm$
	0.29 ^A	0.45 ^A	0.09 ^A	0.23 ^B	0.37 ^A	0.04 ^D	0.65 ^A	0.23 ^B	0.41 ^C	0.65 ^C	0.08 ^A
5	2.99 $\pm$	14.91 $\pm$	4.17 $\pm$	20.98 $\pm$	22.34 $\pm$	34.59 $\pm$	22.08 $\pm$	20.98 $\pm$	56.93 $\pm$	77.91 $\pm$	0.64 $\pm$
	0.24 ^B	0.51 ^B	0.06 ^B	0.39 ^A	0.17 ^B	0.13 ^C	0.69 ^B	0.39 ^A	0.30 ^B	0.69 ^B	0.01 ^B
10	1.98 $\pm$	12.06 $\pm$	3.79 $\pm$	21.11 $\pm$	19.29 $\pm$	41.73 $\pm$	17.85 $\pm$	21.11 $\pm$	61.03 $\pm$	82.14 $\pm$	0.46 $\pm$
	0.37 ^B	0.64 ^C	0.08 ^{BC}	0.49 ^A	0.12 ^C	0.31 ^B	0.93 ^C	0.49 ^A	0.44 ^A	0.93 ^A	0.01 ^B
15	2.14 $\pm$	11.70 $\pm$	3.47 $\pm$	20.56 $\pm$	17.62 $\pm$	44.48 $\pm$	17.32 $\pm$	20.56 $\pm$	62.11 $\pm$	82.68 $\pm$	0.39 $\pm$
	0.02 ^B	0.06 ^C	0.01 ^C	0.01 ^A	0.02 ^D	0.05 ^A	0.08 ^C	0.01 ^A	0.08 ^A	0.08 ^A	0.01 ^B
p	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-D) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

*MUFA: çoklu doymamış yağ asitleri, PUFA: tekli doymamış yağ asitleri, $\omega 6/\omega 3$: omega-6 ve omega-3 yağ asitlerini oranı



Şekil 4.5. Kontrol tarhana (1) ve %15 keten tohumu katkılı tarhananın (2) yağ asidi kompozisyonu kromatogramı

Erbaş ve ark. (2006), tam buğday unlu tarhananın yağ asidi kompozisyonunu, sırasıyla %40.1-40.4 palmitik, %23.7-25.0 stearik, %16.4 miristik, %12.7-13.24 oleik, %4.6-5.2 bütirik, %0.6-0.9 linoleik ve %0.4-0.5 miristoleik asit olarak belirlemiştir. Palmitik asitin, yağ asitleri içerisinde baskın olmasının tarhana formülasyonundaki yoğurt içeriğine ve linoleik asitin bulunmasının ise buğday embriyosu ve yoğurt bileşimine dayandığını belirtmişlerdir.

Işık ve Yapar (2014), tarhananın yağ asidi kompozisyonunu incelemiş ve tarhanada en fazla bulunan yağ asitlerinin sırasıyla %26.83 ile palmitik, %24.81 oranla oleik ve %22.89 ile linoleik asitler olduğunu belirtmiştir. Diğer yağ asitlerinin ise %8.32, 6.93, 2.04, 1.43 ve 1.28

ile sırasıyla stearik, miristik, laurik, palmitoleik ve α -linolenik asitler olduğu tespit edilmiştir. Toplam doymuş yağ asitleri içeriği %48.16 iken toplam doymamış yağ asidi içeriği ise %51.84 (%27.67 tekli doymamış, %24.17 çoklu doymamış yağ asitleri) olarak belirtilmiştir.

Pohjanheimo ve ark. (2006), keten tohumu katkılı ekmeklerde kontrol ekmeğın yağ asidi bileşimini % toplam yağ asitleri cinsinden miristik asit 6.0, palmitik asit 21.6, stearik asit 28.4, oleik asit 13.3, linoleik asit 25.2 ve α -linolenik asit 2.1 olarak belirlemişlerdir. Keten tohumu katkılı ekmeklerin bu yağ asitleri değerlerini ise sırasıyla 1.3, 8.7, 3.6, 22.7, 20.3 ve 39.6 olarak tespit edilmişlerdir. Keten tohumu katkısıyla birlikte ekmek içeriğindeki α -linolenik ve oleik asitlerin miktarları artarken, diğer yağ asitlerinin miktarları azalmaktadır. Bu da kullanılan keten tohumundaki α -linolenik ve oleik asit içeriklerinin kontrol ekmektekinden daha fazla olmasına bağlıdır.

Villeneuve ve ark. (2013), %15 ve %30 keten tohumu katkılı makarnalarda yağ asidi kompozisyonunu palmitik, stearik, oleik, linoleik ve α -linolenik asit olarak belirlemişlerdir. %15 keten tohumu katkılı makarnalar belirlenen bu yağ asitlerini sırasıyla 6.1, 3.5, 18.3, 18.0 ve 54.1 g yağ asidi/100 g toplam yağ asitleri şeklinde içerirken, %30 katkılı makarnalar sırasıyla 6.0, 3.5, 18.3, 17.5 ve 54.7 g yağ asidi/100 g toplam yağ asitleri şeklinde içermektedir.

Chetana ve ark. (2010), buğday unu içeriğindeki palmitik asit miktarının keten tohumundakinden fazla olmasına bağlı olarak keten tohumu katkısız kontrol kekteki palmitik asit içeriğinin %62.24 ile en yüksek değere ve kontrol kekin en az α -linolenik asit içeriğine sahip olduğunu belirtmiştir. Keten tohumundaki yüksek α -linolenik asit içeriğine bağlı olarak ise, keten tohumu katkı oranının artmasıyla doğru orantılı olarak keklerde α -linolenik asit içeriğinin artış gösterdiğini tespit etmiştir.

Manthey ve ark. (2002), %5, 10 ve 15 oranlarında öğütölmüş keten tohumu ilaveli makarnaların, kurutma sıcaklıklarına göre α -linolenik asit içeriklerini incelemiştir. Keten tohumu ilavesiz makarnanın 40°C’ de kurutulması sonucu α -linolenik asit içeriği 0.8 mg/g olarak bulunmuş, %5, 10 ve 15 oranları için ise α -linolenik asit içeriği sırasıyla 8.6, 19.2 ve 29.7 mg/g olarak belirlenmiştir.

4.6.11. Tanımlayıcı duysal analiz

Tarhanaların tanımlayıcı duysal analizlerinde 8 eğitimli panelist bulunmuş, değerlendirmelerde 15 puanlı skala kullanılmış ve 14 adet terim belirlenmiştir. Bu terimler ve panelistlerin eğitimleri için kullanılan referanslar Çizelge 4.29’ da sunulmuştur. Tarhanaların puanlandırılması çizelgede belirtilen referanslara göre yapılmış ve değerlendirmede kullanılan monosodyum glutamat, şeker, tuz, sitrik asit ve kafein çözeltilerinin sırasıyla 3, 2, 2.5, 2 ve 2 puanlara denk geldiği, bunların dışındaki referansların ise en yüksek puan olan 15 puana denk geldiği düşünülerek değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

150 g tarhananın 2500 mL su ile 45 dk orta ateşte pişirilmesi sonucu elde edilen çorbalar, cam kavanozlara alınarak 72°C’ ye ayarlanmış su banyosuna alınmış ve bu sıcaklıkta beyaz köpük bardaklar içerisinde teker teker sunulmuştur.

Çizelge 4.29. Tanımlayıcı duysal terimler ve kullanılan referanslar

Terimler	Referanslar
Keten Tohumu	Ham keten tohumu
Domates/Kırmızı Biber	Kesilmiş kapyra biberi
Fermente Tahıl/Boza	Boza
Tahıl/Hamur	Un-su karışımı (hamur)
Pişmiş	Çok pişmiş tarhana
Karton/Kağıt	Islak karton
Kavruk	Kavrulmuş keten tohumu
Yavan	-
Yağimsı	Ayçiçeği yağı
Umami	%0.5’ lik monosodyum glutamat çözeltisi
Tatlı	%2’ lik şeker çözeltisi
Tuzlu	%0.2’ lik tuz çözeltisi
Ekşi	%0.05’ lik sitrik asit çözeltisi
Acı	%0.05’ lik kafein çözeltisi

