ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Tülin EKER

KAVRULMUŞ YER FISTIĞI VE FISTIK EZMESİNDE YÖRENİN VE TANE BOYUTUNUN *IN VIVO* VE *IN VITRO* AROMA BİLEŞİMİ VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

DOKTORA TEZİ

KAVRULMUŞ YER FISTIĞI VE FISTIK EZMESİNDE YÖRENİN VE TANE BOYUTUNUN *IN VIVO* VE *IN VITRO* AROMA BİLEŞİMİ VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Tülin EKER

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
Yıl:2021, Sayfa:207
Jüri : Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
: Prof. Dr. Ziya GÜNATA
: Prof. Dr. Hüseyin ERTEN
: Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Haşim KELEBEK

Bu çalışmada, Osmaniye ve Adana illerinden elde edilen NC-7 çeşit yer fıstığı iki boyutta sınıflandırılmış ve her boyut eşit yüzey rengi elde edilene kadar kavrulmuştur. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının genel kimyasal bileşimi ile yağ asidi dağılımı, şeker ve amino asit içerikleri belirlenmiştir. Aroma analizleri *in vivo* ve *in vitro* yöntemler kullanılarak yapılmıştır. *In vitro* aroma analizi olarak çözgen yardımıyla aroma ekstraksiyon (SAFE) yöntemi kullanılmış, çiğ örneklerde alkol bileşikleri, kavrulmuş örneklerde pirazin bileşikleri en fazla bulunmuştur. Belirlenen aroma-aktif bileşikler içinde pirazinler verdikleri *kavrulmuş* kokular ile önemli olmuştur. Osmaniye yöresinin küçük yer fıstıklarında pirazin bileşikleri diğer örneklerden önemli düzeyde yüksek olmuştur. Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerinde belli bir tadım protokolü eşliğinde gerçekleştirilen *in vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı analizlerinde ise tekstürün aroma salınımındaki etkisi incelenmiştir. *In vivo* analizde örneklerde çoğunluğu pirazin olmak üzere 10 adet aroma bileşiği tanımlanmış ve toplam aroma salınımı; Osmaniye> Adana, küçük fıstıklar > büyük fıstıklar ve kavrulmuş yer fıstıkları > ezme örnekleri şeklinde olmuş, bu farklılıklar içinde boyutun etkisi önemli olmuştur. Duyusal değerlendirmede küçük boyutlu kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örnekleri *tatlılık* ve *kavrulmuş yer fıstığı* aroması bakımından yüksek puanlar alırken büyük boyutlular *yağımsı* ve *parlaklık* notları ile ön plana çıkmıştır. Çalışma boyunca elde edilen sonuçlara temel bileşenler analizi uygulanması (PCA) ile yer fıstıklarında boyut farkının yöre farkından daha önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Yer fıstığı, Osmaniye, Adana, Boyut, *In Vivo* Ağız Boşluğu, SAFE, GC-O

ABSTRACT

PhD THESIS

THE EFFECTS OF GROWING REGION AND THE SEED SIZE ON *IN VIVO* AND *IN VITRO* AROMA COMPOSITION AND SENSORY CHARACTERISTICS IN ROASTED PEANUT AND PEANUT BUTTER

Tülin EKER

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervısor : Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
Year: 2021, Pages:207
Jury : Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
: Prof. Dr. Ziya GÜNATA
: Prof. Dr. Hüseyin ERTEN
: Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Haşim KELEBEK

In this study, NC-7 peanut cultivar obtained from Osmaniye and Adana provinces were classified in two seed sizes and roasted until obtained equvalent surface color. The general chemical contents including fatty acid, sugar and amino acid composition of raw and roasted peanuts were determined. Aroma analyzes were conducted by using *in vivo* and *in vitro* methods. Solvent assisted flavor extraction (SAFE) method was used as *in vitro* aroma analysis. While alcohol compounds were major in raw samples, pyrazine compounds were in roasted samples. Pyrazines with *roasted nutty* odours were found important aroma-active compounds in roasted samples. Small sized peanuts of Osmaniye region were significantly higher in pyrazine compounds than other samples. The effect of texture on aroma release was investigated by *in vivo*-mouthspace-aroma release approach performed with a strict consumption protocol in roasted peanut and butter samples. 10 aroma compounds mostly pyrazines were identified in the samples by the *in vivo* analysis and the total aroma releases were as; Osmaniye>Adana, small peanuts> large peanuts and roasted peanuts> butter samples, but only size effect was found statistically significant. In the sensory evaluation, small-sized roasted peanuts and butter samples produced more *sweetness* and *roasted peanut* aroma, while large sizes had higher *oily* and *glossiness* notes. With the application of principal component analysis (PCA) to the results obtained throughout the study, it was concluded that the size effect was more important than the region effect.

Key Words : Peanut, Osmaniye, Adana, Size, *In Vivo* Mouthspace, SAFE, GC-O

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Yer fıstığı ülkemizde başlıca Osmaniye ve Adana illerinde yetiştirilen önemli bir endüstri bitkisidir. Osmaniye il sınırlarında üretilen yer fıstığı, aldığı coğrafi işaret belgesi ve kalitesi ile ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda Adana ilinin Tuzla bölgesinde de fıstık üretimi artmıştır ve hasat edilen yer fıstığının büyük çoğunluğu Osmaniye ilinde işlenmektedir. Osmaniye ve Adana yöresinde NC-7 çeşidi yer fıstığı ekimi yapılmaktadır ve çerezlik üretimde de bu çeşit kullanılmaktadır. Gerek kavrulmuş yer fıstığı ve gerekse fıstık ezmesinde kaliteyi etkileyen ve tüketici tercihinde temel rol oynayan en önemli parametrelerden birisi aroma bileşikleridir. Ancak ülkemizdeki yer fıstığı üretiminin büyük bir kısmını karşılayan bu yörelerde üretilen NC-7 çeşidi yer fıstığının ve bu çeşitten elde edilen kavrulmuş yer fıstığının bileşimi ve aroması üzerine yapılmış detaylı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, Osmaniye ve Adana illerinden elde edilen NC-7 çeşit yer fıstığı 7 ve 11 mm olarak iki boyutta sınıflandırılmıştır. Her boyut eşit yüzey rengi elde edilene kadar kavrulmuştur. Kavrulmuş yer fıstıkları bir öğütücü yardımıyla parçalanarak ezme örnekleri hazırlanmıştır. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının genel kimyasal bileşimi ile yağ asitleri dağılımı, şeker ve amino asit içerikleri belirlenmiştir. Aroma analizleri *in vivo* ve *in vitro* yöntemler kullanılarak iki şekilde yapılmıştır. *In vivo* yöntem olarak ağız boşluğu-aroma salınımı-GC-MS yöntemi kullanılmış kavrulmuş yer fıstığının ve yer fıstığı ezmesinin ağızda tüketimi sırasında salınan aroma bileşikleri belirlenmiştir. *In vitro* yöntem olarak SAFE kullanılmış, çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarına ait aroma bileşimi belirlenmiştir. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstığında bulunan aroma aktif bileşikler GC-Olfaktometri yöntemi ile belirlenmiş ve en güçlü aroma aktif bileşiği bulmak için aroma ekstrakt seyreltme analizi (AEDA) uygulanmıştır. Kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örnekleri duyusal olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler çiğ yer fıstığında, kavrulmuş yer fıstığında ve yer fıstığı ezmesinde yörenin, boyutun ve kavurmanın etkisi ile bu ana etkilerin interaksiyonları göz önüne

alınarak değerlendirilmiştir. Küçük boyutlu yer fıstıklarının nem, toplam şeker, stakiyoz, rafinoz sakkaroz ve amino asit içerikleri büyük boyutlu tohumlara kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Örneklerin oleik (O) ve linoleik (L) asit seviyeleri üzerine bölge, boyut ve proses etkisi önemli bulunmuştur. O/L oranı büyük tohumlarda önemli düzeyde yüksek çıkmış ve boyut proses etkileşiminin O/L oranı ile linoleik asit içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Osmaniye yöresinden elde edilen çiğ yer fıstıklarının sakkaroz, stakiyoz ve rafinoz konsantrasyonları Adana yer fıstıklarına göre istatistiksel olarak yüksek çıkmıştır. Osmaniye yöresinden elde edilen küçük ve büyük boyutlu yer fıstıklarında kavurma sonrasında sakkaroz ve stakiyoz içerikleri azalırken, Adana bölgesinde hafif bir artış elde edilmiştir. Kavurma işlemi ile örneklerin amino asit düzeyleri genel olarak azalmıştır.

Kavrulmuş yer fıstığı ve ezmesinde ise *in vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemi ile ağızda çiğneme sırasında ortaya çıkan aroma bileşikleri belirlenmiş ve matriksin etkisi gözlemlenmiştir. Örneklerde yapılan *in vivo* ölçümlerde ağızda salınan toplam 10 adet aroma bileşiği tespit edilmiştir. Bu bileşikler arasında bir pirol, 8 adet pirazin ve 1 adet aromatik aldehit bileşiği tanımlanmıştır. 2,5-dimetilpirazin tüm örneklerde en fazla bulunan bileşik olmuştur. Bu bileşiği N-metilpirol, 2-etil-5-metilpirazin, 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve metilpirazin takip etmiştir. Hem kavrulmuş yer fıstığı hem ezme örneklerinde küçük fıstıkların aroma salınımı büyüklere kıyasla bir miktar yüksek olmuştur. Bu farklılıklar kavrulmuş fıstıkta 4 bileşik için istatistiksel açıdan önemli iken, ezme örneklerinde sadece 2,5-dimetilpirazin için önemlidir. Başka bir deyişle bütün haldeki ürünlerde boyut farkı ezmeye göre daha net ortaya çıkmıştır. Kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örnekleri toplam aroma salınımı bakımından kıyaslandığında, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz çıksa da taneli örneklerde aroma salınımının bir miktar daha yüksek olduğu görülmektedir. Ezme örnekleri *in vivo* tadımı sırasında ağızda toplanma, ağız içi yüzeyine yapışma ve dişler arasında sıkışma eğilimi göstermiştir. Buda ezme örneklerinin etkili bir şekilde çiğnenmesine engel olmuş ve aroma salınımına negatif etki etmiş olabilir. Ayrıca bu durum ezme örneklerinde boyutlar arasındaki aroma salınımı farkının ayırt edilmemesine neden olmuştur.

Taneli ürünlerin ağız içindeki hareketi daha kolay olmuş ve bu daha büyük çiğneme yüzey alanı yaratmıştır. Daha kapsamlı çiğnenen taneli fıstıklarda artan yüzey alanı aroma salınımının artmasını teşvik etmiş olabilir.

Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarında bulunan aroma bileşiklerinin belirlenmesinde SAFE yöntemi kullanılmış ve örneklerde sırasıyla 29 ve 52 adet aroma bileşiği tanımlanmıştır. Çiğ fıstıklarda alkol, kavrulmuş örneklerde ise pirazin grubu bileşikler baskın bulunmuştur. 2,5-dimetilpirazin kavrulmuş örneklerde en fazla bulunan pirazin bileşiği olmuştur. Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen kavrulmuş fıstıklarda, küçük ve büyük boyutlu fıstıklar arasında pirazinler arasında önemli farklılıklar çıkmış ve genellikle küçük boyutlu fıstıklar pirazinleri daha fazla içermiştir. Osmaniye'nin küçük yer fıstıkları 2,6-dimetilpirazin, etilpirazin, 2-etil-6-metilpirazin, 2-etil-5-metilpirazin, trimetilpirazin ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin bakımından diğer örneklerden istatistiksel açıdan önemli düzeyde yüksek bulunmuştur.

Çiğ ve kavrulmuş yer fıstığında bulunan aroma aktif bileşikler GC-olfaktometri yöntemi ile belirlenmiş ve en güçlü aroma aktif bileşiği bulmak için aroma ekstrakt seyreltme analizi (AEDA) uygulanmıştır. Kavrulmuş örneklere ait hem SAFE hem *in vivo* ekstraktta koklama analizleri yapılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Çiğ örneklerde iki adet, kavrulmuş örneklerde ise 31 adet aroma aktif bileşik tespit edilmiştir. Çiğ örneklerde tanımlanan aroma aktif bileşiklerin SF'leri 2-32 arasında değişirken, kavrulmuş örneklerde 2-256 aralığında değişim göstermiştir. Pirazin bileşikleri kavrulmuş örneklerde aroma aktif bileşikler olarak öne çıkmış ve 2,5-dimetilpirazin "*kavrulmuş*" kokusu ile örnekler arasında en yüksek SF değerine (128-256) sahip olmuştur. Çiğ ve kavrulmuş örneklerde ortak olarak bulunan tek aroma-aktif bileşik furfural olmuştur ve örneklere "*çiğ kabuksu, haşlanmış"* kokularını vermiştir. Kavrulmuş örneklere ait *in vivo* ekstraktlar AEDA analizine tabi tutulmuş ve 4 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve bu bileşiklerin SF'leri 16-32 arasında değişim göstermiştir. *In vivo* ekstraktlardan elde edilen SF değerleri genellikle SAFE sonuçlarından daha düşük olmuştur.

Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen küçük ve büyük boyutlu kavrulmuş yer fıstıklarının ve bunlardan elde edilen ezme örneklerinin duyusal

analizi yapılmış ve örnekler görünüm, burunda ve ağızda algılanan aroma ve tekstür profili bakımından değerlendirilmiştir. Kavrulmuş yer fıstıklarında küçük taneler ağızda ve burunda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması ile *tatlılık* özellikleri bakımından büyük tanelerden önemli düzeyde yüksek puanlar almıştır. Osmaniye yöresinden elde edilen küçük fıstıklar ise *tatlılık* bakımından en yüksek puana sahip olmuştur. Örneklerin tekstürel özelliklerini değerlendirmek için kullanılan duyusal tanımlayıcılar içerisinde sadece *kırılabilirlik* ve *ağzın kaplanması* özelliklerinin aldığı puanlar istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Her iki yöreden elde edilen büyük fıstıklar kırılabilirlik açısından daha yüksek puanlar alırken, Osmaniye yöresinin büyük yer fıstıkları ise en yüksek puanı almıştır.

In vivo ve *in vitro* aroma analizleri, duyusal değerlendirme sonucu elde edilen sonuçlar ile kimyasal bileşim verilerine temel bileşenler analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi uygulanmıştır. Kimyasal analizlerde her iki yörenin küçük boyutlu yer fıstıkları diğer örneklerden ayrılmış ve yer fıstıklarında boyut farkının yöre ve prosesten daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır. *In vitro* aroma analizinde çiğ yer fıstıklarında aynı yörenin fıstıkları daha benzer bulunurken, kavrulmuş yer fıstıklarında örnekleri birbirinden ayıran etken boyut olmuştur. Farklı boyuttaki yer fıstıklarının kimyasal bileşimi kavurma sonucu oluşan aromayı etkilemiştir. *In vivo* aroma analizlerinde ise Osmaniye yöresinin küçük yer fıstığı aroma salınımı bakımından diğer örneklerden ayrılmış, diğer örnekler birbiri ile daha ilişkili bulunmuştur. Duyusal analizlerde ise örnekler öncelikle ezme ve kavrulmuş yer fıstığı olarak birbirlerinden ayrılmış daha sonra boyut etkisinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. *In vivo* analizlerde aroma salınımı bakımından öne çıkan Osmaniye ve Adana yöresinin küçük kavrulmuş yer fıstıkları duyusal değerlendirme sonucu burunda ve ağızda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması bakımından yüksek notlar almıştır. Kimyasal bileşim ile duyusal sonuçları birlikte değerlendirildiğinde şeker içerikleri daha yüksek olan küçük boyutlu fıstıklar burunda *ve* ağızda *tatlılık* özellikleri bakımından daha yüksek notlar alırken, yağ içeriği yüksek bulunan büyük fıstıklar burunda ve ağızda *yağımsı* aroma bakımından öne çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca değerli görüş ve önerileriyle bana yol gösteren, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım danışmanım Sayın Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU'na içten teşekkürlerimi sunarım. Eğitimim sırasında bilgilerinden yararlandığım Montpellier Üniversitesi (Fransa) öğretim üyesi Prof. Dr. Yusuf Ziya GÜNATA'ya içten teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme surecimde yer alan, bilgilerini ve desteğini benden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Serkan SELLİ'ye ve Prof. Dr. Haşim KELEBEK'e teşekkür ederim.

Bu çalışmaya (119O501) maddi destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında destek gördüğüm ve deneyimlerinden yararlandığım Dr. Öğr. Üyesi Merve DARICI'ya, güler yüzünü ve nazik yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Gamze GÜÇLÜ'ye, aroma analizlerimde bana yardımcı olan Gıda Yüksek Mühendisi Dicle YILDIRIM'a, yardımsever Arş. Gör. Abdullah ÖZONUR'a ve Gıda Mühendisi Serap DURAN'a teşekkür ederim.

Yer fıstığı sektöründe edindiği bilgileri paylaşan ve örneklerimin kavrulmasında bana yol gösterip yardımcı olan Gıda Yüksek Mühendisi Esra ÇAVDIR'a ve örneklerimin temin edilmesinde yardımcı olan Devlet OKUR'a teşekkür ederim.

Çalışmamın bir kısmını kapsayan *in vivo* analizlerde panelist olarak yer alan Arş. Gör. Dr. Yasemin ÇELEBİ SEZER ve Arş. Gör. Dr. Demet ZALAOĞLU'na sabırlarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve doktora çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen eşimin değerli ailesine sonsuz teşekkür ederim.

Tezimi yazdığım süreçte kadro alan sevgili eşim, çiçeği burnunda Dr. Öğr. Üyesi Mehmet EKER ve karnımda minik tekmeleriyle bana motivasyon olan bebeğim iyi ki varsınız…

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ XII
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
EKLER DİZİNİ XVI
SİMGELER VE KISALTMALAR XVIII
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 7
2.1. Yer Fıstığı Genel Bileşimi 7
2.1.1. Karbonhidratlar 11
2.1.1.1. Tane Boyutunun/Olgunluğun Etkisi 12
2.1.1.2. Bitkinin Farklı Kısımlarının Etkisi 12
2.1.1.3. İklim ve Toprak Etkisi 13
2.1.1.4. Çeşit Etkisi 14
2.1.1.5. Hasat Yılının Etkisi 15
2.1.2. Yağ 16
2.1.2.1. Yağ Asitleri Bileşimi 16
2.1.3. Protein 21
2.1.3.1. Amino Asit Bileşimi 21
2.2. Kavrulmuş Yer Fıstığı Aroması 26
2.2.1. Kavrulmuş Aromanın Oluşumu 26
2.2.2. Aroma Analizinde Kullanılan Yöntemler 28
2.2.2.1. *In Vitro* Yöntemler 28
2.2.2.2. *In Vivo* Yöntemler 33

2.2.2.3. GC-Olfaktometrik Yöntemler 35
3. MATERYAL VE METOT 37
3.1. Yer Fıstıklarının Eldesi 37
3.2. Kavrulmuş Yer Fıstığı ve Fıstık Ezmesi Üretimi 38
3.3. Nem Tayini 41
3.4. Yağ Tayini 41
3.5. Kül Tayini 42
3.6. Renk Analizleri 42
3.7. Toplam Karbonhidrat Analizi (Fenol-Sülfürik Asit Metodu) 43
3.8. Kjeldahl Yöntemiyle Ham Protein Tayini 44
3.9. HPLC Yöntemi ile Çözünür Şeker Analizi 46
3.10. Aminoasit Analizi 48
3.11. Kimyasal Analizler İçin Örneklerden Yağ Eldesi 49
3.12. Serbest Asitliğin Belirlenmesi 50
3.13. Peroksit Değerinin Belirlenmesi 50
3.14. Yağ Asitleri Tayini 51
3.15. Aroma Bileşiklerinin *In Vivo ve In Vitro* Analizleri 52
3.15.1. *In Vivo* Yöntem 52
3.15.1.1. *In Vivo* Aroma Salınımı Yönteminin Optimizasyonu 52
3.15.2. *In Vitro* Yöntem 63
3.15.2.1. Çözgen Yardımıyla Aroma Ekstraksiyonu (SAFE) 63
3.15.3. GC-FID-MS Koşulları 65
3.15.4. Aroma Bileşiklerinin Tanımlanması ve Miktarının Hesaplanması. 66
3.16. Yerfıstıklarının Aroma Aktif Bileşiklerinin Analizi 68
3.17. Duyusal Analiz 68
3.18. İstatistiksel Analizler 71
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 73
4.1. Yörenin ve Tane Boyutunun Yer Fıstıklarının Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi 73

4.1.1. Yer Fıstıklarının Genel Kimyasal Bileşimi 73
4.1.2. Yer Fıstıklarının Renk Özellikleri 75
4.1.3. Yer Fıstıklarının Şeker Bileşimi 76
4.1.4. Yer Fıstıklarının Amino Asit Bileşimi 79
4.1.5. Yer Fıstıklarının Serbest Yağ Asitliği ve Peroksit Sayısı 83
4.1.6. Yer Fıstıklarının Yağ Asitleri Bileşimi 84
4.2. Yörenin, Tane Boyutunun ve Tekstürün Yer Fıstıklarının *In Vivo* Yöntemle Elde Edilen Aroma Maddeleri Üzerine Etkisi 89
4.2.1. *In Vivo* Aroma Salınımı Yöntemi Optimizasyon Sonuçları 89
4.2.2. *In Vivo* Ağız Boşluğu Aroma Salınımı Yöntemine Ait Tadım Protokolü 91
4.2.3. *In Vivo* Ağız Boşluğu Aroma Salınımı Yöntemiyle Tanımlanan Bileşikler ve Miktarları 94
4.2.3.1. Aroma Bileşiklerinin *In Vivo* Salınımında Boyuta Bağlı Olarak Panelistler- Arası ve Panelistler- İçi Değişimi 101
4.3. Yörenin ve Tane Boyutunun Yer Fıstıklarının *In Vitro* Yöntemle Elde Edilen Aroma Maddeleri Üzerine Etkisi 103
4.3.1. Çiğ Yer Fıstıklarının Aroma Bileşimi 103
4.3.1.1. Yer Fıstıklarında Tanımlanan Aldehit, Alkol ve Keton Bileşikleri 103
4.3.1.2. Yer Fıstıklarında Tanımlanan Pirol, Piran, Fenol ve Furan Bileşikleri 105
4.3.1.3. Yer Fıstıklarında Tanımlanan Terpenler ve Benzenler 106
4.3.1.4. Yer Fıstıklarında Tanımlanan Diğer Bileşikler 106
4.3.2. Kavrulmuş Yer Fıstıklarının Aroma Bileşimi 110
4.3.2.1. *N*-Heterohalkalı Bileşikler 110
4.3.2.2. *O*-Heterohalkalı Bileşikler 114
4.3.2.3. Diğer Bileşikler 115

4.3.3. Kavurma İşleminin Yer Fıstıklarının *In Vitro* Aroma Bileşimi Üzerine Etkisi 122
4.4. Çiğ ve Kavrulmuş Yerfıstıklarının Aroma Aktif Bileşikleri 127
4.4.1. *In Vitro* Ekstraktlar 127
4.4.1.1. Çiğ Yer Fıstıkları 127
4.4.1.2. Kavrulmuş Yer Fıstıkları 128
4.4.2. *In Vivo* Ekstraktlar 132
4.5. Yörenin ve Tane Boyutunun Yer Fıstıklarının Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi 136
4.5.1. Kavrulmuş Yer Fıstıkları 136
4.5.2. Ezme 139
4.5.3. Yöre, Boyut ve Tekstürün Duyusal Özellikler Üzerine Etkisi 141
4.6. Temel Bileşenler Analizi 143
4.6.1. Çiğ ve Kavrulmuş Yer Fıstıklarının Kimyasal Bileşimi ile Yöre ve Boyut Arasındaki İlişki 143
4.6.2. Çiğ ve Kavrulmuş Yer Fıstıklarının *In Vitro* Aroma Bileşimi ile Yöre ve Boyut Arasındaki İlişki 146
4.6.3. Kavrulmuş Yer Fıstıkları ve Ezme Örneklerinin *In Vivo* Aroma Bileşimi ile Yöre ve Boyut Arasındaki İlişki 149
4.6.4. Kavrulmuş Yer Fıstıkları ve Ezme Örneklerinin Duyusal Özellikleri ile Yöre ve Boyut Arasındaki İlişki 151
4.6.5. Çiğ Yer Fıstıklarının Kimyasal Bileşiminin Kavrulmuş Örneklerin *In Vivo* Aroma Bileşimi ile İlişkisi 154
4.6.6. Kavrulmuş Yer Fıstığı ve Ezme Örneklerinin *In Vivo* Aroma Bileşimi ile Duyusal Özellikleri Arasındaki İlişkisi 156
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 161
KAYNAKLAR 169
ÖZGEÇMİŞ 197
EKLER 198

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Çiğ yer fıstığı bileşim tablosu 9
Çizelge 2.2. Çeşitli yıllarda yapılan çalışmalara ait yer fıstığı yağ asidi bileşimi (%) 20
Çizelge 2.3. Çeşitli yer fıstığı ürünlerine ait amino asit dağılımı (%) 26
Çizelge 3.1. Ekstraksiyon Aşamaları 42
Çizelge 3.2. Şeker analizine ait cihaz koşulları 46
Çizelge 3.3. Şeker analizine ait metot parametreleri 47
Çizelge 3.4. Amino asit analizinde kullanılan ayırma programı 48
Çizelge 3.5. Amino asit analizinde belirlenen metot parametreleri 49
Çizelge 3.6. Yağ asitlerine ait cihaz çalışma koşulları 51
Çizelge 3.7. Yağ asitleri analizinde kullanılan ayırma programı 52
Çizelge 3.8. SIM modunda taranan bileşikler ve iyonları 67
Çizelge 3.9. Relatif cevap faktörü hesaplanan bileşikler 67
Çizelge 3.10. Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerinin duyusal analizinde kullanılan duyusal tanımlayıcılar 69
Çizelge 4.1. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının genel kimyasal bileşimi 75
Çizelge 4.2. Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerine ait renk değerleri 76
Çizelge 4.3. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının şeker bileşimi 79
Çizelge 4.4. Yöre, boyut, proses ve bunların interaksiyonlarının amino asitler üzerine etkisi 83
Çizelge 4.5. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının peroksit değeri ve serbest yağ asitliği değerleri 84
Çizelge 4.6. Çiğ ve Kavrulmuş yer fıstıklarından elde edilen yağların yağ asitleri dağılımı (%) 88
Çizelge 4.7. Yöre, boyut, proses etkisinin ve bunların interaksiyonlarının ağız boşluğunda salınan aroma bileşikleri üzerine etkisi 98

Çizelge 4.8. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı-GC-MS yöntemi ile tanımlanan ve miktarı belirlenen aroma bileşikleri[t] (ng/kg kuru ağırlık) 99
Çizelge 4.9. Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerinde, in-vivo aroma salınımında küçük ve büyük boyuttaki fıstıkların panelistler arası ve panelistler içi değişimi 102
Çizelge 4.10. Çiğ yer fıstıklarına ait aroma bileşikleri (µg/kg kuru ağırlık)..... 107
Çizelge 4.11. Kavrulmuş yer fıstıklarına ait aroma bileşikleri (µg/kg kuru ağırlık)..... 118
Çizelge 4.12. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarında ortak olarak bulunan aroma bileşikleri (µg/kg kuru ağırlık)..... 126
Çizelge 4.13. Çiğ yer fıstığı örneklerinde belirlene aroma aktif bileşikler ve SF[a] değerleri..... 128
Çizelge 4.14. Kavrulmuş yer fıstığı örneklerinde belirlenen aroma aktif bileşikler 133
Çizelge 4.15. Kavrulmuş yer fıstıklarına ait duyusal analiz sonuçları..... 138
Çizelge 4.16. Ezme örneklerine ait duyusal analiz sonuçları..... 141

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Yer fıstığı bitkisi 7
Şekil 2.2. Pazar tiplerine göre yer fıstığı 9
Şekil 3.1. Örneklerin işlenmesi..... 37
Şekil 3.2. Yer fıstıklarının elde edildiği bölgeler 38
Şekil 3.3. Kavurma için fırına eklenen fıstıklar, kavurma ünitesi ve kavrulduktan sonra ürünlerin alınması (soldan sağa doğru)..... 39
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan örneklere ait resimler 40
Şekil 3.5. Glikoz kalibrasyon eğrisi..... 44
Şekil 3.6. Şeker standartlarına ait kromatogram..... 47
Şekil 3.7. Yağı alınan örnek 50
Şekil 3.8. *In vivo*-burun boşluğu ve *in vivo*-ağız boşluğu aroma tuzaklayıcı aparatın kurulumu..... 54
Şekil 3.9. Kartuşların doldurulması 56
Şekil 3.10. Tadım protokolünün şematik gösterimi..... 58
Şekil 3.11. *In vivo* aroma tuzaklayıcı aparat'ın kullanımı hakkında panelistlere verilen eğitim 58
Şekil 3.12. Nefes düzenleme programının/animasyonunun bilgisayar ekran alıntıları; 59
Şekil 3.13. Bir panelistin tadım gününe ait şematik gösterim 61
Şekil 3.14. Aromatik ekstraktın elde edilmesi..... 63
Şekil 3.15. Analizde kullanılan SAFE düzeneği ve şematik gösterimi 65
Şekil 3.16. Koklama oturumuna ait bir resim..... 68
Şekil 3.17. Duyusal tanımlayıcıların belirlendiği panelden bir resim 71
Şekil 4.1. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının amino asit bileşimi..... 82
Şekil 4.2. Yer fıstığı örneğine ait yağ asidi kromatogramı..... 87
Şekil 4.3. Örneklerin *in vivo* analizi 92

Şekil 4.4. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemi ile aroma ekstraktının eldesine ait şematik gösterim 93
Şekil 4.5. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemi ile elde edilen kör nefes ve yer fıstığı ekstraktlarına ait kromatogramlar 98
Şekil 4.6. Yörenin, boyutun ve tekstürün kavrulmuş yer fıstığı ve yer fıstığı ezmesinde toplam aroma salınımı üzerine etkisi 100
Şekil 4.7. Tekstürün duyusal özellikler üzerine etkisi 142
Şekil 4.8. Boyutun duyusal özellikler üzerine etkisi 143
Şekil 4.9. Kimyasal analiz sonuçlarının PCA grafiği 145
Şekil 4.10. Kimyasal analiz sonuçlarının hiyerarşik kümeleme analizi 146
Şekil 4.11. *In vitro* aroma analiz sonuçlarının PCA grafiği 148
Şekil 4.12. *In vitro* aroma analizi sonuçlarının hiyerarşik kümeleme analizi 149
Şekil 4.13. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemiyle belirlenen aroma bileşiklerinin PCA grafiği 150
Şekil 4.14. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemi ile belirlenen aroma bileşiklerinin hiyerarşik kümeleme analizi 151
Şekil 4.15. Duyusal analiz sonuçlarının PCA grafiği 153
Şekil 4.16. Duyusal analiz sonuçlarının hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) ... 154
Şekil 4.17. Çiğ yer fıstıklarının kimyasal bileşimi ve *in vivo* aroma salınımı sonuçlarının PCA grafiği 156
Şekil 4.18. *In vivo* aroma salınımı ve duyusal analiz sonuçlarının PCA grafiği 159

EKLER DİZİNİ **SAYFA**

Ek 1. Yer fıstığında karbonhidrat bileşimi (Toomer, 2017'den uyarlanmıştır) ... 200
Ek 2. Pirazin bileşiklerinin oluşum mekanizması (Alpert ve ark., 2016'dan uyarlanmıştır)..... 201
Ek 3. Yer fıstığı kavurma iş akış şeması 202
Ek 4. Protein tayini analiz aşamaları..... 203
Ek 5. Şeker ekstraksiyonu aşamaları..... 204
Ek 6. Çiğ yer fıstığı örneğine ait aroma bileşimi kromatogram..... 205
Ek 7. Kavrulmuş yer fıstığı örneğine ait aroma bileşmimi kromatogramı..... 206
Ek 8. PCA grafiğinde kullanılan, SAFE yöntemi ile elde edilen aroma bileşiklerine verilen kodlar 207

SİMGELER VE KISALTMALAR

GC	: Gaz Kromatografisi
GC-FID	: Gaz Kromatografisi-Alev İyonlaşma Dedektörü
GC-MS	: Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
GC-MS-O	: Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi-Olfaktometri
AEDA	: Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi
SF	: Seyreltme Faktörü
RT	: Alıkonma Zamanı (Retention Time)
LRI	: Doğrusal Alıkonma İndeksi (Linear Retention Index)
APCI-MS	: Atmosferik Basınç Kimyasal İyonizasyon-Kütle Spektrometresi
PTR-MS	: Proton Transfer Reaksiyonu-Kütle Spektrometresi
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
RI	: Refraktif İndeks
TDU	: Termal Dersorpsiyon Ünitesi
SPE	: Katı Faz Ekstraksiyonu (Solid Phase Extraction)
SPME	: Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (Solid Phase Micro Extraction)
SAFE	: Çözücü Yardımıyla Aroma Ekstraksiyonu
RRF	: Relatif Cevap Faktörü
m/e	: Kütle/yük
%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece (Celsius)
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
L	: Litre
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre

µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
ng	: Nanogram
PCA	: Temel Bileşenler Analizi
HCA	: Hiyerarşik Kümeleme Analizi

1. GİRİŞ

Yer fıstığı dünyada başlıca Çin, Hindistan, Nijerya, Sudan ve ABD gibi ülkelerde üretilen ekonomik değeri olan bir üründür ve bu ülkeler toplam Dünya üretimin %70'ini karşılamaktadır. 2019 yılında dünyada toplam yer fıstığı (kabuklu) üretimi 66.329.588 ton 'dur. Aynı yılda ülkemiz üretimi ise 169.328 ton olmuştur. Türkiye dünyadaki yer fıstığı üretimi içinde %0.4'lük bir pay ile 27. sırada yer almaktadır (FAO, 2019).

Yerfıstığı ülkemizde Güney ve Güney-batı kıyı bölgelerinde ticari anlamda tarımı yapılmakta olan önemli bir endüstri bitkisi olup içerdiği yağ, protein, karbonhidrat, vitamin ve mineral maddeler ile değerli bir besin kaynağıdır. Ülkemizde toplam yer fıstığı (kabuklu) üretiminin %83'ü Adana ve Osmaniye illerinde gerçekleştirilmektedir. 2020 yılı kabuklu yer fıstığı üretimlerine bakıldığında Osmaniye ve Adana illerinin toplam üretimi sırasıyla 53.554 ve 113.460 ton olmuştur (TÜİK, 2020). Bu illerde üretilen yer fıstığının hemen hemen tamamı kavrularak çerezlik olarak değerlendirilmekte ve Osmaniye ili yaklaşık 300 işletme ile kavrulmuş yer fıstığı üretiminin merkezi konumunda bulunmaktadır. Üretilen yer fıstığının çerezlik olarak değerlendirilmesinin dışında az bir kısmı da fıstık ezmesi üretiminde, şekerleme, pastacılık ve yağ eldesinde kullanılmaktadır (DOĞAKA, 2015).

Osmaniye il idari alanının batı ve kuzeybatısı yer fıstığı ziraatına çok elverişli özelliklere sahiptir. Alüvyonlu verimli topraklara sahip olan yörede Sumbas, Savrun, Kesiksuyu ve Ceyhan nehirleri tarafından sulanan sahada yer fıstığının yetişebilmesi için oldukça uygun bir ortam bulunmaktadır. Osmaniye Merkez ve Kadirli ilçesi üretimin en yoğun olduğu bölgelerdir (DOĞAKA, 2015). Adana ilinde ise kıyı şeridinde bulunan Karataş ilçesine bağlı Tuzla'da her sene sezonun ilk hasadı yapılmaktadır. Tuzla Lagünü, Adana'nın Karataş ilçesi sınırlarında, Çukurova Deltası'nda bulunan lagün gölüdür. Tuzla Lagünü çevresi kumlu toprak yapısına sahiptir. Kuzey bölümündeki kumul tepeleri tarım

alanlarına dönüştürülmüştür ve yer fıstığı ziraatı için uygun bir tarım alanı oluşmuştur. Yerfıstığında, çiçek döllendikten sonra meydana gelen ginoforların (meyve sapları) toprağa rahatça girerek meyveyi oluşturabilmesi ve hasatta kayıpların az olması için toprağın sıkı yapıda olmaması çok önemlidir (Kadiroglu, 2018). Son yıllarda çerezlik yer fıstığı üretiminde gözde bir havza olan Adana/Tuzla yöresinde üretilen yer fıstığı da öne çıkmaktadır.

Yer fıstığı, Osmaniye ilinin tarım ve gıda sektöründe ekonomik değeri en fazla olan ürünüdür. Bölgedeki işletmelerin çoğunluğu küçük ve orta ölçekli işletmeler olup elde edilen kavrulmuş yer fıstığı kalitesinde sorunlar yaşanmaktadır. Öte yandan yer fıstığı ezmesi fıstık tarımının gelişmiş olduğu ABD gibi ülkelerde önde gelen değerlendirme şekillerinden biri olup katma değeri yüksek bir üründür (Gong ve ark., 2018). Ancak bölgede ve ülkemizde fıstık ezmesi üretimi oldukça sınırlı olup bu ürün geliştirilmeye açık bir konumdadır.

Gerek kavrulmuş yer fıstığı ve gerekse fıstık ezmesinde kaliteyi etkileyen ve tüketici tercihinde temel rol oynayan en önemli parametrelerden birisi aroma bileşikleridir. Son üründeki aroma bileşimini etkileyen temel faktörler çeşit ve işleme tekniğidir. Osmaniye ve Adana yöresinde bölgeye adaptasyonu, kaliteli ve verimli olması, tüketiciler tarafından tercih edilmesi gibi nedenlerle %95 oranında NC-7 çeşidi yer fıstığı ekimi yapılmaktadır (Arıoğlu ve ark., 2016). Çerezlik üretimde de bu çeşit kullanılmaktadır. Ancak ülkemizdeki yer fıstığı üretiminin büyük bir kısmını karşılayan bu yörelerde, üretilen NC-7 çeşidi yer fıstığının ve bu çeşitten elde edilen kavrulmuş yer fıstığının bileşimi ve aroması üzerine yapılmış detaylı bir çalışma bulunmamaktadır.

Çerezlik yer fıstığı üretiminde aroma oluşumundaki ana proses kavurma işlemidir. Çerezlik yer fıstığının aroma bileşiminin önemli kısmını kavurma işlemi sırasında oluşan reaksiyonlarla ortaya çıkan aroma bileşikleri oluşturur. Bu süreçte yetiştiği bölge, hammaddenin bileşimi (yağ asitleri, amino asitler, şekerler), yer fıstığının boyutu, yapısı ve uygulanan kavurma koşulları (sıcaklık, süre) aroma bileşikleri üzerinde belirleyici rol oynar (Perren ve Escher, 2013). Kavurma, düşük

nemli bir ortamda kontrollü bir sıcaklık altında ideal renk, doku ve aroma elde edilinceye kadar sürdürülür. Kavurma sıcaklığı 125-200 °C arasında değişim gösterir. Kavurma sırasında, büyük ölçüde kavrulmuş fıstık aromasını oluşturan karmaşık bir dizi aroma bileşeni oluşur. Bu aroma bileşiklerinin kimyasal yapısını ve aroma öncülleri arasında meydana gelen reaksiyonları anlamak için 1960'lı yıllardan beri çalışmalar devam etmektedir (Davis ve Dean, 2016).

Mason ve ark (1966), ilk kez İspanyol tipi kavrulmuş yer fıstıklarında enzimatik olmayan protein-şeker etkileşiminden ortaya çıkan pirazinlerin kavrulmuş fıstık aromasından sorumlu olduğunu belirlemiştir. Daha sonra kavrulmuş yer fıstığı aromasının oluşumunda rol alan reaksiyonlar; i) Maillard reaksiyonları, ii) Strecker degradasyonu, iii) termal degradasyon ve iv) lipit oksidasyonu olmak üzere belirlenmiştir (Mason ve ark., 1967). İdeal aroma oluşumu için uygun kavurma parametreleri bugüne kadar yapılan çalışmalarla standardize edilmiş olup 175-177 °C'de 15 dakika olarak belirlenmiştir (Baker ve ark., 2003; Smith ve ark., 2014; Shi ve ark., 2018). Günümüze dek yapılan çalışmalarda kavrulmuş yer fıstığında 200'den fazla aroma aktif bileşiğin rol aldığı belirlenmiştir (Neta ve ark., 2010). Pirazinlerin yer fıstığı aromasına olan katkısı keşfedildikten sonra, yapılan erken dönem çalışmalar, daha çok aroma bileşiklerinin izole edilmesi ve tanımlanması üzerine odaklanmıştır (Walradt ve ark., 1971; Johnson ve ark., 1971b; Cobb ve Swaisgood, 1971). Bu çalışmalarda kavrulmuş yer fıstığındaki aroma bileşikleri tanımlamasına rağmen, aroma kalitesi ve yoğunluğu ile ilgili bilgiler sınırlıdır, matriks-aroma, boyut-aroma ilişkileri ele alınmamıştır ve o günden bugüne aroma analiz yöntemleri ve tanımlamada kullanılan enstrümantal teknikler çok gelişmiştir.

Yer fıstığı tarımında hasat bir defada yapılır ve bu işleme söküm adı verilir. Yer fıstığı indeterminant bir bitkidir, yani hasat zamanında bile bitki gelişimi devam ettiği için kapsüllerde gelişen tanelerde homojen bir olgunlaşma sağlanamaz. Bu nedenle meyvelerin ancak %60-70'i tam olgunluğa ve iriliğe ulaştığı zaman hasat başlatılır (Kadiroğlu, 2018). Sökümden sonra elde edilen

kapsüller kurutulup kırıldığında taneler elde edilir. Bu aşamada tam olgun taneler genellikle istenen boyutlarda iken, tam olgunlaşmayan taneler ise küçük boyutlarda (7 mm ve altı) kalır. Yer fıstığı hasattan sonra tüm taneleri içeren kapsüllerin aynı anda toplanmasından dolayı doğası gereği farklı boyutlarda bulunmakta ve ticari değeri bakımından boyuta bağlı sınıflandırma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Çerezlik yer fıstığı tane boyutuna bağlı olarak 6-7 mm'den 13 mm elek boyutuna kadar sınıflandırılır ve yer fıstığının boyutu arttıkça ticari değeri artar. Tane boyutu küçüldükçe, olgunlaşmış tane sayısı azalır ve yer fıstığı bileşimi olgunluğa bağlı olarak büyük değişiklik gösterir. Küçük boyutlu taneler henüz olgunluğa erişmediğinden şeker içeriği, aminoasit miktarı, nem düzeyi daha yüksektir ve bu bileşenlerin miktarı, tohumun boyutu/olgunlaşma düzeyi arttıkça önce nişasta daha sonra yağa dönüşerek azalır. Çiğ yer fıstığı bileşiminde bulunan şekerler ve serbest aminoasitler kavurma sırasında pirazinlerin oluşumunda sırasıyla azot ve karbon kaynağı olması bakımından önemli iken tohumun içerdiği nem aroma oluşumunda rol alan reaksiyonlar için ortam oluşturur. Nem içeriği yüksek tanelerin daha fazla çözünür şeker içerdiği bildirilmiştir (Neta ve ark., 2010).

Yer fıstığı tanesinin olgunluk düzeyinden etkilenen diğer bileşen ise yağ asidi dağılımıdır. Yer fıstığı tanesi olgunlaştıkça artan yağ oranına bağlı olarak toplam serbest yağ asitlerinin yaklaşık %80'ini oluşturan oleik asit/linoleik asit (O/L) oranı yükselir. Oleik asidin linoleik aside kıyasla oksidasyona daha kararlı davranması sebebiyle kavrulmuş büyük boyutlu tanelerin raf ömrünün daha uzun olduğu bildirilmiştir (McNeill ve Sanders, 1998). Bu nedenlerle tane boyutu aroma oluşumunda önemli bir faktördür. Ancak bu konuda enstrümantal teknikler ile yapılmış kantitatif bir çalışma yoktur. Bu sebeple kavurma sonucu oluşacak son aroma kalitesinin ve farklı boyutlu tanelerin kavrulmuş yer fıstığının aroma oluşumunda etkisinin daha iyi anlaşılması için Osmaniye ve Adana yörelerinde yetişen yer fıstığının tane boyutuna bağlı olarak şeker ve aminoasit kompozisyonunun izlenmesi ve belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Günümüzde gıdalardaki aroma bileşiklerinin analizinde, geleneksel *in vitro* yöntemlerin yerine *in vivo* olarak adlandırılan, insandaki aroma algısıyla daha iyi ilişkilendirilen ve daha gerçekçi sonuçlar veren yeni yöntemler kullanılmaktadır. *In vitro* yöntemler aroma bileşiklerinin gıdalardan laboratuvar ortamında ekstrakte edilip gaz kromatografisi-kütle spektorometresinde (GC-MS) tanımlanmasına dayanmaktadır (sıvı-sıvı ekstraksiyon, katı faz mikroekstraksiyonu-SPME, yıkama&tutulma sistemi-P&T, çözgen yardımıyla aroma ekstraksiyonu-SAFE).

In vivo yöntemlerde ise gıdanın tüketimi sırasında insandaki koku reseptörlerine ulaşan aroma bileşikleri ve konsantrasyonu burun/ağız boşluğundan verilen nefese bağlantılı enstrümantal teknikler ile belirlenmektedir (Farneti ve ark., 2013; Boisard ve ark., 2014). Bu amaçla son yıllarda burun boşluğu/ağız boşluğu-GC-MS, proton transfer reaksiyon-kütle spektrometresi (PTR-MS) ve atmosferik basınç kimyasal iyonizasyon-kütle spektrometresi (APCI-MS) teknikleri ile bağlantılı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden burun/ağız boşluğu-GC-MS yöntemi, nefes ekstraktının içerdiği aroma bileşiklerinin kesin olarak tanımlanmasını ve konsantrasyonlarının belirlenmesini sağlar. Aynı zamanda her laboratuvara uygulanabilen basit ve ucuz bir metodoloji sunar. Burun/ağız boşluğu-GC-MS yönteminde gıdanın tüketimi sırasında ürün ağızdayken kişilerin burun boşluğundan veya ağız boşluğundan verdikleri nefes içindeki aroma bileşikleri, kapalı bir sistem içerisinde bir polimer ile doldurulmuş tuzak (Tenax gibi) tarafından tutulur. Tutulan aroma bileşikleri daha sonra termal desorpsiyon ünitesinde (TDU) veya uygun bir çözücü yardımıyla desorbe edilerek GC-MS ile belirlenir.

Burun/ağız boşluğu-GC-MS yöntemi ülkemizde henüz gıda aromalarının belirlenmesinde kullanılmadığı gibi yer fıstığı matriksinde de ülkemizde ve dünyada kullanılmamıştır. *In vivo* yöntemlerden sadece PTR-MS tekniği kullanılarak aralarında yer fıstığı ve yer fıstığı ezmesinin de bulunduğu çeşitli gıdaların ele alındığı bir çalışma yapılmış ancak bu çalışmada aroma bileşikleri tek tek tanımlanamamış ve aroma bileşikleri ile ilgili detaylı bir veri sunulamamıştır (Frank ve ark., 2012). Ülkemizde yer fıstığı aroması üzerine *in vivo* yöntemlerle

yapılmış bir çalışma bulunmazken *in vitro* yöntemle (SPME-GC-MS) yapılmış bir çalışma bulunmaktadır (Onat ve ark., 2018). Bu çalışmada da ülkemizde ve Osmaniye'de yaygın bir çeşit olmayan Halisbey çeşidi yer fıstığı ele alınmış, aroma bileşikleri kantitatif olarak hesaplanmamış, yüzde alan dağılımı olarak verilmiş ve tanımlama tentatif olarak yapılmıştır. Osmaniye ve Adana'da üretilen yer fıstığının %95 ini oluşturan ve bu bölgeyle özdeşleşmiş NC-7 çeşiti kavrulmuş yer fıstığının aroması üzerine kalitatif ve kantitatif çalışma bulunmamaktadır.

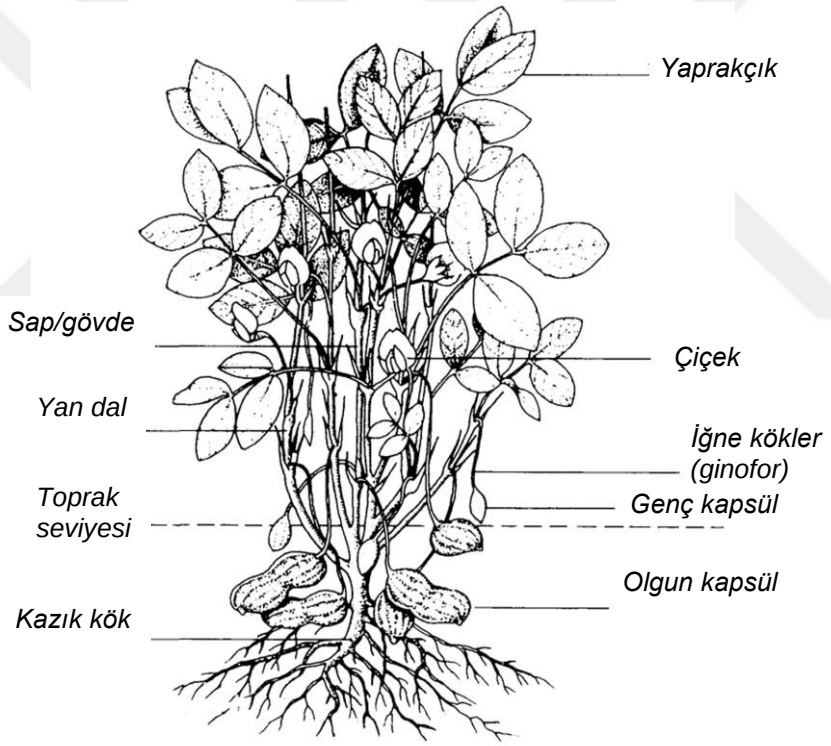
Bu çalışmada ülkemizde çoğunlukla üretimi yapılan ve çerezlik olarak işlenen NC-7 çeşit yer fıstıkları Osmaniye ve Adana illerinden iki farklı boyutta temin edilerek kavrulmuş ve kavrulan yer fıstıklarının homojen hale getirilmesiyle ezme üretimi yapılmıştır. Çalışmanın temel amaçları;

i. *In vivo* aroma salınımı analiz yöntemini ülkemiz koşullarında ilk kez uygulamak ve bu yöntem ile başka materyallere de uygulanabilecek bir metodoloji sunmaktır,
ii. *In vitro* aroma analiz yöntemi ile çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının aroma bileşimi belirlenerek yörenin, tane boyutunun ve kavurma prosesinin *in vitro* aroma bileşimi ve aroma aktif bileşikleri üzerine etkisinin belirlenmesidir,
iii. *In vivo* aroma analiz yöntemi ile kavrulmuş yer fıstıkları ve bunlardan elde edilen ezmeler ele alınarak, değişen tekstür ile birlikte yörenin ve tane boyutunun kavrulmuş yer fıstıkları ve ezmenin ağızda tüketimi sırasında salınan aroma bileşikleri ve duyusal algı üzerine etkisinin anlaşılmasıdır,
iv. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının kimyasal bileşiminin yöre, boyut ve prosese bağlı nasıl değiştiğinin belirlenerek *in vivo* ve *in vitro* aroma bileşimi ve duyusal algı ile ilişkisini ortaya koymaktır,
v. Ayrıca, tüm bu çalışmalar tamamlandığında, bu konu ile ilgili literatürdeki boşluğu doldurmak, elde edilen çalışmaların yayımlanması, üniversitemizin ve bölgedeki yer fıstığı ekonomisinin gelişmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Yer Fıstığı Genel Bileşimi

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea*), baklagiller (Fabaceae) familyasından olan, yüksek oranda yağ içeriği ile özellikle yağ sanayi ve çerez yapımı başta olmak üzere çeşitli şekillerde değerlendirilen değerli bir bitkidir. Yer fıstığı, çeşitli şekillerde işlenmeye uygun olmakla birlikte, büyük oranda kavrularak tüketilir. Kavurma işlemi ile birlikte ortaya çıkan benzersiz aroma, onu tüm dünyada sevilerek tüketilen bir gıda maddesi yapmaktadır (Davis ve Dean, 2016).



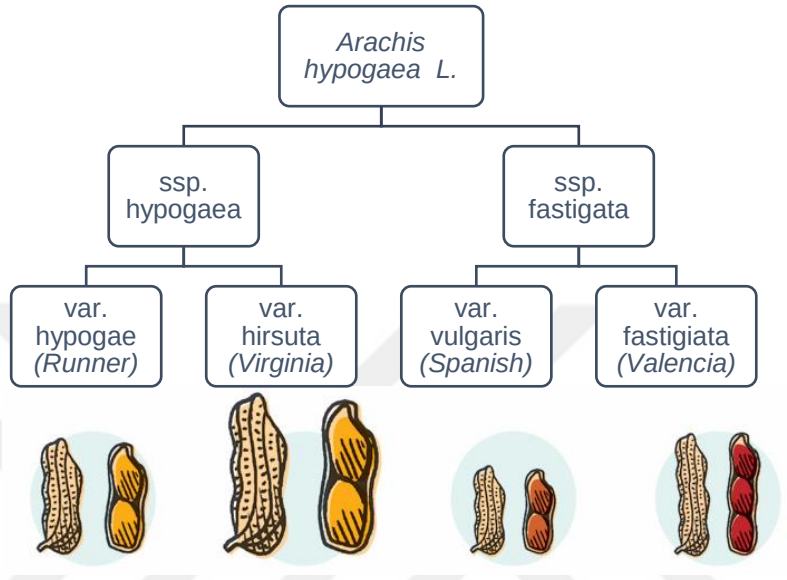
Şekil 2.1. Yer fıstığı bitkisi (Rao ve Murty, 1994)

Yer fıstığı bitkisi Dünyada ekiliş alanı olarak tropik ve subtropik sıcak iklim bölgelerinde yer almaktadır. Güney Amerika kökenli olan yer fıstığı bitkisi, ilk olarak Amerika'nın keşfi ile, 16. yüzyılda Portekizliler tarafından önce Avrupa'ya getirildiği ve ardından Afrika ve Asya kıtalarına daha sonra da Pasifik adalarına götürülmüş olabileceği bildirilmektedir (Kadiroğlu, 2018). Yer fıstığı, sanayileşme ile birlikte fıstık yağı, fıstık ezmesi, kavurma ile çerez ve şekerlemelere işlenmiş, talep edilen bir gıda haline gelmiştir. Islah çalışmaları ile, götürüldüğü yerlere uyum sağlamış ve anavatanı dışında üretimi daha çok olan bir bitki haline gelmiştir (Altunbaş, 2018).

Yer fıstığının Türkiye'ye ilk kez 1987 yılında Trablusgarp'tan getirilen tohumların deneme amaçlı ekilmesi ile giriş yaptığı bildirilmektedir. Yer fıstığı tohumlarının 1908'de İstanbul Halkalı Ziraat Mektebi'nde denemeye alındığı ve 1935'te şimdiki adı ile Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde (BATEM) kapsamlı olarak araştırıldığı belirtilmiştir. Yer fıstığı bitkisinin zamanla Güney Marmara, Ege kıyıları ve günümüzde en fazla yetiştiği bölge olan Akdeniz Bölgesi'ne ulaştığı bildirilmektedir. Yer fıstığı bitkisinin Türkiye'de ekonomik anlamda üretilmeye başlanması 1920 yılında başlamıştır (Şahin, 2014: Kadiroğlu, 2018).

Dünyada kültürü yapılan yer fıstığı Virginia, Runner, Spanish ve Valencia olarak 4 pazar tipine ayrılmaktadır. Bu pazar tiplerinin her biri dallanma modeli, bitki büyüme formu, çiçeklenme ve meyve özellikleri bakımından farklılık göstermektedir. ***Virginia*** tipi büyük taneli yapısı ile daha çok çerezlik olarak kullanılırken, ***Runner*** tipi, tane iriliği bakımından ***Virginia*** tiplerine göre daha küçüktür ve genellikle yer fıstığı ezmesi ve şekerleme gibi ürünlerde değerlendirilirler. ***Spanish*** tipi çeşitler daha küçük tohumlu ve tohumu saran zar rengi bakımından daha koyu renklidir (kırmızı-kahverengi). Diğer çeşitlere kıyasla yağ içeriği en yüksektir. ***Valencia*** tipi çeşitler diğer pazar tiplerine göre kapsüllerinde genelde daha çok tane oluşur (3-4 adet). Ekiliş alanı bakımından

diğer pazar tiplerinin çok gerisindedir ve genellikle haşlanarak tüketilir (Kadiroğlu, 2018; Archer, 2016; Variath ve Janila, 2017).



Şekil 2.2. Pazar tiplerine göre yer fıstığı (Davis ve Dean, 2016)

Çizelge 2.1. Çiğ yer fıstığı bileşim tablosu (Savage ve Keenan, 1994; Abbas ve ark., 2018)

Genel Bileşim (g/100 g)		**Karbonhidrat (g/100 g tane)**	
Nem	6.5	*Çözünür şekerler*	
Protein	25.8	Monosakkaritler	0.1-0.3
Toplam yağ	49.2	Sakkaroz	1.9-5.2
Kül	2.3	Toplam suda çözünür	3.0-8.92
Karbonhidrat	16.1	*Oligosakkaritler*	
Toplam diyet lifi	8.5	Rafinoz	0.14
Toplam şeker	4.7	Stakiyoz	0.71
Yağ Asitleri (%)		Nişasta	6.7-10.0
Palmitik asit	6.0-13.5	*Çözünmez karbonhidrat*	
Palmitoleik asit	0-1.1	Toplam çözünmeyen	12.2-15.67
Stearik asit	1.0-4.9	Ham lif	1.2-4.3
Oleik asit asit	36.7-61.1	Nötral deterjan lif	8.3-11.2

Çizelge 2.1. devamı

Linoleik asit	**21.6-48.3**	**Asidik deterjan lif**	**4.3-5.9**
Linolenik asit	0.1-0.5	Lignin	1.1-3.3
Araşidik asit	1.1-1.8	**Mineral (mg/100 g kuru madde)**	
Eikosenoik asit	1.1-1.8	Ca	44.0-87.8
Behenik asit	2.7-3.7	Mg	157.0-200.0
Lignoserik asit	1.5-2.0	P	137.0-470.3
Amino asit (g/100 g)		Na	5.8-66.0
Elzem		K	618.2-890.0
İzolösin	1.86-4.3	Fe	1.2-2.0
Lösin	6.12-7.0	Cu	0.74-1.60
Lisin	3.(1-4.27	Zn	3.3-6.2
Metiyonin	0.79-1.6	Mn	1.7-19.0
Metiyonin + Sistein	0.80-3.3	CI	5.8-10.1
Fenilalanin	4.60-5.4	Cr	0.2-0.4
Treonin	2.43-2.9	Co	-
Triptofan	0.60-2.0	AI	2.3
Valin	2.55-4.5	Mo	0.07
Elzem olmayan		B	1.8-3.2
Alanin	3.4-4.2	**Vitamin (mg/100 g)**	
Arjinin	10.6-11.84	Tiyamin (B1)	0.6 mg
Aspartik asit	11.56-14.1	Riboflavin (B2)	0.3 mg
Sistein	1.3-2.42	Niyasin (B3)	12.9 mg
Glutamik asit	19.2-22.46	Pantotenik asit	1.8 mg
Glisin	5.6-6.77	Vitamin B6	0.3 mg
Histidin	2.1-2.51	Folat (B9)	246 ug
Prolin	4.3-6.36		
Serin	4.9-5.30		
Tirozin	3.6-4.40		

2.1.1. Karbonhidratlar

Yağı alınmış yer fıstığı unu yaklaşık %38 oranında toplam karbonhidrat içerir. İşlenmemiş yer fıstığı ununda toplam karbonhidratları oligosakkaritler (%18), nişasta (%12.5), hemiselüloz A (%0.5), hemiselüloz B (%3.5) ve selüloz (%4.5) oluşturur. Oligasakkarit fraksiyonunun büyük bir bölümünü çözünebilir bir şeker olan sakkaroz oluştururken (%13.9), sindirelemeyen kısa zincirli oligasaakritler olan rafinoz (%0.89), stakiyoz (%1.56) ve verbaskoz (%0.41) daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Ek 1). Bu oligasakkaritler insanlar tarafından sindirilemez ancak bağırsaklarda yaşayan bakteriler tarafından fermentasyona uğrayarak gaz oluşturur (Smartt, 2012). Nişasta, α-D glikoz birimlerinin glikozidik bağlar ile bağlanması ile oluşan bir homopolisakkarittir. Nişasta tüketildikten sonra tükürük ve pankreatik amilazın katalizörlüğünde maltoz, maltotrioz ve izomaltoza hidrolize olur. Daha sonra ince bağırsakta yer alan sukroz-izomaltaz enzimi tarafından glikoza parçalanır (Toomer, 2017).

Yer fıtığının şeker içeriği kavurma prosesi boyunca oluşan renk ve aroma için kritik bir öneme sahiptir. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstığında 6 adet şeker belirlenmiştir ve bunlar en fazla bulunandan en aza doğru sıralandığında sakkaroz, stakiyoz, rafinoz, glikoz, früktoz ve *myo*-inositol şeklindedir (Samartt, 2012). Bryant ve ark (2004), ABD'de yetişen 33 farklı yer fıstığı çeşidince HPLC yöntemiyle sakkaroz yanında rafinoz ve stakiyoz olmak üzere oligasakkaritler şeker bileşikleri olarak belirlemişlerdir. Kavurma ile birlikte yer fıstığının toplam karbonhidrat miktarında artış olur. Bu durum kavurma prosesi ile birlikte yer fıstığından su ve uçucu bileşenlerin uzaklaşması, sakkarozun ısı etkisi ile glikoz ve früktoza hidrolize olarak çözünür şeker miktarının artması ile açıklanır (Smartt, 2012). Yer fıstığında yapılan önceki çalışmalar karbonhidrat içeriğinin market tipi (Patte ve ark., 2000a) hasat yılı (Rodriguez ve ark., 1989), yetiştiği toprağın sıcaklığı (McMeans ve ark., 1990) çeşit, olgunluk ve yetiştiği bölgeye göre değişiklik gösterdiğini belirlemiştir (Pattee ve Young, 1982). Literatür özeti bu başlıklar altında verilmiştir.

2.1.1.1. Tane Boyutunun/Olgunluğun Etkisi

Oupadissakoon ve ark (1980), farklı bölgelerde yetişen, Florigiant çeşidi yer fıstığı bitkisini ekiminden 125-130 gün sonra başlayarak 8 hafta boyunca hasat ettiği yer fıstıklarının amino asit ve çözünür şeker içeriğini belirlemiştir. Örneklerin sakkaroz, glikoz ve früktoz içerikleri yetiştiği bölgeye göre farklılık göstermiştir. Sakkaroz toplam şekerlerin %86'sını oluşturmuş ve ortalama miktarı 36 mg/g yer fıstığı olmuştur.

Basha (1992), çiğ yer fıstığından elde edilmiş yağı giderilmiş ve iki farklı koşulda depoladığı (dondurarak kurutulmuş ve soğuk depolama) 20 çeşit yer fıstığı unundan %80 metanol ile ekstrakte ettiği şekerleri yüksek basınçlı sıvı kromatografisi-refraktif indeks dedektörü (HPLC-RID) yöntemi ile belirlemiştir. Kısa süreli iki farklı depolamanın çözünür şeker içeriği üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. Araştırmaya göre en fazla bulunan çözünür şekerler sırasıyla sakkaroz, glükozamin, rafinoz ve stakiyoz olmuştur. Belirlenen glikoz ve früktozun ise örnek hazırlama sırasında oligasakkaritlerin parçalanması ile açığa çıkmış olabileceğini bildirmiştir.

2.1.1.2. Bitkinin Farklı Kısımlarının Etkisi

Patte ve ark (1974), NC-2 çeşidi yer fıstığı bitkisinin farklı kısımlarının (tohum, tohum kapsülü, tohum zarı ve embriyo) içerdiği nişasta ve şeker miktarını bu kısımları 15 farklı olgunluk sınıfına ayırarak belirlemiştir. Bu sınıflandırmaya göre 1-5 erken dönem, 6-10 orta olgunluk dönemi, 11-15 olgunluk dönemini temsil etmiştir. Tohumun nişasta içeriği 9. olgunluk döneminde en yüksek miktarına çıkmış ve son olgunluk sınıfına kadar sabit kalmıştır. Şeker içeriği olgunluğun bir seviyesine kadar artmış ancak tohumun aşırı olgunlaşmasıyla düşmüştür.

Zheng ve ark (2001), yer fıstığı bitkisinin gelişimi boyunca bitkinin farklı kısımlarında (tohum, tohum kapsülü, tohum derisi, yaprak, yaprak sapı, gövde, yumru ve kök) bulunan sakkaroz, glikoz, früktoz ve inositolün değişimini yüksek basınçlı sıvı kromatografisi-darbeli amperometrik dedektör (HPLC-PAD)

yöntemiyle belirlemişlerdir. Araştırmacılar sakkarozun gövde ve köklerde sentezlenebileceğini ve inositolün ise fıstık bitkisinin büyümesinde önemli bir rol oynayabileceğini rapor etmişlerdir.

2.1.1.3. İklim ve Toprak Etkisi

Yer fıstığı genotiplerinde en uygun toprak sıcaklığının 26/22-32/26 °C (gündüz/gece) aralığında olduğu bildirilmiştir (Golombek ve Johansen, 1997). Farklı tür yağlı tohumlarda genotip ve sıcaklık rejimi etkisinin belirlendiği çalışmalarda toprak sıcaklığının artması ile birlikte yer fıstığında yağ miktarının azaldığı (Golombek ve ark., 1995), çeşitli yağlı tohumlarda değişmediği (Canvin ve ark., 1965) veya soyada, keten tohumunda ve hardalda arttığı bildirilmiştir (Marquard, 1985). Arpa ve buğdayda yüksek toprak sıcaklığının sakkarozun nişastaya dönüşümünü azalttığı bildirilmiştir (Jenner, 1994; Golombek ve ark., 2001).

Golombek ve ark (1995), toprak sıcaklığının Spanish çeşitlerinin yağ, çözünür şeker, protein ve yağ asidi dağılımı üzerine etkisini istatistiksel olarak önemli bulmuşlardır. Örneklerin ortalama şeker içeriği 3.98 g/g kuru ağırlık olarak rapor edilmiştir. Uygulanan 4 farklı sıcaklık rejimi içinde (20/14, 26/20, 32/26 ve 38/32 °C) toplam şeker miktarı (kuru ağırlık üzerinden) sırasıyla 4.5, 3.7, 3.4 ve 4.3 g/g kuru ağırlık olmuştur. Üç çeşitte de sıcaklık düştükçe şeker içeriği artmıştır.

Casini ve ark (2003), üç yıl boyunca (1996-1998) Arjantinin farklı bölgelerinden topladıkları Florman INTA çeşidi yağı giderilmiş yer fıstığı ununda fruktoz, glikoz ve sakkarozun miktarını belirlemişlerdir (FSG). Toplam FSG değerleri 6.16-14.29 g/100g aralığında değişmiştir. Araştırıcılar daha düşük sıcaklık değerleri gösteren bölgelerde yetişen yer fıstıklarının organlarında sakkarozun daha fazla depolandığını bildirmişlerdir.

McMeans ve ark (1990), üst toprak sıcaklığındaki 7 °C'lik değişimin Florunner çeşidi yer fıstığının FSG içeriğinde %40'lık bir artışa neden olduğunu rapor etmiştir. Örneklerin sakkaroz içeriği toprak sıcaklığı ve tane boyutu arttıkça

azalmıştır. Glikoz, früktoz ve rafinoz konsantrasyonlarının değişimi genel olarak benzer olmuştur.

Golombek ve ark (2001), Spanish market tipine ait üç farklı çeşit yer fıstığı kapsülünün ve bitkinin köklerini saldığı toprak bölgesinin sıcaklığının ürün verimine ve tohum kompozisyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sera koşullarında kapsül veya toprak sıcaklıkları 40/34 ve 28/22 °C gündüz/gece olacak şekilde dört farklı kombinasyonda gerçekleştirilmiştir. Düşük kapsül sıcaklığında protein konsantrasyonu düşerken toplam yağ ve nişasta miktarı artmıştır.

2.1.1.4. Çeşit Etkisi

Grimm ve ark (1996), Amerika'nın farklı bölgelerinden elde edilen yerel yer fıstığı çeşitlerini (*Arachis hypogaea* L. subsp. hypogaea var. hirsuta) iki market tipine ait (Runner ve Virginia) Florida ve NC-7 çeşitleri ile kimyasal içerik bakımından kıyaslamıştır. Yerel çeşitler, yağ içeriği, oleik asit/linoleik asit oranı, tokoferol içeriği ve oksidatif stabilite bakımından Florunner ve NC-7 çeşitlerine kıyasla daha düşük değerler gösterirken serbest şeker içeriği bakımından daha yüksek çıkmıştır. Tüm çeşitlerden elde edilen yağsız yer fıstığı ununda baskın şeker bileşeni olarak sakkaroz bulunmuş ve toplam şekerlerin %93-96'sını oluşturmuştur. Sakkaroz içeriği yerel çeşitlerde 134-167 µmol/g (45.86-57.16 mg/g yağsız yer fıstığı unu) aralığında iken, Florunner çeşidinde 114 µmol/g (39.02 mg/g yağsız yer fıstığı unu), NC-7 çeşidinde 118 µmol/g (40.39 mg/g yağsız yer fıstığı unu) olarak belirlenmiştir.

Pattee ve ark (2000a), iki farklı bölgeden paralelli olarak toplanan 52 genotip üzerinde yaptıkları çalışmada, örneklerin şeker içeriklerini kıyaslamışlardır. Sakkaroz tüm çeşitlerde belirlenen şekerler arasında yaklaşık %90 oranında bulunurken, çeşitler arasında en düşük ve en yüksek sakkaroz içeriği arasında iki kat, rafinoz ve stakiyoz arasında 4, glikoz ve früktoz arasında 20 kat fark çıkmıştır. Market tipleri arasında toplam şeker ortalaması Virginia'lar için 24.54 mg/g, Runner'lar için 16.64 mg/g ve Fastigiate'ler için 11.92 mg/g olmuştur.

Özet olarak araştırma, farklı fıstık genotiplerinin karbonhidrat bileşimi bakımından farklılıklar gösterdiğini bildirmiştir.

Pattee ve ark (2000b), önceki çalışmalarının devamı olarak (Pattee ve ark., 2000a) 52 farklı genotipin belirledikleri şeker içerikleri ile duyusal özellikler arasındaki korelasyonları belirlemişlerdir. Örneklerin şeker içerikleri ile *tatlılık* ve *kavrulmuş yer fıstığı* aroması arasında pozitif bir ilişki varken, *burukluk* ve *acılık* arasında negatif bir ilişki vardır. Tüm genotipler baz alındığında toplam şeker veya sakkarozun konsantrasyonu ile *tatlılık* arasında beklenenin aksine anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Çünkü bu ilişki farklı market tiplerinde değişiklik göstermiştir.

Shad ve ark (2009), Pakistan'dan topladıkları 4 çeşit (Golden, Barri 2000, Mungphalla, Mungphalli 334) yer fıstığının kimyasal özelliklerini belirlemiştir. Çeşitler arasında biyokimyasal kompozisyon bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur. Örneklerin toplam şeker içerikleri %7.64-8.31 aralığında değişmiş ve bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Mahatma ve ark (2016), 30 Spanish 30 Virginia market tipine ait toplam 60 farklı genotipi biyokimyasal özellikleri bakımından kıyaslamıştır. Sakkaroz içeriği Virginia genotipleri için 38.5-69.0 mg/g iken Spanish genotiplerinde 27.9-53.3 mg/g aralığında değişmiştir. Ortalama *myo*-inositol içeriği Spanish genotiplerinde (0.8–2.1 mg/g) Virginia market tipine (0.4–1.8 mg/g) göre daha yüksek iken stakiyoz içeriği için tam tersi olmuştur (Spanish: 3.5–7.9 mg/g; Virginia: 4.6–10.3 mg/g).

2.1.1.5. Hasat Yılının Etkisi

Rodriguez ve ark (1989), Amerika'da Florunner çeşidi fıstıklarda yaptıkları çalışmada 1985 ve 1986 olmak üzere iki yıla ait mahsulleri kullanmıştır. Yer fıstıkları ekiminden itibaren 142 gün sonra toplanmış ve olgunlukları bakımından farklı gruplara ayrılmıştır. Bu fıstıklardan orta büyüklükte olanlar yer fıstığı ezmesi üretimi için ayrılmıştır. Örneklerin protein ve karbonhidrat içeriği çiğ yer fıstığı ve ezmesi için benzer olurken, ezmenin alfa-amino nitrojen içeriği çiğ tanelerden daha

düşük çıkmıştır. Örneklerin çözünür şeker içerikleri hasat yıllarına göre farklılık göstermiştir.

Sanders ve ark (1989), iki yıla ait mahsülleri farklı olgunluk sınıflarına göre ayırmış ve bu örnekleri aynı koşullar altında kavurmuştur. Hunter L değerleri olgunluk arttıkça artmıştır. Bu örneklerin olgunluğu azaldıkça kavrulmuş fıstık aroması yoğunluğu artmıştır.

2.1.2. Yağ

Yağ, yer fıstığındaki baskın makro bileşendir ve yer fıstığı için genelde %49 civarında rapor edilir. Ancak yer fıstığının yağ içeriğinin çeşit, market tipi, yetiştiği çevre, olgunluk ve tohum boyutuna bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Ticari olarak üretilen yer fıstığında yağ içeriğinin bilinmesi fıstık ezmesi gibi yer fıstığından üretilecek ürünlerin son ürün kalitesini tahmin etmede önemlidir. Yer fıstığı olgunlaştıkça genellikle yağ oranı artmaktadır (Pattee ve ark., 1974). Olgun bir yer fıstığı tohumunda Runner, Virginia ve Spanish olmak üzere farklı market tipleri için ortalama yağ içerikleri sırasıyla % 50.7, % 47.2 ve % 49.2 olarak rapor edilmiştir (Pattee ve ark., 1982a).

Yer fıstığı ve diğer yağlı tohumlarda, lipid yapısı dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Doğada bulunan çoğu katı ve sıvı yağlarda yağ asitleri birincil yapı taşlarıdır. Yer fıstığı yağ asitlerinin çoğu bir gliserol omurgasına üç yağ asidinin esterleşmesiyle oluşan trigiliserit formunda bulunur. Yer fıstığındaki trigliseritler toplam lipitin % 97'sinden fazlasını oluşturmaktadır (Yoshida ve ark., 2005). Trigliseritler üzerindeki yağ asitlerinin dağılımı, yer fıstığı için önemli bir kalite meselesidir ve önceki çalışmalarda bildirildiği gibi çeşit ve tohum olgunluğundan ve diğer faktörlerden etkilenir (Dean ve ark., 2011).

2.1.2.1. Yağ Asitleri Bileşimi

Yer fıstığı ve diğer yağlı tohumlarda, lipit yapısı dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Doğada bulunan çoğu katı ve sıvı yağlarda yağ asitleri birincil

yapı taşlarıdır. Yer fıstığı yağ asitlerinin çoğu bir gliserol omurgasına üç yağ asidinin esterleşmesiyle oluşan trigliserit yapısında bulunur. Yer fıstığındaki trigliseritler toplam lipidin % 97'sinden fazlasını oluşturmaktadır (Yoshida ve ark., 2005).

Yer fısıtğında en fazla bulunan yağ asitleri sırasıyla oleik, linoleik ve palmitik asittir. Bu üç yağ asidi toplam yağ asidi bileşiminin %90'nını oluşturur. Oliek ve linoleik asit ise yer fıstığı içindeki tüm yağ asitlerinin %80'inden fazlasını oluşturur. Her iki yağ asidi de 18 karbonlu iken oleik asit yapısında tekli, linoleik asit ise çift doymamış bağ bulundurur. Genel olarak yer fıstığında oleik asit içeriği %50 linoleik asit içeriği ise %30 civarında iken 1980'lerin sonunda doğal olarak değişime uğramış (mutant) ve %80'e yakın oleik asit, %3'ten daha az linoleik asit içeren çeşit (yüksek oleik asitli çeşit) keşfedilmiştir (Norden ve ark., 1987). Bu iki yağ asidi miktarı yer fıstığında birbiri ile ters orantılıdır. Bunun durum, oleik asidi linoleik aside dönüştüren desatüraz enzimlerinden kaynaklanır. Bu iki yağ asidinin yer fıstığındaki miktarına ve yüksek orandaki ters yöndeki ilişkilerine bakıldığında, oleik asit/linoleik asit (O/L) oranı, yer fıstığı endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Yüksek oleik asit içeren çeşitlerin O/L oranı 9'dan yüksektir. Yüksek oliek asit içeren çeşitler, doymamışlıklarının linoleik asitten daha düşük olması nedeniyle yer fıstığı ürünlerine daha uzun bir raf ömrü sağlar. Yağ asitlerinin doymamış bağları lipit oksidasyonuna ve lezzet dönmesine öncelikle katılan bölgelerdir. Yağlarda doymamış bağ sayısı arttıkça oksidasyona duyarlılık artmaktadır (Davis ve ark., 2013; Knauft ve ark., 2000).

Palmitik asit 16 karbon atomlu tamamen doymuş bir yağ asididir ve yer fıstığındaki miktarı %7-13 aralığında değişir. Bunlara ilaveten palmitoleik, linolenik, 11-eikosenoik, stearik, araşidik, behenik, lignoserik ve hekzakosanoik asitleri toplam yağ asitlerinin %2 veya daha azını oluşturur (Davis ve Dean, 2016).

Yağın yağ asidi bileşimi, özellikle O/L oranı tanenin olgunluğundan ve yetiştiği bölgenin ikliminden etkilenir. Yer fıstığı olgunlaştıkça O/L oranının doğal olarak arttığı ve olgun tanelerden üretilen ürünlerin tazeliklerinin daha uzun süre

korunacağı bildirilmiştir (Andersen ve Gorbet, 2002). Daha sıcak iklimlerde yetişen normal veya yüksek oleik asitli çeşit yer fıstıklarının daha yüksek O/L oranına sahip olma eğilimi gösterdiği belirtilmektedir (Holaday ve Pearson, 1974). Birçok yağlı tohumda yapılan çalışmalarda da gösterilmiştir ki; O/L oranı arttıkça yağ viskozitesi artmaktadır. Bu durumun, optimal yağ/membran akıcılığını sürdürmek için yetişme sıcaklığına bağlı olarak değişen yağ asidi desaturaz aktivitesinin bir sonucu olarak tohumun sağladığı doğal bir mekanizma olduğu bilinmektedir (Davis ve Dean, 2016).