Tarhana örneklerinin tanımlayıcı duysal analiz sonuçları Çizelge 4.30 ve Çizelge 4.31’ de sunulmuştur. ‘Fermente tahıl/boza’, ‘pişmiş’, ‘umami’, ‘tatlı’, ‘tuzlu’ ve ‘ekşi’ terimleri bakımından istatistiksel açıdan örnekler arasında önemli bir farklılık görülmezken ($p>0.05$), bunların dışındaki diğer terimlerin hepsinde tarhanalar arasında önemli farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). ‘Keten tohumu’, ‘karton/kağıt’, ‘kavruk’, ‘yağimsı’ ve ‘acı’ terimleri bakımından tarhana örneklerinde, keten tohumu dozunun artmasıyla verilen

puanların da arttığı görülmektedir. ‘Domates/kırmızı biber’ ve ‘tahıl/hamur’ terimleri bakımından ise katkı dozunun artmasıyla puanlarda düşme meydana gelmiştir. Aslında sonuçlar genel olarak beklenildiği gibidir; çünkü tarhanalara ilave edilen keten tohumu, orta dalga IR enerji ile 5.3 dakika işlenmiş ve işleme boyunca ısıl bir işleme maruz kalmıştır. Bu da üründe bir takım kavruk tat ve aromaya neden olmuştur. Keten tohumunun tarhana içeriğindeki katkı oranı arttıkça, kontrol tarhanada gözlemlenen bazı özellikler maskelenmiş, algılanması zorlaşmış veya fermantasyon sonucunda tarhana içeriğinde ortaya çıkmamış olabilir. Örneğin kontrol tarhana 4.28 puanla en yüksek ‘domates/kırmızı biber’ özelliğine sahipken bu özellik bakımından 1.15 puan ile en düşük değere %15 keten tohumu katkılı tarhana sahiptir. Tam tersi durum ise, ‘keten tohumu’ ve ‘kavruk’ terimleri için söz konusudur. Burada en yüksek değerlere %15 keten tohumu katkılı tarhanalar sahipken en düşük değerlerin ise kontrol tarhanada bulunduğu görülmektedir. Genel olarak ise ‘kavruk’ terimi açısından %5 ve 10 katkılı tarhanaların, kontrol tarhana ile benzer özellik gösterdiği, kavruk tadın en fazla algılandığı örneğin ise %15 keten tohumu katkılı tarhana olduğu anlaşılmaktadır.

Pohjanheimo ve ark (2006), ekmeklerde yaptıkları tanımlayıcı duyusal analizler sonucunda, keten tohumu katkısız ve keten tohumu katkılı ekmeklerin yumuşaklık, esneklik, ransit koku, küflü ekmek kokusu ve çiğnenebilirlik gibi özelliklerini incelenmiş, yumuşaklık, esneklik, ve ransit koku özellikleri açısından keten tohumu katkılı ekmekler daha yüksek puanlar alırken, kontrol ekmeğin çiğnenebilirlik değeri daha yüksek puan almış, küflü ekmek kokusu bakımından ise her iki örnek arasında herhangi bir fark belirlenememiştir.

Çizelge 4.30. Tarhana örneklerinin tanımlayıcı duyuşsal analiz değerleri-1

Katkı Dozu (%)	Terimler						
	Keten Tohumu	Domates/ Kırmızı Biber	Fermente Tahıl/Boza	Tahıl/Hamur	Pişmiş	Karton/Kağıt	Kavruk
0	0.06 ± 0.06 ^C	4.28 ± 0.23 ^A	1.28 ± 0.09	3.50 ± 0.30 ^A	2.78 ± 0.19	0.84 ± 0.19 ^C	0.00 ± 0.00 ^B
5	1.31 ± 0.15 ^B	2.75 ± 0.13 ^{AB}	1.18 ± 0.12	2.46 ± 0.37 ^{AB}	2.43 ± 0.14	1.00 ± 0.08 ^{BC}	0.18 ± 0.06 ^B
10	1.62 ± 0.09 ^B	2.06 ± 0.06 ^{BC}	1.15 ± 0.10	2.28 ± 0.22 ^B	2.68 ± 0.07	1.18 ± 0.09 ^{AB}	0.09 ± 0.04 ^B
15	2.84 ± 0.17 ^A	1.15 ± 0.11 ^C	1.06 ± 0.17	1.65 ± 0.28 ^B	2.62 ± 0.13	1.46 ± 0.12 ^A	1.68 ± 0.29 ^A
p	0.000	0.000	0.536	0.009	0.567	0.014	0.000

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-C) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Dunn testine göre farklıdır (p<0.05).

Çizelge 4.31. Tarhana örneklerinin tanımlayıcı duyuşsal analiz değerleri-2

Katkı Dozu	Terimler						
	Yavan	Yağımsı	Umami	Tatlı	Tuzlu	Ekşi	Acı
0	4.00 ± 0.12 ^B	0.53 ± 0.07 ^B	0.42 ± 0.12	1.75 ± 0.14	0.93 ± 0.18	0.58 ± 0.09	0.09 ± 0.06 ^B
5	3.12 ± 0.29 ^B	0.98 ± 0.16 ^A	0.42 ± 0.12	1.46 ± 0.16	0.83 ± 0.15	0.58 ± 0.08	0.25 ± 0.06 ^{AB}
10	5.90 ± 0.16 ^A	1.00 ± 0.10 ^A	0.48 ± 0.07	1.28 ± 0.12	0.89 ± 0.15	0.53 ± 0.07	0.34 ± 0.06 ^A
15	5.59 ± 0.43 ^A	1.31 ± 0.24 ^A	0.55 ± 0.12	1.31 ± 0.12	0.81 ± 0.15	0.47 ± 0.05	0.46 ± 0.09 ^A
p	0.000	0.020	0.920	0.108	0.959	0.723	0.033

Aynı kolonda farklı büyük harflerle (A-B) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Dunn testine göre farklıdır (p<0.05).

4.6.12. Tüketici testi

Tüketici testi, panelistlerin daha uygun bir şekilde puanlama yapabilmeleri açısından her bir tarhana örneğine, pişirme aşamasında 15 g ayçiçek yağı ve 5 g tuz ilave edilmiştir. Çorbalar pişirildikten sonra cam kavanozlara alınıp, 72°C' ye ayarlanmış su banyosuna yerleştirilmiş ve tüketicilere beyaz köpük bardaklarla servis edilmiştir. Genel beğeni sıralamasında panelistler en beğendikleri ürünü 1. sıraya en az beğendikleri ürünü ise 4. sıraya koymuşlardır.

Çizelge 4.32. Tarhana örneklerinin tüketici testi sonuçları

Katkı Dozu (%)	Terimler			Genel Beğeni Sıralaması
	Görünüş	Kıvam	Tat ve Koku	
0	6.57 ± 0.22 ^A	6.83 ± 0.17 ^A	6.64 ± 0.21 ^A	1.86 ± 0.11 ^A
5	6.61 ± 0.20 ^A	6.60 ± 0.20 ^A	6.75 ± 0.20 ^A	1.75 ± 0.09 ^A
10	4.82 ± 0.23 ^B	5.56 ± 0.20 ^B	5.28 ± 0.25 ^B	2.84 ± 0.10 ^B
15	4.30 ± 0.25 ^B	5.26 ± 0.22 ^B	4.00 ± 0.24 ^C	3.52 ± 0.09 ^C
p	0.000	0.000	0.000	0.000

Değerlendirmeler sonucunda en fazla beğenilen örneklerin kontrol ve %5 katkılı tarhanalar olduğu görülmüştür. Ayrıca bu örneklerin görünüş, kıvam, tat ve koku puanları da yüksektir. Genel beğeni sıralamasının istatistiksel değerlendirmelerinde harflendirme en az değerden en yüksek değere doğru yapılmıştır. Bunun nedeni genel beğenin bir puanlama değil bir sıralama olmasıdır.

Tüm karakteristikler açısından örnekler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar görülürken ($p < 0.05$), görünüş, kıvam, tat ve koku açısından en yüksek puanları kontrol ve %5 katkılı tarhana örnekleri alarak birbirlerine benzer özellikler göstermiştir. Genel beğeni sıralamasına bakılacak olursa, 1.75 ile %5 keten tohumu katkılı tarhana en beğenilen tarhana olmuştur. Beğenilme sırasında sonda yer alan ürün ise 3.52 ile %15 katkılı tarhana olmuştur.

Yükselci Kilci ve Göçmen (2012), %10, 20, 30 ve 40 oranlarında yulaf unu ilave ettikleri tarhana örneklerini renk, tat, koku, ağız hissi ve genel beğeni yönünden incelemiştir. Tat, koku ve ağız hissi özellikleri açısından sırasıyla en yüksek değerlere 6.45, 6.14 ve 6.27 puanlarla %10 katkılı tarhana sahipken, kontrol tarhana sırasıyla 5.48, 5.57 ve 5.68 puan

almıştır. Genel beğeni yönünden %10 en çok beğenilen ürün olmuş, kontrol tarhana bu özellik bakımından 5.59 puan alırken %10 katkılı tarhana 6.48 puan almıştır. Genel olarak, yulaf katkısının tarhanada istenmeyen tat ve kokuya neden olmadığı ve tüm örneklerin panelistler tarafından kısmen de olsa beğenildiği vurgulanmıştır.

Aliani ve ark. (2012), toplam ağırlık üzerinden %23 keten tohumu katkılı çöreklerin tüketici testi sonuçlarında kontrol örneğe kıyasla çok fazla bir farkın bulunmadığını, lezzet ve genel beğeni arasındaki farkın önemli olduğunu tespit edilmiştir. 9 puan üzerinden görünüş, renk, lezzet, yapı ve genel beğeni özellikleri açısından kontrol örnek sırasıyla 6.5, 6.8, 6.5, 6.5 ve 6.4 puan alırken, keten tohumu katkılı örnek ise 6.5, 6.6, 5.9, 6.2 ve 5.8 puan almıştır.