Yüksek oleik asitli çeşitlerden elde edilen kavrulmuş yer fıstığı ürünleri raf ömrü bakımından geleneksel yer fıstığı tohumlarına göre daha dayanıklıdır. 1980'lerin sonlarında, yüksek oleik asitli çeşitlerin keşfinden buyana, ticari olarak çok sayıda yüksek oleik asitli çeşit piyasaya sürülmüştür. Bu çeşitler oleik asit içeriklerinin artmasına bağlı olarak azalan linoliek asit seviyesine rağmen diğer bileşimsel özellikleri bakımından normal oleik asitli yer fıstıkları ile benzerdir (Andersen ve Gorbet, 2002).

Yapılan bir çalışmada, Oklahoma'da yetişen beş farklı yüksek oleik asitli çeşidin, toplam yağ, protein, kül ve diyet lif bileşimi yönünden normal oleik asitli yer fıstıkları ile benzer olduğu bildirilmiştir (Jonnala ve ark., 2005). Diğer bir çalışmada ise aminoasit bileşimi yönünden yüksek ve normal oleik asitli çeşitlerin arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır (Andersen ve ark., 1998).

Mozingo ve ark (1988), Virginia tipi 5 farklı çeşitte (NC-7, VA-81B, NC-6, Florigiant ve GK-3) tohum büyüklüğünün yağ asidi bileşimi ve depolama süresi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çeşitler arasında yağ asidi bileşimi ve O/L oranı bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur. Tane büyüklüğü arttıkça stearik, oleik, araşidik asit içeriği ve O/L oranı önemli düzeyde artarken palmitik, linoleik, eikosenoik, behenik ve lignoserik asit içerikleri önemli düzeyde azalmıştır. Sonuçlar yağ asidi bileşimi ve O/L oranının yer fıstığının yetiştiği çevre

koşullarından, çeşit farklılıklarından ve tane büyüklüğünden önemli düzeyde etkilendiğini göstermiştir. Tane büyüklüğü arttıkça ürünlerin raf ömrü uzamıştır.

Türkiye'de çeşitli illerde yetiştirilen NC-7 çeşit yer fıstıklarının yağ asidi bileşimi farklı araştırmacılar tarafından belirlenmiş ve bulgular Çizelge 2.2'de derlenmiştir. Araştırmacıların elde ettiği sonuçlara bakıldığında aynı çeşidin farklı bölgelerde yağ asidi bileşimi bakımından farklılıklar gösterdiği gözükmektedir. Sırasıyla Adana (Arıoğlu ve ark., 2018), Mersin (Juhaimi ve ark., 2018), Antalya (Aydinsakir ve ark., 2016), Keşan (Önemli, 2012) ve Osmaniye'den (Özcan ve Seven, 2003) elde edilen NC-7 çeşidi üzerinde yapılan çalışmalarda örneklerin oleik asit içerikleri %43.13-61.39, linoliek asit içerikleri %17.54-35.2, palmitik asit içerikleri %8.64-13.03 aralığında değişmiştir.

Çizelge 2.2. Çeşitli yıllarda yapılan çalışmalara ait yer fıstığı yağ asidi bileşimi (%)

Kaynak	Çeşit/Bölge veya Ülke	Palmitik asit (C16:0)	Stearik asit (C18:0)	Oleik asit (C18:1)	Linoleik asit (C18:2)	Araşidik asit (C20:0)	Eikosenoik asit (C20:1)	Behenik asit (C22:0)	Lignoserik asit (C24:1)
Arnoglu ve ark (2018)	NC 7/Adana	8.64	3.36	61.39	17.54	-	-	-	-
Juhana ve ark (2018)	NC 7/Mersin	9.17	4.37	46.38	37.21	1	-	-	-
	ÇOM/Mersin	12.56	2.98	49.87	28.54	1	-	-	-
Lim ve ark (2017)	Yüksek oleik asitli çeşit/Kore	6.68-9.35	3.66-3.88	54.89-80.63	1.87-25.40	1.66-1.74	0.89-1.43	2.57-2.86	1.33-1.74
Aydinsakir ve ark (2016)	NC 7/Antalya	8.62-10.06	3.23-4.17	53.80-58.39	22.41-28.36	1.56-1.83	0.95-1.47	2.57-2.19	-
Uçkun ve ark (2016)	13 çeşit yerfıstığı/Adana	9.14	3.18	59.32	23.24	1.56	1.13		
Gulluoglu ve ark (2016)	NC 7/Adana	-	-	57.4	23.48	-	-	-	-
Orsavova ve ark (2015)	Çeşit belirtilmemiş/Çek Cumhuriyeti	7.5	2.1	71.1	18.2	1.01	-	-	-
Nile ve ark (2013)	Trombay Latur 45/Kore	5.5	1.8	16.1	37.5	0.8	2.1	1.2	0.8
Sebei ve ark (2013)	Massriya, Sinya, Chounfakhi veTrabilsia/Tunus	17.45-12.11	4.01-4.59	27.16-32.63	41.85-39.65	-	-	0.39-1.1	-
Onemli ve ark (2012)	NC 7/Keşan	11.08	2.884	45.694	32.802	1.413	1.173	2.889	1.582
Rodrigues ve ark (2011)	Çeşit belirtilmemiş/ Brezilya	3.90-4.70	1.94-1.12	15.58-27.15	13.86-15.35	0.57-0.90	-	1.09-2.17	-
Özcan, (2010)	Çeşit belirtilmemiş/Anamur, Silifke, Alanya, Aydıncık, Osmaniye, Bucakısla, Büyükecel	7.63–11.41	2.14–4.13	48.4–57.3	27.3–38.3	1.44–2.36	-	-	-
Ozcan ve Seven (2003)	Osmaniye	9.31	3.07	53.7	38.3	1.83	-	-	-
	NC 7/Osmaniye	13.03	4.53	43.13	35.2	1.53	-	2.4	-
	ÇOM/Osmaniye	8.7	3.77	55.07	25.13	1.9	-	3.17	-

2.1.3. Protein

Protein insan (gıda) ve hayvan (yem) beslenmesi ve canlılığı vazgeçilmez bir besin kaynağıdır. Dünyanın artan nüfusuna bağlı olarak protein kaynakları gezegenimizin katlanarak artan nüfusu ile son yıllarda baskı altındadır. Diğer kabuklu yemişler içinde yer fıstığı proteince en zengin olanıdır. Ancak yer fıstığı proteini alerjen özelliği nedeniyle Dünyada çok kişiyi etkilemektedir. Diğer gıda alerjenlerinden farklı olarak yer fıstığı alerjisi yaş ile kaybolmaz ve kişide ömür boyu sürer. Yer fıstığında alerjiye neden olan bileşiklerin doğası üzerine yapılan çalışmalarda, Ara h1, Ara h2 ve Ara h3 başlıca yer fıstığı alerjenleri olarak sınıflandırılmıştır (Xue ve ark., 2016).

Yer fıstığı proteini, içeriği, diğer faktörlerin yanı sıra tohum olgunluğu, çeşit ve yer fıstığının yetiştiği ortam koşullarından etkilenir. Toplam protein içeriğinin, fıstık tohum olgunluğuna paralel şekilde artarken, serbest amino asit konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir (Basha, 1992). Protein ve yağ oranı genelde birbirine ters oranda bağlıdır. Yüksek yağ içeriğine sahip fıstıklar genelde daha düşük protein içeriği gösterirler (Sarvamangala ve ark., 2011).

2.1.3.1. Amino Asit Bileşimi

Tohum zarı ve tohum zarı soyulmuş fıstıklar için protein oranı yaklaşık olarak sırasıyla %15 ve %25 olarak bildirilmiştir. Zarı soyulmuş fıstıklarda asparajin ve glutamin miktarı toplam proteinin %35'ini oluşturur. Yer fıstığı, yüksek protein içeriğiyle birlikte çeşitli kardiyovasküler hastalıklarda sağlığa yararlı olduğu bilinen yüksek bir arjinin yüzdesine (% 12.5) sahiptir (Huynh ve Chin-Dusting, 2006). Yer fıstığının diğer gıdalar arasında en yüksek arjinin seviyesine sahip olduğu bildirilmiştir. İnsan beslenmesi için önemli toplam 20 amino asitten dokuzu (elzem amino asitler) vücut içinde sentezlenememektedir ve bunların gıdalar yoluyla alınması gerekir. Ancak birçok bitki proteini gibi yer fıstığı proteini de insan beslenmesi için gerekli olan elzem amino asitlerini yeterli seviyelerde içermez. Lisin, treonin ve izolösinin yanı sıra, esansiyel amino asit olan

metiyonin düzeyi bakımından yer fıstığı proteini yetersiz kalmaktadır. Ancak yine de gelişmekte olan ülkelerde yer fıstığı ucuz bir protein kaynağı olması bakımından kıymetli bir gıdadır (Davis ve Dean, 2016).

Yer fıstığının kavrulması sırasında çeşitli fizyokimyasal değişiklikler söz konusudur. Yer fıstığı kavurma işleminde Maillard reaksiyonu, amino asitler ve indirgen şekerler arasında ısı ile gerçekleşen ve reaksiyon sırasında birçok uçucu bileşik oluşturan ana reaksiyondur. Bunların arasında pirazinler en çok ilgi gören grup olmuştur. Tipik yer fıstığı aromasından sorumlu olan pirazinler bünyelerindeki azotu direkt olarak amonyak veya amino asitlerden alır. Kavurma sırasında Maillard reaksiyonlarına bağlı olarak, çiğ fıstıkta bulunan amino asitlerin miktarında değişim olur. Asparajin, histidin, glutamin ve fenilalanin gibi amino asitler tipik yer fıstığı aroması öncüllleriyken treonin, tirozin ve lisin, atipik fıstık aromasının öncülleridir (Newell ve ark., 1967; Schirack ve ark., 2006). Asparajinin aynı zamanda besinlerdeki ısı yoluyla meydana gelen akrilamidin öncüsü olduğu bilinmektedir. Yer fıstığının kavrulması sırasında kavurma scaklığının kontrolü kansorejen olduğu bilinen akrilamid oluşumunun kontrol altına alınması açısından önemlidir (Van Boekel ve ark., 2010).

Young (1980), 3 farklı bölgede yetişen, farklı market tiplerine ve 2 hasat yılına ait örneklerin amino asit bileşimi üzerine yörenin, hasat yılının ve çeşidin etkisini araştırmıştır. Yöre etkisi, toplam amino asit değişiminin %20-25'ini oluşturmuş ve tüm amino asitler için anlamlı bulunmuştur. Çeşit etkisi metiyonin, lisin, amonyak ve arjinin hariç önemli bulunmuş ve toplam amino asit değişimine %15-20 arasında katkıda bulunmuştur. Yılın amino asit değişimine etkisi çok az olmuştur.

Pattee ve ark (1982a), farklı boyutlardaki (7.14 ve 5.14 mm) fıstıkların bileşimlerini incelediği çalışmada tipik kavrulmuş aroma ile ilişkili serbest amino asitlerin (asparajin, glutamin, histidin ve fenilalanin) ortalama konsantrasyonunun büyük tohumlarda küçüklere kıyasla %32.3 daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Wu ve ark (1997), besince zenginleştirilmiş suyun devir daim ettirilerek hazırlanmış topraksız kültürde Valencia market tipinde, Georgia Red çeşidi yer fıstığı yetiştirmiştir. Besin sıvısını iki farklı konsantrasyonda karbondioksit (CO_2) ile zenginleştirmiş ve farklı CO_2 seviyelerinin yer fıstığının besinsel bileşimine etkisini belirlemiştir. Toplam aminoasitler içinde baskın olanları asparajin, glutamin ve arjinin olarak bildirilmiştir. CO_2 konsantrasyonunun artışının yer fıstığının besin bileşimi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Andersen ve ark (1998), yüksek (HO) ve normal oleik asit (NO) içeren genotipleri aminoasit içeriği bakımından kıyaslamıştır. Analizi yapılan örneklerde glutamin ve asparajin amino asitleri, toplam amino asitlerin %36-40'ını oluşturmuştur. En düşük düzeyde bulunan amino asitler, kükürt içeren sistein ve metiyonin, ardından treonin ve lisin olmuştur. Genotipler arasında, amino asit değişimi genellikle 1.5 kattan daha az olmuştur. Bireysel veya toplam elzem amino asitlerin seviyeleri bakımından NO ve HO genotipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Venkatachalam ve Sathe (2006), aralarında Virginia tipi yer fıstığı da olan çeşitli kabuklu yemişleri (badem, Brezilya fındığı, kaju, fındık, Avusturalya fındığı, Amerikan cevizi, çam fıstığı, antep fıstığı, ceviz) kimyasal bileşim yönünden kıyaslamıştır. Tüm kuru yemişler içinde sadece badem ve yer fıstığı elzem amino asitler bakımından yetersiz bulunmuştur. Yer fıstığı tohumunda (Neucere ve ark., 1972; Ghuman ve ark., 1990), yağsız yer fıstığı ununda (Alid ve ark., 1981) ve protein lorunda (süt kesiği) (Mohamed ve ark., 1989) yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bildirilmiştir.

El-Rawas ve ark (2012), yer fıstığı ezmesinde elektron demeti ışımasını (e-ışını) farklı dozlarda (0-kontrol, 3.2, 7, 27.7 kGy) uygulamış ve uygulamanın yer fıstığı ezmesinin amino asit ve diğer kimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Kontrole kıyasla, tüm dozlarda serin amino asidi seviyesinde istatistiksel olarak önemli azalmalar gözlenirken, tirozin sadece 7.0 ve 27.7 kGy e-ışın dozlarında azalmıştır. Histidin ve arjinin konsantrasyonları 3.2 kGy e-ışın

dozunda önemli ölçüde azalmıştır; ancak diğer dozlarda anlamlı bir fark görülmemiştir. Bununla birlikte, radyasyona duyarlı olduğu bilinen kükürt içeren amino asitlerde (metiyonin ve sistein) hiçbir değişiklik gözlenmemiştir. Araştırıcılar toplam amino asit bakımından değişimin önemsiz olduğunu vurgulamıştır.

White ve ark (2013), tohum zarı soyulmuş yer fıstığı tohumunun ve tohum zarının amino asit bileşimini belirlemiştir. İki örnek arasında amino asit bileşimi bakımından istatistiksel açıdan önemli farklar çıkmıştır. En dikkat çekici fark glutamin, glisin ve arjinin amino asitlerinde görülmüş ve bu aminoasitlerin tohumdaki içerikleri, tohum zarından sırasıyla yaklaşık 3, 6 ve 4 kat daha fazla olmuştur. Benzer sonuçlar Constancza ve ark (2012) tarafından da bildirilmiştir.

Liu ve ark (2018), yer fıstığı depolanmasında hasat sonrası farklı dozlardaki gama ışımasının (0, 1, 3, 5, ve 10 kGy) iki farklı çeşit yer fıstığının yağ asidi dağılımı, aminoasit bileşimi ve oksidasyon ile ilgili parametreleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Örneklerin nem, kül içeriği ve toplam şeker miktarı ışınlamadan etkilenmezken ışınlama dozu arttıkça alanin ve tirozin hariç, diğer tüm amino asitlerin miktarı önemli düzeyde değişmiştir. İki çeşitin de glutamik, arjinin, lösin, asparajin, valin, izolösin ve histidin içerikleri artan ışınlama dozu ile çeşitli seviyelerde ve önemli ölçüde azalmıştır. Aksine, treonin ve lisin içerikleri yüksek ışınlama dozunda (10 kGy) önemli ölçüde artış gösterirken 5 kGy'den düşük dozlarda önemli bir değişiklik olmamıştır.

Klevorn ve Dean (2018), Virginia ve Runner olmak üzere iki farklı market tipinde çiğ ve kavrulmuş ürünlerde düşük molekül ağırlıklı bileşenlerin kavurma işlemi ile nasıl değiştiğini araştırmışlardır. Bu bileşiklerdeki en büyük değişiklikler amino asit metabolizması tarafından üretilenlerde olmuştur. Çiğ ve kavrulmuş ürünler serbest amino asit bileşimi bakımından önemli farklılıklar göstermiştir. Ayrıca her market tipi kavurma işleminden farklı şekillerde etkilenmiştir. Araştırmacılar kavurma işlemi sırasında bazı aminoasit seviyelerinin düşmesini, Maillard reaksiyonunun kavurma işlemindeki rolünün bir parçası olduğunu

bildirmişlerdir. Her iki market tipinde de kavrulmuş örneklerde çiğ yer fıstığına kıyasla amino asit seviyelerinde meydana gelen artışın proteinlerin ısı etkisiyle parçalanmasının bir sonucu olduğu bildirilmiştir.

Ahikari ve ark (2019), yer fıstığı sektöründe önemli bir yan ürün olan kabuğu ele almıştır. Araştırmacılar Kore'de yetişen farklı çeşitlerdeki yer fıstıklarından elde ettikleri kabukların antioksidan aktivitesi, polifenol bileşiklerini ve amino asit bileşimini belirlemiştir. Kabuklarda arjinin, asparajin, glutamin ve lösin baskın amino asitler olurken, sistin, metiyonin ve tirozin amino asitleri daha düşük seviyelerde bulunmuştur. Farklı çeşitlerden elde edilen kabuklar arasında elzem amino asit miktarları ve toplam amino asit içeriği bakımından farklılıklar bulunmuştur.

Aninbon ve ark (2019), yer fıstığı üretiminde önemli bir sorun olan kuraklığın yer fıstığındaki arjinin seviyesi, fiziksel özellikleri ve kapsül verimi üzerine etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada iki farklı sulama koşulu altında beş çeşit yer fıstığı yetiştirilmiştir. Sonuçlar, kuraklığı hassas ve dirençli genotiplerin arjinin içeriğinde artışa neden olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar yer fıstığındaki arjinin içeriğindeki değişikliğin, kuraklığa direnç seviyesinden ziyade yer fıstığı genotipine bağlı olduğunu rapor etmiştir. Arjinin içeriği ile kuraklığa dirençli fizyolojik özellikler ve kapsül verimi arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 2.3. Çeşitli yer fıstığı ürünlerine ait amino asit dağılımı (%)

Amino asit (Kaynak)	Çiğ yer fıstığı (3)	Çiğ yer fıstığı (zarsız) (2)	Çiğ yer fıstığı zarı (1;2)
Alanin	5.31	3.8	2.1;1.9
Arjinin	9.97	12.5	6.7; 3.2
Asparajin	12.9	13.6	11.7; 9.6
Sistein	0.22	-	-
Glutamin	23.5	21	12; 7.6
Glisin	6.66	6.3	22.3; 38
Histidin	2.34	2.4	3.4; 4.2
İzolösin	2.84	3.2	2.3; 2.1
Lösin	6.79	7.5	6; 4.9
Lisin	2.88	2.7	5.6; 6.1
Metiyonin	1.32	0.9	1; BDL
Fenilalanin	5.22	5.6	3.3; BDL
Prolin	6.01	4.7	4.7; 2.7
Serin	5.26	4.7	8.9; 10.7
Treonin	2.05	2.5	2.7; 2.1
Trozin	2.91	4.3	4.3; 3.7
Valin	3.83	4.3	3.1; 3.2

Kaynaklar: (1) (Constanza ve ark., 2012); (2) (White ve ark., 2013); (3) (Andersen ve ark., 1998); BDL:Tanımlama limitinin altında

2.2. Kavrulmuş Yer Fıstığı Aroması

2.2.1. Kavrulmuş Aromanın Oluşumu

Yer fıstığının kavrulması sırasında fıstıktan su buharı, karbondioksit (CO_2) ve uçucu bileşiklerin ayrılması yoluyla kütle transferi gerçekleşir. Kavurmadan önce yer fıstığı nem içeriği yaklaşık %8-10 aralığında olurken, kavurmadan sonra genellikle %0.5-1.5 aralığına kadar düşer (Perren ve Escher, 2013). Ortamdaki nemin azalması ile birlikte yer fıstığının bileşiminde bulunan protein ve indirgen şekerler arasında oluşan Maillard reaksiyonları ile birlikte şeker bozunması ve lipid

oksidasyonu gibi karmaşık bir dizi reaksiyon meydana gelir. Bu reaksiyonlar ile birlikte kahverengi renk bileşikleri ve birçok uçucu bileşik ortaya çıkar (Buckholz ve ark., 1980; Whitfield, 1992).

Kavurma sırasında üründe meydana gelen nem kaybı, renk oluşumu ve uçucu bileşiklerin ortaya çıkması gibi olaylar birbiri ile ilişkilidir. Yer fıstığı endüstrisinde en uygun kavurma koşullarının belirlenmesi için son üründe renk ölçümü yapılır ve ürünün nem düzeyi belirlenir. Önceki çalışmalarda genellikle Hunter Lab veya CIELAB (L, a ve b) renk ölçüm sistemleri kullanılmaktadır (Pattee ve ark., 1991; Smyth ve ark., 1998; McDaniel ve ark., 2012). Kavrulmuş yer fıstığının renginin değerlendirilmesinde açıklık ve koyuluğun bir ölçüsü olan L/L* (Lightness) değeri yaygın bir şekilde kullanılır. L veya L* değerinin birbirine çevrilmesi için L=L*- 7 deneysel denklem kullanılır (Pattee ve ark., 1991). Kavrulmuş yer fıstığında (zarı soyulmuş) ideal aromanın oluştuğu yüzey L değeri 47.5-49.5 olarak bildirilmiştir. Yer fıstığı öğütüldükten sonra iç rengin daha açık olmasından dolayı genel renk açılma eğilimi gösterdiğinden bu değer ezmede 51-52 olarak rapor edilmiştir (Pattee ve ark., 1991; McDaniel ve ark., 2012).

Kavrulmuş yer fıstığı aroması büyük ölçüde kavurma sırasında meydana gelen aroma bileşikleri ile ilişkilidir. Neta ve ark (2010), yer fıstığı aromasını konu alan derlemesinde 200'den fazla aroma-aktif bileşiğin kavrulmuş aromada rol aldığını bildirmiştir. Maillard reaksiyonları, indirgen şekerler ile aminler, amino asitler gibi amino bileşiklerinin etkileşimi ile meydana gelir. Bu reaksiyon sonucu ortaya çıkan bileşikler furanlar, tiyazoller, tiyofenler, oksazoller, piroller, imidazoller, piridinler ve pirazinler gibi heterohalkalı azot içeren bileşiklerdir (Hodge, 1953; Hwang ve ark., 1995). Strecker bozunması, genellikle Maillard reaksiyonu sırasında türetilen indirgenler (α-dikarboniller) ile α-amino asitlerin bozunmasıdır (Hodge, 1967). Strecker bozunması sırasında, α-dikarboniller, sonunda alkilpirazinleri oluşturmak üzere α-amino karbonillere dönüşür (Fennema, 1996) (Ek 2).

Şekerlerin ısı yoluyla bozunması (karamelizasyon), düşük moleküler ağırlıklı açık zincirli oksijen içeren bileşiklerin yanı sıra furan türevleri gibi heterohalkalı oksijen içeren aroma bileşiklerini oluşturur. Lipid oksidasyonu, alifatik aldehitler, ketonlar ve alkoller gibi oksijen içeren bileşiklerin oluşumuna yol açar (Coleman ve ark., 1994). Lipitler hem enzimatik hem de enzimatik olmayan mekanizmalarla oksitlenebilir. Yer fıstığı gibi bitki sistemlerinde, lipoksigenaz, çoklu doymamış yağ asitlerini bir katalizör görevi ile oksitleyerek hidroperoksitleri oluşturur (Fennema, 1996). Yer fıstığının kavrulması bu enzimi etkisiz hale getirmesine rağmen, lipoksigenaz enzimatik olmayan mekanizmalarda katalizör haline gelen demir ve bakır gibi geçiş metalleri içerdiğinden lipid oksidasyonu kavurmadan sonra da meydana gelebilir (Ory ve ark., 1992).

2.2.2. Aroma Analizinde Kullanılan Yöntemler

Kavrulmuş yer fıstığının aroma bileşimini ve kavrulmuş aromaya katkısı olan bileşikleri belirlemek için kromatografi teknikleri kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar i) *in vitro* yöntemler, ii) *in vivo* yöntemler ve iii) GC-Olfaktometrik yöntemler olmak üzere üç başlık altında toplanmıştır.

2.2.2.1. *In Vitro* Yöntemler

Kavrulmuş yer fıstığında aroma bileşiklerinin kimyasal yapısını ve aroma öncülleri arasında meydana gelen reaksiyonları anlamak için 1960'lı yıllardan beri çalışmalar yapılmaktadır (Davis ve Dean, 2016). Pirazinlerin yer fıstığı aromasına olan katkısı keşfedildikten sonra, yapılan erken dönem çalışmalar, daha çok aroma bileşiklerinin izole edilmesi ve tanımlanması üzerine odaklanmıştır (Walradt ve ark., 1971; Johnson ve ark., 1971b; Cobb ve Swaisgood, 1971). Bu çalışmalarda kavrulmuş yer fıstığındaki aroma bileşikleri tanımlamasına rağmen, aroma kalitesi ve yoğunluğu ile ilgili bilgiler sınırlıdır, matriks-aroma, boyut-aroma ilişkileri ele alınmamıştır ve o günden bugüne aroma analiz yöntemleri ve tanımlamada kullanılan enstrümental teknikler çok gelişmiştir.

Mason ve ark (1966), ilk kez İspanyol tipi kavrulmuş yer fıstıklarında enzimatik olmayan protein-şeker etkileşiminden ortaya çıkan pirazinlerin (metilpirazin, 2,5-dimetilpirazin, trimetilpirazin, metiletilpirazin ve dimetiletilpirazin) kavrulmuş fıstık aromasına katkıda bulunabileceğini bildirmiştir. Araştırmacılar aynı zamanda benzenasetaldehitin kavrulmuş yer fıstığının tatlı aromasına katkıda bulunabileceğini bildirmiş, düşük molekül ağırlıklı aldehitleri kavrulmuş fıstıkta buruk tattan sorumlu tutmuştur. Daha sonra yapılan çalışmada ise asetaldehit, izobütilaldehit, benzaldehit ve fenilasetaldehit dahil olmak üzere kavrulmuş aromadan sorumlu olabilecek ilave bileşikler tanımlanmıştır (Mason ve ark., 1967). Kavrulmuş yer fıstığı aromasının oluşumunda rol alan reaksiyonlar yine bu yıllarda; i) maillard reaksiyonları, ii) Strecker degradasyonu, iii) termal degradasyon ve iv) lipit oksidasyonu olmak üzere belirlenmiştir (Mason ve ark., 1967).

Pattee ve ark (1970), kürlenmemiş yer fıstığında yüksek konsantrasyonda bulunan beş ana uçucu bileşeni tanımlamıştır: asetaldehit, etanol, hekzanal, metanol ve pentan.

Johnson ve ark (1971a, b), kavrulmuş yer fıstığının bazik ve nötr fraksiyonlarında bulunan aroma bileşiklerini araştırmıştır. Bazik fraksiyonda *kavrulmuş yer fıstığı* aromasına ve *fındığımsı* kokuya katkıda bulunduğuna inanılan 19 adet alkilpirazini ilk kez tanımlamıştır (Johnson ve ark., 1971a). Nötr fraksiyonda *kahve, patates cipsi, kakao* ve *patlamış mısı*r gibi diğer kavrulmuş gıdalarda yaygın olarak bulunan ancak kavrulmuş fıstıkta ilk kez olmak üzere çeşitli bileşikler tanımlanmıştır. Bu bileşikler arasında furanlar, piroller, tiyofenler ve çeşitli aroma maddeleri olduğu bildirilmiştir (Johnson ve ark., 1971b).

Waldradt ve ark (1971), kavrulmuş İspanyol tipi yer fıstığından uçucu bileşenleri preperatif gaz kromatografisi ile ayırmıştır. Çalışmada, GC-MS kullanılarak fenoller, pirazinler, karboniller, alkoller, aromatik hidrokarbonlar, esterler ve terpenleri içeren 187 adet bileşik tanımlanmıştır. Bu bileşiklerden 17'si pirazin olmak üzere 142'si kavrulmuş yer fıstığında ilk kez rapor edilmiştir.

Buckholz ve ark (1980), yer fıstığı aromasının duyusal verilerini enstrümantal analiz ile ilişkilendirmiştir. Çalışmada, kavurma oranı arttıkça pirazin konsantrasyonun arttığı gözlenmiş ve Maillard reaksiyonlarında Strecker bozunması yoluyla üretilen karbonillerin kavurma sırasında buharlaştığını bildirmiştir. Bu kimyasalların her ikisinin de kavurma sırasındaki dönüşümü kaliteli fıstık aromasıyla ilişkilendirilmiştir. Çalışma, duyusal tercih ile fındık ve kavrulmuş kokularına sahip 2-etil-6-metilpirazin arasında pozitif bir korelasyon bulmuştur (Buckholz ve ark., 1980). Buckholz ve ark (1981), yer fıstığında 2-etil-6-metilpirazin ve 2-etil-3-metilpirazin konsantrasyonu ile tüketici tarafından kabul edilebilirlik değerlerinin arasında güçlü ve pozitif bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur.

Ho ve ark (1981), kavrulmuş Runner tipi yer fıstıklarında tepe-boşluğu yöntemi ile uçucu bileşikleri izole etmiştir. Tanımlanan 131 bileşik içinde 70 tanesi ilk kez tanımlanmıştır. Bu bileşikler ester, lakton (*ceviz kokusu*), pirazin (*hoş kavrulmuş fındık benzeri koku*), pirol (*tatlı, odunsu koku*), piridin (*yağlı veya donyağı benzeri koku*), tiyazol (*hoş ceviz kokusu*), oksazol (*yeşil ceviz aroması*), oksazolin, furanoid, maltol, tiyofen ve sülfit sınıflarına aittir. Araştırmacılar bir sonraki çalışmada ise alkil-tiyazolleri, alkil-oksazolleri ve bir piperdin türev*ini* tanımlamıştır. Çalışmada alkil-oksazollerin *çiğ tatlı patates benzeri, meyveli, yeşil* ve *mango benzeri* kokulara sahip olduğu rapor edilmiştir.

Crippen ve ark (1992), koyu kavrulmuş aromanın duyusal karakterinin metilpropanal, metilbütanal, dimetilpirazin ve metiletilpirazin, metantiyol, propanetiol, dietilsülfid ve karbondisülfit ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca N-metilpirol bileşiği ile *odunsu/kabuksu* kokusunun arasında bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir (Crippen ve ark., 1992). Leunissen ve ark (1996), *kavrulmuş* aroma algısı ve genel kalite ile metilpirazin ve diğer pirazinler arasında doğrusal ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Baker ve ark (2003), yer fıstığı içindeki *kavrulmuş* aroma ve tadın, L değerine kıyasla pirazin bileşikleri ile daha iyi korelasyon gösterdiğini bildirmiştir.

2,5-dimetilpirazin konsantrasyonunun *kavrulmuş* aromanın tahmin edilmesinde iyi bir gösterge olabileceği belirtilmiştir. Birçok çalışmada uçucu heterosiklik azot içeren bileşiklerin, ağırlıklı olarak *kavrulmuş yer fıstığı* aromasından sorumlu olduğu düşünülmüştür (Mason ve ark., 1966; Newell ve ark., 1967). Ancak Schirack ve ark (2006), yaptıkları çalışmada pirazinler de dahil olmak üzere tek başına hiçbir sınıf uçucu bileşiğin yer fıstığı aromasından sorumlu olmadığını, aldehitler, ketonlar, alkoller, bazı hidrokarbonlar ve fenolik ve furan türevlerininde, kavurma ile ilgili önemli uçucu bileşikler olduğunu bildirmiştir (Manzano ve ark., 2013).

Kaneko ve ark (2013), aroma ekstrakt seyreltme analizi (AEDA) ile sekiz tanesi ilk olmak üzere 43 aroma aktif bileşiği tanımlamıştır. Tanımlanan yeni bileşikler içinde *fındık* kokusuna sahip olduğu bildirilen 2,6-dietilpirazin bileşiği tanımlanmıştır.

Smith ve Barringer (2014), mikrodalga ile birleştirilmiş laboratuvar ölçekli çeşitli kavurma koşullarının renk oluşumu ve aroma bileşenleri üzerine etkisini araştırmıştır. Fıstıklar (Medium Runner, Birdsong Peanuts, Sylvester, Ga., U.S.A.) farklı kavurma koşullarında birbiriyle eş değer renge ulaşana dek kavrulmuştur. Kavurma tipi (az veya çok kavrulmuş olarak) fıstıkların L değerlerine göre sınıflandırılmıştır. İdeal rengin elde edilmesi için uygulanan toplam kavurma süresi mikrodalga kombinasyonları ile kısalmamıştır. Önce fırında sonra mikrodalgada kavrulan fıstıkların L değerleri, tersi durumu ile karşılaştırıldığında önemli düzeyde artmıştır. Fıstıklar aynı renge sahip olsalar bile farklı aroma bileşiklerinin konsantrasyonları değişmiştir. Hekzanal konsantrasyonu kavurma süresi arttıkça azalırken, pirazinlerin konsantrasyonu artış göstermiştir. 177℃/15 dakika kavurma koşulunda pirazin bileşikleri en yüksek konsantrasyonda oluşurken mikrodalga kavurmada en az seviyede oluşmuştur. Mikrodalga fırında tek başına veya fırında kavurma ile birlikte kullanılması tanımlayıcı duyusal puanları olumsuz yönde etkilememiştir (Smith ve Barringer, 2014).

Lykomitros ve ark (2016), çeşitli pazar tipine ait (Valencia, Virginia ve Runner) yer fıstığı çeşitlerini farklı proseslerle (12 farklı) işleyerek, taze fıstığın ve işlem koşullarının aroma, renk, yağ asitliği üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar hammadde seçiminin yanında kavurma prosesinin aroma oluşumu için anahtar faktör olduğunu belirtmiştir. Maserasyon işlemi *kavrulmuş yer fıstığı* ve *çok kavrulmuş* duyusal notlarını arttırırken *tatlı* ve *fasulyemsi* aroma notlarını düşürmüştür. Kavrulmuş yer fıstığının nihai aroma özelliklerinin ve yağ asidi bileşiminin ham madde seçimi ile yakından ilgili olduğu bilinse de kavurma prosesinin de ortaya çıkacak aroma bileşimi, renk ve yağ asidi profilinde önemli değişiklikler meydana getirebileceği gösterilmiştir.

Shi ve ark (2017), Georgia 06G çeşidi büyük boy taneli yer fıstıklarını 177 °C'de kızartarak veya kavurarak işlemiş ve ardından depolamıştır. Tanımlayıcı duyusal analiz sonuçlarına göre kavrularak depolanan yer fıstıklarında kızartılanlara göre aroma kaybı daha hızlı olmuştur.

Shi ve ark (2018), iri taneli Runner tipi yer fıstığı örneklerini, 5 farklı sıcaklıkta (149–204 °C), sırasıyla hafif (L=53), orta (L=48.5) ve çok kavrulmuş (L=43) olarak Hunter renk sisteminde ilgili L değerlerine kadar kavurmuştur. Örneklerin nem ve tokoferol içerikleri, 149 °C'deki istisna dışında, sıcaklıktan ziyade kızartma rengi ile daha yakından ilişkili bulunmuştur. Fıstık rengi koyulaştıkça nem miktarı azalırken, tokoferol içeriği koyu renkli örneklerde en fazla çıkmıştır. İdeal kavrulmuş aromanın 177 °C/15 dakikada oluştuğu bildirilmiştir.

Klevorn ve Dean (2018), Runner ve Virginia tipi fıstıkları 1 saat boyunca 92 °C bir fırın içinde kavurmuştur. Tanımlanan 383 bileşiğin 16'sı kavrulmuş yer fıstığına özgü bulunmuştur. Bu bileşiklerin 247'si ise çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarında istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmiştir. Kavrulmuş yer fıstığına özgü olduğu anlaşılan on altı bileşiğin on iki tanesinin, amino asit metabolizması yoluyla meydana gelen bileşikler olduğu ve serbest amino asitlerin, karakteristik kavrulmuş yer fıstığı aroması ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir.

Gama ve Adhikari (2019), kavrulmuş yer fıstığı aromasını SPME yöntemi ile ekstrakte etmiş ve aroma bileşikleri konsantrasyonlarının çeşitler arasında farklılık gösterdiğini rapor etmiştir. Örneklerde pirazin ve furan türevi bileşiklerin baskın olduğu vurgulanmıştır. Pirazinler arasında, 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve 2,5-dimetil pirazinin, *kavrulmuş fıstık* aroması ile güçlü bir şekilde ilişkili bulunmuştur.

2.2.2.2. *In Vivo* Yöntemler

Bir gıdanın tüketilmesi sırasında nefes örneklerinde bulunan aroma maddelerinin enstrümental tekniklerle eşzamanlı olarak belirlenmesine olanak veren ilk çalışmalar 1988 yılına dayanmaktadır (Soeting ve Heidema, 1988). Linforth ve Taylor (2000), burun boşluğundan örnek almayı sağlayan bir ara birimi atmosferik-basınç-kimyasal iyonizasyon kütle spektrometresi (APCI-MS) ile uyumlu hale getirerek, bu alanda yapılacak çalışmaların temelini atmıştır. *In vivo* aroma salınımını incelemek için APCI-MS yanında literatürde sıklıkla kullanılan diğer teknik proton-transfer-reaksiyon kütle-spektrometrisidir (PTR-MS). Bu teknikler ile gıdanın tüketimi ile eş zamanlı bir şekilde ortaya çıkan aroma bileşiklerinin izlenmesi mümkün hale gelmiş ve gıdanın aroma bileşimine katkıda bulunan bileşenlerin dinamik araştırmalarında gerçek bir ilerleme kaydedilmiştir (Frank ve ark., 2012). Her iki tekniğin en büyük olumsuz yanı tanımlama problemidir. Bu tekniklerde gerçek bir gıdanın aromasını oluşturan bileşiklerin tümü tanımlanamaz. Eşik değeri çok düşük olan ve tespit sınırlarının dışında kalan bileşikler takip edilemez. Öte yandan aynı kütle/yük (*m/z)* değerine sahip küçük fragman iyonları ve aynı molekül yapısına sahip stereoizomerler zorlukla belirlenir. Bu tekniklerle yapılan aroma çalışmalarına bakıldığında genellikle model gıdalar ile çalışıldığı ve takip edilen aroma bileşen sayısının 1-10 arasında değiştiği görülmektadir (Muñoz-González ve ark., 2013; Özdestan, 2013; Ruijschop ve ark., 2011; Muñoz-González ve ark., 2014a).

Aroma salınımının *in vivo* koşullarda belirlenmesine imkan veren bir diğer yöntem ise burun veya ağız boşluğundan verilen nefeste bulunan aroma bileşiklerinin Tenax gibi adsorbe edici polimer üzerine veya SPME fiberine ekstrakte edilmesidir. Tutulan aroma bileşikleri desorbe edilerek daha sonra geleneksel GC-MS tekniği ile tanımlanır. GC-MS, gıdanın tüketilmesi sırasında ortaya çıkan aroma bileşiklerinin salınımının zamana bağlı izlenmesine imkan vermese de, bu teknikle nefes ekstraktının aroma bileşimi kesin olarak tanımlanır. Öte yandan GC-MS'in, PTR-MS ve APCI-MS'e kıyasla nispeten daha düşük maliyetli oluşu, *in vivo* çalışmalarının herhangi bir laboratuvarda uygulanmasını kolaylaştırmaktadır (Benjamin ve ark., 2012; Muñoz-González ve ark., 2014a).