Chetana ve ark. (2010), ham ve 100°C sıcaklıkta 15 dakika kavrulan keten tohumu örneklerini ayrı ayrı %10, 20, 30 ve 40 oranlarında unla yer değiştirecek şekilde kek yapımında kullanmış ve yapılan duyusal test sonucunda tat ve genel beğeni özelliklerinin keten tohumu dozunun artmasıyla birlikte puanlarında düşme olduğu görülmektedir. 5 puan üzerinden tat açısından keten tohumu katkısız kek 4.25 puan alırken, %40 ham keten tohumu katkılı örnek 2.50 ve %40 kavrulmuş keten tohumu katkılı örnek ise 2.58 puan almıştır. Genel olarak keten tohumu katkı oranının artışıyla birlikte keklerde hoşça giden findığımsı kavruk bir tat olduğu belirtilmiştir. Genel beğeni açısından ise hem ham hem de kavrulmuş keten tohumu katkılı keklerin kontrol örneğe kıyasla daha düşük puanlar aldığı (kontrol 4.17, %40 ham keten tohumu katkılı 2.35 ve %40 kavrulmuş keten tohumu katkılı 2.75) ve %20 katkılı keklerin beğenildiği görülmüştür.

Khouryieh ve Aramouni (2012), %6, 12 ve 18 oranlarında keten tohumu katkılı kurabiye örneklerinin tüketici testi sonuçlarına göre %6 ve %12 katkılı kurabiyelerin beğenildiğini, %18 katkılı kurabiyelerin en düşük puanlara sahip olduğunu belirtmişlerdir. %6 keten tohumu katkılı kurabiyeler tekstür dışında diğer duyusal özellikler açısından (görünüş, lezzet, renk ve genel beğeni) en yüksek puanlara sahipken, kontrol örnek ile %6 katkılı örnek arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık görülmemiştir.

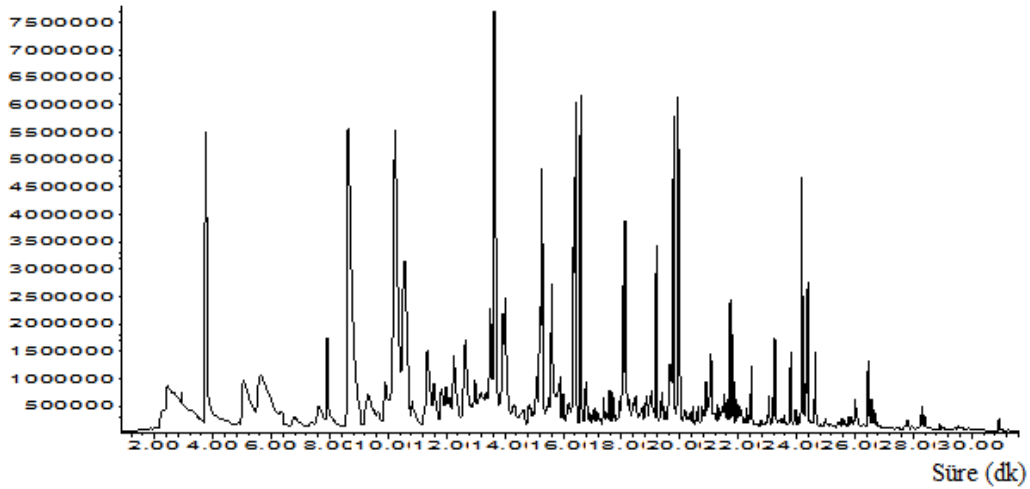
Karabuğday unu katkısının tarhananın duyusal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada, karabuğdayın renginden dolayı katkı oranının artmasıyla doğru orantılı olarak tarhananın görünüşünün değiştiği ve renginin koyulaştığı görülmüştür. Bu da tüketici puanlarını etkilemiş ve renk puanları katkı oranının artmasıyla birlikte azalmıştır. Lezzet açısından ise kontrol örneğin puanı 4.50 iken %20 katkılı örneğin puanı 5'e yükselmiş, fakat daha yüksek

katkı dozları için puanlar düşmüştür. Genel beğenide ise, %20 ve 40 karabuğday katkılı tarhanalar yüksek puanlar almıştır (Bilgiçli, 2009).

Erkan ve ark. (2006), arpa unu ilavesiyle tarhana örneklerinde renk ve tat açısından tüketici skorlarının düştüğünü, koku, ağız hissi ve kıvam özellikleri bakımından ise kontrol örnekle aralarında istatistiksel açıdan önemli bir farklılığın bulunmadığını belirlemiştir. Arpa unu katkısız tarhananın kıvamı panelistler tarafından ortalama 4.58 puan alırken, 1:1 buğday unu:arpa unu katkılı tarhana çorbasının kıvamı 4.01 olarak değerlendirilmiştir.

4.6.13. Uçucu bileşen analizi

Çizelge 4.33’ te tarhana örneklerinde belirlenmiş tüm uçucu bileşenleri yer almakta iken Çizelge 4.34’ te yalnızca bir örnekte belirlenebilmiş uçucu bileşenleri istatistiksel olarak değerlendirilmeyerek diğer uçucu bileşenlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesine yer verilmiştir. Şekil 4.6’ da ise %15 keten tohumu katkılı tarhananın uçucu bileşen analizine ait kromatografi sunulmuştur.



Şekil 4.6. %15 keten tohumu katkılı tarhananın uçucu bileşen kromatografisi

Tarhanada belirlenen uçucu bileşenler Çizelge 4.33 ve Çizelge 34’ ten de görüleceği üzere, alkol, aldehit, furan, ester ve ketonlar gibi maddelerdir. Tarhanada keten tohumu ilavesiyle birlikte ‘benzaldehyde’, ‘2,4-heptadienal’, ‘benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)’, ‘pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl’, ‘benzene,1-methoxy-4-(1-propenyl)’, ‘phenol,2-methoxy-4-(2-propenyl)’, ‘alpha-copaene’, ‘trans(beta)-caryophyllene’ ve ‘oxacycloheptadec-8-en-2-one’ bileşenleri olduğu görülmektedir. Bu bileşenler kontrol tarhanada belirlenememiştir. IR

işlemden geçen keten tohumlarında birçok pirazin mevcutken, tarhana sadece pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl belirlenebilmiş ve o da yalnızca %15 keten tohumu katkılı tarhanada görülmüştür. ‘Hexanoic acid,ethyl ester’ ve ‘octanoic acid,3-methylbutyl ester’ ise yalnızca kontrol tarhanada tespit edilmiştir. ‘2,4-Heptadienal’, ‘benzeneacetaldehyde’, ‘octanoic acid,ethyl ester’, ‘nonanoic acid,ethyl ester’, ‘phenol,2-methoxy-4-(2-propenyl)’, ‘decanoic acid, ethyl ester’, ‘dodecanoic acid, ethyl ester’ bileşenleri arasında istatistiksel açıdan farklılıkların olduğu belirlenmiştir ($p<0.09$). Tarhana içerisinde mevcut olan ‘2,4-Heptadienal’, ‘benzeneacetaldehyde’ ve ‘phenol,2-methoxy-4-(2-propenyl)’ bileşenlerinin miktarı keten tohumu oranıyla doğru orantılı olarak artma eğilimi gösterirken, istatistiksel açıdan farklılığın önemli bulunduğu diğer uçucu bileşenleri ise tam tersi eğilim göstererek, keten tohumu katkı oranının artmasıyla birlikte miktarlarında azalma meydana gelmiştir.

Literatüre bakıldığında Göçmen ve ark. (2004), tarhanada yaptıkları analizler sonucunda uçucu bileşenleri belirlemiş ve çeşitli alkol, aldehit, keton, ester, terpen, fenol, furan, sülfür ve asit bileşenleri tespit etmişlerdir. Tez sonuçlarıyla karşılaştırıldığında ise her iki çalışmada da benzer uçucu bileşenlerin tespit edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.33. Tarhana örneklerinin uçucu bileşenleri (µg/kg tarhana)

RI	Uçucu Bileşenler	ÖRNEK			
		KONTROL	5 KATKILI	10 KATKILI	15 KATKILI
804	Hexanal	4.48 ± 0.10	4.14 ± 0.63	5.21 ± 0.35	3.67 ± 0.92
898	Heptanal	0.82 ± 0.02	0.80 ± 0.04	1.01 ± 0.02	0.76 ± 0.17
972	Benzaldehyde	*t.e.	7.83 ± 0.13	7.48 ± 0.83	6.38 ± 0.92
989	Furan,2-pentyl	11.14 ± 2.10	9.33 ± 0.68	14.83 ± 0.14	10.95 ± 2.59
996	Hexanoic acid,ethyl ester	3.70 ± 0.09	t.e.	t.e.	t.e.
1007	2,4-Heptadienal	t.e.	0.90 ± 0.12	2.96 ± 0.25	1.54 ± 0.03
1027	Benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)	t.e.	0.60 ± 0.02	1.02 ± 0.09	0.92 ± 0.29
1043	Benzeneacetaldehyde	5.23 ± 1.24	9.60 ± 2.31	14.16 ± 0.09	10.78 ± 1.21
1057	2-Octenal,(E)	1.05 ± 0.20	0.95 ± 0.02	1.52 ± 0.10	0.97 ± 0.23
1070	1-Octanol	1.72 ± 0.40	2.10 ± 0.09	2.27 ± 0.17	1.62 ± 0.39
1080	Pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl	t.e.	t.e.	t.e.	0.49 ± 0.05
1100	Nonanal	6.00 ± 0.93	8.44 ± 0.54	9.26 ± 0.99	6.16 ± 1.53
1113	Benzeneethanol	4.30 ± 1.82	5.91 ± 1.21	4.79 ± 0.40	4.79 ± 0.48
1151	2,6-Nonadienal,(E,Z)	0.17 ± 0.05	1.13 ± 0.07	1.23 ± 0.03	0.99 ± 0.15
1158	2-Nonenal,(Z)	31.50 ± 7.15	39.11 ± 0.15	50.33 ± 5.13	34.04 ± 8.24
1170	1-Nonanol	1.42 ± 0.53	1.98 ± 0.03	2.09 ± 0.13	1.65 ± 0.24
1195	Octanoic acid, ethyl ester	135.50 ± 25.50	102.19 ± 1.69	38.40 ± 4.49	20.94 ± 5.26
1202	Decanal	25.90 ± 5.49	39.66 ± 3.05	48.20 ± 5.23	34.07 ± 6.67