In vivo aroma salınımı yaklaşımı ile model veya gerçek gıdalar kullanılarak çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bonneau ve ark (2018), taze (küp şeklinde kesilmiş ve püre) ve kurutulmuş (küp şeklinde kesilmiş ve toz) halde olmak üzere dört farklı yapıdaki mango örneklerinin aroma salınımını incelemiştir. Panelistler belli bir tadım protokolü eşliğinde örnekleri tüketmişlerdir. Mango örneklerinin tüketilmesi sırasında salınan aroma bileşikleri, retronazal aroma tuzaklayıcı aparat yardımıyla (RATD) panelistlerin nefeslerinden ekstrakte edilmiştir. Araştırıcılar, aroma bileşiklerinin *in vivo* salınımının, gıda matriksinden etkilendiğini ve bütün haldeki örneklerden (taze ve kurutulmuş kübik parçalar), parçalanmış örneklere (taze püre, kurutulmuş toz) kıyasla daha fazla aroma bileşiği salındığını bildirmişlerdir (Bonneau ve ark, 2018).

Kavrulmuş yer fıstığı ve ezmesinde *in vivo* aroma salınımı analizi yapan tek çalışma Frank ve ark (2012)'na aittir. Frank ve ark (2012), içlerinde yer fıstığı ezmesi ve kavrulmuş yer fıstığı da dahil olmak üzere günlük sıkça tüketilen çeşitli matrikslerdeki 12 adet gıda ürününün *in vivo* aroma salınımı analizini yapmıştır. Bu gıdalar özellikleri bakımından katı, yarı katı ve sıvı olmak üzere 3 sınıfta değerlendirilmiştir. Gıdaların ayrı ayrı panelistler tarafından tüketilmesi sırasında burundan verilen nefesin analizi PTR-MS yardımıyla incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre aroma salınımı yüksekten düşüğe göre sırasıyla katı gıdalar> yarı

katı gıdalar> sıvı gıdalar şeklinde olmuştur. Ancak bu çalışma ile ürünlerdeki aroma bileşikleri tek tek belirlenememiştir.

2.2.2.3. GC-Olfaktometrik Yöntemler

GC-Olfaktometri (GC-O) tekniği, insanın koku alma duyusu ile gaz kromatografisinin ayırma özelliğinin birlikte kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır. GC-O prosedüründe, kolondan ayrılan aroma bileşikleri eşit şekilde bölünerek bir kısmı detektöre bir kısmı ise koklama portuna iletilir. Aroma aktif bileşikler koklama portunda yer alan deneyimli bir panelist tarafından burada tanımlanır (Parker, 2015). Ancak GC-O'nun tek başına uygulanması hangi aroma bileşiğinin gıdanın aromasına en fazla katkıda bulunduğunu belirlemede yetersizdir. Bu nedenle GC-O'da elde edilen sonuçları daha anlamlı hale getirmek için Birleştirilmiş Hedonik Aroma Yanıt Ölçümleri (CHARM) analizi (Acree ve ark., 1984) ve Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AEDA) (Grosch, 1993) olmak üzere iki yöntem geliştirilmiştir. Gıdaların aroma profili üzerine yapılan çalışmaların birçoğunda AEDA yöntemi daha sıklıkla kullanılagelmektedir. AEDA yönteminde, uygun bir şekilde gıdadan aroma ekstraktı elde edilir ve bu ekstrakt aşamalarla seyreltilerek GC-O'da koku hissedilmeyene kadar koklanır. Burada koku seyreltme faktörü (SF, Flavor Dilution, FD) tanımı ortaya çıkar. Koku seyreltme faktörü, aroma bileşiğinin GC-O'da panelist tarafından kokunun hissedildiği son seyreltme sayısıdır. Gıda aroma çalışmalarında aroma ekstraktı seyreltme oranı sıklıkla 1:1 (aroma ekstrakt:çözücü, *v/v)* veya 1:2 olacak şekilde uygulanmaktadır (Rodríguez-Bencomo ve ark., 2015; Sonmezdag ve ark., 2019). GC-O koklama sayısını azaltmak için seyreltme oranı arttırılabilir (Parker, 2015).

Çiğ ve kavrulmuş yer fıstığının aroma bileşimini belirleyen birçok çalışma olmasına karşın bu yaklaşımı kullananların sayısı çok sınırlıdır. Matsui ve ark (1998), bu yöntemi kavrulmuş yer fıstığından elde edilmiş yağda uygulayan ilk kişi olmuştur. Bu çalışmada, etil-2-metilbütanoat, 2,5-etil-3-dimetilpirazin, 2,3-dietil-5-etilpirazin, (Z)-2-nonenal, (E,E)-2,4-desadienal ve (E)-damaskenon bileşikleri yer

fıstığı yağında en yüksek SF faktörüne sahip (1000) aroma aktif bileşikler olarak belirlenmiştir. Ancak araştırmacılar bu çalışmada yüksek bir seyreltme oranı (1:10) kullanmışlardır. Bu durum aroma aktifliği daha düşük bileşenlerin görünür olmasını ve belirlenmesini engellemiş olabilir.

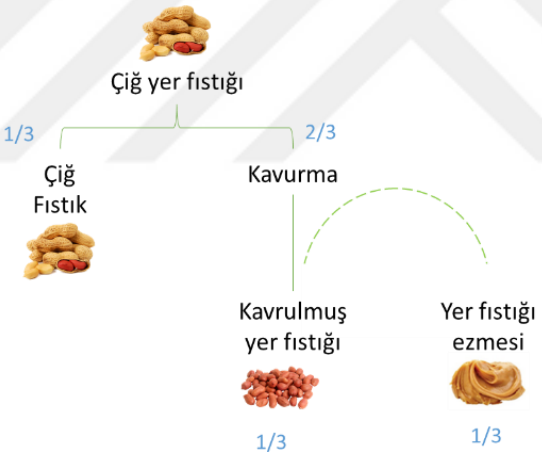
Schirack ve ark (2006), mikrodalgada işlenen yer fıstıklarında meydana gelen *yanmış, bayat* ve *çiçeksi* gibi istenmeyen kokuları araştırmak için AEDA yöntemini uygulamıştır. Bu fıstıklardaki istenmeyen kokuların yüksek SF'ye sahip bileşikler olan guaiacol ve benzenasetaldehitten kaynaklandığı bildirilmiştir. Kavrulmuş yer fıstığında, 4-hidroksi-2,5-dimetil-3(2H)-furanon, 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve ardından benzenasetaldehit, asetofenon, 3-etil-2,5-dimetilpirazin, (E,E)-2,4-dekadienal, dekanoik asit, 4-asetoksi-2,5-dimetil-3(2H)-furanon ve metil sinamat aroma aktif bileşikler içinde önemli bileşikler olarak rapor edilmiştir.

Chetschik ve ark (2008), organik olarak yetiştirilmiş, Batı Afrika fıstıklarından (Kamerun) elde ettiği aromatik ekstrakta AEDA uygulamış ve SF faktörü 1 ve 2048 aralığında değişen 36 farklı aroma-aktif bileşiği tanımlamıştır. Araştırmacılar, Schirack ve ark (2006), ile benzer şekilde 4-hidroksi-2,5-dimetil-3(2H)-furanon, (E,E)-2,4-dekadienal, benzenasetaldehit ve biraz daha düşük seyreltme faktörleri ile nonanal, 2-etil-3,6-dimetilpirazin ve 2-etil-3,5-dimetilpirazini önemli aroma aktif bileşikler olarak belirlemiştir. Çiğ fıstıkta ise en yüksek SF değeri ile (2048) 2-izopropil-3-metoksipirazinin *bezelye* benzeri kokuyu veren önemli bir bileşen olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çiğ fıstıkta 2-izobutil-3-metoksipirazin ve trans-4,5-epoksi-(E)-2-desenalında sırasıyla *biberimsi/toprağımsı* ve *metalik/yeşil* kokuları ve yüksek SF değerleri ile *çiğ fıstık* aromasına önemli katkılar yapan bileşikler olduğu bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Yer Fıstıklarının Eldesi

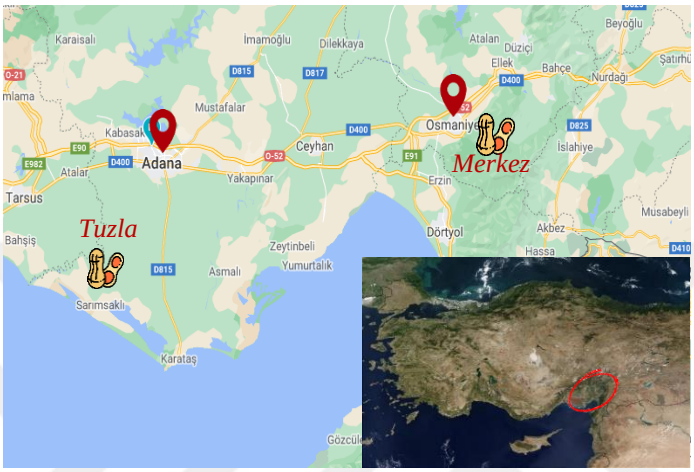
2019 yılı Ekim ayı içinde Osmaniye (Merkez) ve Adana (Tuzla) illerinden hasat edilen Virginia market tipi, NC-7 çeşidi yer fıstıkları Osmaniye'de bulunan Okur Yer fıstığı İşletmesinden iç fıstık şeklinde, 7 ve 11 mm olmak üzere iki farklı boyutta temin edilmiştir. Yerfıstıklarının iç fıstık haline gelene kadar geçtiği aşamalar ise şöyle olmuştur (Ek 3); fıstıklar öncelikle taş elemeden geçmiş, ardından kabukları kırılarak iç fıstık elde edilmiştir. Farklı boyutlardaki iç fıstıklar 7 ve 11 mm eleklerden geçirilerek iki boyutta sınıflandırılmıştır. Ardından seçme bandından geçerek bozuk taneler el ile ayrılmıştır. Analizlerde kullanılan örneklerin ayrımı Şekil 3.1'deki gibi yapılmıştır.



Şekil 3.1. Örneklerin işlenmesi

Fıstıkların elde edildiği her iki il benzer Akdeniz iklimi özelliklerine sahiptir (Arioglu ve ark., 2018). Osmaniye ili, uygun alüvyonlu toprakları ile fıstık yetiştiriciliği için ideal koşulları sağlar. Adana ilinde ise, kıyı şeridinde bulunan Karataş ilçesine bağlı Tuzla'da her yıl mevsimin ilk hasadı yapılmaktadır. Tuzla sahip olduğu iyi drene edilmiş kumlu toprakları sayesinde yer fıstığı tarımı için

uygun bir ortam sağlamaktadır (Demir, 2006). Osmaniye ve Adana illeri için 1987-2019 yılları arasında yıllık yağış/sıcaklık ortalamaları sırasıyla 854.9 mm/18.5 °C ve 671.3 mm/25.3 °C olarak gözükmektedir (MGM, 2019).



Şekil 3.2. Yer fıstıklarının elde edildiği bölgeler

3.2. Kavrulmuş Yer Fıstığı ve Fıstık Ezmesi Üretimi

Küçük ve büyük boyutlu yer fıstıkları Osmaniye'de bulunan Okur Yer fıstığı İşletmesinde bantlı kavurma makinesinde kavrulmuştur. Yerfıstıkları kavurmadan hemen önce sadece su ile tavlanmıştır/yıkanmıştır. Küçük ve büyük boyutlu yer fıstıklarının eşit derecede kavrulması için yüzey renk değeri/aydınlık değeri (L*~55-57) belirleyici nokta olarak seçilmiştir. Bu L* değeri, ideal bir kavurma için fıstık endüstrisi tarafından kullanılmaktadır (McDaniel ve ark., 2012). Küçük boyutlu tohumlar, L*~55-57 değerine ulaşmak için daha az sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. İdeal kavurma parametrelerine ulaşmak için gerekli olan kavurma süresi ve fırın sıcaklığı kavurma ustası eşliğinde 10'ar kg'lık deneme üretimleri yapılarak belirlenmiştir. Kavurma parametreleri belirlenirken fabrikanın ticari kavurma standartları uygulanmıştır. Kullanılacak sıcaklık/süre, küçük ve büyük boyutlu tohumlar için sırasıyla 155 °C/20 dakika ve 165 °C/30 dakika olarak ayarlanmıştır.

Fabrikada bulunan paletli kavurma ünitesi 3 bölümden oluşmaktadır: i) örnek ilavesi, ii) fırın ve iii) soğutma /örnek çıkış bölümü (Şekil 3.3). Kavurma ünitesine giren örnekler ilk bölümde su ile tavlanmış ve fırına ilave edilmiştir. Kavurmadan çıkan örnekler oda sıcaklığına getirilmiştir. Yapılacak analizler için örneklerin bir kısmı çiğ olarak diğer kısmı kavrulmuş olarak ev tipi vakum makinesinde (Tchibo, Stileart Vs240, Türkiye) 100, 250 ve 500 g'lık tırtıklı vakum ambalajlarda vakumlanarak -20 °C'de depolanmıştır. *In vivo* aroma analizlerinde ve duyusal analizlerde kullanılan ezme örnekleri ise kavrulmuş yer fıstıklarının ev tipi bir kahve öğütücüsü (Premier, PRG-266, Türkiye) yardımıyla eşit sürede parçalanarak homojen hale getirilmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 3.3. Kavurma için fırına eklenen fıstıklar, kavurma ünitesi ve kavrulduktan sonra ürünlerin alınması (soldan sağa doğru)



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan örneklere ait resimler

3.3. Nem Tayini

Yer fıstığı örnekleri kahve öğütücüsü yardımıyla parçalanarak homojen hale getirilmiştir. Daha önceden 105±1°C'de etüvde (ON-O2G, Seoul, Güney Kore) 1 saat kurutulmuş, oda sıcaklığına getirilerek darası alınmış (m_1) cam petri kabına yaklaşık 3 g tartılan (m_2) örnekler, 105±1°C' deki etüvde sabit ağırlığa gelene kadar (4-5 saat) bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan petriler desikatörde oda sıcaklığına getirilmiş ve ardından son tartım (m_3) alınmış ve aşağıdaki formül kullanılarak örneklerin içerdiği nem miktarı hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\%\ \text{Nem İçeriği} = \frac{m_3 - m_2 - m_1}{m_2} \times 100$$

3.4. Yağ Tayini

Yağ miktarı tayini Soksalet yöntemine göre, yarı otomatik Soksalet cihazında (Behr E4, Labor-Technik, Dusseldorf, Almanya) yapılmıştır. Ekstraksiyonda kullanılan cam hazneler, analizden önce 105±1ºC'deki etüvde 1 saat süre ile bekletilmiş, desikatörde soğutulup darası (m_1) alınmıştır. Homojen hali getirilmiş yer fıstıkları yaklaşık 1-1.5 g olacak şekilde selüloz kartuş içine yerleştirilmiş ve kartuşlar cihaza takılmıştır. Her bir cam hazne içine en fazla 75 mL olacak şekilde *n*-hekzan konularak ekstraksiyon programı oluşturulmuştur. Yağ ekstraksiyonunda, kaynama, yıkama, geri kazanım ve kalan çözücünün etüvde buharlaştırılması olmak üzere 4 aşama mevcuttur. Ön denemelerle oluşturulmuş ekstaksiyon sürelerine ait paramatreler aşağıda verilmiştir. Ekstraksiyon tamamlandığında cam hazneler 105±1 ^{o}C' deki etüvde kalan çözücünün uzaklaşması için 1 saat bekletilmiş ve desikatörde oda sıcaklığına getirilmiştir. Cam haznelerin son ağırlığı (m_2) tartılmış ve aşağıdaki formül kullanılarak yaş örnekte toplam yağ miktarı hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

Çizelge 3.1. Ekstraksiyon Aşamaları

Ekstraksiyon Aşamaları	Kaynama	Yıkama	Geri Kazanım	Kurutma
Süre (*dk*)	60	60	Ekstraksiyon beherinde 7-10 mL yağ+çözgen kalana dek	60

$$\%\ \text{Toplam Yağ Miktarı} = \frac{m_2 - m_1}{\text{Örnek miktarı}} \times 100$$

3.5. Kül Tayini

Kül içeriği, nemi uçurulmuş kuru örneklerden krozelere yaklaşık 1 g tartılmış ve 550 °C'lik fırında (SNOL, 8,2/1100, Vilnius, Litvanya) 6 saat yakılarak ortaya çıkan gri renkli külün tartılması ile hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

3.6. Renk Analizleri

Örneklerin L^*, a^*, b^* renk değerleri el tipi (Konica Minolta Sensing, CR-400, Japonya) renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. L^*, a^*, b^* değerleri 3 boyutlu koordinat sistemi ile verilmekte ve bu koordinat sisteminde L* değeri dikey eksende parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken $+a^*$ kırmızılığa, $-a^*$ yeşilliğe, $+b^*$ sarılığa, $-b^*$ ise maviliğe gidişi göstermektedir (Wyszecki ve Stiles, 1982). İç kabuğu ayrılmış kavrulmuş yer fıstıkları (yaklaşık 40 g) cam petri kabına zemini göstermeyecek şekilde yayılmış ve el tipi renk ölçer yardımıyla farklı noktalardan beş ölçüm alınarak üç tekrarlı olacak şekilde ölçüm alınmıştır. Ezme örnekleri ise kavrulmuş fıstıkların kahve öğütücüsü yardımıyla 1 dakika boyunca pürüzsüz bir kıvama erişinceye kadar öğütülmesi ile elde edilmiştir. Hazırlanan ezmeler cam petri kabına yayılarak kavrulmuş fıstıkta olduğu gibi renk ölçümü yapılmıştır (Felland ve Koehler, 1997).

3.7. Toplam Karbonhidrat Analizi (Fenol-Sülfürik Asit Metodu)

Yöntemin esası, gıda maddesinde bulunan karbonhidratların derişik bir asit ile birlikte ısı etkisiyle hidroliz edilmesi ve oluşan furan türevlerinin fenol ile oluşturdukları kararlı sarı-turuncu rengin spektrofotometrede belirlenmesi ilkesine dayanır. Bu yöntemin basit ve hızlı oluşu karbonhidrat analizlerinde kullanılan en yaygın yöntem olmasını sağlamıştır. Şeker türevleri ve oligo ve polisakkaritler de dahil olmak üzere hemen hemen tüm şeker sınıfları fenol-sülfürik asit metodu ile belirlenebilir (Cui, 2005).

100 mg yağsız örnek bir tüp içine tartılmış üzerine 5 mL HCL (2.5 N) ilave edilmiştir. Örnek tüpleri 100 ºC'de kaynayan su içinde 3 saat boyunca bekletilmiştir. Ardından örneklerin oda sıcaklığına gelmesi beklenmiş ve örnekler üzerine doygun sodyum karbonat çözeltisi damla damla ilave edilerek köpürme durana dek nötralize edilmiştir. Nötralizasyonun ardından örnekler 100 mL'lik balon jojelere filtre edilerek alınmış ve hacimleri saf su ile tamamlanmıştır. İyice homojenize edilen örneklerden tüplere 0.1 mL (a), ayrı tüplere ise glikoz standart çözeltisinden (100 mg/L) 0 (kör), 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ve 1 mL alınmış ve tüm tüplerin hacimleri saf su ile 1 mL'ye tamamlanmıştır. Tüm tüplere 1 mL fenol çözeltisi (%5) ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. Ardından 5 mL derişik sülfürik asit cam bir pipet yardımıyla dikkatlice ilave edilmiş ve yeniden karıştırılmıştır. Isınan örnekler oda sıcaklığında renk oluşumu için 20 dakika boyunca bekletilmiştir. Oluşan sarı-turuncu rengin absorbansı spektrofotometrede (UV-1800 Shimadzu, Japonya) 490 nm'de köre karşı okunmuş ve sonuçlar glikoz standart çözeltisinin dilüsyonları (0.02-0.1 mg/mL) ile hazırlanan eğri yardımıyla hesaplanmıştır (Masuko ve ark., 2005).

Kimyasalların Hazırlanması:

2.5 N HCL: %37'lik, yoğunluğu 1.19 g/cm^3 olan konsantre asitten 207.24 mL alınarak, içinde bir miktar saf su bulunan balon jojeye aktarılmış ve hacmi 1 L'ye tamamlanmıştır.

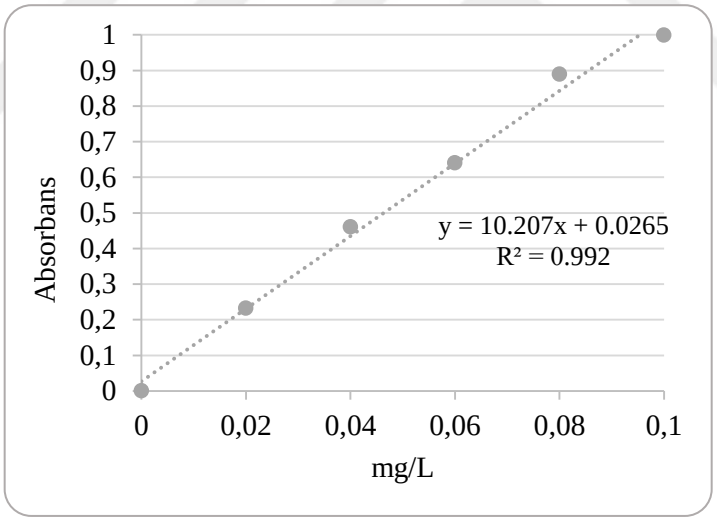
Fenol Çözeltisi (%5): 5 g fenol tartılarak önce bir beher içerisinde bir miktar su içinde çözülmüş ardından hacmi 100 mL'ye tamamlanmıştır.

Doygun Sodyum Karbonat: 20 g susuz sodyum karbonat 80 mL su içinde ısıtılarak dibinde az bir miktar kristal kalana dek çözündürülmüş ardından oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuştur. 24 saat dinlendirilen doygun çözelti kaba filtre kağıdından geçirildikten sonra oda sıcaklığında kullanıma hazır bir şekilde depolanmıştır.

Sonuçların Hesaplanması:

$$\text{Toplam Karbonhidrat}\left(\frac{\text{g glikoz}}{\text{100 g yağsız yer fıstığı}}\right) = \frac{x}{a} \times S_f$$

Burada **x**, kalibrasyon denklemi ile bulunan konsantrasyonu; **a**, analizde kullanılan örnek hacmini; $\mathbf{S_f}$ ise seyreltme faktörünü göstermektedir.



Şekil 3.5. Glikoz kalibrasyon eğrisi

3.8. Kjeldahl Yöntemiyle Ham Protein Tayini

Yer fıstıklarında protein tayini yaygın bir yöntem olan Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (Nielsen, 2010). Kjeldahl yöntemi i) yakma, ii) distilasyon ve iii)

titrasyon olmak üzere üç aşamalıdır. Günümüzde her aşamanın otomatik veya yarı-otomatik olarak yapılabildiği sistemler vardır. Bu çalışmada yarı otomatik bir sistem olan S2 model Behr marka distilasyon ünitesi ve Inkjel 625 model yakma ünitesi kullanılmıştır.

Öncelikle örnekler kahve öğütücüsü yardımıyla parçalanmış ve parçalanan örneklerden yaklaşık 0.25 g örnek tartılmıştır. Üzerine Kjeldahl tablet ve H_2SO_4 ilave edilen örnekler yakma ünitesinde berraklaşıncaya kadar yakılmıştır (yakma aşaması). Yakmanın ardından oda sıcaklığına gelen tüpler cihazın distilasyon bölümüne takılmıştır. Ayrıca distilasyon ile oluşan amonyumun tuzaklanması için bir erlene borik asit (%4, *w/v*) ilave edilmiş ve erlen yerine konulmuştur. Örneklere otomatik H_2O ve NaOH eklenmesinin ardından açığa çıkan amonyum (NH_3) borik asit tarafından tuzaklanmış ve distilasyon 5 dakikanın ardından sona ermiştir (distilasyon aşaması). İçinde amonyum tuzaklanan borik asit çözeltisi ayarlı 0.1 N HCL ile indikatör olarak metil kırmızısı eşliğinde titre edilmiş ve başlangıçta yeşil olan renk hafif pembeleşinceye kadar titrasyona devam edilmiştir. Renk değişiminin yanında pH değişimi de izlenmiş ve pH 4.2'ye geldiği anda titrasyon sonlandırılmıştır (titrasyon aşaması). Yakma işleminden itibaren her örnekte bir adet örnek içermeden tüm işlemler aynı olacak şekilde kör tüpü de hazırlanmış ve sarfiyat kaydedilmiştir. Örneklerin içerdiği protein miktarı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Ek 4).

$$Protein\ Miktarı\ (\%) = N \times (V_{örnek} - V_{şahit})/m \times 1.4 \times 5.34 \times 100$$

Burada **N**, titrasyonda kullanılan asitin (HCL) normalitesi; $\mathbf{V_{örnek}}$, örnek titrasyonunda harcanan asit miktarı (mL); $\mathbf{V_{kör}}$, kör denemenin titrasyonunda harcanan asit miktarı (mL); **5.34**, yer fıstığı için protein faktörü; **m**, başlangıçta tartılan örnek miktarını (gr) göstermektedir.

3.9. HPLC Yöntemi ile Çözünür Şeker Analizi

Yer fıstığı örneklerinin içerdiği çözünür şekerlerin miktarı HPLC yöntemi ile belirlenmiştir. Örneklerden çözünür şekerlerin ekstraksiyonu Basha (1992)'ya göre yapılmıştır (Ek 5). Yağı giderilen 0.1 g örnek 5 mL etanol-su [80:20, *v/v*] içinde 50 °C'ye ayarlı bir su banyosu içinde 30 dk bekletilmiş ardından santrifüj edilmiş ve bu işlem iki kez tekrar edilmiştir. Elde edilen berrak etanolik faz 40 °C'ye ayarlı döner buharlaştırıcıda etanolün tamamı uzaklaşana dek bekletilmiş, balon dibindeki çözünür şeker kalıntısı ultra saf su ile 3 kez yıkanarak ayrı bir santrifüj tüpüne alınmış ve ultra saf su ile hacmi 15 mL'ye tamamlanmıştır. Şekerlerin ayrımı yüksek basınçlı sıvı kromatografisinde (HPLC, Thermo Dionex Ultimate 3000, Viyana, Avusturya) gerçekleştirilmiştir. HPLC sistem özellikleri ve şeker dağılımının tespitinde kullanılan çalışma koşulları Çizelge 3.2'deki gibidir.

Çizelge 3.2. Şeker analizine ait cihaz koşulları

Dedektör	Shodex RI-101, refraktif indeks dedektör
Kolon	HyperREZ XP Carbohydrate (Ca^{2+} Counter-ion, 8 µm, 8% cross linkage)
Akış hızı	0.6 mL/dk
Dedektör sıcaklığı	35 °C
Enjeksiyon	20 µl
Kolon sıcaklığı	80 °C
Mobil faz	Ultra saf su

Sakkaroz, glikoz, früktoz, rafinoz ve stakiyoz için stok çözeltileri hazırlanmış ve stok çözeltilerden uygun hacimlerde seyreltmeler yapılarak farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır (Çizelge 3.3). Şeker stok çözeltisinin 4 °C'de 1 ay boyunca kimyasal olarak kararlı olduğu bildirilmiş ve seyreltmeler bu süre içinde stok çözeltilerden yapılmıştır (Montesano ve ark., 2016).

Çizelge 3.3'te ise şeker analizine ait metot parametreleri verilmiştir. Tüm şeker standartlarının R^2 değerleri 0.999 olarak hesaplanmış ve güçlü bir korelasyon katsayılarına sahip olmuşlardır. Yüzde doğruluk değerleri ise standartların enjeksiyonu sonucu kalibrasyon eğrisi ile elde edilen sonucun standartların gerçek

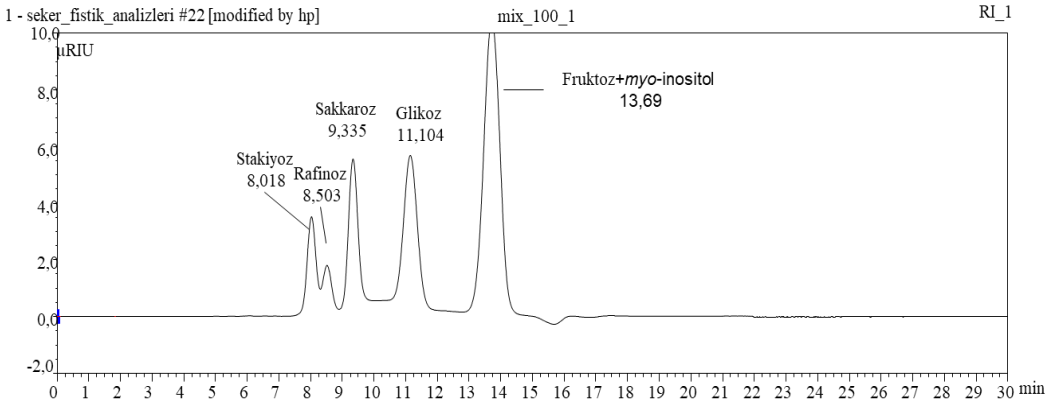
konsantrasyonuna yakınlık derecesini göstermektedir. Standart bileşiklerin tespit (LOD) ve tayin limitleri (LOQ), elde edilen kalibrasyon eğrisinin standart sapmasına (SDy) ve (S) eğimine dayalı olarak istatistiksel olarak hesaplanmıştır;

$$LOD = 3.3\left(\frac{SD_y}{S}\right) \; ve \; LOQ = 10(\frac{SD_y}{S})$$

Çizelge 3.3. Şeker analizine ait metot parametreleri

Şeker	RT[a]	Konsantrasyon aralığı (g/kg)	Doğrusal eşitlik	R^2	Doğruluk[b] (%)	LOD[c] (g/kg)	LOQ[c] (g/kg)
Stakiyoz	8.01	0.009-0.150	y = 0,0039x - 0,0223	0.999	99.62±3.04	0.005	0.014
Rafinoz	8.5	0.004-0.068	y = 0,0043x - 0,014	0.999	98.57±5.70	0.002	0.006
Sakkaroz	9.34	0,084-18,860	y = 0,0031x + 0,0982	0.999	100.67±9.42	0.004	0.013

[a]RT: Bileşiklerin gelme süresi
[b]Ölçülen büyüklük değeri ile ölçülenin gerçek büyüklük değeri arasındaki uyuşmanın yakınlığı.
[c]Tespit limiti (LOD) ve tanımlama limiti (LOQ)



Şekil 3.6. Şeker standartlarına ait kromatogram

3.10. Aminoasit Analizi

Çiğ ve kavrulmuş örnekler tohum zarları ile birlikte kahve öğütücüsü yardımıyla iyice parçalanmıştır. Parçalanmış örneklerin yağı Soksalet yöntemi ile çözücü olarak hekzan kullanılarak giderilmiş ve yağı giderilen örneklerden 0.5 g tartılmıştır. Yağsız örneklerin üzerine 10 mL, 6 N hidroklorik asit (HCl) ilave edilmiş ve çözelti geri soğutucu altında, 110 °C'de, 24 saat boyunca karıştırılıp, ısıtılarak hidrolize bırakılmıştır. Hidroliz işlemi ile proteinler parçalanarak aminoasitlerin ortaya çıkması sağlanmıştır. Hidroliz olan örnekler daha sonra ultra saf su ile seyreltilip 3–MPA (3-merkaptopropiyonik asit), OPA (ortoftalaldehit) ve FMOC (florenil metil oksi karbonil klorür) ile türevlendirilerek HPLC'ye (Shimadzu, Nexera X2) enjekte edilmiştir. Aminoasit ayrımı, XR-ODS II (2.2 micron, 3.0 x 100mm, Shim-pack, Shimadzu) kolonunda, 0.4 mL/dk hızında, 2 µl enjeksiyon hacminde olacak şekilde enjekte edilmiştir. Kolon fırın sıcaklığı 40°C dir. Kullanılan hareketli fazlar (A) potasyum fosfat tamponu (20 mM, pH 6.9), (B) asetonitril:metanol:su (45:40:15, *v/v/v*) olmuş ve analizde floresans dedektör kullanılmıştır. Uygulanan basamaklı hareketli faz akış (gradient) programı Çizelge 3.4'teki gibidir (Venkatachalan ve Sathe, 2006).

Çizelge 3.5'te ise amino asit analizine ait metot parametreleri verilmiştir. Analize ait metot parametreleri Bölüm 3.9'da anlatıldığı gibi hesaplanmıştır. Örneklerin amino asit içerikleri yağsız yer fıstığı bazında her bir amino asit standardının kalibrasyon eğrileri ve seyreltme faktörü yardımıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4. Amino asit analizinde kullanılan ayırma programı

Zaman (dk)	**A (%)**	**B (%)**
2.5	90	10
12	70	30
22.2	60	40
30	0	100
40	0	100
41	90	10
45	90	10

Çizelge 3.5. Amino asit analizinde belirlenen metot parametreleri

Amino asit[a]	RT[b]	Konsantrasyon aralığı (mg/100g)	Doğrusal eşilik	R^2	Doğruluk[c] (%)	LOD[d] (mg/100g)	LOQ[d] (mg/100g)
HIS	6.7	1.82-9.09	y=66354x-3883	0.993	98.77±8.60	0.58	1.77
THR	8.5	3.08-7.69	y=259196x+89477	0.999	96.89±21.80	1.26	3.80
ARG	10.0	0.7-7.04	y=171377x-369	0.995	99,00±7.00	0.37	1.12
TYR	13.5	0.34-6.85	y=212711x-54517	0.999	99.61±2.71	0.14	0.42
VAL	16.3	1.89-7.58	y=248080x+671361	0.993	94.23±23.25	0.80	2.43
PHE	19.0	2.99-7.46	y=145652x+371238	0.999	96.81±22.36	1.25	3.78
ILE	20.2	2-10	y=415545x-66226	0.990	108.50±6.94	0.69	2.08
LEU	21.1	2.56-8.55	y=237004x+176815	0.999	97.79±15.47	0.99	3.00
LYS	22.5	3.08-7.69	y=82000x-301631	0.962	102.86±20.03	1.15	3.49
ASP	2.5	1.3-6.49	y=144097x+194604	0.998	97.94±14.45	0.70	2.13
GLU	2.8	1.36-6.8	y=364116x+205713	0.995	98.32±11.76	0.60	1.81
SER	4.6	1.56-6.25	y=297336x-31865	0.992	98.57±10.00	0.47	1.42
GLY	7.5	1.24-6.21	y=360963x-66531	0.996	98.16±12.85	0.60	1.81
ALA	10.9	0.35-7.04	y=408116x - 342320	0.999	118.68±3.76	0.17	0.50
CYS	15.1	3.08-7.69	y=31898x+46189	0.998	96.60±23.81	1.37	4.15
HYP	24.1	0.36-7.14	y=5E+06x-3E+06	0.953	96.88±14.08	0.06	0.17
PRO	28.6	4.35-7.25	y=694413x-2E+06	0.987	98.04±16.43	1.52	4.60

[a]Elzem amino asitler: (HIS) Histidin; (THR) Treonin; (ARG) Arjinin; (TYR) Tirozin; (VAL) Valin; (PHE) Fenilalanin; (ILE) Izolösin; (LEU) Lösin; (LYS) Lisin. Elzem olmayan amino asitler: (ASP) Asparajin; (GLU) Glutamin; (SER) Serin; (GLY) Glisin; (ALA) Alanin; (CYS) Sistein; (HYP) Hidroksiproline; (PRO) Prolin
[b]RT: Bileşiklerin gelme süresi
[c]Ölçülen büyüklük değeri ile gerçek büyüklük değeri arasındaki uyuşmanın yakınlığı.
[d]Tespit limiti (LOD) ve tanımlama limiti (LOQ)

3.11. Kimyasal Analizler İçin Örneklerden Yağ Eldesi

Analizlerde kullanılan yağ örnekleri Soksalet yöntemi ile çözücü olarak n-hekzan kullanılarak elde edilmiş ve ekstrakte edilen yağlar koyu renkli cam şişelerde (10 cc) hiç boşluk kalmayacak şekilde doldurularak -20 °C'de depolanmıştır. Geriye kalan yağsız örnek kimyasal analizlerde kullanılmak üzere -20 °C'de analizlere dek saklanmıştır.



Şekil 3.7. Yağı alınan örnek

3.12. Serbest Asitliğin Belirlenmesi

Yaklaşık 3 g yağ örneği, bir erlen içinde 75 ml etil alkol (%95'lik) ilave edilerek iyice çözülmüştür. Üzerine 3-4 damla fenolfitalein damlatılarak, 0.01 N KOH çözeltisi ile renk pembe oluncaya kadar (30 saniye bu renk kalmalı) titrasyona devam edilmiştir. Aşağıdaki formül kullanılarak serbest asitlik oleik asit cinsinden hesaplanmıştır (Silva ve ark., 2010).

$$Serbest\ Asitlik\ (\%) = \frac{V \times N \times 28{,}2}{m} \times 100$$

Burada **N**, KOH çözeltisinin normalitesi, **V**, titrasyonda harcanan KOH çözeltisinin hacmini (mL); **m**, tartılan örnek miktarını (g); **28.2**, ise oleik asitin milieşdeğer ağırlığını göstermektedir.

3.13. Peroksit Değerinin Belirlenmesi

Bir erlene yaklaşık 2 g yağ (m) tartılarak 10 ml kloroform içinde iyice çalkalanarak çözülmüş, üzerine 15 ml asetik asit ilave edilmiştir. 1 ml doymuş potasyum iyodür (KI) ilave ettikten sonra erlen ağzı kapatılarak bir dakika boyunca çalkalanmış ve beş dakika karanlıkta bekletilmiştir. Ardından üzerine 75 mL saf su ve birkaç damla nişasta çözeltisi (5g/L) ilave edildikten sonra mavi renk nerdeyse kaybolana dek 0.01 N Sodyum tiyosülfat ile titre edilmiş, sarfiyat (V) not

edilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmış, 1 kg yağda bulunan peroksit oksijen miktarının, milieşdeğer gram cinsinden ifadesi olarak belirlenmiştir (Silva ve ark., 2010).

$$Peroksit\ Sayısı\ (meq\frac{O_2}{kg}) = V/m \times 10$$

Burada **V**, titrasyonda harcanan 0.01 N Sodyum tiyosülfatın hacmini (mL); **m**, örnek miktarını (g) göstermektedir.