Çizelge 4.33' ün devamı

1248	Octanoic acid,3-methylbutyl ester	2.80 ± 0.33	t.e.	t.e.	t.e.
1256	3-Decen-1-ol,(Z)	1.70 ± 0.56	2.47 ± 0.14	2.56 ± 0.12	2.09 ± 0.32
1258	(Z)-4-Decen-1-ol	1.41 ± 0.47	2.06 ± 0.10	2.25 ± 0.14	1.85 ± 0.27
1283	Benzene,1-methoxy-4-(1-propenyl)	t.e.	t.e.	0.34 ± 0.03	0.52 ± 0.07
1292	Nonanoic acid,ethyl ester	0.87 ± 0.19	0.74 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.18 ± 0.03
1312	2,4-Decadienal, (E,E)	1.26 ± 0.40	1.16 ± 0.14	1.66 ± 0.04	1.30 ± 0.06
1314	2-Methoxy-4-vinylphenol	0.31 ± 0.10	0.42 ± 0.07	0.35 ± 0.01	0.34 ± 0.02
1356	Phenol,2-methoxy-4-(2-propenyl)	t.e.	0.10 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.26 ± 0.02
1375	Alpha-Copaene	t.e.	t.e.	3.61 ± 0.19	2.96 ± 0.72
1384	Ethyl 9-decenoate	16.55 ± 3.86	13.03 ± 0.17	t.e.	t.e.
1392	Decanoic acid, ethyl ester	54.30 ± 14.00	44.27 ± 0.58	21.98 ± 1.40	12.37 ± 2.02
1420	Trans(Beta)-Caryophyllene	t.e.	0.19 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.27 ± 0.06
1450	5,9-Undecadien-2-one,6,10-dimethyl-,(E)	6.23 ± 1.66	7.91 ± 0.14	5.47 ± 0.31	3.61 ± 0.66
1485	3-Buten-2-one,4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)	2.13 ± 0.40	2.74 ± 0.01	2.59 ± 0.10	1.57 ± 0.26
1570	Oxacycloheptadec-8-en-2-one-	t.e.	t.e.	t.e.	0.10 ± 0.01
1590	Dodecanoic acid, ethyl ester	12.63 ± 3.35	10.44 ± 0.43	6.38 ± 0.05	3.21 ± 0.36
1790	Tetradecanoic acid, ethyl ester	4.50 ± 1.41	4.53 ± 0.61	2.38 ± 0.05	1.36 ± 0.26
1990	Hexadecanoic acid,ethyl ester	4.67 ± 1.60	6.16 ± 1.74	3.26 ± 0.21	2.38 ± 0.31

*t.e.: tespit edilememiştir.

Çizelge 4.34. Tarhana örneklerinin uçucu bileşenlerinin istatistiksel değerlendirmesi (µg/kg tarhana)

	ÖRNEK				
Uçucu Bileşenler	KONTROL	5 KATKILI	10 KATKILI	15 KATKILI	p
Hexanal	4.48 ± 0.10	4.14 ± 0.63	5.21 ± 0.35	3.67 ± 0.92	0.421
Heptanal	0.82 ± 0.02	0.80 ± 0.04	1.01 ± 0.02	0.76 ± 0.17	0.341
Benzaldehyde	*t.e.	7.83 ± 0.13	7.48 ± 0.83	6.38 ± 0.92	0.465
Furan,2-pentyl	11.14 ± 2.10	9.33 ± 0.68	14.83 ± 0.14	10.95 ± 2.59	0.277
2,4-Heptadienal	t.e.	0.90 ± 0.12 ^B	2.96 ± 0.25 ^A	1.54 ± 0.03 ^{AB}	0.025
Benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)-	t.e.	0.60 ± 0.02	1.02 ± 0.09	0.92 ± 0.29	0.176
Benzeneacetaldehyde	5.23 ± 1.24 ^B	9.60 ± 2.31 ^{AB}	14.16 ± 0.09 ^A	10.78 ± 1.21 ^{AB}	0.025
2-Octenal,(E)	1.05 ± 0.20	0.95 ± 0.02	1.52 ± 0.10	0.97 ± 0.23	0.192
1-Octanol	1.72 ± 0.40	2.10 ± 0.09	2.27 ± 0.17	1.62 ± 0.39	0.460
Nonanal	6.00 ± 0.93	8.44 ± 0.54	9.26 ± 0.99	6.16 ± 1.53	0.209
Benzeneethanol	4.30 ± 1.82	5.91 ± 1.21	4.79 ± 0.40	4.79 ± 0.48	0.789
2,6-Nonadienal,(E,Z)	0.17 ± 0.05	1.13 ± 0.07	1.23 ± 0.03	0.99 ± 0.15	0.080
2-Nonenal,(Z)	31.50 ± 7.15	39.11 ± 0.15	50.33 ± 5.13	34.04 ± 8.24	0.269
1-Nonanol	1.42 ± 0.53	1.98 ± 0.03	2.09 ± 0.13	1.65 ± 0.24	0.413
Octanoic acid,ethyl ester	135.50 ± 25.50 ^A	102.19 ± 1.69 ^{AB}	38.40 ± 4.49 ^{BC}	20.94 ± 5.26 ^C	0.010

Çizelge 4.34' ün devamı

Decanal	25.90 ± 5.49	39.66 ± 3.05	48.20 ± 5.23	34.07 ± 6.67	0.147
3-Decen-1-ol,(Z)	1.70 ± 0.56	2.47 ± 0.14	2.56 ± 0.12	2.09 ± 0.32	0.382
(Z)-4-Decen-1-ol	1.41 ± 0.47	2.06 ± 0.10	2.25 ± 0.14	1.85 ± 0.27	0.341
Benzene,1-methoxy-4-(1-propenyl)	t.e.	t.e.	0.34 ± 0.03	0.52 ± 0.07	0.106
Nonanoic acid,ethyl ester	0.87 ± 0.19 ^A	0.74 ± 0.01 ^{AB}	0.26 ± 0.02 ^B	0.18 ± 0.03 ^B	0.019
2,4-Decadienal, (E,E)	1.26 ± 0.40	1.16 ± 0.14	1.66 ± 0.04	1.30 ± 0.06	0.468
2-Methoxy-4-vinylphenol	0.31 ± 0.10	0.42 ± 0.07	0.35 ± 0.01	0.34 ± 0.02	0.735
Phenol,2-methoxy-4-(2-propenyl)	t.e.	0.10 ± 0.02 ^B	0.13 ± 0.01 ^{AB}	0.26 ± 0.02 ^A	0.025
Alpha-Copaene	t.e.	t.e.	3.61 ± 0.19	2.96 ± 0.72	0.553
Ethyl 9-decenoate	16.55 ± 3.86	13.03 ± 0.17	t.e.	t.e.	1.000
Decanoic acid, ethyl ester	54.30 ± 14.00 ^A	44.27 ± 0.58 ^{AB}	21.98 ± 1.40 ^{AB}	12.37 ± 2.02 ^B	0.041
Trans (Beta)-Caryophyllene	t.e.	0.19 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.27 ± 0.06	0.176
Dodecanoic acid, ethyl ester	12.63 ± 3.35 ^A	10.44 ± 0.43 ^A	6.38 ± 0.05 ^{AB}	3.21 ± 0.36 ^B	0.036

Aynı satırda farklı büyük harflerle (A-C) gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

*t.e.: tespit edilememiştir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması ile; keten tohumu, 1150 W/m² radyasyon yoğunluğu esas alınarak kısa dalga 550 W ve orta dalga 700 W güçlerde IR enerji ile işlenmiş ve keten tohumundaki HCN bileşenleri miktarı azaltılmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda tüketici beğenilirliği açısından keten tohumunun ham tadından kurtulup hoş ve kavruk bir aroma kazanması amaçlanmıştır. Tezin bir diğer amacı da, işlenmiş keten tohumunu tarhana yapımında kullanarak, tarhananın besinsel bileşimini zenginleştirmek ve keten tohumu ilavesinin tarhananın aroma içeriğine ve tüketici beğenilirliğine etkilerini araştırmaktır. Bu şekilde, insan sağlığı açısından son derece faydalı olan keten tohumunun tüketiminin artırılması için alternatif seçeneğin elde edilebileceği düşünülmüştür.

IR enerji ile işlenen keten tohumu örneklerinde temel bileşen içeriği bakımından pratikte önemli farklılıklar olmazken, işlem süresinin artmasıyla birlikte IR enerjinin ısıtma işlem etkisine dayalı olarak tohum renginin koyulaştığı ve renk değişiminin arttığı görülmüştür.

Hem orta hem de kısa dalga IR enerji uygulamaları sonucunda, keten tohumundaki HCN içeriği azaltılabilmektedir. İşlem süresinin artmasıyla birlikte HCN miktarındaki azalışın da arttığı tespit edilmiş ve kısa dalga IR enerjinin bu bakımdan orta dalga IR enerjiye kıyasla kısmen daha etkili olduğu görülmüştür. Kısa dalga IR enerji uygulamasıyla 7 dakika işlenen tohumların HCN içeriği %59.71 oranında azalırken, orta dalga 7 daikada bu oran %55.25' te kalmıştır. Çalışmanın en önemli sonuçlarından birisi olan HCN içeriğindeki azalış oranlarının, keten tohumlarının çalışma kapsamında gerçekleştirilen işlem sürelerinden daha uzun sürelerde işlenebilmesi durumunda artacağı düşünülmekte, ancak bu durumda da oluşacak yanık tadın insan tüketimi açısından uygun olmayacağı düşünülmektedir.

Tokoferol ve yağ asidi kompozisyonu sonuçları bakımından ise, keten tohumu üzerinde IR enerjinin olumsuz bir etki yapmadığı belirlenmiştir. Özellikle keten tohumundaki en önemli bileşenlerden olan γ -tokoferol ve α -linolenik asit içeriğinin azalmadığı görülmüş, hatta γ -tokoferol içeriğinin işleme ile birlikte arttığı tespit edilmiştir. Bu bakımından çalışmada kullanılan yöntem, bu iki önemli bileşende kayıplara neden olmamasından dolayı beklenen sonuçlar açısından başarılı gösterilebilmektedir.

Tanımlayıcı duyuşal özellikleri daha önce yapılan çalışmalarda çok net olarak ortaya konmamış keten tohumunun, duyuşal özellikleri de tez kapsamında incelenmiştir. Ham ve IR işlemden geçen örneklerde gerçekleştirilen analizler sonucunda, belirlenen ‘bitkisel/ imen’, ‘ i /nohutumsu’, ‘ham ay ekirde i’, ‘boyamsı/cilamsı’, ‘balı ımsı’ ve ‘metalik’ duyuşal terimlerinin ham keten tohumunda, ‘kavrulmuş ay ekirde i’, ‘yanmış ay ekirde i’ ve ‘patlamış mısır’ gibi duyuşal terimlerin ise IR enerji ile işlenmiş örneklerde baskın olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, çalışmada amaçlandığı gibi IR enerji işleme ile birlikte keten tohumu ham tadından sıyrılarak, hoşa giden kavruk bir tada sahip olmuştur.

Uçucu bileşen analizi sonuçlarına bakıldığında ise, IR işlem ile birlikte ‘pyrazine,2,5-dimethyl’ ve ‘pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl’ gibi birçok pirazin çeşidinin olduğu ve bu pirazinlerin genel olarak işlem s uresinin daha uzun olduğu örneklerde ve kısa dalga IR enerji ile işlenmiş örneklerde daha yoğun olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, ham keten tohumundaki ‘alpha-thujene’, ‘1-phellandrene’ ve ‘alpha terpinene’ gibi bileşenlerin ise işleme ile birlikte kaybolduğu görülmektedir.

İşlenmiş keten tohumlarının 180 gün boyunca 25 C sıcaklıkta depolanması sonucunda 30 günde bir peroksit sayısı değerleri takip edilmiş ve işlenmiş keten tohumlarında başlangıçta 0’ a yakın olan değerlerin depolamayla birlikte hızlı bir şekilde arttığı ve tohumların okside olduğu görülmüştür. Tohumların vakum altında ambalajlanması veya 25 C’ nin altında, buzdolabı sıcaklığında veya derin dondurucuda saklanması gibi depolama koşullarının farklı olması sonucunda peroksit sayısı sonuçlarının daha düşük olabileceği d ş n lmektedir.

İşlenmiş keten tohumlarından seçilen keten tohumunun %5, 10 ve 15 oranlarda tarhanaya ilave edilmesi sonucunda ise tarhananın temel bileşen içeriğinde beklendiği gibi genel olarak artış meydana gelmiş, özellikle Fe, Zn, Mg, Ca, K ve P mineralleri bakımından tarhananın zenginleşti i belirlenmiştir.

Tarhananın diyet lif içeriği açısından ise, keten tohumu katkısıyla birlikte suda     nen ve     nmeyen diyet lif içeriğinin arttığı görülmüştür. Benzer şekilde, fitik asit içeriği bakımından da keten tohumu katkısının artmasıyla birlikte artış meydana gelmiştir.

Yapılan analizler sonucunda  -tokoferol içermediği belirlenen kontrol tarhanaya  -tokoferol içeriği bakımından zengin olan keten tohumunun eklenmesi,  -tokoferolün tarhana bileşimine dahil olmasına sebep olmuştur. Böylece kontrol tarhanada bulunan   ve   tokoferollere ek olarak keten tohumu ilavesi ile tarhanaya  -tokoferol eklenmiş ve

tarhana tokoferol çeşitliliği açısından daha da zenginleşmiştir. Özellikle B1 vitamini bakımından kontrol tarhana keten tohumuna kıyasla daha zengin olduğundan, keten tohumu ilavesiyle birlikte B1 vitamini içeriği azalmıştır. B2 vitamini içeriği açısından ise kontrol tarhana ve keten tohumu yakın değerlere sahip olduğundan keten tohumu katkı oranının artmasıyla birlikte B2 vitamini açısından önemli bir değişim görülmemiştir.

Keten tohumu katkısının tarhananın fonksiyonel özelliklerine etkisi incelendiğinde ise, keten tohumunun tarhana çorbasının viskozite değerlerini azalttığı ve çorbanın kıvamını daha sıvı hale getirdiği görülmüştür. Keten tohumu katkısının su bağlama değerlerini etkilememesi, yağ bağlama değerlerini az da olsa arttırması, oluşan köpük miktarını ise azaltması keten tohumunun, tarhananın fonksiyonel özelliklerine etkisinin diğer sonuçlarını oluşturmaktadır.

Tarhananın yağ asidi kompozisyonu, keten tohumu ilavesiyle birlikte oleik ve α -linolenik asit içeriği açısından zenginleşmiş, özellikle kontrol tarhananın %2.56 olan α -linolenik asit değeri, %15 keten tohumu katkısıyla %44.48'e yükselmiştir. Tarhananın, kalp ve damar sağlığı bakımından çok önemli olan α -linolenik asit bakımından zenginleşmesi tez sonucunda elde edilen diğer önemli sonuçlardan biri olarak görülmektedir.

Duyusal değerlendirmeler sonucunda ise genel beğeni açısından %5 keten tohumu katkılı tarhana tüketiciler tarafından daha çok beğenilmiş, kontrol tarhana ile oldukça benzer olduğu sonucuna varılmıştır. Görünüş, tat ve koku ve kıvam açısından ise kontrol ve %5 katkılı tarhana en yüksek puanları almış ve aralarında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Genel olarak ise %15 keten tohumu katkılı tarhana en düşük puanları almıştır.

Tarhana çorbasının uçucu bileşen maddeleri değerlendirildiğinde ise, IR işleminden geçen keten tohumunda birçok pirazin bulunmasına karşın, tarhana bileşimine sadece 'pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl' bileşiğinin dahil olduğu belirlenmiş ve onun da sadece %15 keten tohumu katkılı tarhanada tespit edilebildiği görülmüştür. Keten tohumunda bulunan 'alpha-copaene' ve 'trans(beta)-caryophyllene' gibi bileşiklerin ise, keten tohumu katkılı tarhanalara da belirlendiği tespit edilmiştir.

Bilgimiz dahilinde keten tohumundaki HCN bileşenlerinin azaltılması amacıyla IR enerjiden yararlanıldığı ve keten tohumu katkılı tarhana eldesine yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılan çalışma bu bakımdan gerçekleştirilmiş ilk çalışma niteliğindedir.