3.14. Yağ Asitleri Tayini

Yer fıstığı yağı örneklerinin esterleştirilmesinde soğuk metilasyon yöntemi uygulanmıştır. 0.1 g yağ örneği üzerine 2 mL *n*-hekzan ve 0.1 mL 2 N KOH (metanol içinde) ilave edilmiş 30 saniye boyunca vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. Ardından örnekler 5000 rpm'de 10 dk boyunca santrifüj edilmiştir (Dun ve ark, 2019). Metil esterlerine dönüştürülen yağ örneklerinin yağ asitleri analizleri Thermo marka gaz kromatografisi (GC) cihazında, alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve DBWAX kapiler kolon (30 m x 0.25 mm i.d x 0.250 μm) kullanılarak yapılmıştır. GC-FID sisteminin çalışma şartları Çizelge 3.6'da, kullanılan ayırma sistemi ise Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Yağ asitlerine ait cihaz çalışma koşulları

Dedektör sıcaklığı	280 °C
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	250 °C
Split	1/50
Gaz akış hızları	Taşıyıcı gaz: Nitrojen (53 kPa sabit basınç); Hidrojen: 40mL/dk; Hava: 450 mL/dk.
Kolon (fırın) sıcaklığı:	50-230 °C

Çizelge 3.7. Yağ asitleri analizinde kullanılan ayırma programı

Artış (°C/dk)	Sıcaklık (°C)	Kalma süresi (dk)
-	50	1
25	200	0
3	230	18

Yağ asitlerinin tanımlanmasında, standart olarak yağ asidinin metil esterleri karışımı (CRM18917, C14-C22, 100 mg, Supelco) kullanılmıştır. Analiz edilen örneklerin kromatogramı yağ asitlerinin metil esterlerinin alıkonma zamanları ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır. Yer fıstıklarına ait yağ asitleri dağılımı yüzde (%) olarak verilmiştir.

3.15. Aroma Bileşiklerinin *In Vivo ve In Vitro* Analizleri

3.15.1. *In Vivo* Yöntem

3.15.1.1. *In Vivo* Aroma Salınımı Yönteminin Optimizasyonu

1). *In Vivo*-Burun Boşluğu ve *In Vivo*-Ağız Boşluğu Aroma Salınımı Yöntemi Panel Organizasyonu

Ağız boşluğu ve burun boşluğu-aroma salınımı terimleri, bir gıdanın tüketimi sırasında ağızda veya burunda bulunan uçucu aroma bileşiklerini tanımlamaktadır (Linforth ve Taylor, 1993). Bir gıdanın yenmesi ile birlikte aroma maddeleri, çiğneme ve tükürük etkisi ile ilk olarak gıdadan tükürük fazına salınır. Tükürükteki tat bileşikleri dil üzerindeki tat tomurcukları tarafından algılanırken, uçucu bileşikler burun içindeki koku alma reseptörlerine gitmeden önce ağız boşluğundaki hava fazına yayılır. Ağız boşluğundaki havanın aroma bileşimi yönünden burun boşluğuna göre 10 ila 100 kat daha konsantre olduğu bildirilmiştir (Linfort ve ark., 2002). *In vivo*-aroma salınımı çalışmalarında, bir gıdanın yenmesi işlemi oldukça hızlı bir işlem olduğundan, yaklaşık 1 dakikalık bir sürede ekstraksiyonun yapılması gerekir. Buna bağlı olarak, *in vivo* tüketim sırasında gerçek gıdalardan ağıza veya buruna salınan uçucu bileşik miktarları son derece

düşük konsantrasyonda olabilir (Linforth ve Taylor, 1993). Bu nedenle, bu çalışmada *in vivo* aroma salınımı yönteminde ortaya çıkacak muhtemel duyarlılık sorunlarının üstesinden gelmek için burun boşluğu ve ağız boşluğu yöntemleri öncelikle test edilmiştir.

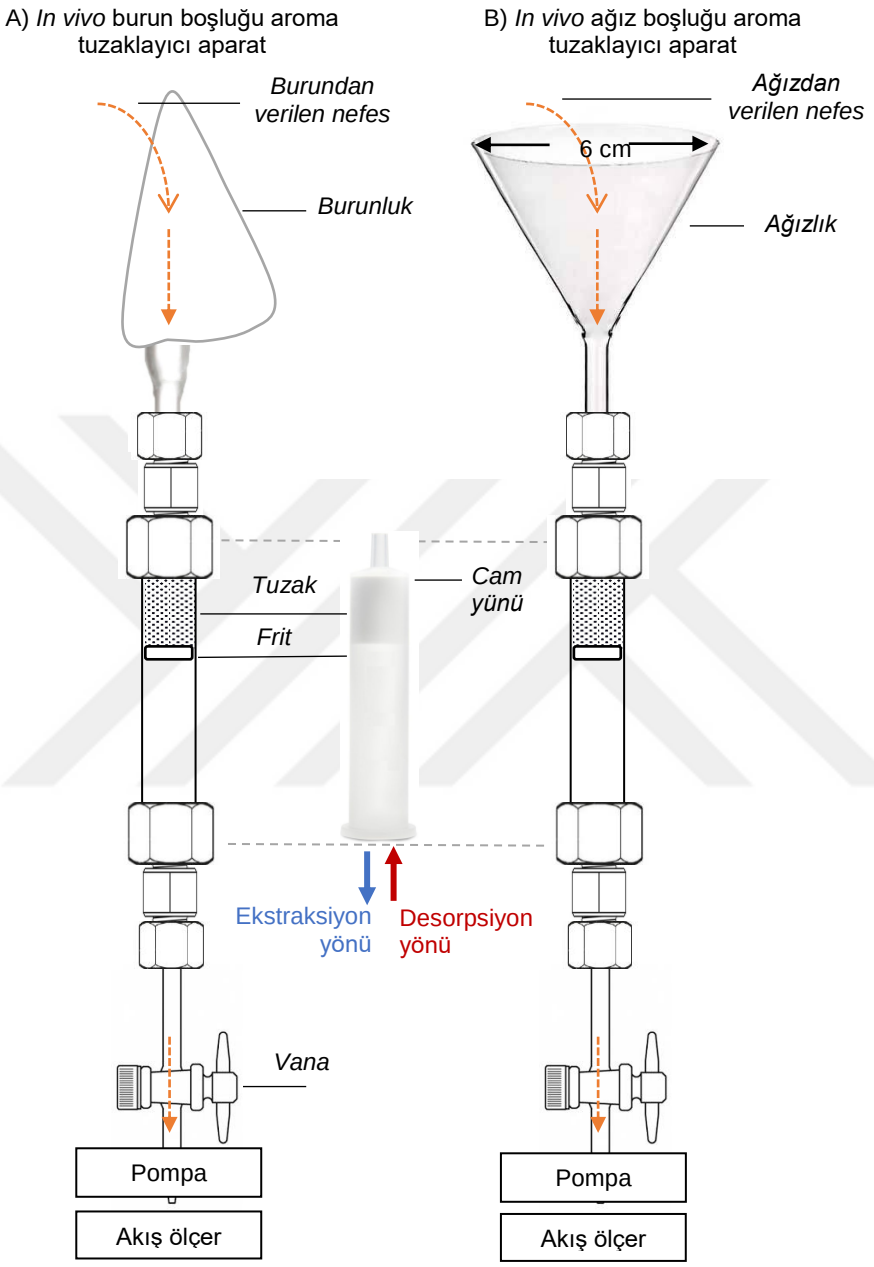
2). *In Vivo*-Burun Boşluğu ve Ağız Boşluğu Aroma Tuzaklayıcı Aparatın Kurulumu

In vivo aroma tuzaklayıcı aparat temel olarak üç kısımdan oluşmaktadır (Şekil 3.8);

i) Cam burunluk/ağızlık: Burundan yapılan analizlerde panelistlerin burun yapılarına göre 3 farklı burunluktan uygun olan kullanılmıştır. Ağızdan verilen nefes ile yapılan testlerde 6 cm çaplı huni ağızlı cam aparat kullanılmıştır.

ii) Absorbe edici bir tuzak/polimer: Bu amaçla Lichrolut veya Tenax dolgulu kartuşlar kullanılmıştır.

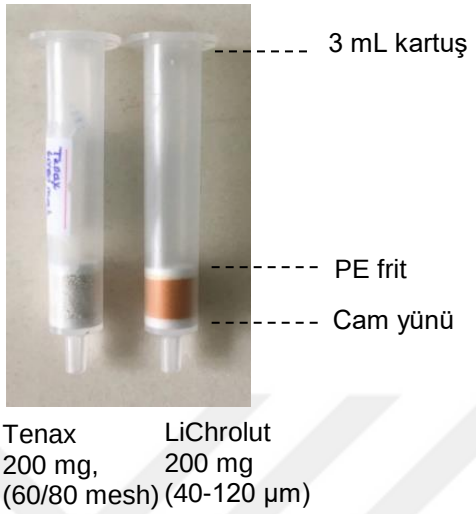
iii) Pompa: Aparatın son kısmında panelistlerin nefes alma/verme hareketleri ile uyumlu olacak şekilde bir pompa yardımı ile havalandırma sağlanmıştır. Burada sağlanacak ideal akış literatürde 500 mL/dk olarak bildirilmiştir. (Bonneau ve ark, 2018). Akış bir vana ve akış ölçer ile takip edilmiştir.



Şekil 3.8. *In vivo*-burun boşluğu ve *in vivo*-ağız boşluğu aroma tuzaklayıcı aparatın kurulumu

3) Adsorban Madde Seçimi ve Kartuşların Hazırlanması

Adsorban madde olarak literatürde yaygın bir şekilde kullanılan, yapısı 2,6-difenilen-oksite dayanan gözenekli bir reçine olan Tenax ve diğeri de LiChrolut olmak üzere iki adet reçine/polimer kullanılmıştır (Şekil 3.9). Yüksek hidrofobik özelliğinden dolayı, yüksek nemli numunelerde bile uçucu organik bileşiklerin Tenax'tan kolayca adsorbe edilebildiği bildirilmiştir (Nollet ve Toldrá, 2008). Başka bir çalışmada ise Lichrolut polimerinin aroma bileşiklerinin tutulması için en uygun malzeme olduğu bildirilmiştir (Rodriguez-Bencomo ve ark, 2015). Kullanılan reçinelerin gözenek boyutları ve kartuş içine doldurulacak polimer miktarı literatür verilerine dayanarak seçilmiştir (Muñoz-González ve ark, 2014a; Rodríguez-Bencomo ve ark, 2015; Bonneau ve ark, 2018). Aroma maddelerinin tuzaklanmasında yaygın bir şekilde kullanılan bu iki polimer bu çalışmada aynı koşullarda test edilmiştir. Kartuşlara dolum yapmadan önce ağızları cam yünü ile kapatılmış daha sonra her iki adsorban madde boş katı faz kartuşlarına (Supelco, 3 mL, polipropilen), 200 mg olacak şekilde doldurulmuş ve üzeri polietilen (PE) firit ile kapatılmıştır. Kartuşların bir ucunun cam yünü ile kapatılması, kartuşlardan aroma maddelerinin ekstraksiyonu sırasında polimerin içine iç standart ilavesini kolaylaştırmak içindir.



Şekil 3.9. Kartuşların doldurulması

4) Tadım Yapılacak Ürün Miktarı Seçimi

Ürün miktarı seçimi için, panelistlere 4, 5, 6, 7 ve 8 g'lık porsiyonlarda fıstıklar sunulmuş ve bir dakikalık tadım protokolü eşliğinde tüketmeleri söylenmiştir. Buna göre tadım süresi içinde rahatlıkla tüketilebilen en uygun ürün miktarı 6 g olmuştur.

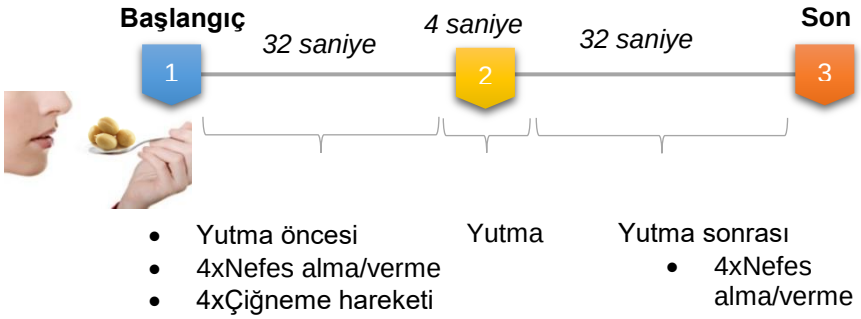
5) Tadım Protokolü ve Nefes Düzenleme

In vivo aroma salınımı çalışmalarında kişiler arası elde edilen farklı salınım verileri, kişilerin solunumun zamanlaması/hızındaki ve çiğneme hareketlerindeki bireysel farklılıklar ile ilgilidir (Frank ve ark., 2011a; Frank ve ark., 2012). Bu farklılıkları en aza indirmek için, panelistlere tadım sırasında nefes alma/verme ve çiğneme hareketlerini standartlaştıracak katı bir tadım protokolü uygulanmıştır.

Panelistlere sunulan yer fıstığı örneği doğası gereği yağlı, ağıza yapışan ve yutulmadan önce iyice çiğnenmesi gereken bir gıdadır. Bu nedenle seçilen tatma süresi ürünün yutulmadan önce ağızda düzgün bir şekilde çiğnenmesine olanak vermelidir. Aynı zamanda bu tadım protokolü o gıdanın doğal bir şekilde

tüketilmesine en yakın olmalıdır. Yer fıstığı aroma salınımı analizleri için belirlenen tadım protokolü, önceki çalışmalar ışığında panelistler ile yapılan denemeler yardımıyla uygunluğu belirlenmiştir (Frank ve ark., 2012; Ting ve ark., 2016; Bonneau ve ark., 2018).

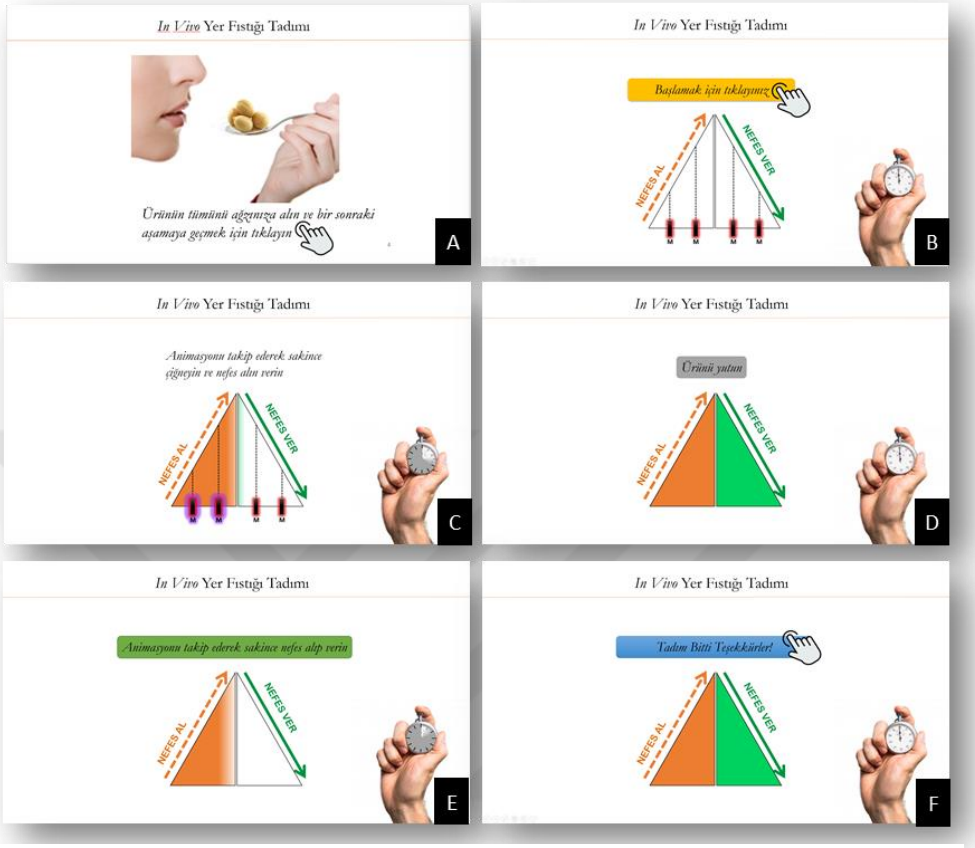
Bir tadım periyodu i) yutma öncesi (32 s), ii) yutma sırası (4 s) ve ii) yutma sonrası (32 s) faz olmak üzere 3 faz ve toplamda 68 saniye olarak belirlenmiştir (Şekil 3.10). Yutma öncesi faz (i) bir ürünün tadımı sırasında ürünün yutma haline gelene kadar ağız içinde çiğnendiği süredir. Bu fazda, bir döngü 2 saniye nefes alma (2 adet çiğneme hareketi ile birlikte) + 2 saniye nefes verme (2 adet çiğneme hareketi ile birlikte) olmak üzere toplam 8 döngüden oluşur (8x4s=32 s). *In vivo*-burun boşluğu-aroma salınımı tadımlarında, bu çiğneme süresi boyunca panelistler ürünü yutmadan, ağzı kapalı tutarak burundan nefes alıp burunluk aparatının içine doğru nefes verecek şekilde tadımı yapmıştır. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı tadımlarında ise panelistler burunlarından nefes alıp ağızlarından aparata doğru nefes verecekleri şekilde yapmıştır. Çiğneme fazı sonunda (ii, yutma fazı) panelistten ürünü tek seferde yutması istenmiştir (4 saniye). Yutma sonrası fazda (iii) ise panelist çiğneme sürecindeki nefes alma/verme hareketlerine uyarak aparat içine doğru 32 saniye ((2 saniye nefes alma + 2 saniye nefes verme) x 8 döngü) boyunca daha solumaya devam etmiştir. Her panelistin tadım sırasında bu programı kolayca uygulayabilmesi için bu süreler Power Point (Microsoft 2016) uygulaması yardımıyla animasyon halinde hazırlanmıştır. Panelistler tadımlar boyunca çiğneme, yutma ve yutma sonrası nefes alma verme hareketlerini bu animasyondan takip ederek uygulamıştır. Panelistler tadım öncesinde, hazırlanan bu animasyon eşliğinde eğitilmiştir (Şekil 3.11 ve Şekil 3.12).



Şekil 3.10. Tadım protokolünün şematik gösterimi



Şekil 3.11. *In vivo* aroma tuzaklayıcı aparat'ın kullanımı hakkında panelistlere verilen eğitim



Şekil 3.12. Nefes düzenleme programının/animasyonunun bilgisayar ekran alıntıları; ((A) Ürünün ağıza alınması), ((B) Tadıma başlama), ((C) Yutma öncesi fazda çiğneme ve nefes alıp verme), ((D) Ürünü yutma), ((E) Yutma sonrası fazda nefes alıp verme),

6) Kör Analizin Yapılması

İnsanların dinlenme durumundaki nefes kompozisyonu doğal olarak etanol, aseton, bazı terpenler veya furanlar gibi birçok aroma bileşiği içerir (Miekisch, ve ark., 2004; Sanchez ve Sacks, 2006). *In vivo* analizlerde belirlenen aroma bileşiklerinin gıda matriksinden mi veya nefesin doğal bileşiminde bulunan bileşiklerden mi kaynaklı olduğunu belirlemek önemlidir. Bu nedenle her tadımdan önce panelistlerden tadım protokolü eşliğinde boş (kör) bir tadım yapmaları

istenmiştir. Kör tadımlar sayesinde panelistlerin dinlenme halindeki nefes kompozisyonu belirlenmiştir.

7) Sistem Akış Hızının Ayarlanması

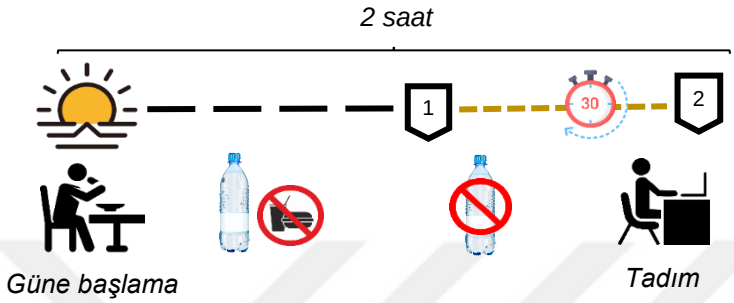
Nefes alma/verme sırasında dakikada solunan hava hacminin kişiden kişiye farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Weel ve ark., 2004). Nefes alma/verme zamanlama ve hızının ağız içinde ve aroma salınımı ölçümlerinde farklılıklar yarattığı bilinmektedir (Frank ve ark., 2011). *In vivo* ölçümlerde bu farklılıkları gidermek ve kişiler arası karşılaştırılabilir sonuçlar almak için sisteme bir vakum pompası ile sabit akış sağlanmıştır. Bu akış hızı belirlenirken panelistlerin tadım sırasında akış hızı ile uyumlu ve rahat bir şekilde nefes alıp vermeleri gözetilmiştir.

Önceki *in vivo* aroma salınımı çalışmalarında araştırmacılar çeşitli akış hızlarında çalışmıştır; 300 mL/dk (Ting ve ark., 2016) 500 mL/dk (Bonneau ve ark., 2018), 100 mL/dk (Mayr ve ark., 2003). Muñoz-González ve ark (2014c), retronazal yol ile aroma tuzaklayıcı aparat ile yaptığı çalışmada kişilerin burunlarından soludukları nefesi Tenax üzerinde ekstrakte etmiş ve bu sistemde benzer şekilde bir akış kullanmıştır. Bu çalışmada da Bonneau ve ark (2018)'e benzer şekilde panelistlerin tadım sırasında en rahat ettikleri akış hızı 500 mL/dk olarak ayarlanmıştır.

8) Panel Zamanının Belirlenmesi

Tadım oturumları panelistlerin katılabilir oldukları saatlere bağlı olarak sabah saatlerinde kahvaltıdan veya öğle yemeğinden iki saat sonra başlayacak şekilde planlanmıştır. Tadım yapılan saatler aynı zamanda duyusal testler için de uygun olduğu bildirilen saat aralıklarında yapılmıştır; sabah 10:00–11:00, öğlen 15:30–16:00 saatleri. Panelistlerden, kahvaltıdan veya öğle yemeğinden sonra dişlerini fırçalayıp tadım oturumuna kadar su dışında herhangi bir şey yiyip içmemeleri istenmiştir. Örneğin sabah 9:00'da başlayacak oturum için panelist, 7:00'da kahvaltısını etmiş ve dişlerini fırçalamış olmalıdır. Panelistler tadıma 30

dakika kala su içmeyi de bırakmışlardır. Panelistlerden istenen bu 2 saatlik yeme-içme kısıtlamasının amacı, panelistlerin tadıma dinlenme halindeki ve aroma bakımından nötr bir ağız boşluğu ile katılmalarını sağlamaktır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Bir panelistin tadım gününe ait şematik gösterim

9) Ekstraksiyon Sayısının Belirlenmesi

In vivo aroma salınımı çalışmalarında ürünün tüketimi sırasında ağızdan veya burundan verilen nefesin ekstraksiyonu kısa sürede yapılmalıdır. Ortaya çıkan aroma bileşiği konsantrasyonunun düşük olması tanımlama aşamasında bileşik görülememesine neden olabilir. Model gıdalar ile çalışan araştırmacılar yüksek konsantrasyonlarda hazırladıkları aroma bileşikleri karışımını kullanarak ağızda salınımın fazla olmasını sağlamış ve bu sorunu gidermiştir (Muñoz-González ve ark., 2014c). Gerçek gıdada yapılan önceki bir çalışmada, nefes ekstraksiyonu yapılmış birçok tuzak tek bir yere desorbe edilerek muhtemel hassasiyet sorunları giderilmiştir (Bueno ve ark., 2011). Bu çalışmada ekstraksiyon sayısı, tuzaklar desorbe edildikten sonra elde edilen aroma ekstraktında GC-MS yöntemi ile çıkması beklenen aroma bileşikleri tanımlanana kadar arttırılmıştır. Tuzakları aroma bileşimi yönünden zenginleştirmek amacıyla, aynı tuzak üzerine 3, 6, 9 ve 12 kez ekstraksiyon yapılmıştır.

10) Kartuşların Desorpsiyonu ve Saklanması

Nefesten yapılan örnekleme dahil hava içerisinde bulunan uçucu bileşik seviyelerinin güvenilir bir şekilde belirlenmesi hassas bir örnekleme, ön konsantrasyon ve hassas tanımlama tekniklerini uygulamayı gerektirir. Hava örneğinin (nefes) bir tuzak/reçine üzerinden geçirilerek uçucu bileşiklerin bu tuzak üzerinde tutulması ve daha sonra bu bileşiklerin tuzak üzerinden ayrıştırılıp gaz kromatografisi ile belirlenmesi yaygın kullanılan bir tekniktir. Günümüzde, tuzak üzerinde tutulan uçucu bileşiklerin ayrıştırılması (desorpsiyonu) için iki analitik metot kullanılmaktadır: i) termal desorpsiyon ve ii) solvent ekstraksiyonu (Ramírez ve ark., 2010).

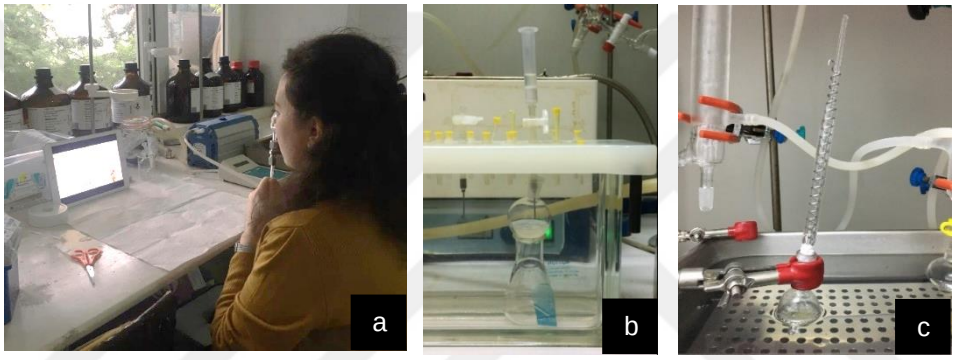
Termal desorpsiyon (TD), katı bir yüzeye (polimer) tutturulmuş uçucu bileşiklerin yüksek sıcaklık altında (>200 ^{o}C) ayrılmasını ve miktar tayininin yapılabilmesi için bu bileşikleri doğrudan GC'ye aktarılmasını sağlayan iki basamaklı bir sistemdir (Muñoz ve ark., 2010). Termal desorpsiyonun avantajları olarak yüksek hassasiyete sahip olması, tuzakların tekrar tekrar kullanılmasına olanak vermesi, daha kısa analiz süresi, toksik çözücü kullanımını ortadan kaldırması gibi özellikleri sayılabilir. Ancak ünitenin ilk kurulum maliyetinin yüksek olması her laboratuvarda uygulanmasını kısıtlamaktadır (Ramírez ve ark., 2010).

Çözücü desorpsiyonu, her laboratuvarda uygulanabilen ve yaygın kullanılan basit bir metottur. Bu çalışmada, tuzağa tutturulan uçucu bileşikler, tuzak üzerinden, adsorban maddenin yapısına uygun bir çözücü geçirilerek ayrıştırılır. Elde edilen elüsyon konsantre edilip GC'ye enjekte edilir (Hinoue ve ark., 2017). Bu metodun en önemli olumsuz yanı uçucu bileşiklerin desorpsiyon çözücüsü ile seyreltilmesi ve bununda hedef analitlerin tanımlama limitini arttırmasıdır (Ramírez ve ark, 2010).

Bu çalışmada önceki çalışmalar ile uyumlu olarak çözücü desorpsiyon metodu kullanılmıştır (Munoz-González ve ark., 2014a ve 2014b; Bueno ve ark., 2011). Desorpsiyondan önce aroma maddelerinin tutulduğu kartuşlara 10 µL iç

standart (2-oktanol, 24 mg/L) eklenmiştir. Kartuşlar aynı gün içinde 6 mL (3 mL x 2) pentan:dietileter [1:1, *v/v*] ile yavaş bir şekilde (1 damla/saniye) vakum altında desorbe edilmiştir.

Elde edilen aroma ekstraktı daha sonra Snyder (Supelco, St Quentin, France) kolon takılı Kuderna Danish konsantratör (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) ile önce 0.5 mL'ye kadar ve daha sonra viallere alınan aroma ekstraktı düşük debili bir azot gazı altında 200 µL'ye kadar konsantre edilmiştir (Şekil 3.14.)



Şekil 3.14. Aromatik ekstraktın elde edilmesi; a) kartuşun ekstraksiyonu, b) kartuşun desorpsiyonu ve c) elde edilen ekstraktın 0.5 mL kalana kadar konsantrasyonu

3.15.2. *In Vitro* Yöntem

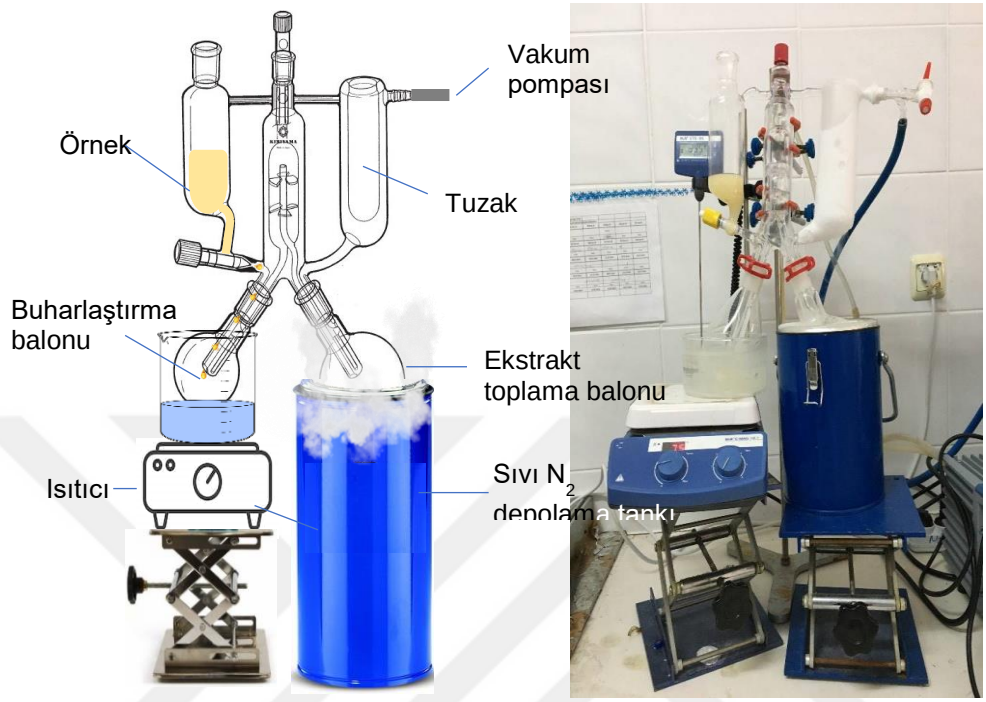
3.15.2.1. Çözgen Yardımıyla Aroma Ekstraksiyonu (SAFE)

Aroma bileşiklerinin ekstraksiyonunda Engel ve ark (1999), tarafından bildirilen yüksek vakum altında çözgen yardımıyla aroma ekstraksiyon (SAFE) yöntemi kullanılmıştır. SAFE yöntemi ile elde edilen aromatik ekstraktın gıdada bulunan aromanın çoğunluğunu temsil ettiği kabul edilir. Ayrıca SAFE yönteminin aroma maddeleri ekstraksiyonu sırasında istenmeyen yan ürün oluşumunu önlemesi bakımından etkili olduğu bildirilmiştir (Engel ve ark., 1999).

Kavrulmuş ve çiğ yer fıstıkları (dış zarı ile birlikte) kahve öğütücüsü yardımıyla parçalanmış ve 50 gr olacak şekilde erlenlere alınmıştır. Ardından

erlenlere 100 mL diklormetan:pentan [1:2, *v/v*] ve iç standart olarak 5 µl, 2-oktanol (43.66 mg/L) ilave edilmiştir. Erlenler azot gazı altında +4℃'de 1 saat boyunca orta hızda karıştırılmıştır. Karıştırmanın ardından elde edilen süspansiyon santrifüj edilmiş (3000 rpm, 15 dakika, 0 °C) aroma maddelerini içeren berrak çözücü fazı SAFE cam distilasyon düzeneğine aktarılmıştır. Ekstraksiyon işlemi her bir örnek için üç kez tekrarlanmıştır. Aroma maddeleri ekstraksiyonu sırasında Şekil 3.9'daki düzeneğin soldaki cam haznesine örnek ilave edilmiş ve ekstraksiyon boyunca buharlaştırma balonu 40 °C'lik su banyosunda bekletilmiştir. Ortamda vakum oluştuktan (10^{-3}) sonra SAFE aparatının örnek musluğu çok yavaş bir şekilde açılarak aroma maddeleri içeren çözgen fazının buharlaştırma balonuna yavaş ama sürekli damlaması sağlanmıştır. SAFE aparatının sağ tarafında yer alan ekstrakt toplama balonu çözgenin hemen yoğunlaşması için sıvı azot ile soğutulmuş ve bu şekilde aroma maddesi kayıpları engellenmiştir (Engel ve ark., 1999; Frank ve ark., 2011)

Bu işlem sonucu elde edilen aroma bileşiklerini içeren çözgen faz "Vigreux" damıtma kolonunda 40 °C' de önce 10-15 mL daha sonra "Kuderna Danish" konsantrasyon aparatında 0.5 mL kalıncaya kadar konsantre edilmiştir. Elde edilen ekstraktın hacmi viallere alndıktan sonra hafif bir azot akışı altında 0.2 mL'ye indirilmiştir. Konsantre halde elde edilen sıvı doğrudan GC-MS'e enjekte edilmiştir.



Şekil 3.15. Analizde kullanılan SAFE düzeneği ve şematik gösterimi

3.15.3. GC-FID-MS Koşulları

Elde edilen aromatik ekstraktta bulunan aroma maddelerinin tanımlanması ve miktar tayininde "Agilent 5975B VL MSD" kütle spektrometresi ve "Agilent 6890N" marka gaz kromatografisi kullanılmıştır. Aroma maddelerinin miktar tayininde, "Agilent 6890N" marka alev iyonlaşma dedektörlü (FID) gaz kromatografisi kullanılmıştır. Aroma maddelerinin ayrımı DB-WAX kapiler kolon (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör sıcaklığı 220 ^{o}C, dedektör sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı ise 60 °C'de 3 dakika beklemeden sonra, dakikada 2°C artarak 220 °C'ye ve daha sonra dakikada 3 °C artarak 245 °C'ye çıkmış ve bu sıcaklıkta 20 dakika sabit kalacak şekilde programlanmıştır. Cihaza enjekte edilen miktar 3 µl'dir. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Helyumun akış hızı 3.3 ml/dk'dır. Dedektör ve enjektör sıcaklıkları 250 ^{o}C'dir. Aroma maddelerinin tanısında yukarıda belirtilen gaz

kromatografisine bağlı "Agilent 5975B VL MSD" marka kütle spektrometresi kullanılmıştır. Enjektör tipi ve sıcaklık programı gaz kromatografisi ile aynı koşullardadır. Kütle spektrometresinin iyonlaşma enerjisi 70 eV, iyon kaynağı sıcaklığı 250 °C, kuadrupol sıcaklığı 120 °C tutularak, 1 saniye aralıklarla 29-350 kütle/yük (m/e) arasında tarama yapılmıştır (Rodríguez-Bencomo ve ark., 2015).

3.15.4. Aroma Bileşiklerinin Tanımlanması ve Miktarının Hesaplanması

In vivo analizlerde aroma bileşiklerinin çok düşük konsantrasyonlarda olduğu ve Tam Tarama yöntemiyle (Full Scan Mode, FSM) spektrum elde edilemediği durumlarda Seçilmiş İyon Görüntüleme (Selected Ion Monitoring, SIM) yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen SIM modunda aranan hedef bileşikler Çizelge 3.8'de verilmiştir. Bu bileşikler SAFE yöntemi ile elde edilen ekstrakta tanımlanan aroma bileşikleri baz alınarak belirlenmiştir. Aranan bileşiklerin standartları elde edilmiş ve GC-MS'e enjekte edilerek alıkonma zamanı ve en büyük iyon kütle numaraları (4 adet) belirlenmiştir. SIM metodu, bu standart bileşiklerin iyon kütle numaraları seçilerek uygulanmıştır. İç standart olarak 2-oktanol kullanılmış ve standardı olan aroma bileşiklerinin 2-oktanole karşı relatif cevap faktörü (RRF) hesaplanmıştır (Çizelge 3.9). Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin miktarları iç standart yöntemiyle aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C_i = (A_i/A_{st}) \times C_{st} \times RRF \times HF$$

C_i : Bileşiğin konsantrasyonu

A_i : Bileşiğin pik alanı

A_{st} : İç standartın pik alanı

C_{st} : İç standartın konsantrasyonu

RRF: Relatif cevap faktörü (standardı olan bileşikler için RRF hesaplanmış, standardı olmayan bileşikler için bu değer 1 olarak alınmıştır).

HF: Hesaplama sonucunun mg/kg birimine çevirmek için gereken hesaplama faktörü

Çizelge 3.8. SIM modunda taranan bileşikler ve iyonları

No	CAS No	Alıkonma zamanı (RT)	Aroma Bileşiği	En Büyük İyon Numaraları
1	96-54-8	10.15	N-metil-pirol*	81, 80, 53, 42
2	5989-27-5	14.01	D-Limonen	43, 68, 93, 136
3	109-08-0	15.88	Metil-pirazin	94, 67, 26, 39
4	123-32-0	18.76	2,5-dimetilpirazin	108, 42, 39, 40
5	108-50-9	19.05	2,6-dimetilpirazin	108, 42, 40, 39
6	13925-00-3	19.25	Etilpirazin	107, 108, 80, 53
7	5910-89-4	19.97	2,3-dimetilpirazin	67, 108, 40, 42
8	14667-55-1	23.13	Trimetilpirazin	42, 122, 81, 39
9	123-96-6	23.92	2-oktanol (iç standart)	45, 55, 41, 97
10	27043-05-6	24.71	2-etil-3,5-dimetilpirazin	135, 136, 42, 39
11	13360-65-1	25.36	3-etil-2,5-dimetilpirazin*	135, 136, 42, 39
12	18138-04-0	26.81	5-metil-2,3-dietilpirazin	150, 149, 135, 56
13	100-52-7	27.01	Benzaldehit	77, 105, 106, 51
14	22047-25-2	30.83	2-asetilpirazin	43, 122, 80, 52

*Bileşiklerin standardı yoktur.

Çizelge 3.9. Relatif cevap faktörü hesaplanan bileşikler

Sıra No	Aroma bileşiği	RRF
1	2-Pentanon	1.34
2	Hekzanal	1.00
3	2-Pentanol	1.16
4	D-Limonen	1.75
5	1-Hekzanol	0.87
6	Metilpirazin	1.05
7	2,5-Dimetilpirazin	1.00
8	2,6-Dimetilpirazin	1.15
9	Etilpirazin	1.15
10	2,3-Dimetilpirazin	1.08
11	Trimetilpirazin	1.90
12	Furfural	1.49
13	2-Etil-3,5-dimetilpirazin	0.81
14	Benzaldehit	2.30
15	Benzenasetaldehit	0.93
16	2-Furanmetanol	0.89
17	Benzenmetanol	1.09
18	Maltol	0.72
19	2-Asetil-pirol	0.83
20	Pantolakton	0.96
21	2,3-Dihidro-benzofuran	1.25

3.16. Yerfıstıklarının Aroma Aktif Bileşiklerinin Analizi

Ekstrakte edilen örneklerin GC-Olfaktometri analizleri "Agilent 6890N" marka gaz kromatografisine bağlı "Gerstel ODP-2" marka olfaktometride gerçekleştirilmiştir. GC çalışma koşulları Bölüm 3.6.1'de verildiği gibidir. Çiğ ve kavrulmuş örneklere ait SAFE ekstraktlara ve ayrıca kavrulmuş örneklere ait *in vivo* aroma salınımı yöntemiyle elde edilen aromatik ekstraktlara aroma ekstrakt seyreltme analizi (AEDA) uygulanmıştır. İlk olarak, 3 deneyimli panelist ile koklama yoluyla örneklerde bulunan aroma aktif bileşikler ve verdikleri kokular belirlenmiştir. Belirlenen aroma aktif bileşiklerin koku seyreltme faktörünü (SF) bulmak için, aromatik ekstrakt 1:1 (aroma ekstraktı:çözücü, *v/v)* oranında çözücü ile aşama aşama seyreltilerek GC-O'da koku hissedilmeyene kadar koklanmıştır. Kokunun hissedildiği en son seyreltme o aroma aktif bileşiğin SF değeri olmuş ve SF değeri en yüksek aroma bileşiği örneğin aromasına katkıda bulunan en güçlü aroma aktif bileşik olarak ifade edilmiştir (Rodríguez-Bencomo ve ark., 2015; Sonmezdag ve ark., 2019).



Şekil 3.16. Koklama oturumuna ait bir resim

3.17. Duyusal Analiz

Kavrulmuş yer fıstığı ve yer fıstığı ezmesinde Tanımlayıcı Duyusal Analiz (TDA) gerçekleştirilmiştir. Panel, duyusal analiz tecrübesine sahip 10 panelistten

oluşmuştur. Bu panelistlerin 4'ü *in vivo* analizlere katılan kişilerdir. Kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örneklerine ait algılanabilir ürün özeliklerini tanımlayacak duyusal tanımlayıcılar 4 kişilik bir panelin birlikte çalışması sonucu belilenmiştir (Şekil 3.17). Bu panelde örnekleri tanımlamak için kullanılacak görünüm, burunda ve ağızda algılanan aroma ve tekstür özelliklerine ait tanımlayıcılara karar verilmiştir. Aynı zamanda, duyusal tanımlayıcılar için kullanılacak referanslara karar verilmiştir.

Duyusal panel öncesinde panelistlere görünüm özellikleri ile burunda ve ağızda algılanan aromalara ait duyusal tanımlayıcıları temsil eden referanslar tanıtılmıştır. Örnekler panelistlere üç basamaklı rastgele sayılar ile kodlanmış bir şekilde, beyaz plastik kaplar içerisinde sunulmuştur. Panelistler her bir tanımlayıcı için yer fıstığı örneklerini derecelendirilmemiş 15 puanlık skala kullanarak değerlendirmiştir (Meilgaard ve ark., 2007). Panelistler örnekleri görünüm, koku, burunda ve ağızda algılanan aroma ve tekstür profili altında çeşitli duyusal tanımlayıcılar ile değerlendirmiştir (Çizelge 3.10). Ezme örneklerinde, kavrulmuş örneklerden farklı olarak kırılabilirlik, gevreklik (1), gevreklik (2) ve çiğnenebilirlik tanımlayıcıları değerlendirilmemiştir.

Çizelge 3.10. Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerinin duyusal analizinde kullanılan duyusal tanımlayıcılar

Duyusal tanımlayıcılar	Tanıtım
Görünüm	
Kahverengi renk	Renk skalası
Parlaklık	Kağıt
	Lamine yüzey
Burunda algılanan aroma	
Kavrulmuş yer fıstığı	Orta derecede kavrulmuş yer fıstığı (L=50)
	Fazla kavrulmuş yer fıstığı (L=36)
Tatlı aromatik	Yer fıstığı ezmesi
	Yer fıstığı ezmesi içeren kurabiyeler
Yağımsı	Yer fıstığı yağı
	Soya fasulyesi yağı
Okside olmuş	Yer fıstığı yağı
	Okside yağ (açıkta depolanmış)
Kartonumsu	Islak karton
Çiğ/fasulyemsi	Çiğ yer fıstıkları
Odunsu/kabuksu	Yer fıstığı kabuğu
Yanık	Fazla kavrulmuş yer fıstığı (L=36)

Çizelge 3.10. devamı

Ağızda algılanan aroma		
Tatlı	20 g/kg şeker çözeltisi 100 g/kg şeker çözeltisi	
Tuzlu	2 g/kg NaCL çözeltisi 5 g/kg NaCL çözeltisi	
Ekşi	0.5 g/kg sitrik asit çözeltisi 1.5 g/kg sitrik asit çözeltisi	
Acı	0.5 g/kg kafein çözeltisi 1.5 g/kg kafein çözeltisi	
Çiğ/fasulyemsi	Çiğ yer fıstıkları	
Kavrulmuş yer fıstığı	Orta derecede kavrulmuş yer fıstığı (L=50) Fazla kavrulmuş yer fıstığı (L=36)	
Yağımsı	Yer fıstığı yağı	
Yanık	Fazla kavrulmuş yer fıstığı (L=36)	
Duyusal tanımlayıcılar	**Tanıtım**	**Teknik**
Tekstür		
İlk ısırık		
Kırılabilirlik*	İlk ısısrıkta örnekte meydana gelen kırılma	Örneğii azı dişleri arasına yerleştirin ve yiyecek parçalanana, çatlayana veya parçalanana kadar eşit şekilde ısırın.
Gevreklik (1)*	Örneğin kesici dişlerle (ön dişlerle) çiğnenmesi sonucunda ortaya çıkan ses yoğunluğu ve ihtiyaç duyulan kuvvet miktarı	Örneği ön dişlerin arasına yerleştirin ve yiyecek parçalanana kadar eşit şekilde ısırın
Gevreklik (2)*	Örneğin azı dişlerle çiğnenmesi sonucunda ortaya çıkan ses yoğunluğu ve ihtiyaç duyulan kuvvet miktarı	Örneği azı dişleri arasına yerleştirin ve yiyecek parçalanana kadar eşit şekilde ısırın
Çiğneme sırasında		
Çiğnenebilirlik*	Örneğin yutmaya hazır hale gelene kadar gerekn çiğneme sayısı	Örneği azı dişleri arasına yerleştirin ve 3 ila 5 kez çiğneyin.
Yapışkanlık	Örneğin çiğnenmesi sırasında damağa yapışan ürünü çıkarmak için gereken kuvvet	Örneği dil üzerine yerleştirin ve sonra damağa doğru bastırın. Örneği damaktan çıkarmak için gereken kuvveti dil ile değerlendirin.
Çiğneme sonrası kalıntı/ Ağız hissi		
Diş kaplaması	Ürünün azı dişlerinin yüzeyine yapışma derecesi	Örneği yuttuktan sonra diş yüzeylerini dil ile hissedin
Ağzın kaplanması	Örnek yutulduktan sonra ağızda algılanan artık örnek miktarı	Örneği yuttuktan sonra ağız yüzeyini dil ile hissedin
Ağız kuruluğu	Damakta hissedilen kuruluk	

*Sadece kavrulmuş yer fıstığı örneklerinde değerlendirilmiştir.



Şekil 3.17. Duyusal tanımlayıcıların belirlendiği panelden bir resim

3.18. İstatistiksel Analizler

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, SPSS 18 paket programı kullanılarak incelenmiştir. Örnekler arasındaki fark Tek Yönlü ANOVA (One Way ANOVA) analizi ile değerlendirilmiştir. Önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre incelenmiştir. Önem düzeyi 0.05 kabul edilmiştir. Örneklere ait yöre (Y), boyut (B), prosesin (P) ve bunların birlikte ortaya çıkan etkileri (Y x B, Y x P, B x P ve Y x B x P) Çift Yönlü ANOVA (Multiple ANOVA) kullanılarak değerlendirilmiş ve önem düzeyleri 0.05, 0.01 ve 0.001 olarak kabul edilmiştir. Kimyasal analiz, *in vivo* ve *in vitro* aroma analizleri ve duyusal analiz sonuçlarına temel bileşenler analizi (PCA) uygulanarak veriler bağımsız değişkenlerin çoğunu açıklayan iki bileşene (F1 ve F2) indirgenmiştir. Ayrıca veriler hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) ile gruplandırılarak verilerin ağaç grafikleri oluşturulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yörenin ve Tane Boyutunun Yer Fıstıklarının Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi

4.1.1. Yer Fıstıklarının Genel Kimyasal Bileşimi

Örneklerin kimyasal içeriğine ait değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Küçük tanelerin nem içeriği büyük tanelere kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Boyut ve proses etkisi örneklerin nem içerikleri üzerinde önemli düzeyde etkilidir. Örneklerin nem içeriği kavurmadan sonra önemli düzeyde düşmüş ve kavrulmuş tanelerin nem içerikleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Örneklerin yağ içeriği arasında önemli farklılıklar bulunmuş ve boyut etkisi örneklerin yağ düzeyleri üzerinde önemli olmuştur. Küçük boyutlu çiğ veya kavrulmuş örneklerin yağ düzeyleri her iki bölgede de büyük tanelere kıyasla düşük çıkmıştır. Örneklerin kül içerikleri de önemli düzeyde değişiklik göstermiş ve yöre, boyut, proses etkisi ile yöre x boyut interaksiyonu örneklerin kül içerikleri üzerinde önemli olmuştur.

Adana yöresinden elde edilen büyük boyutlu kavrulmuş yer fıstıkları en yüksek protein oranına sahip olmuştur. Yöre, boyut ve proses ile birlikte bunların interaksiyonları (boyut x proses hariç) örneklerin protein bileşimleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Damame ve ark (1990) ile benzer şekilde kavurma işlemi örneklerin protein içeriklerinde bir artışa neden olmuştur. Türkiye de üretilmiş NC-7 çeşidi fıstıklar üzerinde yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında bu çalışmada elde edilen protein bileşimi değerleri Juhaimi ve ark (2018) ve Özcan ve Seven (2003)'den daha düşük, Arioglu ve ark (2018)'nın bildirdiği değerler ile benzerdir. Rodrigues ve ark (2011), kavurma prosesinin örneklerin protein içeriklerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığını ancak farklı genotipler arasında protein içerikleri bakımından önemli farklar olduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde Zang

ve ark (2003)'da farklı çeşitlerin protein içerikleri arasında %13'ten %34.82'ye kadar büyük farkların olduğunu bildirmiştir

Örneklerin toplam şeker bileşimi üzerine, boyutun etkisi önemli bulunmuştur. Genellikle küçük taneler büyüklere kıyasla toplam şeker içerikleri bakımından yüksek değerler göstermiştir. Önceki çalışmalar yer fıstığının toplam şeker içeriğinin market tipine (Patte ve ark., 2000a), hasat yılına (Rodriguez ve ark, 1989), yetiştiği iklime (McMeans ve ark., 1990), çeşide ve tohumun olgunluğuna/büyüklüğüne (Pattee ve ark., 1982b) bağlı olarak değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Klevorn ve Dean (2018) ile uyumlu olarak kavrulmuş yer fıstığı, çiğ örneklerden biraz daha yüksek toplam şeker içeriğine sahiptir. Bu artış, kavurma işlemi ile örnekten su ve uçucu bileşenlerin ayrılmasına ve ısıl işlem ile büyük şekerlerin parçalanarak çözünür şeker miktarındaki artışa neden olmasına bağlanabilir (Smartt, 2012).

Daha eski çalışmalarda yer fıstığının boyutu ve olgunluğu arasındaki ilişki detaylıca araştırılmıştır. Patte ve ark (1974, 1981a-b, 1982b), yaptıkları çalışmalar ile yer fıstığının olgunluğunun/boyutunun kimyasal özellikler üzerindeki etkisini belirleyen ilk kişiler olmuştur. Bu çalışmalarda yer fıstığı tanelerinin boyutu küçüldükçe yer fıstığı olgunluğunun azaldığı gösterilmiştir. Yer fıstığı tohumları olgunlaştıkça depolanan şekerler yağa ve proteine dönüşür ve bu nedenle taneler büyüdükçe örneklerin şeker içeriği azalırken yağ ve protein içerikleri artma eğilimi gösterir (Pattee ve ark., 1974; Pattee ve ark., 1982b). Bu çalışmada da örneklere ait kimyasal bileşimde meydana gelen değişimler önceki çalışmalar ile uyum içinde olmuştur.

Çizelge 4.1. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının genel kimyasal bileşimi

Proses	Örnek	Nem (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Protein (%)	Toplam şeker (g glikoz/100 g)
Çiğ	O7	7.93^{a}±0.04	51.51^{ab}±0.67	2.26^{b}±0.00	23.80^{d}±0.12	6.35^{ab}±0.94
	O11	7.41^{b}±0.12	53.31^{a}±1.71	2.24^{b}±0.03	24.12^{d}±0.12	3.91^{b}±1.40
	A7	8.16^{a}±0.04	50.21^{ab}±0.76	2.09^{cd}±0.21	26.50^{c}±0.51	6.70^{ab}±1.77
	A11	7.20^{b}±0.15	54.93^{a}±9.48	1.96^{d}±0.17	27.07^{bc}±1.22	4.77^{ab}±3.32
	Ort.	***7.68***	***52.49***	***2.14***	***25.37***	***5.43***
Kavrulmuş	O7	1.94^{a}±0.01	49.17^{ab}±7.26	2.58^{a}±0.06	26.12^{c}±0.02	7.09^{a}±0.54
	O11	2.13^{a}±0.41	54.41^{a}±0.78	2.48^{a}±0.07	28.02^{b}±0.37	5.99^{ab}±1.09
	A7	1.94^{a}±0.34	46.00^{b}±0.14	2.46^{a}±0.01	27.90^{b}±1.82	7.43^{a}±0.55
	A11	2.01^{a}±0.06	54.16^{a}±0.51	2.17^{bc}±0.00	35.25^{a}±0.65	6.06^{ab}±0.32
	Ort.	***2.01***	***50.94***	***2.42***	***29.32***	***6.64***
Yöre (Y)		öd	öd	***	***	öd
Boyut (B)		***	*	***	***	**
Proses (P)		***	öd	***	***	öd
YxB		öd	öd	*	***	öd
YxP		öd	öd	öd	**	öd
BxP		***	öd	öd	öd	öd
YxBxP		öd	öd	öd	***	öd

[a-d]Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).
(O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık
Bileşim değerleri kuru madde üzerinden verilmiştir.
Yöre, boyut, proses etkisinin ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil; (*) $p<0.05$; (**) $p< 0.01$; (***) $p< 0.001$

4.1.2. Yer Fıstıklarının Renk Özellikleri

Kavurma sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonu sırasında indirgen şekerlerle reaksiyona giren amino asitlerden oluşan melanoidin pigmentleri kavrulmuş yer fıstığına belirgin bir renk verir. Kavrulmuş yer fıstığında kavurma rengi, aroma gelişimi ile olan ilişkisi nedeniyle birincil kontrol parametresi olarak kullanılır (Smith ve Barringer, 2014). Kavrulmuş yer fıstığında (iç kabuğu soyulmuş) ve ezmesinde, ideal aromanın oluştuğu yüzey L* değeri sırasıyla 54.5-56.5 ve 58-60 olarak bildirilmiştir (McDaniel ve ark., 2012; Pattee ve ark., 1991).

Bu çalışmada kavrulmuş fıstıkların ve ezme örneklerinin L* değerleri önceki çalışmalarda belirtildiği gibi ideal renk aralığı içerisinde değişim göstermiştir. Yer fıstığı öğütüldüğünde iç rengin daha açık olmasından dolayı ezme örneklerinde genel renk açılma eğilimi göstermiştir. Kavrulmuş fıstık ve ezme örneklerinde L* renk değerleri yakın aralıklarda değişim göstermiş ancak prosesin etkisi önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerine ait renk değerleri

Proses	Örnek	L*	a*	b*
Kavrulmuş	O7	$55.45^{bc}\pm2.20$	$8.33^{ab}\pm1.23$	$30.42^{ab}\pm1.64$
	O11	$54.40^{c}\pm3.99$	$8.89^{a}\pm2.72$	$31.42^{a}\pm3.60$
	A7	$54.72^{c}\pm2.64$	$8.26^{ab}\pm1.64$	$29.19^{b}\pm2.46$
	A11	$56.70^{abc}\pm6.48$	$7.06^{b}\pm2.45$	$29.55^{ab}\pm3.50$
	Ort.	***55.31***	***8.14***	***30.15***
Ezme	O7	$58.58^{a}\pm0.90$	$2.00^{d}\pm0.08$	$18.41^{d}\pm0.59$
	O11	$59.33^{a}\pm1.08$	$1.81^{d}\pm0.07$	$19.34^{d}\pm0.73$
	A7	$58.15^{ab}\pm0.69$	$4.16^{c}\pm0.28$	$22.18^{c}\pm1.01$
	A11	$59.42^{a}\pm1.07$	$2.09^{d}\pm0.16$	$19.46^{d}\pm0.63$
	Ort.	***58.87***	***2.52***	***19.85***
Yöre (Y)		öd	öd	öd
Boyut (B)		öd	*	öd
Proses (P)		***	***	***
YxP		öd	**	***
YxB		öd	*	*
BxP		öd	öd	öd
YxBxP		öd	öd	öd

$^{a-d}$Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).
(O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık
Yöre, boyut, proses etkisinin ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil; (*) $p<0.05$; (**) $p< 0.01$; (***) $p< 0.001$

4.1.3. Yer Fıstıklarının Şeker Bileşimi

Örneklerin şeker içerikleri Çizelge 4.3'te kuru ağırlık cinsinden verilmiştir. Toplamda üç adet şeker belirlenmiş ve sakkaroz baskın şeker olmuştur. Stakiyoz ve rafinoz diğer şekerlerdir. Önceki çalışmalarda bu üç şekere ilave olarak çok daha

düşük konsantrasyonlarda belirlenen şekerler *myo*-inositol, glikoz ve früktozdur. Bu çalışmada belirlenememesinin nedeni bu şekerlerin düşük konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle olabilir (McDaniel ve ark., 2012; Shi ve ark., 2018). Basha (1992) ve McDaniel ve ark (2012)'na göre bu durum için yapılabilecek diğer açıklama ise sakkaroz, stakiyoz ve rafinozun yer fıstığında bulunan başlıca şekerler olduğu, diğer çalışmalarda tespit edilen glikoz ve früktoz şekerlerinin özellikle numune hazırlama veya ısıl işlem sırasında ana şekerlerin hidrolizinden kaynaklanmasıdır. Ancak glikoz ve früktoz bu çalışmada kavrulmuş numunelerde de tespit edilebilir miktarda olmamıştır. Glikoz ve fruktoz, ısı etkisiyle büyük şekerlerin hidrolizi ile ortamda mevcut olsa bile, bu şekerlerin kavurma sırasında meydana gelen reaksiyonlarda tüketilmiş olması muhtemeldir (Newell ve ark., 1967).

Çiğ ve kavrulmuş örnekler arasında tüm şeker içeriklerinde olduğu gibi Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen yer fıstıkları arasında da önemli farklılıklar gözlenmiştir. Çiğ örneklerde Osmaniye yöresinden elde edilen yer fıstıkları, Adana fıstıklarına göre üç şeker içeriğinde de daha yüksek konsantrasyona sahip olmuştur.

Çiğ ve yer fıstıklarının sakkaroz içerikleri 20.85-45.33 g/kg kuru ağırlık aralığında değişim göstermiştir. Grimm ve ark (1996), farklı çeşitlerden elde edilen yağsız yer fıstığı ununda baskın şeker bileşeninin olarak sakkaroz olduğunu bildirmiş ve sakkaroz toplam şekerlerin %93-96'sını oluşturmuştur. Sakkaroz içeriği yerel çeşitlerde 45.86-57.16 mg/g aralığında iken, Florunner çeşidinde 39.02 mg/g, NC-7 çeşidinde 40.39 mg/g olarak belirlenmiştir. Farklı genotipler kullanılarak yapılan bir çalışmada yer fıstığı bitkisinin sakkaroz içeriğinin bilinmesinin, kavurma sonucu ortaya çıkan tipik kavrulmuş yer fıstığı aroması ve tatlılığın tahmininde belirleyici olduğu ve ham yer fıstığının toplam şeker miktarında %0.3 gibi düşük bir değişikliğin bile nihai aromada farklılık yarattığı bildirilmektedir (Pattee ve ark., 1998; Davis ve Dean, 2016). Prosesin etkisi rafinoz ve sakkaroz içerikleri üzerinde önemli bulunmuştur. Yöre ve boyutun, üç şekerin

konsantrasyonu üzerine etkisi önemli bulunurken, yöre x boyut interaksiyonunun şeker içeriklerini etkilemediği bulunmuştur. Yöre x boyut x proses interaksiyonunun etkisi her üç şeker içinde önemli bulunmuştur.

Pattee ve ark (1981, 1982b)'nında bildirdiği gibi küçük taneler her iki bölgede de tanımlanan şekerleri büyük tanelere kıyasla daha yüksek miktarda içermektedir. Kavurma sonrası küçük ve büyük fıstıkların sakkaroz ve stakiyoz değişimleri Osmaniye ve Adana bölgeleri için farklı olmuştur. Osmaniye yöresinde kavurma sonrası her iki boyutta sakkaroz ve stakiyoz içerikleri azalırken, Adana bölgesinde hafif bir artış elde edilmiştir. Örneklerde gözlenen sakkaroz içeriğindeki bu artış büyük şekerlerin (stakiyoz ve rafinoz gibi) ısı etkisi ile parçalanması sonucu olabilir (Basha, 1992; McDaniel ve ark., 2012).

Kavurma işlemi sırasında sakkarozun daha küçük birimlerine ayrışması nedeniyle kavurma sonrasında miktarının düşmesi beklenen bir durumdur (Newell ve ark., 1967). Bazı çalışmalarda, yer fıstığında sakkaroz içeriğinin kavurma sırasında önemli bir değişikliğe uğramadığı bildirilirken (McDaniel ve ark., 2012; Klevorn ve ark., 2018; Shi ve ark., 2018), diğer bir çalışmada kavurmadan sonra örneklerdeki sakkaroz içeriğinde önemli bir düşüş elde edildiği rapor edilmiştir (Guo ve ark., 2020). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile uyumlu olarak Oupadissakoon ve Young (1980), bazı kavrulmuş fıstıklarda sakkaroz içeriğinin çiğ yer fıstığına göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

McDaniel ve ark (2012), çiğ yer fıstığı örneklerinin rafinoz içeriklerinin genellikle kavurmadan sonra önemli ölçüde azaldığını rapor ederken, başka bir çalışmada rafinoz içeriğinde kavurma ile önemli bir değişiklik gözlenmemiştir (Shi ve ark., 2018). Farklı çalışmalarda kavurma ile birlikte şeker içeriklerinde meydana gelen değişimlerin birbiri ile uyuşmadığı görülmektedir. Bu tutarsızlıklar, çalışmalarda kullanılan yer fıstıklarının pazar tiplerinin farklı olması, farklı boyuttaki fıstıkların bir arada kullanılması ve kullanılan analiz protokollerinin çeşitli olması nedeniyle ortaya çıkmış olabilir.

Çizelge 4.3. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının şeker bileşimi

Proses	Örnek	g/kg kuru ağırlık		
		stakiyoz	**rafinoz**	**sakkaroz**
Çiğ	O7	1.81^{a}±0.34	1.05^{a}±0.07	45.33^{a}±2.89
	O11	1.12^{c}±0.17	0.51^{bc}±0.17	29.05^{d}±3.26
	A7	1.10^{c}±0.02	0.51^{bc}±0.01	32.15^{c}±0.56
	A11	0.71^{d}±0.03	0.35^{d}±0.01	20.85^{f}±0.75
	Ort.	***1.19***	***0.61***	***31.85***
Kavrulmuş	O7	1.49^{b}±0.18	0.44^{cd}±0.14	31.05^{cd}±0.65
	O11	1.11^{c}±0.15	0.33^{d}±0.05	24.59^{e}±1.92
	A7	1.60^{ab}±0.12	0.61^{b}±0.10	38.50^{b}±1.88
	A11	0.97^{c}±0.09	0.32^{d}±0.06	25.73^{e}±0.64
	Ort.	***1.29***	***0.43***	***29.97***
Yöre (Y)		***	***	***
Boyut (B)		***	***	***
Proses (P)		öd	***	**
YxP		***	***	***
YxB		öd	öd	öd
BxP		öd	*	**
YxBxP		*	***	***

$^{a-e}$Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).
(O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık
Yöre, boyut, proses etkisinin ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil;
(*) $p<0.05$; (**) $p<0.01$; (***) $p<0.001$

4.1.4. Yer Fıstıklarının Amino Asit Bileşimi

Yer fıstklarında 9 tanesi elzem olmak üzere toplam 17 adet amino asit belirlenmiştir. Örnekler arasında amino asit değişiminin daha net görülebilmesi için bu bölümde veriler grafik halinde verilmiştir (Şekil 4.1). Yöre, boyut ve proses gibi ana etkiler ve bunların interaksiyonlarının amino asit miktarları üzerindeki etkileri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıkları amino asit içerikleri bakımından aynı eğilimi göstermiştir. Guo ve ark (2020), ile uyumlu olarak glutamin, asparajin ve arjinin başlıca amino asitlerdir. Glutamin ve asparajin, önceki raporlardan elde

edilen verilerle uyumlu olarak toplam amino asitlerin %28.93 ila 40'ını oluşturmuştur (Andersen ve ark., 1998; Venkatachalam ve Sathe, 2006; Guang ve ark., 2012). Diğer başlıca amino asit olan arjininin ayrıca kalp-damar sağlığını koruyucu etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Huynh ve Chin-Dusting, 2006). Daha önce yer fıstığı tohumu (Basha, 1991; Guo ve ark., 2020) ve yağsız yer fıstığı ununda (Wattanapat ve ark., 1994) yapılan çalışmalarda da bildirildiği gibi lisin, sistein, metiyonin, treonin, izolösin ve histidin içerikleri daha düşük miktarlardadır.

Küçük ve büyük taneler arasında amino asit içerikleri bakımından her iki yörede de istatistiksel açıdan önemli farklar vardır ve boyutun etkisi tüm amino asitler için önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4). Küçük taneler, büyük tanelere kıyasla miktarca daha fazla amino asit içermiştir. Basha ve ark (1976) ve Neta (2010), fıstık tohumunun olgunluğu/boyutu arttıkça serbest amino asit seviyesinin de buna bağlı olarak azaldığını belirtmişlerdir. Her iki bölgede de tohum boyutu arttıkça arjinin seviyesinde ani bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum daha önce Mason ve ark (1969) tarafından da bildirilmiş ve tohum olgunlaştıkça diğer amino asitlere kıyasla arjinin seviyesinde belirgin bir azalmanın olduğunu bildirilmiştir.

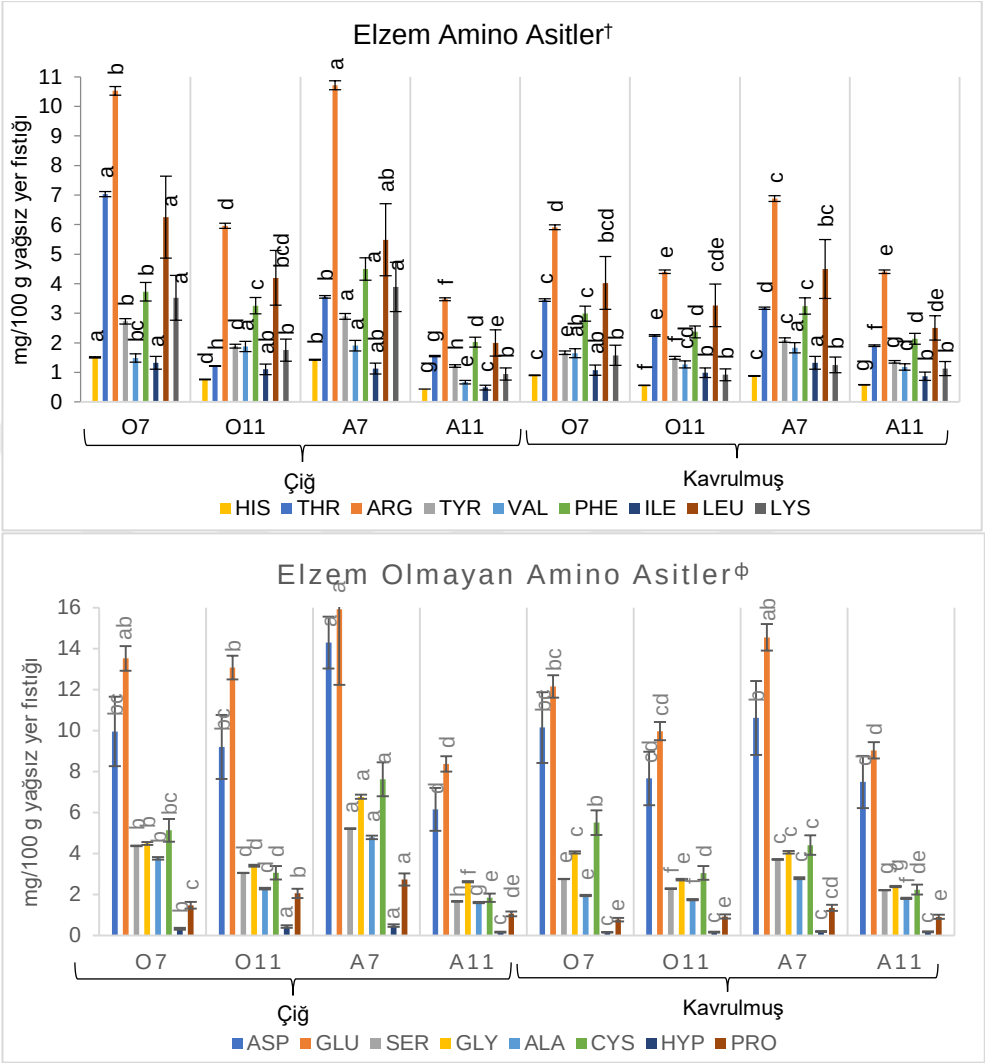
Asparajin, valin ve izolösin dışındaki tüm amino asitlerin miktarı üzerine kavurmanın etkisi önemli bulunmuş ve amino asitler genellikle kavurma ile azalma eğilimi göstermiştir. Örneklerin kavurma ile amino asit içeriklerinde meydana gelen azalma, Strecker amino asit bozunmasına ve ısıl işlem sırasında kimyasal reaksiyonlara katılan amino asitlerin Maillard reaksiyonu ile tüketilmesine bağlı olabilir (Buňka ve ark., 2004). Her iki reaksiyonda da kavrulmuş kuru yemişlerin aroma ve renginden sorumlu çeşitli bileşikler ortaya çıkar (Perren ve Escher, 2013).

Asparajin, glutamin, fenilalanin ve histidin, kavurma ile oluşan reaksiyonlar sırasında rol alan ve tipik kavrulmuş yer fıstığı öncülleri olarak tanımlanan amino asitlerdir. Bu amino asitlerin miktarı "tipik" kavrulmuş aroma ile ilişkilendirilmiştir (Mason ve ark., 1969; Newell ve ark., 1967). Ancak Grimm ve ark (1996), farklı çeşitlerde ki yer fıstıklarında yaptığı çalışmalarında fenilalanin ve

glutamini diğerlerine göre daha fazla içeren yer fıstığının kavrulmuş aroma bakımından öne çıkmadığını bildirmiştir.

Kavurmadan sonra amino asit içeriklerindeki düşüş küçük tanelerde daha fazla olmuştur ve lisin miktarca en çok azalan amino asit olmuştur. Alipour ve Shabanpoor (2010), lisinin sahip olduğu iki reaktif grup nedeniyle Maillard reaksiyonlarında tepkimeye daha açık bir amino asit olduğunu vurgulamıştır. Bu durum yer fıstığında ve fındıkta yapılan diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Khalil ve Chughtai, 1983; Guo ve ark., 2020; Özdemir ve ark., 2001). Ayrıca, Khalil ve Chughtai (1983) analiz ettiği tüm çeşitlerde asparajin, serin, glutamin, prolin ve fenilalanin içeriklerinin kavurma ile arttığını bildirmiştir.

Kavurmadan sonra amino asit içeriklerindeki değişiklikler, tohum boyutuna ve bölgeye bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Serin, histidin, glisin, treonin, arjinin, alanin, valin, izolösin, lösin ve prolin amino asitlerinin miktarı üzerine bölgenin etkisi önemli bulunmuştur. Young (1980) ve Oupadissakoon ve ark (2000), farklı bölgelerde yetişen yer fıstıklarının amino asit içeriklerinde önemli farklılıklar olduğunu bildirmiştir. Çiğ yer fıstığında, Adana yöresinden elde edilen küçük tohumlar fark edilir şekilde yüksek asparajin, glutamin ve glisin amino asit değerleri gösterirken, Osmaniye'den elde edilen küçük tohumların treonin içeriği daha yüksektir. Adana yöresinden elde edilen büyük tanelerin amino asit içerikleri kavurma ile daha tutarsız şekilde değişmiştir ve kavurmanın bazı amino asitler için de artışa neden olduğu görülmüştür. Bu durum, ısıl işlem sırasında bir miktar amin veya amid nitrojen kaybının amino asit içeriğinde bir artışa neden olmasından kaynaklı olabilir (Ayatse ve ark., 1983).



Şekil 4.1. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının amino asit bileşimi

[a-g] Amino asitlerde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

(O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık

†Elzem amino asitler: (HIS) Histidin; (THR) Treonin; (ARG) Arjinin; (TYR) Tirozin; (VAL) Valin; (PHE) Fenilalanin; (ILE) Izolösin; (LEU) Lösin; (LYS) Lisin. ΦElzem olmayan amino asitler: (ASP) Asparajin; (GLU) Glutamin; (SER) Serin; (GLY) Glisin; (ALA) Alanin; (CYS) Sistein; (HYP) Hidroksiproline; (PRO) Prolin

Çizelge 4.4. Yöre, boyut, proses ve bunların interaksiyonlarının amino asitler üzerine etkisi

	Yöre (Y)	**Boyut (B)**	**Proses (P)**	**YxB**	**YxP**	**BxP**	**YxBxP**
Elzem amino asitler							
Histidin	***	***	***	***	***	***	***
Treonin	***	***	***	***	***	***	***
Arjinin	***	***	***	***	***	***	***
Tirozin	öd	***	***	***	***	***	*
Valin	**	***	öd	***	**	öd	***
Fenilalanin	öd	***	***	***	öd	**	**
İzolösin	*	***	öd	**	**	öd	öd
Lösin	*	***	*	öd	öd	öd	öd
Lisin	öd	***	***	öd	öd	***	*
Elzem olmayan aminoasitler							
Asparajin	öd	*	öd	**	öd	öd	*
Glutamin	öd	***	***	***	öd	öd	öd
Serin	***	***	***	***	***	***	***
Glisin	***	***	***	***	***	***	***
Alanin	***	***	***	***	***	***	***
Sistein	öd	***	**	**	**	**	***
Hidroksiprolin	öd	**	***	***	*	**	***
Prolin	**	***	***	***	öd	*	***

Yöre, boyut, proses etkisinin ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil;
(*) $p<0.05$; (**) $p<0.01$; (***) $p<0.001$

4.1.5. Yer Fıstıklarının Serbest Yağ Asitliği ve Peroksit Sayısı

Çiğ ve kavrulmuş örneklerde serbest yağ asitliği değeri ve peroksit değeri sırasıyla 1.78-5.02 meq O_2/kg yağ ve %1.07-2.01 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.5). Örneklerin serbest yağ asitliği değerlerinin değişimi tüm örneklerde istatistiksel açıdan önemsizdir. Ancak peroksit değeri örnekler arasında önemli farklılıklar göstermiş ve genellikle kavrulmuş örneklerde daha yüksek çıkmıştır. Braddock ve ark (1995), ise yer fıstığında aroma bakımından kayıp yaşanmadığı ideal peroksit kalite seviyesini 8-10 meq O_2/kg olarak bildirmiştir. Shi ve ark (2017), ise 30-40 meq O_2/kg peroksit değerine kadar kavrulmuş yer fıstığı aromasının stabilitesini koruduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen peroksit değerleri önceki araştırmacıların belirlediği aralıktan oldukça düşüktür. Kavrulmuş

örneklerde peroksit değerinin artması, kavurma sırasında uygulanan sıcaklığa bağlı olarak bir miktar oksidasyon gelişmesi sebebiyle olabilir.

Çizelge 4.5. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının peroksit değeri ve serbest yağ asitliği değerleri

Proses	Örnek	Peroksit Değeri (meq O_2/kg yağ)	Serbest Asitlik (%)
Çiğ	O7	2.85^{bc}±0.03	1.27^{a}±0.26
	O11	2.25^{cd}±0.50	1.66^{a}±0.10
	A7	2.17^{cd}±0.48	1.65^{a}±0.02
	A11	2.54^{cd}±0.29	1.40^{a}±0.16
	Ort.	***2.45***	***1.50***
Kavrulmuş	O7	1.78^{d}±0.23	2.01^{a}±115
	O11	3.50^{bc}±0.11	1.25^{a}±0.12
	A7	3.06^{bc}±0.38	1.50^{a}±0.36
	A11	5.02^{a}±1.73	1.07^{a}±0.03
	Ort.	***3.34***	***1.46***
Yöre (Y)		**	öd
Boyut (B)		***	öd
Proses (P)		***	öd
YxB		öd	öd
YxP		***	öd
BxP		*	öd
YxBxP		öd	öd

[a-d]Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).
(O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık
Yöre, boyut, proses etkisinin ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil;
(*)$p<0.05$; (**) $p<0.01$; (***) $p<0.001$

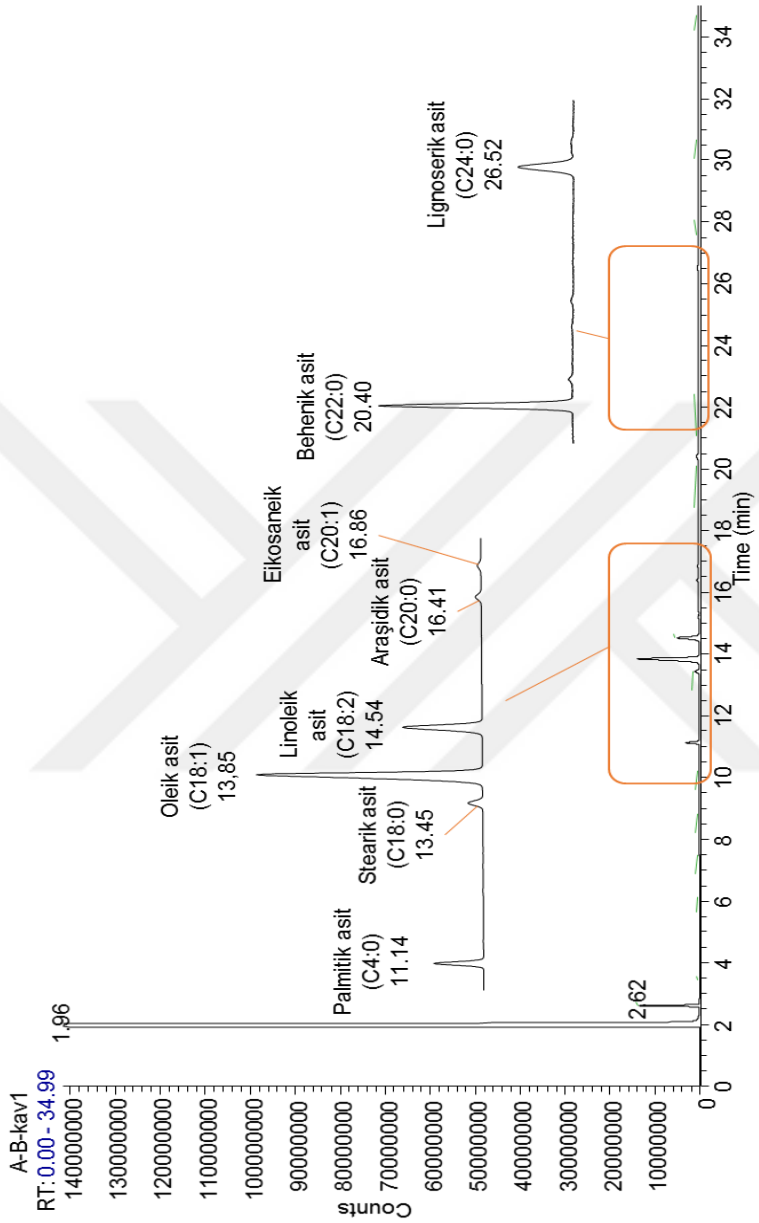
4.1.6. Yer Fıstıklarının Yağ Asitleri Bileşimi

Bir yer fıstığı örneğine ait kromatogram Şekil 4.2'deki gibidir. Analizi yapılan çiğ ve kavrulmuş yer fıstığı yağı örneklerinde belirlenen yağ asidi dağılımı Çizelge 4.6'da verilmiş ve yağ asitleri miktarı çoktan aza göre oleik, linoleik,

palmitik, stearik, behenik, araşidik, eikosenoik ve lignoserik asit şeklinde olmuştur. Çiğ örneklerin stearik, araşidik, eikosenoik ve lignoserik içerikleri arasında hem bölge içinde hem tane boyutu bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark çıkmamıştır. Örneklerin palmitik, oleik, linoleik ve behenik asit değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur. Örneklerin oleik asit içeriklerine bakıldığında büyük taneler, küçük tanelere göre her iki bölgede de daha yüksek değerler göstermiştir. Oleik asit içerikleri arasındaki fark çiğ tanelerde Adana bölgesinde önemsiz iken kavrulmuş tanelerde her iki bölgede de önemlidir.