Tez sonuçlarına bakıldığında keten tohumunun ısıtılma işlemle birlikte hızlı bir şekilde oksidasyona uğradığı görülmekte ve bundan dolayı tez verilerine dayanılarak keten tohumunun ısıtılma işlemine maruz bırakılmadan, ham olarak depolanması önerilmektedir. Ayrıca %5 katkıya kadar tüketici beğenilirliğini olumsuz etkilemediğinden keten tohumunun tarhanaya ilavesinin, keten tohumunun tüketimini arttırmak ve içeriğindeki faydalı bileşenlerden yararlanmak açısından alternatif bir yol olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AACC, 2000. *Approved Methods of American Association of Cereal Chemists*, 10th edition, American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota, USA.
- Adolphe J.L., Whiting, S.J., Juurlink, B.H., Thorpe, L.U., Alcorn, J., 2010. Health effects with consumption of the flax lignan secoisolariciresinol Diglucoside. *British Journal of Nutrition*, 103 (7): 929–938.
- Aliani M., Ryland D., Pierce G.N., 2012. Effect of Flax Addition on The Flavor Profile and Acceptability of Bagels. *Journal of Food Science*, 77 (1): 62-70.
- Amaral J.S., Casal S., Seabra R.M., Oliveira B.P.P., 2006. Effects of Roasting on Hazelnut Lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (4): 1315-1321.
- Anjum F., Anwar F., Jamil A., Iqbal M., 2006. Microwave Roasting Effects on The Physico-Chemical Composition and Oxidative Stability of Sunflower Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83 (9): 777-784.
- Anonim 2012, Top Production Linseed 2010, Retrieved April 5, 2014, from <http://Faostat.Fao.Org/Site/339/Default.AspX>
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis, 17th edition, *Association of Official Analytical Chemists*, Inc., Maryland, USA.
- AOCS, 1997. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*, ed: Mehlenbacher V.V., Hopper T.H., Sallee E.M., Link W.E., Walker R.O., Walker R.C., Firestone D., Champaign, Illinois.
- Arella F., Lahely S., Bourguignon J.B., Hasselmann C., 1996. Liquid Chromatographic Determination of Vitamins B1 and B2 in Foods A Collaborative Study. *Food Chemistry*, 56 (1): 81-86.
- Avşar Y.K., Karagül-Yüceer Y., Drake M.A., Singh T.K., Yoon Y., Cadwallader K.R., 2004. Characterization of Nutty Flavor in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87 (7): 1999–2010.

- Bilgiçli N., Elgün A., Herken E.N., Türker S., Ertaş N., İbanoğlu Ş., 2006a. Effect of Wheat Germ/Bran Addition on The Chemical, Nutritional and Sensory Quality of Tarhana, A Fermented Wheat Flour-Yoghurt Product. *Journal of Food Engineering*, 77 (3): 680–686.
- Bilgiçli N., Elgün A., Türker S., 2006b. Effects of Various Phytase Sources on Phytic Acid Content, Mineral Extractability and Protein Digestibility of Tarhana. *Food Chemistry*, 98 (2): 329–337.
- Bilgiçli N., İbanoğlu Ş., 2007. Effect of Wheat Germ and Wheat Bran on The Fermentation Activity, Phytic Acid Content and Colour of Tarhana, a Wheat Flour-Yoghurt Mixture. *Journal of Food Engineering*, 78 (2): 681–686.
- Bilgiçli N., 2009. Effect of Buckwheat Flour on Chemical and Functional Properties of Tarhana. *LWT-Food Science and Technology*, 42 (2): 514–518.
- Bozan B., Temelli F., 2008. Chemical Composition and Oxidative Stability of Flax, Safflower and Poppy Seed and Seed Oils. *Bioresource Technology*, 99 (14): 6354–6359.
- Bozkurt O., Gürbüz O., 2008. Comparison of Lactic Acid Contents Between Dried and Frozen Tarhana. *Food Chemistry*, 108 (1): 198–204.
- Cammerer B., Kroh L.W., 2009. Shelf Life of Linseeds and Peanuts in Relation to Roasting. *LWT-Food Science and Technology*, 42 (2): 545–549.
- Certel M., Erbaş M., Uslu M.K., Erbaş M.O., 2007. Effects of Fermentation Time and Storage on The Water-Soluble Vitamin Contents of Tarhana. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87 (7): 1215–1218.
- Chen H.H., Chiu E.M., Huang J.R., 1997. Color and Gel-Forming Properties of Horse Mackerel (*Trachurus Japonicus*) As Related to Washing Conditions. *Journal of Food Science*, 62 (5): 985–91.
- Chetana Sudha M.L., Begum K., Ramasarma P.R., 2010. Nutritional Characteristics of Linseed/Flaxseed (*Linum Usitatissimum*) and Its Application in Muffin Making. *Journal of Texture Studies*, 41 (4): 563–578.

- Çağlar A., Erol N., Elgün M.S., 2013. Effect of Carob Flour Substitution on Chemical and Functional Properties of Tarhana. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37 (5): 670-675.
- Çiftçi H., Özkaya A., Cevrimli B.S, Bakoğlu A., 2010. Levels of Fat-Soluble Vitamins in Some Foods. *Asian Journal of Chemistry*, 22 (2): 1251-1256.
- Çiftçi O.N., Przybylski R., Rudzinska M., 2012. Lipid Components of Flax, Perilla, and Chia Seeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114 (7): 794–800.
- Craig W.J., 1997. Phytochemicals: Guardians of Our Health. *Journal of The American Dietetic Association*, 97 (10): 199-204.
- Cressey P., Saunders D., Goodman J., 2013. Cyanogenic Glycosides in Plant-Based Foods Available in New Zealand. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30 (11): 1946-1953.
- Dağlıoğlu O., 2000. Tarhana as a Traditional Turkish Fermented Cereal Food. Its Recipe, Production and Composition. *Nahrung*, 44 (2): 85-88.
- Ekinci R., 2005. The Effect of Fermentation and Drying on The Water-Soluble Vitamin Content of Tarhana, a Traditional Turkish Cereal Food. *Food Chemistry*, 90 (1-2): 127–132.
- Endes Z., Akınerdem, F., 2011. Konya Şartlarında Bazı Yağlık Keten (*Linum usitatissimum* L.) Çeşit ve Populasyonlarında Farklı Ekim Zamanlarının Verim Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25 (2): 30-38.
- Erbaş M., Certel M., Uslu M.K., 2005. Microbiological and Chemical Properties of Tarhana During Fermentation and Storage as Wet-Sensorial Properties of Tarhana Soup. *LWT-Food Science and Technology*, 38 (4): 409-416.
- Erbaş M., Uslu M.K., Erbaş M.Ö., Certel M., 2006. Effects of Fermentation and Storage on The Organic and Fatty Acid Contents of Tarhana, a Turkish Fermented Cereal Food. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (4): 294–301.
- Erkan H., Çelik S., Bilgi B., Köksel H., 2006. A New Approach for The Utilization of Barley in Food Products: Barley Tarhana. *Food Chemistry*, 97 (1): 12-18.

- European Standard EN ISO 5508, 1995. Analysis by Gas Chromatography of Methyl Esters of Fatty Acids. Paris, France.
- Feng D., Shen Y., Chavez E.R., 2003. Effectiveness of Different Processing Methods in Reducing Hydrogen Cyanide Content of Flaxseed. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 83 (8): 836-841.
- Ferrari C.K.B., Torres, E.A.F.S., 2003. Biochemical Pharmacology of Functional Foods and Prevention of Chronic Diseases of Aging. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 57 (5-6): 251–260.
- Francisco I.A., Pinotti M.H.P., 2000. Cyanogenic Glycosides in Plants. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 43 (5): 487-492.
- Gambue H., Mikulec A., Gambue F., Pisulewski P., 2004. Perspectives of Linseed Utilisation in Baking. *Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences*, 13 (54): 21-27.
- Ganorkar P. M., Jain R. K., 2013. Flaxseed-A Nutritional Punch. *International Food Research Journal*, 20 (2): 519-525.
- Göçmen D., Gürbüz O., Rouseff R.L., Smoot J.M., Dağdelen A.F., 2004. Gas Chromatographic-Olfactometric Characterization of Aroma Active Compounds in Sun-Dried and Vacuum-Dried Tarhana. *European Food Research and Technology*, 218 (6): 573–578.
- Guimaraes R.C.A., Macedo M.L.R., Munhoz C.L., Filiu W., Viana L.H., Nozaki V.T., Hiane P.A., 2013. Sesame and Flaxseed Oil: Nutritional Quality and Effects on Serum Lipids and Glucose in Rats. *Food Science and Technology*, 33 (1): 209-217.
- Gürbüz O., Göçmen D., Özmen N., Dağdelen F., 2010. Effects of Yeast, Fermentation Time, and Preservation Methods on Tarhana. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 40 (4): 263–275.
- Hall C., III, Tulbek M. C., Xu Y., 2006. Flaxseed. In: Taylor, S. L. Ed. *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol 51). Elsevier Science & Technology, America. 1-97.
- Hayta M., Alpaslan M., Baysar A., 2002. Effect of Drying Methods on Functional Properties of Tarhana: A Wheat Flour-Yogurt Mixture. *Journal of Food Science*, 67 (2): 740-744.