Yer fıstığında tane boyutunun olgunluk ile ilgili olduğu daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Davis ve Dean, 2016). Küçük taneler henüz olgunlaşmamış tanelerden oluşmaktadır. Mozingo ve ark (1988)'nın da bildirdiği gibi büyük tanelerin oleik asit içerikleri daha yüksek olurken linoleik asit içerikleri daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebinin, oleik asit'i linoleik aside dönüştüren desatüraz enziminin aktivitesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Davis ve Dean, 2016). Oleik asit/Linoleik asit (O/L) oranı yer fıstığından üretilecek ürünlerin raf ömrünün bir göstergesi olması açısından önemlidir. Bu iki yağ asidinin yer fıstığındaki miktarına ve yüksek oranda ve ters yöndeki ilişkilerine bakıldığında, O/L oranı, yer fıstığı endüstrisinde yaygın olarak rapor edilir. Yüksek oleik asit içeren çeşitlerin O/L oranı 9'dan yüksektir (Davis ve ark., 2013; Knauft ve ark., 2000). Yüksek oleik asit içeren çeşitler, doymamışlıklarının normal çeşitlere kıyasla daha düşük olması nedeniyle yer fıstığı ürünlerine daha uzun bir raf ömrü sağlar (Davis ve Dean, 2016). Çalışmada çiğ örneklerin O/L oranı 2.69-3.20 aralığında, kavrulmuş örneklerin ise 2.97-3.24 aralığında değişim göstermiştir. Osmaniye bölgesinden elde edilen fıstıklarda O/L oranı Adana'dan yüksek, aynı şekilde büyük tanelerin O/L oranı küçük tanelere göre istatistiksel olarak daha yüksek çıkmıştır. Örneklerin yağ asidi bileşimi üzerine, boyut, yöre, proses ve bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının etkisi farklı şekillerde olmuştur. Örneklerin oleik ve linoleik asit içerikleri ile O/L oranı üzerine boyut, yöre ve prosesin etkisi önemli bulunmuştur. Örneklerin O/L oranı ve oleik asit ile linoleik

asit içerikleri arasındaki bu farklılıklar ürünlerin yetiştiği bölgeden ve tanelerin olgunluğu ile ilgili olabilir (Mozingo ve ark., 1998). Virginia çeşidi fıstıklarda, baskın yağ asitleri olan palmitik, oleik ve linoleik asit içeriklerinin toplamını gösteren POL toplam yağ asitlerinin %80'ninden fazlasını oluşturmaktadır (Davis ve Dean, 2016). Çalışmada elde edilen POL toplamı örneklerde %88'in üzerindedir.



Şekil 4.2. Yer fıstığı örneğine ait yağ asidi kromatogramı

Çizelge 4.6. Çiğ ve Kavrulmuş yer fıstıklarından elde edilen yağların yağ asitleri dağılımı (%)

Proses	Örnek[b]	Palmitik asit	Stearik asit	Oleik asit	Linoleik asit	Araşidik asit	Eikosenoik asit	Behenik asit	Lignoserik asit	P+O+L[c]	O/L[d]
Çiğ	O7	$9.31^{a}\pm0.10$	$3.77^{a}\pm0.05$	$57.99^{b}\pm0.34$	$21.59^{a}\pm0.13$	$1.67^{a}\pm0.09$	$1.26^{a}\pm0.17$	$3.09^{a}\pm0.27$	$1.31^{a}\pm0.11$	$88.89^{a}\pm0.30$	$2.69^{c}\pm0.02$
	O11	$9.16^{a}\pm0.04$	$3.59^{a}\pm0.09$	$61.56^{a}\pm0.35$	$19.23^{c}\pm0.36$	$1.70^{a}\pm0.16$	$1.68^{a}\pm1.08$	$2.03^{a}\pm0.51$	$1.06^{a}\pm0.05$	$89.95^{a}\pm0.68$	$3.20^{a}\pm0.05$
	A7	$10.12^{a}\pm0.40$	$3.99^{a}\pm0.24$	$58.11^{b}\pm0.51$	$21.34^{a}\pm0.27$	$1.39^{a}\pm0.13$	$1.05^{a}\pm0.07$	$2.50^{b}\pm0.13$	$1.51^{a}\pm0.35$	$89.57^{a}\pm0.46$	$2.72^{c}\pm0.01$
	A11	$10.01^{a}\pm0.76$	$4.28^{a}\pm0.64$	$58.37^{b}\pm0.84$	$20.07^{b}\pm0.54$	$2.01^{a}\pm0.67$	$1.99^{a}\pm0.93$	$2.37^{ab}\pm0.73$	$0.89^{a}\pm0.78$	$88.45^{a}\pm2.03$	$2.91^{b}\pm0.04$
		Ort.	***9.65***	***3.90***	***59.00***	***20.56***	***1.69***	***1.49***	***2.50***	***1.20***	***89.22***	***2.88***
Kavrulmuş	O7	$9.34^{a}\pm0.24$	$3.87^{a}\pm0.12$	$59.75^{b}\pm0.21$	$20.10^{b}\pm0.08$	$1.66^{b}\pm0.05$	$1.22^{a}\pm0.11$	$2.81^{b}\pm0.03$	$1.26^{a}\pm0.02$	$89.18^{a}\pm0.15$	$2.97^{c}\pm0.02$
	O11	$9.15^{a}\pm0.09$	$3.92^{a}\pm0.15$	$61.93^{a}\pm0.03$	$19.13^{c}\pm0.21$	$1.55^{c}\pm0.00$	$0.98^{b}\pm0.00$	$2.29^{d}\pm0.03$	$1.05^{c}\pm0.02$	$90.22^{a}\pm0.16$	$3.24^{a}\pm0.04$
	A7	$9.25^{a}\pm0.14$	$3.86^{a}\pm0.03$	$60.14^{a}\pm0.05$	$19.77^{b}\pm0.11$	$1.65^{b}\pm0.01$	$1.15^{a}\pm0.06$	$2.89^{a}\pm0.02$	$1.28^{a}\pm0.02$	$89.16^{a}\pm0.09$	$3.04^{b}\pm0.01$
	A11	$8.85^{b}\pm0.00$	$3.73^{a}\pm0.00$	$60.61^{b}\pm0.00$	$20.28^{a}\pm0.00$	$1.72^{a}\pm0.00$	$1.18^{a}\pm0.00$	$2.51^{c}\pm0.00$	$1.12^{b}\pm0.00$	$89.73^{b}\pm0.00$	$2.99^{c}\pm0.00$
		Ort.	***9.15***	***3.84***	***60.61***	***19.82***	***1.65***	***1.13***	***2.63***	***1.18***	***89.57***	***3.06***
Yöre (Y)		*	öd	***	**	öd	öd	öd	öd	öd	öd	***
Boyut (B)		öd	öd	***	***	öd	öd	öd	**	*	öd	***
Proses (P)		**	öd	***	***	öd	öd	öd	öd	öd	öd	***
YxB		öd	öd	***	***	öd	öd	öd	öd	öd	öd	***
YxP		**	*	**	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd
BxP		öd	öd	öd	***	öd	öd	öd	öd	öd	öd	***
YxBxP		öd	öd	*	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd

[a-d] Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (Duncan) ($p<0,05$).
[b](O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık
[c]P+O+L: Palmitik asit + Oleik asit + Linoleik asit
[d]O/L: Oleik asit/Linoleik asit oranı Yöre, boyut, proses etkisinin ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil; (*) $p<0.05$; (**) $p<0.01$; (***); $p<0.001$

4.2. Yörenin, Tane Boyutunun ve Tekstürün Yer Fıstıklarının *In Vivo* Yöntemle Elde Edilen Aroma Maddeleri Üzerine Etkisi

4.2.1. *In Vivo* Aroma Salınımı Yöntemi Optimizasyon Sonuçları

In vivo aroma salınımı analizleri burun ve ağız yoluyla olmak üzere iki farklı yöntem ve iki farklı tuzak polimeri (Tenax ve Lichrolut) kullanılarak yapılmıştır. Burun yoluyla yapılan analizlerde panelistler, tadım protokolü boyunca burunlarından nefes alıp burunlarından nefes vermişlerdir. Bu yöntemde kişilerin burun boşluğunda bulunan aroma bileşiklerinin ekstraksiyonu yapılmıştır. Ağız yoluyla yapılan analizlerde ise panelistler tadım protokolü boyunca burunlarından nefes alıp ağızlarından nefes vermiştir. Bu yöntemde ise kişilerin çiğneme ve tükürük etkisi ile ağız boşluğuna yayılan aroma bileşiklerinin ekstraksiyonu yapılmıştır. Kullanılan polimerleri aroma bileşikleri yönünden zenginleştirmek için aynı polimer üzerine farklı sayılarda ekstraksiyon yapılmıştır (3, 6, 9 ve 12 kez). Bu sayede aroma bileşiklerinin tanımlanmasında yaşanacak muhtemel hassasiyet sorunlarının giderilmesi amaçlanmıştır.

Burun yoluyla yapılan aroma salınımı analizlerinde her iki adsorban maddeden elde edilen aromatik ekstraktta aroma bileşiği saptanamamıştır. Bu durum gıdanın yaklaşık bir dakika kadar kısa bir sürede tüketilmesi ve buruna ulaşan aroma bileşiklerinin konsantrasyonunun düşük olmasından kaynaklı olabilir (Linfort ve ark., 2002). Benzer yöntemi kullanan önceki çalışmalara bakıldığında Bonneau ve ark (2018), dört farklı şekilde işlenmiş mango örneklerini bir tadım protokolü eşliğinde panelistlere sunmuş ve panelistlerin burunlarından Tenax dolgulu tüplere örnekleme yaparak, tüpleri termal yol ile desorbe etmiştir. Araştırmacılar Tenax üzerine tek ekstraksiyon yapıldığını ve yöntemin duyarlı bir şekilde çalıştığını bildirmiştir. Bu çalışmada burun yolu ile yapılan analizde ekstraksiyon sayısının arttırılmasına rağmen beklenilen aroma bileşiklerinin tanımlanamamasının bir nedeni olarak desorpsiyonun çözücü ile yapılması olduğu düşünülmüştür. Benzer şekilde Gonzalez ve ark (2014a), yapay aroma bileşikleri ile oluşturduğu model şarap örneğinde burun yolu ile aroma salınımını

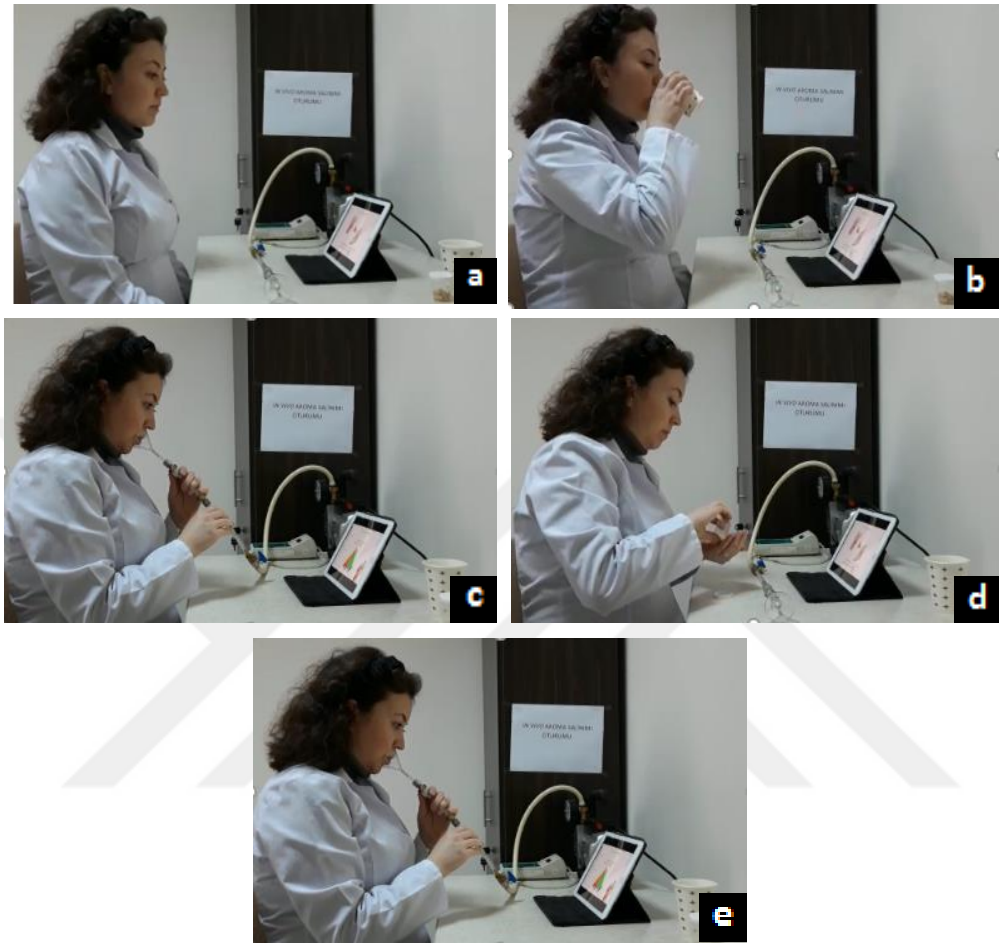
belirlemiştir. Tenax dolgulu kartuşlar çözücü ile desorbe edilmiştir. Araştırmacılar yöntemin, *in vivo* veriler elde etmede güvenilir bir araç olduğunu ifade etmiştir. Ancak araştırıcılar model şarap üzerinde çalışmıştır. Hazırlanan model içeceğin gerçek şarabı temsil etmesi için içerisine 6 adet yapay aroma bileşiği içeren karışım mg/L düzeyinde ilave edilmiştir. Model şarabın içerdiği aroma bileşiklerinin konsantrasyonunun aroma salınımını arttırarak araştırmacıların kullandığı yöntemin muhtemel duyarlılık problemlerini giderdiği düşünülmüştür. Nefes analizlerini kullanarak aroma salınımı literatürüne ilk katkıları yapan Linfort ve Taylor (1993) burun ve ağız boşluğundan aldığı nefes ile Tenax dolgulu kartuşlar üzerine ekstraksiyon yapmıştır. Araştırmacılar duyarlılık problemlerinin üstesinden gelmek için oldukça aromatik bir ürün olan nane şekeri ile çalışmıştır.

Ağızdan verilen nefese dayalı analizlerde Tenax ve Lichrolut dolgulu kartuşlar kıyaslandığında Lichrolut polimerinin Tenax'a göre tutuculuğu düşük çıkmıştır. Tenax dolgulu kartuşta ağızdan yapılan analizlerde aynı kartuş üzerine ancak 6 ekstraksiyon yaptıktan sonra kromatogramda yer fıstığı ile ilgili bazı pikler görülmüştür. Piklerin alanı, tuzak üzerine yapılan ekstraksiyon sayısı arttıkça artmıştır. Kör tadımlarda kavrulmuş yer fıstığında önemli bir pirazin bileşiği olduğu bildirilen 2,5-dimetilpirazin bileşiğinin görülmemesi bu bileşiğin yer fıstığından geldiğini göstermektedir. Aynı tuzak üzerine çok sayıda ekstraksiyon yapılması ağız boşluğu yönteminde avantaj olmuştur. Optimizasyonda kullanılan ekstraksiyon sayısı en fazla 12 kez olmuştur. Bu sayının arttırılması panel süresinin uzamasına ve panelistlerin tadım yaptıkları yer fıstığı porsiyonunun artması anlamına gelmektedir. Bir tuzağa yapılan 12 ekstraksiyon, aroma bileşiklerinin tanımlanması bakımından yeterli hassasiyeti sağladığından yeterli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre ekstraksiyon yöntemi olarak *in vivo* ağız boşluğu yöntemi, adsorban madde (tuzak) olarak Tenax dolgu maddesi ve aynı tuzak üzerine 12 kez ekstraksiyon yapılması uygun bulunmuştur.

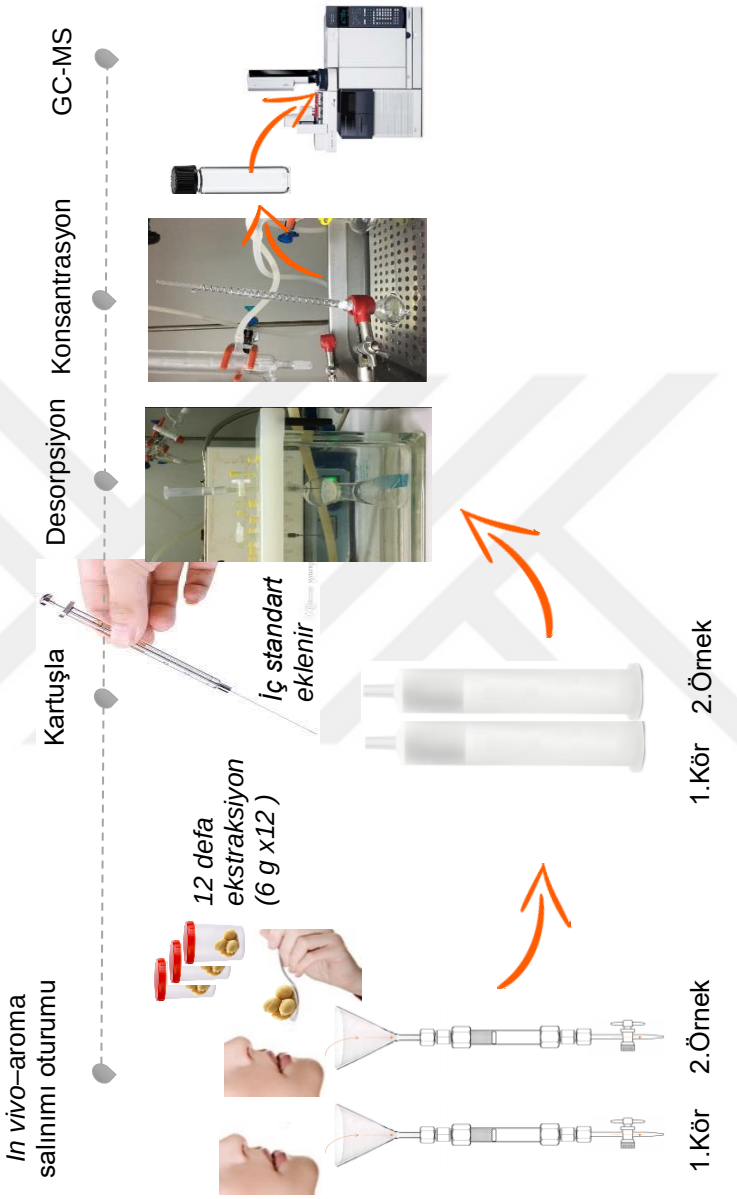
4.2.2. *In Vivo* Ağız Boşluğu Aroma Salınımı Yöntemine Ait Tadım Protokolü

Bir panelist her bir tadımda 6 g yer fıstığı ve 12 ekstraksiyon boyunca toplam 72 g yer fıstığı (12 x 6 g fıstık) tüketmiştir. Panelistlerde doygunluk ve bıkkınlık hissi yaratmayacak şekilde bu sayı ikiye bölünerek iki oturum şeklinde uygulanmıştır. Tadımdan önce fıstıklar numune kaplarına tartılarak hazırlanmıştır (6g x 12). Buna göre panelistlerin bir tadım boyunca takip ettiği adımlar şöyle olmuştur (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4);

i) Panelist birinci tadım oturumuna geçmeden önce daha önce anlatıldığı gibi kör analizini gerçekleştirir. Kör analizlerde ekstraksiyon sayısı, ürün tadımı ile aynı olacak şekildedir.
ii) Kör analizinden sonra panelist ürün tadımına başlar ve daha önce anlatılan "Tadım Protokolü" eşliğinde peş peşe sunulan 6 örneğin ekstraksiyonunu tamamlar. Bir örnek (6 g) tek seferde ağıza alınır ve animasyon yardımıyla nefes alma verme ve çiğneme hareketlerini takip ederek analizi bitirir. Ara vermeden diğer örnekleride bu şekilde tüketir.
iii) Panelist birinci oturumdan sonra yarım saatlik bir mola verir. Bu mola süresince panelistlerin yeme içme kısıtlaması devam eder.
iv) Molanın ardından, 2. oturumda da panelist ilk oturum gibi önce kör analizini gerçekleştirir ve ardından kendine sunulan örnekleri "Tadım Protokolü" eşliğinde tüketir. Buna göre bir panelist bir örneğin tadımı boyunca 1 adet kör analizine ve 1 adet örneğin analizine ait olmak üzere iki adet kartuş kullanır.



Şekil 4.3. Örneklerin *in vivo* analizi; a) panelistin oturuma hazır olması, b) panelistin su ile ağzını temizlemesi, c) kör tadımın yapılması, d) örneğin ağıza alınması, e) örneğin tadım protokolü eşliğinde tüketilmesi



Şekil 4.4. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemi ile aroma ekstraktının eldesine ait şematik gösterim

4.2.3. *In Vivo* Ağız Boşluğu Aroma Salınımı Yöntemiyle Tanımlanan Bileşikler ve Miktarları

Bir gıdanın tüketimi sırasında gıda matriksinin yanı sıra gıdanın ağızda çiğnenme koşulları, tükürük akışı, tükürük bileşimi, nefes alma ve çiğneme sayısı ve süresinin aroma bileşiklerinin salınımını etkilediği bilinmektedir (Boland ve ark., 2006; Buettner ve Beauchamp, 2010; Frank ve ark., 2011; Muñoz-González ve ark., 2014a). Bu nedenle tadım boyunca panelistler arasındaki bireysel farklılıkları azaltmak için panelistlere tadım boyunca solunum ve çiğneme döngülerini izleyen görsel bir animasyon izletildi. Bu yaklaşımla yapılmış, ağızdan salınan aroma bileşiklerinin belirlendiği çalışmalar mevcuttur (Frank ve ark., 2011, 2012a). Panelistler arasındaki tükürük akışı ve bileşimdeki değişkenliği en aza indirmek için her tadımdan önce 2 saat boyunca yeme-içme kesilerek panelistlerin uyarılmamış bir ağız fizyolojisine sahip olması sağlanmıştır. Ayrıca, her tadımdan önce, *in vivo*-ağız boşluğu-aroma salımı için kullanılan aynı protokol altında panelistlerin herhangi bir ürün çiğnemeden boş nefesi de (kör) analiz edilmiştir. Kişilerin kör nefes örneklerinde sadece D-limonen bileşiği tanımlanmıştır. Bonneau ve ark (2018), yaptığı *in vivo* ölçümlerde kişilerin kör nefeslerinde *a*-pinene, *b*-pinene ve limonen gibi terpenlerin doğal olarak var olduğunu bildirmiştir. Yapılan *in vitro* SAFE analizinde ve önceki çalışmalarda yer fıstığında D-limonen bulunduğu görülmektedir. Bu çalışmada da *in vivo* analizler sırasında ağızda da salınma ihtimaline karşılık bu bileşen SIM modunda taranmıştır. Ancak kör ve örnek kromatogramları karşılaştırıldığında iyonun şiddeti aynıdır. Bu nedenle, bu bileşenin sadece kişilerin nefesinde doğal olarak bulunduğu, yer fıstığının ağızda çiğnenmesi sırasında ortaya çıkmadığı düşünülmektedir.

Tanımlanan aroma bileşikleri Çizelge 4.8'de *in vivo* analizlerde elde edilen kromatogram ise Şekil 4.5'te gösterilmektedir. Yer fıstığı örneklerinin ağızda salınan aroma bileşikleri üzerine yöre, boyut, tekstür ve bunların interaksiyonlarının etkisi Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Yer fıstığı örneklerinde SIM metodu ile yapılan tanımlamada *in vivo* ölçümlerde toplamda 10 aroma bileşiği tespit edilmiştir. Bu bileşikler arasında 1 pirol, 8 adet pirazin ve 1 adet aromatik aldehit bulunmaktadır. Bu bileşiklerin hepsi önceki çalışmalarda *in vitro* (SAFE ve SPME) analizlerle belirlenmiş ve kavrulmuş yer fıstığında en fazla bulunan bileşikler arasında olduğu bildirilmiştir (Schirack ve ark., 2006; Chetschik ve ark., 2010; Kaneko ve ark., 2013). Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerinde sırasıyla toplam 1037.86 ve 977.27 ng/kg aroma bileşiği saptanmıştır. Kavrulmuş örneklerden elde edilen toplam aroma bileşikleri miktarı ezme örneklerine kıyasla daha fazla olmuştur ancak bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. 2,5-dimetilpirazin tüm örneklerde en fazla bulunan bileşik olmuştur. Bu bileşiği N-metilpirol, 2-etil-5-metilpirazin, 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve metilpirazin takip etmiştir.

Kavrulmuş fıstıklarda, Osmaniye yöresinden elde edilen küçük ve büyük boyutlu örneklerde toplam aroma salınımı sırasıyla 1342.29 ve 955.5 ng/kg iken Adana yöresinde 942.37 ve 911.26 ng/kg'dır. Her iki yörede de küçük fıstıkların toplam aroma salınımı büyük boyutlu tanelere göre daha fazladır ancak bu fark Osmaniye yöresinde istatistiksel açıdan önemli iken Adana yöresinde önemsiz bulunmuştur.

Aroma salınımı üzerine yöre, boyut ve tekstürün etkisine bakıldığında bunlar içinde sadece boyutun etkisi toplam aroma salınımı üzerine etkili olmuştur. Yöre 2,5 dimetilpirazin salınımını etkilemiş Osmaniye yöresi fıstıklarda önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Boyutun etkisi N-metil-pirol, etilpirazin ve 2-etil-5-metilpirazin salınımı üzerinde etkili olurken bu bileşikler küçük fıstıklarda büyüklere kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Tekstürün etkisi metilpirazin, etilpirazin, 2-etil-5-metilpirazin, 3-etil-2,5-dimetilpirazin, 2-etil-3,5-dimetilpirazin salınımı üzerinde etkili olurken toplam aroma salınımını önemli düzeyde etkilememiştir.

N-metilpirol, metilpirazin ve 2-etil-5-metilpirazin her iki yörede de küçük fıstıklarda büyüklere kıyasla istatistiksel açıdan önemli düzeyde yüksektir.

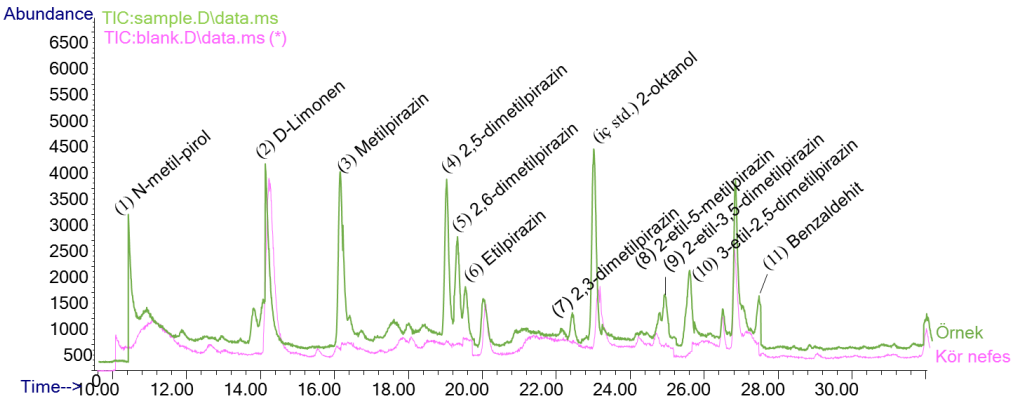
Osmaniye yöresinde boyutlar arası aroma salınımında önemli farklılık yaratan bileşik sayısı daha fazladır; N-metilpirol, metilpirazin, 2,6-dimetilpirazin, etilpirazin, 2-etil-5-metilpirazin, 3-etil-2,5-dimetilpirazin, 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve benzaldehit.

Frank ve ark (2012a), PTR-MS tekniği ile, içinde ticari kavrulmuş yer fıstığı ve yer fıstığı ezmesi bulunan çeşitli gerçek gıdalarda *in vivo* koşullarda çalışmıştır. Araştırmacılar bu çalışmadakine benzer şekilde kontrollü bir tüketim prosedürü kullanmışlardır. Bu çalışmaya göre bütün halde bulunan gıdalarda (portakal parçaları, çikolata, yer fıstığı gibi) parçalanmış hallerine (portakal jeli, çikolatalı tatlı ve yer fıstığı ezmesi gibi) göre daha fazla aroma salınımı gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, yapay çilek aroması ilave edilmiş pektin ve jelatin üzerinde yapılan araştırmanın bulgularıyla da desteklenmektedir. Araştırmacılar pektin veya jelatin ilave edilen meyve modellerinin sertliği arttıkça aroma salınımının arttığını bildirmişlerdir (Boland ve ark., 2006). Başka bir çalışmada ise sert elma çeşitlerinde yumuşak çeşitlere göre daha çok aroma salınımı gerçekleştiği bildirilmiştir (Ting ve ark., 2012, 2016). Son zamanlarda yapılan bir diğer çalışmada ise taze ve kurutulmuş mango örneklerinin kübik parçalar ve püre/toz halinde *in vivo* tadımı yapılmıştır. Bu çalışmaya göre, bütün halde bulunan meyvelerin tüketilmesiyle püre veya toz haline kıyasla daha çok aroma salınımı gerçekleşmiştir (Bonneau ve ark., 2018). Jourdren ve ark (2017), çeşitli ekmeklerin kabuk ve ekmek içinin ayrı ayrı ve birlikte tüketilmesinde ortaya çıkacak aroma salınımını *in vivo*-burun boşluğu-PTR-MS yöntemiyle araştırmıştır. Araştırmacılar ayrıca panelistlerin ürünleri tüketirken meydana gelen ağız hareketlerini yüzey elektromiyografisi (EMG) ile incelemiştir. Kişiler, ekmek içine göre daha sert olan kabukları tüketirken daha yoğun bir kas aktivitesi göstermiş ve bu da kabukların, ekmek içine göre daha kapsamlı bir şekilde çiğnenmesine ve daha fazla iyon salınımına neden olmuştur.

In vivo aroma salınımı verilerinden elde edilen sonuçlar önceki çalışmalar ile uyum içindedir. Ezme örnekleri Bonneau ve ark (2018)'nında bildirdiği gibi *in*

vivo tadımı sırasında ağızda toplanma, ağız içi yüzeyine yapışma ve dişler arasında sıkışma eğilimi göstermiştir. Buda ezme örneklerinin etkili bir şekilde çiğnenmesine engel olmuş ve aroma salınımına etki etmiş olabilir. Ayrıca bu durum ezme örneklerinde boyutlar arasındaki aroma salınımının benzer olmasına neden olmuş olabilir. Taneli ürünlerin ağız içindeki hareketi daha kolay olmuş ve bu daha büyük çiğneme yüzey alanı yaratmıştır. Jourdren ve ark (2017), ile benzer şekilde daha kapsamlı çiğnenen taneli fıstıklarda artan yüzey alanı aroma salınımının artmasını teşvik etmiş olabilir. Çiğneme işlemi sırasında gıda maddelerinden aroma salınımı, ürünün algılanan kalitesi için birincil öneme sahiptir. Bir yandan aroma kalitesi algısı aroma sisteminin kimyasal bileşimine bağlıyken, diğer yandan aroma bileşiklerinin ağızda salınma şekli hayati önem taşır (de Kok ve Smorenburg, 1999).

Fıstık boyutunun aroma salınımına etkisini gözlemlemek için Şekil 4.6'da kavrulmuş fıstık ve ezme örnekleri kendi içinde değerlendirilmiştir. Hem kavrulmuş fıstık hem ezme örneklerinde küçük fıstıkların aroma salınımı büyüklere kıyasla bir miktar yüksek olmuştur. Bu farklılıklar kavrulmuş fıstıkta 4 bileşik için istatistiksel açıdan önemli iken, ezme örneklerinde sadece 2,5-dimetilpirazin için önemlidir. Başka bir deyişle bütün haldeki ürünlerde boyut farkı ezmeye göre daha net gözlenebilmiştir. Küçük ve büyük fıstıklardaki toplam aroma salınımı istatistiksel açıdan önemsiz olsa da bu farklılığın nedeni olarak hammaddenin bileşimindeki farklılıklar gösterilebilir.



Şekil 4.5. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemi ile elde edilen kör nefes ve yer fıstığı ekstraktlarına ait kromatogramlar

Çizelge 4.7. Yöre, boyut, proses etkisinin ve bunların interaksiyonlarının ağız boşluğunda salınan aroma bileşikleri üzerine etkisi

Aroma Bileşikleri	**Yöre (Y)**	**Boyut (B)**	**Tekstür (T)**	**YxB**	**YxT**	**BxT**	**YxBxT**
N-metil-pirol	öd	**	öd	öd	***	öd	***
Metilpirazin	öd	öd	**	öd	***	öd	öd
2,5-dimetilpirazin	**	öd	öd	öd	öd	öd	öd
2,6-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	***	***	öd
Etilpirazin	öd	***	**	öd	***	***	öd
2,3-dimetil-pirazin	öd	öd	öd	öd	öd		öd
2-etil-5-metilpirazin	öd	***	**	öd	öd	öd	öd
3-etil-2,5-dimetilpirazin	öd	öd	**	öd	**	öd	öd
2-etil-3,5-dimetilpirazin	öd	öd	***	öd	öd	öd	öd
Benzaldehit	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd
Toplam	*öd*	***	*öd*	*öd*	*öd*	*öd*	*öd*

Yöre, boyut, tekstür etkisinin ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil;
(*)p<0.05; (**) p<0.01; (***) p<0.001

Çizelge 4.8. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı-GC-MS yöntemi ile tanımlanan ve miktarı belirlenen aroma bileşikleri[t] (ng/kg kuru ağırlık)

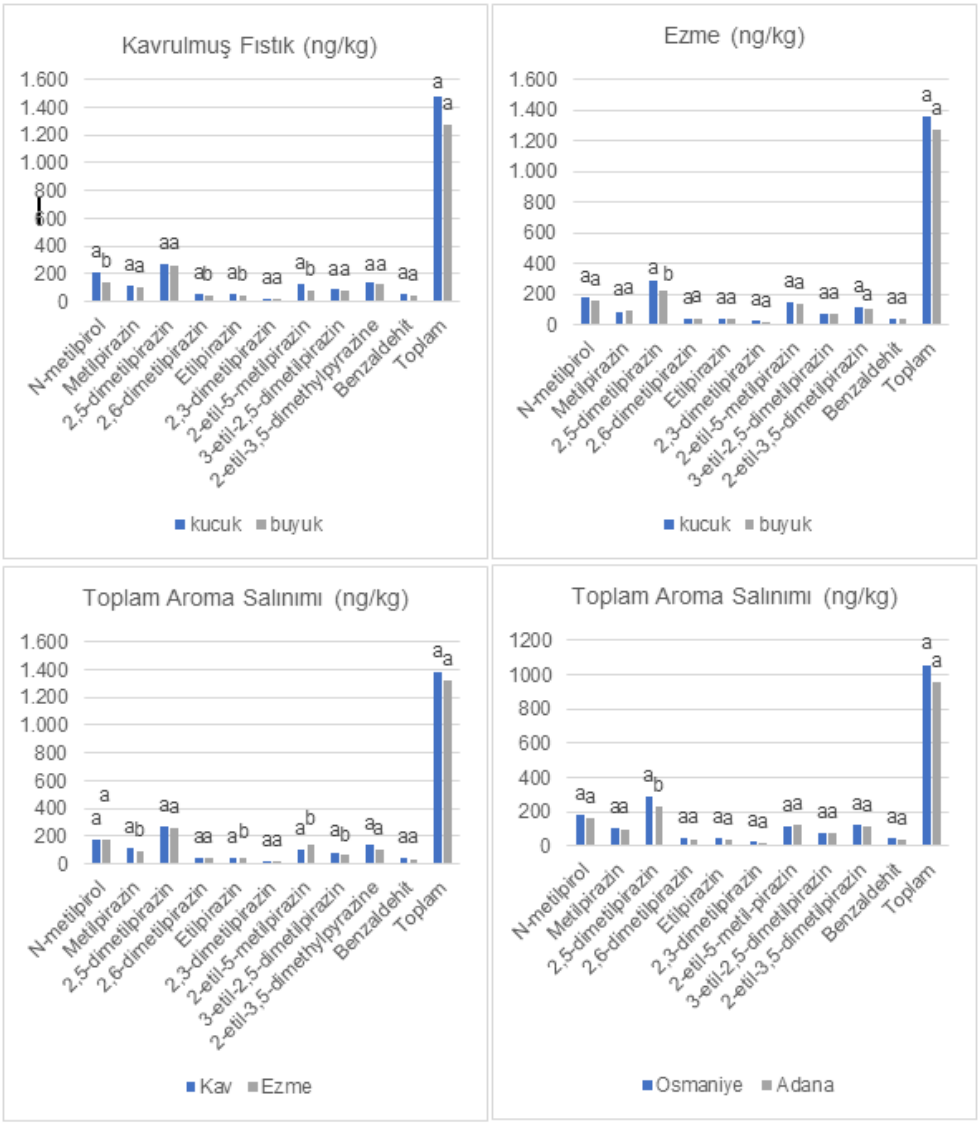
LRI	Aroma Bileşikleri	Kavrulmuş				
		O7	O11	A7	A11	***Ort***
1012	N-metil-pirol	262.08^{a} ±91.91	145.34^{b} ±46.06	159.97^{b} ±47.47	122.36^{b} ±57.09	***172.44***
1162	Metil-pirazin	141.20^{a} ±22.22	105.74^{ab}±35.82	95.89^{b} ±9.04	108.00^{ab} ±66.66	***112.71***
1222	2,5-dimetil-pirazin	308.77^{ab}±63.17	282.21^{ab} ±110.02	224.29^{bc} ±35.41	245.78^{abc} ±96.48	***265.26***
1228	2,6-dimetil-pirazin	64.33^{a}±28.05	41.92^{b}±15.18	43.86^{b}±7.00	36.72^{b}±17.67	***46.7***
1232	Etil-pirazin	67.00^{a}±23.63	38.74^{b}±12.10	41.53^{b}±4.48	38.34^{b}±18.64	***46.4***
1245	2,3-dimetil-pirazin	24.34^{a}±6.76	22.87^{a}±4.80	22.55^{a}±6.59	25.41^{a}±15.51	***23.79***
1294	2-etil-5-metil-pirazin	141.98^{ab}±86.16	64.43^{c}±24.83	104.51^{abc}±63.04	95.74^{bc}±47.13	***101.66***
1352	3-etil-2,5-dimetil-pirazin	105.22^{a}±28.87	80.79^{b}±29.57	80.38^{b}±10.68	71.40^{b}±18.49	***84.45***
1373	2-etil-3,5-dimetil- pirazin	162.39^{a}±62.52	139.13^{ab}±36.42	125.64^{b}±12.26	126.35^{b}±38.30	***138.38***
1403	Benzaldehit	64.98^{a}±42.50	34.37^{b}±7.87	43.75^{b}±10.16	41.16^{b}±21.84	***46.07***
	Toplam	*1342.29^{a}*	*955.54^{b}*	*942.37^{b}*	*911.26^{b}*	***1037.86***

LRI	Aroma Bileşikleri	Ezme				
		O7	O11	A7	A11	***Ort***
1012	N-metil-pirol	143.19^{b}±68.94	169.44^{b}±123.44	216.88^{b}±129.79	151.40^{b}±37.95	***170.22***
1162	Metil-pirazin	76.46^{b}±16.31	94.42^{b}±33.15	97.38^{b}±35.06	100.22^{b}±25.92	***92.12***
1222	2,5-dimetil-pirazin	324.51^{a} ±75.42	253.28^{c}±79.57	258.00^{abc}±93.20	189.86^{c}±68.82	***256.41***
1228	2,6-dimetil-pirazin	35.28^{b}±10.79	40.66^{b}±9.88	43.68^{b}±10.24	45.36^{b}±6.8	***41.24***
1232	Etil-pirazin	35.74^{b}±10.55	36.26^{b}±11.78	40.66^{b}±13.41	41.32^{b}±9.32	***38.5***
1245	2,3-dimetil-pirazin	28.11^{a}±16.88	22.42^{a}±10.10	17.31^{a}±1.85	17.84^{a}±3.15	***21.42***
1294	2-etil-5-metil-pirazin	133.01^{ab}±34.11	116.76^{ab}±24.77	153.14^{a}±34.74	156.86^{a}±29.91	***139.94***
1352	3-etil-2,5-dimetil-pirazin	66.28^{b}±16.21	66.91^{b}±19.44	80.58^{b}±21.14	77.68^{b}±14.57	***72.86***
1373	2-etil-3,5-dimetil- pirazin	106.23^{b}±23.68	103.89^{b}±18.92	115.29^{b}±22.67	104.48^{b}±18.16	***107.47***
1403	Benzaldehit	35.34^{b}±4.14	37.90^{b}±12.90	37.91^{b}±8.54	37.21^{b}±7.48	***37.09***
	Toplam	*984.15^{b}*	*941.94^{b}*	*1060.83^{b}*	*922.23^{b}*	***977.27***

[a-d]Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

(O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık

[t]Bileşikler standart enjeksiyonu ile belirlenen en büyük iyonların SIM ile taranması ile tanımlanmıştır.