- Heimbach J., Royal, P., (2009). Determination of the GRAS Status of the Addition of Whole and Milled Flaxseed to Conventional Foods and Meat and Poultry Products, GRAS Monograph for Whole and Milled Flaxseed, USAN. Retrieved Nisan 6, 2014, http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/gras_notices/grn000280.pdf
- Hussain S., Anjum F.M., Butt M.S., Sheikh M.A., 2008. Chemical Compositions and Functional Properties of Flaxseed Flour. *Sarhad Journal of Agriculture*, 24 (4): 649-654.
- Hussain S., 2009. Utilization of Flaxseed as A Functional Food. PhD Dissertation (Doktora Tezi). National Institute of Food Science and Technology University of Agriculture, Faisalabad-Pakistan.
- Hussain S., Anjum F.M., Butt M.S., Alamri M.S., Shabbir M.A., 2012. Development and Evaluation of Nutritionally Superior Baked Products Containing Flaxseed. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11 (2): 160-165.
- Işık F., Yapar A., 2014. Fatty Acid Composition and Sensory Properties of Tarhanas Prepared by Processed Tomato and Paprika Waste Materials. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (1): 607-614.
- Ivanov D., Kokic B., Brlek T., Colovic R., Vukmirovic D., Levic J., Sredanovic, S., 2012. Effect of Microwave Heating on Content of Cyanogenic Glycosides in Linseed. *Field and Vegetable Crops Research*, 49, (1): 63-68.
- İbanoğlu Ş., Ainsworth P., Hayes G.D., 1997. In Vitro Protein Digestibility and Content of Thiamin and Riboflavin in Extruded Tarhana, A Traditional Turkish Cereal Food. *Food Chemistry*, 58 (1-2): 141-144.
- İbanoğlu E., İbanoğlu Ş., 1997. The Effect of Heat Treatment on The Foaming Properties of Tarhana, A Traditional Turkish Cereal Food. *Food Research International*, 30 (10): 799-802.
- İbanoğlu Ş., İbanoğlu E., 1999. Rheological Properties of Cooked Tarhana. A Cereal-Based Soup, *Food Research International*, 32 (1): 29-33.
- İbanoğlu Ş., İbanoğlu E., Ainsworth P., 1999. Effect of Different Ingredients on The Fermentation Activity in Tarhana. *Food Chemistry*, 64 (1): 103-106.

- Jung M.Y., Bock J.Y., Back, S.O., Lee T.K., Kim J.H., 1997. Pyrazine Contents and Oxidative Stabilities of Roasted Soybean Oils. *Food Chemistry*, 60 (1): 95-102.
- Khattab R.Y., Arntfield S.D., 2009. Functional Properties of Raw and Processed Canola Meal. *LWT - Food Science and Technology*, 42 (6): 1119–1124.
- Khattab R.Y., Zeitoun M.A., 2013. Quality Evaluation of Flaxseed Oil Obtained by Different Extraction Techniques. *LWT - Food Science and Technology*, 53 (1): 338-345.
- Khouryieh H., Aramouni F., 2012. Physical and Sensory Characteristics of Cookies Prepared with Flaxseed Flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (11): 2366-2372.
- Kilci A., Göçmen D., 2014. Changes in Antioxidant Activity and Phenolic Acid Composition of Tarhana with Steel-Cut Oats. *Food Chemistry*, 145: 777-783.
- Konuklugil, B., Bahadır, Ö., 2004. *Linum Usitatissimum L.*' nin Kimyasal Bileşikleri ve Biyolojik Aktiviteleri. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 33 (1): 63-84.
- Krishnamurthy K., Khurana H.K., Jun S., Irudayaraj J., Demirci A., 2008. Infrared Heating in Food Processing: An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7 (1): 2-13.
- Lee Y.C., Oh S.W, Chang J., Kim I.H., 2004. Chemical Composition and Oxidative Stability of Safflower Oil Prepared from Safflower Seed Roasted with Different Temperatures. *Food Chemistry*, 84 (1): 1-6.
- Lin Y.L., Li S.J., Zhu Y., Bingol G., Pan Z., Mchugh T.H., 2009. Heat and Mass Transfer Modeling of Apple Slices Under Simultaneous Infrared Dry Blanching and Dehydration Process. *Drying Technology*, 27 (10): 1051-1059.
- Löker G.B., Amoutzopoulos B., Özkoç S.Ö., Özer H., Satir G., Bakan A., 2013. A Pilot Study on Food Composition of Five Turkish Traditional Foods. *British Food Journal*, 115 (3): 394-408.
- Malcolmson L.J., Przybylski R., Daun J.K., 2000. Storage Stability of Milled Flaxseed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77 (3): 235-238.

- Manthey F.A., Lee R.E., Hall III, C.A., 2002. Processing and Cooking Effects on Lipid Content and Stability of α -Linolenic Acid in Spaghetti Containing Ground Flaxseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (6): 1668-1671.
- Martinez-Flores H.E., Barrera E.S., Garnica-Romo M.G., Penagos C.J.C., Saavedra J.P., Macazaga-Alvarez R., 2006. Functional Characteristics of Protein Flaxseed Concentrate Obtained Applying A Response Surface Methodology. *Journal of Food Science*, 71 (8): 495-498.
- Masoodi L., Aeri V., Bashir K., 2012. Fortification of Biscuit with Flaxseed: Biscuit Production and Quality Evaluation. *IOSR Journal of Environmental Science and Toxicology and Food Technology*, 1 (5): 6-9.
- Meilgaard M., Civille G.V., Carr B.T., 1999. *Sensory Evaluation Techniques* (3rd ed.). CRC Press, Boca Raton-New York. 377 p.
- Nowak D., Lewicki P.P., 2004. Infrared Drying of Apple Slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5 (3): 353-360.
- Oomah B.D., Kenaschuk E.O., 1997. Mazza G., Tocopherols in Flaxseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (6): 2076-2080.
- Oomah B.D., Mazza G., 1997. Effect of Dehulling on Chemical Composition and Physical Properties of Flaxseed. *LWT-Food Science and Technology*, 30 (2): 135-140.
- Oomah B.D., 2001. Flaxseed As A Functional Food Source. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 81 (9): 889-894.
- Özay G., Pala M., Saygı B., 1993. Bazı Gıdaların Su Aktivitesi (a_w) Yönünden İncelenmesi. *Gıda*, 18 (6): 377-383.
- Özdestan Ö., Üren A., 2013. Biogenic Amine Content of Tarhana: A Traditional Fermented Food. *International Journal of Food Properties*, 16 (2): 416-428.
- Özkoç S.Ö., 2010. Kızılötesi ve Kızılötesi-Kombinasyon Isıtma Teknolojilerinin Gıda İşleme Uygulamalarında Kullanımı. *Gıda*, 35 (3): 211-218.
- Panfili G., Fratianni A., Irano M., 2003. Normal Phase High-Performance Liquid Chromatography Method for the Determination of Tocopherols and Tocotrienols in Cereals. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51 (14): 3940-3944.

- Pawliszyn J., 2001. Solid Phase Microextraction. In: Rouseff R.L. ve Cadwallader K.R., Eds. *Headspace Analysis of Food and Flavors: Theory and Practice*. Academic/Plenum, New York. 73-88.
- Pohjanheimo, T.A., Hakala, M.A., Tahvonen, R.L., Salminen, S.J., Kallio, H.P., 2006. Flaxseed in Breadmaking: Effects on Sensory Quality, Aging, and Composition of Bakery Products. *Journal Of Food Science* 71 (4): 343-348.
- Rabetafika H.N., Van Remoortel V., Danthine S., Paquot M., Blecker C., 2011. Flaxseed proteins: Food Uses and Health Benefits. *International Journal of Food Science and Technology*, 46 (2): 221–228.
- Rajiv, J., Indrani D., Prabhasankar P., Rao G.V., 2012. Rheology, Fatty Acid Profile and Storage Characteristics of Cookies As Influenced by Flax Seed (*Linum Usitatissimum*). *Journal of Food Science and Technology*, 49 (5): 587-593.
- Sargi S.C., Silva B.C., Santos H.M.C., Montanher P.F., Boeing J.S., Santos Junior O.O., Souza N.E., Visentainer J.V., 2013. Antioxidant Capacity and Chemical Composition in Seeds Rich in Omega-3: Chia, Flax, and Perilla. *Food Science and Technology*, 33 (3): 541-548.
- Shahidi F., Naczsk M., 2004. *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. CRC Press LLC. 106-108.
- Shearer A.E.H., Davies C.G.A., 2005. Physicochemical Properties of Freshly Baked and Stored Whole-Wheat Muffins With and Without Flaxseed Meal. *Journal of Food Quality*, 28 (2): 137-153.
- Shimoda M., Nakada Y., Nakashima M., OsajimaY., 1997. Quantitative Comparison of Volatile Flavor Compounds in Deep-Roasted and Light-Roasted Sesame Seed Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (8): 3193-3196.
- Simbalista R. L., Frota K.M.G., Soares R.A.M., Areas J.A.G., 2012. Effect of Storage and Processing of Brazilian Flaxseed on Lipid and Lignan Contents. *Food Science and Technology*, 32 (2): 374-380.
- Singh K.K., Mridula D., Rehal J., Barnwal P., 2011. Flaxseed: A Potential Source of Food, Feed and Fiber. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 51, (3): 210–222.

- Singh K.K., Mridula D., Barnwal P., Rehal J., 2013. Selected Engineering and Biochemical Properties of 11 Flaxseed Varieties. *Food and Bioprocess Technology*, 6 (2): 598-605.
- TS 2282, 1981. Türk Standardı, Tarhana, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Uygur A. 2014a. The Effect of Infrared Stabilized Rice Bran Substitution on Physicochemical and Sensory Properties of Pan Breads: Part I. *Journal of Cereal Science*, 59: 155-161.
- Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Uygur A. 2014b. The Effect of Infrared Stabilized Rice Bran Substitution on B vitamins, minerals and phytic acid content of Pan Breads: Part II. *Journal of Cereal Science*, 59: 162-166.
- Tunçtürk M., 2007. Van Koşullarında Bazı Keten (*Linum usitatissimum* L.) Çeşitlerinin Verim ve Bazı Verim Ögelerinin Belirlenmesi , *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13 (4): 365-371.
- TÜİK 2012, Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım İstatistikleri Özeti 2011.
- TÜİK 2013, Yağlı Tohumlar, 5 Nisan 2014,
http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001
- Türk Gıda Kodeksi, Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği, Tebliğ No: 2012/29, Ek-2, T. C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Mevzuat, Tebliğler. Nisan 6, 2014,
<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/yonetmelik/9.5.16053%20ek.pdf>
- Vaidya B., Choe E., 2011. Effects of Seed Roasting on Tocopherols, Carotenoids, and Oxidation in Mustard Seed Oil During Heating. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88 (1): 83-90.
- Van Den Dool H., Kratz P.D., 1963. A Generalization of the Retention Index System Including Linear, Temperature Programmed Gas Liquid Partition Chromatography. *Journal of Chromatography*, 11: 463-471.
- Velasquez, M.T., Bhathena, S.J., Ranich, T., Schwartz, A.M., Kardon, D.E., Ali, A.A., Haudenschild, C.C., Hansen, C.T., 2003. Dietary Flaxseed Meal Reduces Proteinuria and Ameliorates Nephropathy in An Animal Model of Type II Diabetes Mellitus. *Kidney International*, 64: 2100–2107.

- Villeneuve S., Des Marchais L.P., Gauvreau V., Mercier S., Do C.B., Arcand Y., 2013. Effect of Flaxseed Processing on Engineering Properties and Fatty Acids Profiles of Pasta. *Food and Bioproducts Processing*, 91 (3): 183-191.
- Wanasundara P.K.J.P.D., Shahidi F., 1998. Process-Induced Compositional Changes of Flaxseed. In: Shahidi, F., Ho C.T. ve Chuyen, N.V., Eds. *Process-Induced Chemical Changes in Food*. (Vol. 434). Plenum Press, New York, 307-326.
- Wiesenborn D., Kangas N., Tostenson K., Hall III C., Chang K., 2005. Sensory and Oxidative Quality of Screw-Pressed Flaxseed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82 (12): 887-892.
- Wilkes A.P., (2007). Prepared Foods, Development Trends & Technologies for Formulators & Marketers, Flax Heart Health, Flax Surges Ahead in Nutrition Industry, Flax Council of Canada. Retrieved April 6, 2014, from <http://www.flaxcouncil.ca/english/pdf/Flax%20Supplement%20Heart%20Health.pdf>
- Wu M., Dong Li D., Wang L.J., Zhoua Y.G., Brooks M.S.L., Chena X.D., Maoa Z.H., 2008. Extrusion Detoxification Technique on Flaxseed by Uniform Design Optimization. *Separation and Purification Technology*, 61, (1): 51-59.
- Yamashita T., Sano T., Hashimoto T., Kanazawa K., 2007. Development of A Method to Remove Cyanogen Glycosides from Flaxseed Meal. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, (1): 70-75.
- Yang J., Bingöl G., Pan Z., Brandl M.T., Mchugh T.H., Wang H., 2010. Infrared Heating for Dry-Roasting and Pasteurization of Almonds. *Journal of Food Engineering*, 101: 273-280.
- Yıldırım M.U., 2005. Seçilmiş Alternatif Keten (*Linum Usitatissimum L.*) Hatlarının Verim ve Verim Öğeleri Bakımından Karşılaştırılması. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Türkiye.
- Yılmaz N., Tuncel N.B., Kocabıyık H., 2014. Infrared Stabilization of Rice Bran and Its Effects on γ -Oryzanol Content, Tocopherols and Fatty Acid Composition. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 94: 1568-1576.
- Yoshida H., Takagi S., 1997. Effects of Seed Roasting Temperature and Time on The Quality Characteristics of Sesame (*Sesamum indicum*) Oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75 (1): 19-26.

Yükselci Kilci A., Göçmen D., 2012. Dietary Fiber and β -glucan Contents of Oat Tarhana:
A Turkish Fermented Cereal Food. *Journal of Agricultural Science*, 4 (11): 72-77.

EKLER

EK Şekil-1. Keten Tohumu Tanımlayıcı Duyusal Analiz Skor Kağıdı

KETEN TOHUMU TANIMLAYICI DUYUSAL ANALİZ PANEL KAĞIDI									
TERİMLER	ÖRNEK KODLARI								
Bitkisel/Çimen/Yeşil									
Çiğ Fasulyemsi/Nohutumsu									
Ham Ayçekirdeği									
Kavrulmuş Ayçekirdeği									
Yanmış Ayçekirdeği									
Boyamsı/Cilamsı									
Balımsı									
Patlamış mısır									
Metalik									
Odunsu									
Yağımsı									
Acı									
Tatlı									
Kaygan									
Diğer									
İsim:					Tarih:				

EK Şekil-2. Tarhana Çorbası Tanımlayıcı Duyusal Analiz Skor Kağıdı

TARHANA ÇORBASI TANIMLAYICI DUYUSAL ANALİZ PANEL KAĞIDI				
İsim:		Tarih:		
TERİMLER	ÖRNEK KODLARI			
Keten Tohumu				
Domates/Kırmızı Biber				
Fermente Tahıl (Boza)				
Tahıl (Hamur)				
Pişmiş				
Karton/Kağıt				
Tutkal				
Yağımsı				
Umami				
Yavan				
Tatlı				
Tuzlu				
Ekşi				
Acı				
Diğer				

EK Şekil-3. Tarhana Çorbası Tüketici Testi Skor Kağıdı

TARHANA ÇORBASI TÜKETİCİ TESTİ PANEL KAĞIDI									
Yaş:	Cinsiyet:						Tarih:		
Sunulan tarhana çorbası örnekleriyle, sizlere ürünün kalite kriterleri hakkındaki düşünceleriniz sorulacaktır. Lütfen; 1) Size verilen tarhana çorbası örneklerini aşağıda verilen sıraya göre görünüş, kıvam ve tat & koku yönünden değerlendiriniz. 2) Ürünlerin sizde bıraktığı etkiye göre, aşağıdaki skalayı kullanarak 1 ile 9 arasında bir numarayı daire içersine alınız. 3) Tek tek değerlendirmeniz sonunda, nedenlerini de belirterek, ürünleri genel beğeni sırasına koyunuz. Katılıminız için çok teşekkürler...😊									
<u>Ürün Kodu: 839</u>									
	Hiç beğenmedim				Ne beğendim Ne beğenmedim			Çok fazla beğendim	
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tat& Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Ürün Kodu: 418</u>									
	Hiç beğenmedim				Ne beğendim Ne beğenmedim			Çok fazla beğendim	
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tat& Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Ürün Kodu: 173</u>									
	Hiç beğenmedim				Ne beğendim Ne beğenmedim			Çok fazla beğendim	
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tat& Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Ürün Kodu: 682</u>									
	Hiç beğenmedim				Ne beğendim Ne beğenmedim			Çok fazla beğendim	
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tat& Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Genel Beğeni sıralamanız:</u>									
					<u>Kod</u>			<u>Nedeni</u>	
En çok	1)								
	2)								
	3)								
En az	4)								

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Ayşen UYGUR

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Tarihi: 31.01.1988

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce (iyi), Almanca (başlangıç)

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar-SCI-Diğer

1. Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Uygur A. 2014. The Effect of Infrared Stabilized Rice Bran Substitution on Physicochemical and Sensory Properties of Pan Breads: Part I. *Journal of Cereal Science*, 59: 155-161.
2. Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Uygur A. 2014. The Effect of Infrared Stabilized Rice Bran Substitution on B vitamins, minerals and phytic acid content of Pan Breads: Part II. *Journal of Cereal Science*, 59: 162-166.

b) Bildiriler-Uluslararası-Ulusal

1. Tuncel, N.B., Yılmaz N., Uygur A., Kocabıyık H. 2013. Infrared Stabilized Rice Bran: Nutritious Breadmaking Ingredient. (Oral presentation) 7th International Congress Flour-Bread, October 16-18, 2013 Opatija, Croatia pp 40.
2. Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Uygur A. Çeltik Yan Ürünü Olan Pirinç Kepeğinin İnfrared (Kızılötesi) Teknolojisi Kullanılarak Acılığının Giderilmesi ve Ülke Ekonomisine Kazandırılması. II. Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı, 3-4 Haziran, 2013, İzmir-Türkiye.

c) Katıldığı Projeler

1. Infrared (Kızılötesi) Uygulamasının Keten Tohumunun Kimyasal ve Duyusal Özellikleri ile Siyanojenik Glukozid İçeriğine Etkisi ve İşlenmiş Keten Tohumunun Tarhana Ürünüde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. TÜBİTAK (Proje No: 112O937)
2. Pirinç Kepeğinin Infrared (Kızılötesi) İle Stabilizasyonu ve Stabilize Pirinç Kepeğinin Bazı Fırın Ürünlerinde Değerlendirilmesi. TÜBİTAK (Proje No: 111O204).

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: -

İLETİŞİM

E-posta Adresi: aysenuygur88@gmail.com