Şekil 4.6. Yörenin, boyutun ve tekstürün kavrulmuş yer fıstığı ve yer fıstığı ezmesinde toplam aroma salınımı üzerine etkisi

4.2.3.1. Aroma Bileşiklerinin *In Vivo* Salınımında Boyuta Bağlı Olarak Panelistler- Arası ve Panelistler- İçi Değişimi

In vivo-ağız boşluğu-aroma salınımı yönteminde elde edilen sonuçlar değerlendirilerek panelistler arası ve panelistlerin kendi içindeki küçük ve büyük boyuttaki fıstıkların aroma salınımındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olup olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Aynı tablo üzerinde varyasyon katsayıları (VK) da gösterilmiştir. *In vivo*-aroma salınımı analizinde her bir panelisttin küçük ve büyük fıstıkları yemesi sırasında salınan aroma bileşiklerinin ortalamaları arasındaki farklılıklar Bağımsız Örneklem-T Testi yardımıyla değerlendirilmiştir. Kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örneklerine ait değerlendirmeler Çizelge 4.9'da gösterilmektedir.

P_{ort} tüm panel boyunca küçük ve büyük boyuttaki fıstıkların yenmesi sırasında tüm panelistlerden elde edilen verilerin ortalamaları arasındaki farkları gösterir. Bu tabloya göre kavrulmuş fıstıklarda P_3 panelisti dışında kişilerin kendi içinde küçük ve büyük boyutlu fıstıkları tüketmesi ile salınan aroma bileşikleri arasında miktar yönünden istatistiksel olarak önemli farklılıklar yoktur. Kavrulmuş fıstıklarda kişiler kendi içinde farklılıklar olmamasına rağmen, 4 panelistin ortalamasından elde edilen toplam aroma salınımı değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklar vardır. Buda boyut farkının aroma salınımında meydana getirdiği anlamlı farkların panelistlerin bireysel tadımlarından değil tüm panelistlerin ortalamalarından elde edildiği gerçeğini göstermektedir. Ezme örneklerinde de kişilerin kendi içinde küçük ve büyük boyutlu fıstıklardan elde edilen tadımları arasında önemli farklar olmamasına rağmen ortalama değerlerde 2,5-dimetilprazin bileşiği istatistiksel anlamda önemli farklılık göstermiştir. Ortalama değerler *in vivo* tadımlarda bireysel deneysel değişkenlikleri içine aldığından sonuçlar tüm panelistlerin ortalamalarına göre verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerinde, in-vivo aroma salınımında küçük ve büyük boyuttaki fıstıkların panelistler arası ve panelistler içi değişimi

		Aroma Bileşikleri[a]	P_1[b]	P_2	P_3	P_4	P_{ort}
Kavrulmuş	1	N-metilpirol	öd	öd	öd	öd	**
	2	Metilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	3	2,5-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	4	2,6-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	*
	5	Etilpirazin	öd	öd	öd	öd	*
	6	2,3-dimetilpirazin	öd	öd	*	öd	öd
	7	2-etil-5-metilpirazin	öd	öd	*	öd	*
	8	3-etil-2,5-dimetilpirazin	öd	öd	*	öd	öd
	9	2-etil-3,5-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	10	Benzaldehit	öd	öd	öd	öd	öd
		Toplam	öd	öd	öd	öd	öd
	VK[c]	P_i (küçük fıstık)	15.41	14.71	24.12	34.44	21.86
		P_i (büyük fıstık)	30.83	15.36	4.84	30.82	25.69
		P_i (toplam)	23.32	14.42	27.76	31.01	24.48
Ezme	1	N-metilpirol	öd	öd	öd	öd	öd
	2	Metilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	3	2,5-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	*
	4	2,6-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	5	Etilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	6	2,3-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	7	2-etil-5-metilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	8	3-etil-2,5-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	9	2-etil-3,5-dimetilpirazin	öd	öd	öd	öd	öd
	10	Benzaldehit	öd	öd	öd	öd	öd
		Toplam	öd	öd	öd	öd	öd
	VK	P_i (küçük fıstık)	21.40	4.41	25.45	18.17	23.42
		P_i (büyük fıstık)	12.35	7.34	19.32	12.26	19.20
		P_i (toplam)	16.87	10.54	14.67	13.51	21.07

[a] *ın vivo*-aroma salınımı yöntemiyle ekstrakte edilen aroma bileşikleri (ng/kg)
[b] P_i: *in vivo*-aroma salınımı analizlerinde yer alan panelistler (4 kişi;1E, 3K)
[c] VK: Varyasyon Katsayısı, (öd.) önemli değil; (*) $p<0.05$; (**) $p<0.01$; (***) $p< 0.001$

4.3. Yörenin ve Tane Boyutunun Yer Fıstıklarının *In Vitro* Yöntemle Elde Edilen Aroma Maddeleri Üzerine Etkisi

4.3.1. Çiğ Yer Fıstıklarının Aroma Bileşimi

Adana ve Osmaniye yörelerine ait küçük ve büyük çiğ yer fıstıklarında *in vitro* yöntemle toplamda 29 adet aroma bileşiği tanımlanmıştır. Bu bileşikler aldehit (3 adet), alkol (7 adet), benzen (5 adet), fenol (1 adet), furan (2 adet), keton (2 adet), piran (2 adet), pirol (1 adet), terpen (2 adet) ve diğer (5 adet) olarak adlandırılmış farklı gruplara aittir. Tanımlanan bileşikler içinde önceki araştırmalarda da bildirilen aroma bileşikleri Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Aroma bileşikleri içinde alkoller baskın grup olmuştur. Osmaniye ve Adana bölgelerinden elde edilen küçük ve büyük çiğ yer fıstıklarının toplam aroma bileşikleri miktarı sırasıyla 4738.70, 1767.95, 1148.74 ve 1068.28 µg/kg olarak bulunmuştur. Örneklerin aroma bileşimi ait oldukları gruplara göre aşağıdaki başlıklar altında tartışılmıştır.

4.3.1.1. Yer Fıstıklarında Tanımlanan Aldehit, Alkol ve Keton Bileşikleri

Yer fıstıklarında tanımlanan aldehit grubu içinde hekzanal, benzaldehit ve 2-bütenal bileşikleri vardır. Hekzanal, *çimensi/yeşilimsi/fasulyemsi* kokusuyla çiğ yer fıstığının aromasına katkıda bulunan önemli bir bileşendir. Yer fıstığında belirlenen hekzanal içeriğinin fıstık olgunlaşması sırasında alkol dehidrogenaz ve lipoksigenaz aktivitesi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Smith ve ark., 2014). Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen örneklerde küçük ve büyük yer fıstıkları arasında hekzanal içeriği bakımından tutarlı bir değişim gözlenmemiştir. Ancak bu bileşik üzerine boyut ve yöre etkisi ile birlikte boyut x yöre etkileşimi önemli bulunmuştur. Örneklerin benzaldehit içerikleri üzerine yöre etkisi önemli bulunmuştur. Kesen ve ark (2018), tatlı ve acıbadem, ceviz ve antep fıstığı yağlarında baskın aldehitler olarak benzaldehit ve hekzanal bulunduğunu bildirmiştir. Örneklerin 2-bütenal içerikleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Alkol bileşikleri çiğ yer fıstıklarında baskın grup olmuştur. Osmaniye ve Adana yörelerine ait küçük ve büyük yer fıstıklarına ait toplam alkol bileşikleri sırasıyla 3329.03, 822.56, 334.74 ve 288.03 µg/kg olarak bulunmuştur. Alkol bileşikleri içinde 2-pentanol Osmaniye yöresinden elde edilen fıstıklarda en fazla bulunan bileşiktir. Özellikle Osmaniye yöresine ait küçük fıstık 2101.02 µg/kg içeriği ile 2-pentanol bileşiği bakımından öne çıkmıştır. Adana yöresi yer fıstıklarında boyutlar arasında 2-pentanol içeriği bakımından önemli bir fark olmasa da bu bileşik üzerine boyut ve yöre etkisi ile birlikte boyut x yöre etkileşimi önemli bulunmuştur. 3-pentanol bileşiği de 2-pentanol ile benzer eğilimi göstermiş, Osmaniye yöresinden elde edilen küçük ve büyük fıstıklarda Adana yöresi fıstıklarına kıyasla fark edilir şekilde yüksek çıkmıştır. Örneklerde belirlenen miktarca yüksek üçüncü alkol bileşiği 3-penten-2-ol olmuştur ve bu bileşik üzerine boyutun etkisi önemli bulunmuştur. 3-Penten-2-ol'ün her iki yörede de küçük fıstıklarda büyüklere kıyasla miktarca önemli düzeyde yüksek olduğu gözükmektedir. Onat ve ark (2017), çiğ yer fıstığında toplam alkol miktarının tüm bileşiklerin %77.93-79.6'sını oluşturduğunu bildirmiştir. Dun ve ark (2019), soğuk sıkım yer fıstıklarının alkol içeriğinin sıcak sıkım olanlara kıyasla daha fazla olduğunu göstermiştir.

Örneklerde iki adet keton bileşiği belirlenmiş ve bunların örnekler arasındaki değişimi önemli bulunmuştur. 4-hidroksi-2-pentanon miktarı bakımından Osmaniye'nin küçük yer fıstıkları fark edilir şekilde yüksek değer göstermiştir. 4-hidroksi-2-pentanon miktarı üzerine yöre etkisi ve yöre x boyut etkileşimi önemli bulunmuştur. 2-Pentanon miktarı ise küçük fıstıklarda büyüklere kıyasla önemli düzeyde yüksektir ve boyut etkisi ile birlikte yöre x boyut etkileşimi bu bileşik üzerine önemli düzeyde etki etmiştir. Keton bileşiklerinin lipit oksidasyonu yolu ile oluştuğu bilinmektedir (Gama ve ark., 2019). Yer fıstığı çoklu doymamış yağ içeriği nedeniyle lipid oksidasyonuna açık bir üründür ve bu durum yer fıstığı endüstrisinin önemli bir sorunudur (Williams ve ark., 2006). Lipit oksidasyonu sırasında, trigliseritlerdeki yağ asitleri ayrışarak alkoller, aldehitler,

ketonlar, furanlar, organik asitler ve hidrokarbonlar gibi uçucu ikincil ürünlere dönüşür. Farklı boyuttaki fıstıklar kullanılarak yapılan bir çalışmada küçük boyutlu fıstıkların alifatik aldehit, alkol ve keton içeriklerinin büyük boyutlu fıstıklara göre önemli düzeyde yüksek olduğu belirtilmiştir (Bett ve Boylston, 1992). Küçük fıstıkların bu oksidasyon ürünlerini büyük fıstıklara göre daha yüksek düzeyde içermesi örneklerin yağ asitleri bileşiminin farklılık göstermesi nedeniyle olabilir (Zhang ve ark., 2020).

4.3.1.2. Yer Fıstıklarında Tanımlanan Pirol, Piran, Fenol ve Furan Bileşikleri

Pirol bileşiklerinin aslında Maillard reaksiyonları sırasında 1 molekül şeker ve en az 5 karbon molekülünden oluştuğu ve ürünlerde *ızgara* kokusundan sorumlu olduğu bilinmektedir (Schirack ve ark., 2006). Çiğ örneklerde de bir adet pirol bileşiği tanımlanmıştır. N-metil-pirol miktarının değişimi örnekler arasında önemsiz iken bu bileşik üzerine yörenin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Osmaniye yöresinden elde edilen fıstıklarda N-metil-pirol içeriği Adana'ya göre yüksek bulunmuştur. Pirol bileşiklerinin daha çok ısı uygulaması ile oluşması beklense de Lovegren ve ark (1982) çiğ fıstıklarda N-metil-pirol bileşiğinin fıstığın kendisi tarafından üretildiğini ve çiğ fıstıkta *küf* kokusu ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Yer fıstığında istenmeyen koku bileşiklerinin oluşumundan lipit oksidasyonu sorumlu tutulsa da N-metil-pirol kaynaklı küf kokusunun protein veya proteinin parçalanma ürünlerinden kaynaklı olabileceği bildirilmiştir (Basha ve Ying, 1998).

Tetrahidro-2H-piran-2-on ve maltol bileşikleri örneklerde tanımlanan, piran grubuna ait bileşiklerdir. Tetrahidro-2H-piran-2-on bileşiğinin miktarı üzerine boyut ve yöre etkisiyle birlikte bunların etkileşimi önemli bulunmuştur. Maltol bileşiği Osmaniye yöresinden elde edilen küçük fıstıklarda diğer örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Maltol miktarı üzerine yörenin etkisi önemli bulunmuş ve Osmaniye yer fıstıklarında miktarca daha yüksek belirlenmiştir. 4-vinil-2-metoksi-fenol bileşiği sadece Osmaniye'nin küçük yer fıstıklarında

tanımlanmış diğer örneklerde belirlenememiştir. Benzer şekilde Liu ve ark (2011)'da çiğ yer fıstığında 4-vinil-2-metoksi-fenolü düşük miktarlarda tanımlamış ve miktarının kavurma ile arttığını bildirmiştir.

Furan türevlerinden olan bütirolaktan ve 2(3H)-furanon-dihidro-3-metil- bileşikleri miktar bakımından örnekler arasında önemli farklılıklar göstermiş, her iki bileşikte Osmaniye yöresinden elde edilen fıstıklarda Adana'ya kıyasla daha yüksek miktarda bulunmuştur. Gıdalarda bütirolaktonun enzimatik, termal veya oksidatif yol ile oluşabileceği bildirilmiştir (Salum ve ark., 2017).

4.3.1.3. Yer Fıstıklarında Tanımlanan Terpenler ve Benzenler

Terpen türevlerinin bitkilerde savunma mekanizmasında rolleri olan bileşikler olduğu düşünülmektedir (Guclu ve ark., 2021). Örneklerde limonen ve cis-ocimen olmak üzere iki adet terpen bileşiği belirlenmiştir. Limonen miktarı büyük tanelerde yüksek iken, cis-ocimen miktarları küçük tanelerde daha yüksektir. Her iki bileşik üzerine de yöre ve boyut etkisi önemli bulunmuştur. Ayrıca cis-ocimen miktarı üzerine yöre x boyut etkileşimi önemli düzeyde etki etmiştir.

Örneklerde benzen türevleri olarak belirlenen bileşiklerin-toluen hariç- tümü miktar bakımından örnekler arasında önemli farklılıklar göstermiş ve Osmaniye yöresinden elde edilen örneklerde daha yüksek değerler göstermiştir. Yöre, boyut ve bunların etkileşimi sitren ve benzenetanol miktarını önemli düzeyde etkilemiştir. Benzenmetanol miktarı ise yöreye göre önemli düzeyde değişmiştir.

4.3.1.4. Yer Fıstıklarında Tanımlanan Diğer Bileşikler

Diğer bileşikler grubu altında toplanan aroma bileşiklerinin tümü daha önce ki çalışmalarda bildirilmemiştir. Bu bileşiklerden N,N-dimetil-formamid, sikloserin miktarları örnekler arasında önemli bir değişim göstermemiştir. 2-imidazolidin-etiyon üzerine boyut ve yöre etkisi ile birlikte bunların etkileşimi önemli düzeyde etki etmiştir.

Çizelge 4.10. Çiğ yer fıstıklarına ait aroma bileşikleri (µg/kg kuru ağırlık)

No	Aroma bileşikleri	LRI[x]	RT[y]	O7	O11	A7	A11	Boyut (B)	Yöre (Y)	B x Y	Tan.[z]	Ref.[α]
	Aldehit											
1	Hekzanal[φ]	965	8.42	63.72^{a}±0.16	50.67^{c}±0.82	51.54^{c}±1.32	59.47^{b}±1.22	**	*	***	LRI, MS, std	1; 2; 3
2	Benzaldehit[φ]	1403	27.2	11.53^{ab}±3.18	12.01^{a}±3.37	6.92^{b}±1.8	9^{ab}±0.55	öd	*	öd	LRI, MS, std	1; 4
3	2-bütenal	1192	17.66	26.78^{a}±6.07	28.07^{a}±4.9	21.37^{a}±10.31	29.77^{a}±10.1	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	1
	Toplam aldehit			102.03^{a}	90.76^{ab}	79.83^{b}	98.24^{ab}	öd	öd	*		
	Alkol											
4	2-bütanol	925	6.85	15.78^{b}±2.68	38.51^{a}±12.44	21.33^{ab}±10.56	39.81^{a}±12.75	**	öd	öd	LRI, MS, tent	
5	3-pentanol[φ]	991	9.49	707.00^{a}±181.25	157.17^{b}±61.9	20.14^{b}±7.66	21.39^{b}±2.65	**	***	**	LRI, MS, tent	
6	2-pentanol[φ]	1005	10.05	2101.02^{a}±405.33	326.52^{b}±168.6	37.68^{b}±16.54	32.77^{b}±5.07	***	***	***	LRI, MS, std	5
7	3-penten-2-ol[φ]	1066	12.46	325.6^{a}±80.19	161.96^{b}±39.22	189.35^{b}±101.14	140.84^{b}±7.29	*	öd	öd	LRI, MS, tent	
8	4-metil-2-pentanol[φ]	1215	18.65	57.78^{a}±14.43	42.02^{ab}±3.26	34.76^{b}±17.82	27.6^{b}±2.81	öd	*	öd	LRI, MS, tent	
9	2-metil-büt-2-ene-1-ol	1227	19.24	20.16^{a}±3.6	14.3^{ab}±1.00	10.05^{bc}±5.17	7.6^{c}±0.46	öd	**	öd	LRI, MS, tent	
10	1-hekzanol	1267	21.12	101.68^{a}±28.53	82.08^{b}±14.38	21.44^{c}±2.89	18.02^{c}±6.55	öd	***	öd	LRI, MS, std	6; 7; 8
	Toplam alkol			3329.03^{a}	822.56^{b}	334.74^{b}	288.03^{b}	***	***	***		
	Benzen											
11	Toluen	933	7.18	35.63^{a}±28.92	19.25^{a}±2.02	49.54^{a}±24.57	39.81^{a}±12.75	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	1
12	Klorobenzen	1099	13.81	107.57^{a}±30.29	78.21^{ab}±31.79	66.02^{ab}±32.35	48.95^{b}±15.22	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	
13	Sitren[φ]	1149	15.87	64.42^{a}±16.9	31.9^{b}±5.63	14.64^{b}±6.48	14.59^{b}±1.83	*	***	*	LRI, MS, tent	9
14	Benzenmetanol[φ]	1731	40.75	31.66^{a}±9.66	24.83^{a}±3.96	10.04^{b}±0.23	10.3^{b}±0.54	öd	***	öd	LRI, MS, std	7; 9
15	Benzenetanol[φ]	1765	41.95	106.12^{a}±5.82	39.93^{b}±1.41	15.47^{c}±0.37	11.69^{c}±2.79	***	***	***	LRI, MS, tent	9; 10
	Toplam benzen			345.41^{a}	194.12^{b}	155.72^{b}	125.34^{b}	*	**	öd		

Çizelge 4.10'un devamı

	Fenol										LRI, MS, tent	
16	4-vinil-2-metoksi-fenol[φ]	2015	49.33	5.65^{a}±0.58	0.00^{b}±0.00	0.00^{b}±0.00	0.00^{b}±0.00	***	***	***	LRI, MS, tent	11
	Toplam fenol			5.65^{a}	0^{b}	0^{b}	0^{b}	***	***	***		
	Furan										LRI, MS, tent	
17	Bütirolaktan[φ]	1522	31.16	130.13^{a}±24.01	116.31^{a}±17.31	63.07^{b}±9.24	66.67^{b}±3.16	öd	***	öd	LRI, MS, tent	10
18	Dihidro-3-metil-2(3H)-furanon	1486	29.86	23.92^{a}±3.84	11.28^{b}±0.47	7.64^{b}±2.31	7.86^{b}±1.34	**	***	**	LRI, MS, tent	
	Toplam furan			154.05^{a}	127.59^{a}	70.71^{b}	74.53^{b}	öd	***	öd		
	Keton										LRI, MS, tent	
19	4-hidroksi-2-pentanon	1353	24.83	115.44a±29.35	26.21b±4.77	9.19^{b}±1.50	6.17^{b}±1.00	öd	***	**	LRI, MS, tent	
20	2-pentanon[φ]	885	5.23	158.78b±4.39	99.88c±7.12	170.8^{a}±2.68	77.56^{d}±7.05	***	öd	**	LRI, MS, std	1
	Toplam keton			278.59a	130.46c	184.35^{b}	88.10^{d}	***	***	*		
	Piran										LRI, MS, tent	
21	Tetrahidro-2H-piran-2-on[φ]	1493	30.84	97.34^{a}±32.65	25.46^{b}±12.24	22.67^{b}±9.89	8.77^{b}±1.05	**	**	*	LRI, MS, tent	
22	Maltol[φ]	1811	43.53	20.79^{a}±4.03	16.38^{b}±1.4	1.95^{c}±0.83	2.32^{c}±0.21	öd	***	öd	LRI, MS, std	
	Toplam piran			118.13^{a}	41.84^{b}	24.62^{b}	11.09^{b}	**	**	*		
	Pirol										LRI, MS, tent	
23	N-metilpirol[φ]	1012	10.32	78^{a}±36.45	54.32^{a}±29.41	32.2^{a}±12.64	31.6^{a}±8.22	öd	**	öd	LRI, MS, tent	12; 13
	Toplam pirol			78.00^{a}	54.32^{a}	32.20^{a}	31.6^{a}	öd	*	öd		
	Terpen											
24	Limonen[φ]	1105	14.04	123.41^{b}±16.46	137.61^{b}±27.51	176.77^{b}±79.24	307.92^{a}±28.52	*	**	öd	LRI, MS, std	9; 10
25	cis-Ocimene[φ]	1168	16.64	53.8^{a}±16.33	8.34^{b}±0.99	25.38^{b}±9.04	9.43^{b}±2.26	***	*	*	LRI, MS, tent	9
	Toplam terpen			177.21^{b}	145.95^{b}	202.15^{b}	317.34^{a}	öd	**	*		

Çizelge 4.10'un devamı

	Diğer											
26	N,N-dimetil-formamid	1224	19.1	43.02^{a}±9.7	42.01^{a}±37.16	25.97^{a}±22.2	11.28^{a}±4.37	öd	öd	öd	LRI, MS, tent
27	Sikloserin	1245	20.07	16.07^{a}±2.74	10.96^{a}±9.22	8.17^{a}±4.25	9.9^{a}±4	öd	öd	öd	LRI, MS, tent
28	2-imidazolidin-etiyon	1294	22.33	20.11^{a}±2.32	8.54^{b}±0.92	10.22^{b}±0.65	4.94^{c}±0.39	***	***	**	LRI, MS, tent
29	Dimetilsulfon	1809	41.5	8.55^{ab}±2.89	19.59^{a}±14.15	3.72^{b}±1.04	3.2^{b}±0.04	öd	*	öd	LRI, MS, tent
	Toplam diğer			87.75^{a}	81.11^{a}	78.09^{b}	29.33^{b}	öd	***	öd	
	Toplam aroma bileşikleri			4695.91^{a}	1707.11^{b}	1134.42^{b}	1065.59^{b}	***	***	**	

$^{a-d}$Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Simgeler: ^{x}Lineer alıkonma indeksi, ^{y}Alıkonma zamanı, ^{z}Tanımlama yöntemi: (LRI) Lineer alıkonma indeksi, (MS, tent) MS ile tentatif tanımlama, (std) standart madde enjeksiyonu ile. $^{\varphi}$Bileşikler hem çiğ hem de kavrulmuş fıstıklarda tespit edilmiştir. (LRI) Doğrusal alıkonma indeksi. (RT) Alıkonma zamanı

$^{\omega}$Referanslar: (1) Smith ve ark (2014); (2) Chetschik ve ark (2010); (3) Dun ve ark (2019); (4) Ng ve ark. (2008); (5) Elmore ve ark (2005); (6) Burroni ve ark (1997); (7) Onat ve ark (2017); (8) Dun ve ark (2019); (9) Rodríguez-Bencomo ve ark (2015); (10) Liu ve ark (2011); (11) Chetschik ve ark (2010); (12) Lovegren ve ark (1982); (13) Young ve Hovis (1990).

Örneklerin Kodlanması: (O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık

Yöre, boyut ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil; (*) $p<0.05$; (**) $p< 0.01$; (***) $p< 0.001$

4.3.2. Kavrulmuş Yer Fıstıklarının Aroma Bileşimi

Adana ve Osmaniye yörelerine ait küçük ve büyük fıstıkların kavrulmasıyla elde edilen örneklerde, *in vitro* yöntemle toplamda 52 adet aroma bileşiği tanımlanmıştır. Bu bileşikler aldehit (4 adet), alkan (2 adet), alkol (4 adet), amid (1 adet), benzen (5 adet), fenol (1 adet), furan (7 adet), keton (1 adet), piran (2 adet), pirazin (14 adet), piridin (2 adet), pirimidin (1 adet), pirol (4 adet), terpen (3 adet) ve tiyazol (1 adet) gruplarına aittir. Tanımlanan bileşiklerin birçoğu kavrulmuş yer fıstığında yapılmış önceki çalışmalarda da bildirilmiştir. Aroma bileşikleri içinde pirazinler her önekte baskın grup olmuştur. Miktar bakımından pirazinleri, alkol ve furan bileşikleri takip etmiştir. Kavrulmuş yer fıstığında yapılan çalışmalarda pirazinler ile birlikte lipit oksidayon ürünleri olan alkoller, aldehitler, ketonlar ve alkanlar her zaman ilgi konusu olmuştur (Gama ve ark., 2019). Tanımlanan bileşikler yapılarına ve içerdikleri fonksiyonel gruplarına göre üç farklı sınıfta tartışılmıştır; i) azot içeren heterohalkalı bileşikler, ii) oksijen içeren heterohalkalı bileşikler ve ii) diğer bileşikler.

4.3.2.1. *N*-Heterohalkalı Bileşikler

Pirazinler, piroller, piridinler, oksalinler, tiyazoller ve oksazoller gibi heterosiklik azot içeren bileşikler, Strecker degradasyonu yoluyla, 2 amino-karbonillerin kondensasyonu ile oluşur (Schirack ve ark., 2006; Wang ve ark., 2017). Bu bileşiklerin oluşumu, sıcaklık, pH, zaman, amino asit türü, şeker miktarı ve amino asitin şekere oranı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Hofmann, 1998). Pirazinler, bu reaksiyonlarla ortaya çıkan, heterohalkalı azot içeren bileşiklerin başlıca grubudur ve 1960'lı yıllardan günümüze kadar yapılan çalışmalarda yer fıstığı dahil çeşitli kavrulmuş gıdaların aroması ile ilişkilendirilmiştir (Baker ve ark., 2003; Crippen ve ark., 1992; Mason ve ark., 1966).

Yer fıstıklarında kavurma işlemi ile birlikte ortaya çıkan ve miktar bakımından en fazla olan aroma bileşikleri grubu pirazinlerdir (Ho ve ark., 1981). Pirazinlerin, tipik kavrulmuş yer fıstığı aromasından sorumlu ana

bileşen grubu olduğu ve kavrulmuş yer fıstığı aroması ile pirazin bileşikleri arasında güçlü bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Mason ve ark., 1966; Neta ve ark., 2010; Reed ve ark., 2002). Analizi yapılan örneklerde 14 adet pirazin bileşiği tanımlanmıştır. Pirazinamid hariç, tanımlanan pirazinlerin tümü önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir ve referanslar Çizelge 4.11'de numaralar ile gösterilmiştir.

2,5-dimetilpirazin, tüm örneklerde en fazla bulunan pirazin bileşiği olmuştur. Bu bileşik aynı zamanda kavrulmuş yer fıstığı aromasının bir göstergesi olarak da bilinir (Baker ve ark., 2003). Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen kavrulmuş fıstıklarda, küçük ve büyük boyutlu fıstıklar arasında 2,5-dimetilpirazin içeriğinde farklılıklar olsa da bu farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Örneklerde, 2,5-dimetilpirazinden sonra en fazla bulunan ikinci pirazin bileşiği trimetilpirazindir. Baker ve ark (2003), trimetilpirazinin kavrulmuş aroma ile ilişkisinin 2,5-dimetilpirazinden biraz daha güçlü olduğunu rapor etmiştir. Osmaniye yöresinden elde edilen küçük fıstıklarda bu bileşiğin miktarı diğer örneklere kıyasla istatistiksel olarak fark edilir şekilde yüksek çıkmıştır (245.45 µg/kg). Trimetilpirazinin miktarı üzerine yörenin etkisi önemlidir. Adana fıstıklarının boyutları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ku ve ark (1998), bahar ve güz mahsullerinden elde ettiği kavrulmuş fıstıkların trimetilpirazin içeriklerinin sırasıyla 62.7 ve 131.9 µg/kg olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmadaki trimetilpirazin miktarları Ku ve ark (1998)'nın bildirdiği değerlerden yüksek bulunmuştur.

2,6-dimetilpirazin, etilpirazin, 2-etil-3,5-dimetilpirazin, 3-etil-2,5-dimetilpirazin, 2-etil-6-metilpirazin ve 2-etil-5-metilpirazin Osmaniye 'nin küçük yer fıstığında diğer örneklere kıyasla belirgin şekilde yüksek çıkmıştır ve bu farklılık önemli bulunmuştur. 2,5 dimetilpirazinin yanında 2-etil-3,5-dimetilpirazinin de kavrulmuş fıstık aroması için iyi bir belirleyici olabileceği bildirilmiştir (Gama ve ark, 2019). Benzer şekilde Matsui ve ark (1998), 2-etil-3,5-

dimetilpirazinin yer fıstığı yağında yüksek seyreltme faktörü (SF) gösterdiğini rapor etmiştir.

Pirazinlere ilave olarak 2 adet piridin, 1 adet pirimidin, 4 adet pirol ve 1 adet tiyazol bileşiği tanımlanmıştır. Piridin ve pirol türevlerinin, ısı etkisi ile meydana gelen amino asit ve şekerlerin reaksiyonları sonucu ortaya çıkan bileşikler olduğu doğrulanmıştır ve genellikle *kavrulmuş/tütsülenmiş* kokulara sahip oldukları bildirilmiştir (Mottram, 1994; Liu ve ark., 2011). Tanımlanan pirol bileşikleri arasında N-metilpirol baskın bileşendir. Osmaniye yöresinde küçük fıstıkta, Adana yöresinde ise büyük fıstıkta önemli düzeyde yüksek çıkmıştır. Yöre etkisi ve yöre x boyut etkileşimi, N-metilpirol miktarını önemli düzeyde etkilemiştir. Ancak boyutun etkisi yöreye göre değişmiştir. Örneklerin 2-asetilpirol miktarları bakımından aralarındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Siegmund ve Murkovic (2004), 2-asetilpirol bileşiğinin tipik bir Maillard reaksiyon ürünü olduğunu bildirmiş ve kabak çekirdeği yağında, kavrulmuş aromaya katkıda bulunduğunu rapor etmişlerdir (Siegmund ve Murkovic, 2004). 2-asetilpirolin kavrulmuş fıstık dışında, kavrulmuş badem (Erten ve Cadwallader, 2017), ekmek kabuğu (Schieberle ve Grosch, 1985) ve pişmiş pirinç (Buttery ve ark., 1982) gibi ısıl işlem görmüş diğer gıdalarda da tanımlanmıştır.

1H-pirol-2-karboksaldehitin, *tatlı ve mısır benzeri* aromaya sahip olduğu rapor edilmiştir (Mottram, 1994). Her iki yörede de 1H-pirol-2-karboksaldehit ve 2-pirolidinon miktarı büyük fıstıklarda küçüklere kıyasla önemli düzeyde yüksek çıksa da yöre ve boyut etkisi her iki bileşikte de önemsizdir. Pirimidin türevlerinden, 4-etil-2,5,6-trimetilpirimidin daha önce yer fıstığında bildirilmemiştir ancak Kıvançlı ve Elmacı (2014) bu bileşiğin Türk kahvesinde *fındığımsı/patlamış mısır/kavrulmuş* kokularından sorumlu olduğunu rapor etmiştir. 4-etil-2,5,6-trimetilpirimidin sadece Osmaniye yöresinden elde edilen fıstıklarda tanımlanmış ve küçük fıstıklardaki miktarı büyüklere kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunmuştur.

Tiyazoller, tiyamin amino asitinin 1,2-karboniller ve alifatik aldehitler ile Strecker degradasyonu yolu ile bozunması sonucu daha çok kavrulmuş veya kızartılmış ürünlerde ortaya çıkan bileşiklerdir (Mottram, 1994). Örneklerde sadece 1 adet tiyazol bileşiği tanımlanmıştır (4-metil-5-tiyazol-etanol). Örneklerin 4-metil-5-tiyazol-etanol içerikleri istatistiksel olarak farklılık göstermiş ve Adana'nın büyük yer fıstığında en fazla bulunmuştur. 4-metil-5-tiyazol-etanol içerikleri bakımından her iki yörede de büyük fıstıklar küçüklere kıyasla önemli düzeyde yüksek çıkmıştır. Shimoda ve ark (1996), yüksek kavurma sıcaklıklarında, tiyazollerin susam yağında baskın bileşikler olduğunu rapor etmiştir.

Yer fıstığında *kavrulmuş aroma* pirazinler ile birlikte anılır. Pirazinler örnekte bulunan şeker-amino etkileşimi ile ortaya çıkan Maillard reaksiyonları sonucu oluşur (Smith ve ark., 2014). Bu sebeple hammaddede bulunan, Maillard reaksiyonlarına öncül bileşenlerin miktarının, kavurma sırasında oluşan aromaya etki ettiği bildirilmiştir. Neta ve ark (2010), ısı etkisiyle parçalanarak kavurma boyunca glikoz kaynağı olarak görev yapan sakkaroz bileşiminin kavurmaya etkisi olduğunu vurgulamıştır. Sanders ve ark (1990), boyutlandırılmış yer fıstıkları arasında kavrulmuş aroma açısından önemli bir fark olmadığını bildirirken, Pattee ve ark (1982a), küçük yer fıstıklarının büyüklere kıyasla daha düşük kavrulmuş aroma notuna sahip olduğunu belirtmiştir. Erken dönemlerde yapılan bu çalışmalar kavrulmuş aromayı yalnızca duyusal araçlar ile ölçmüştür. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada (Bett ve Bolyston, 1997), farklı boyuttaki fıstıkların aroması GC-MS yöntemi ile değerlendirilmiş, araştırıcılar 2,5-dimetilpirazin de dahil olmak üzere birkaç pirazinin miktarının büyük boyutlu fıstıklarda daha yüksek olduğunu ancak farkın istatistiksel olarak önemsiz çıktığını rapor etmişlerdir. Ancak bu raporda farklı boyuttaki fıstıkların kavrulmuş aromasından sorumlu bileşiklerin meydana geldiği ana proses olan kavurma koşulları hakkında yeterli bilgi verilmemiştir (Bett ve Bolyston, 1997). Küçük/olgunlaşmamış fıstıklar, daha yüksek şeker içeriğine sahip olmasından dolayı, büyük/olgun taneler ile eşit kavurma koşulları altında kavrulduğunda daha koyu yüzey rengine sahip olurlar ve koyu kavrulurlar (Pattee

ve ark, 1982a). Bu çalışmada, büyük yer fıstıklarına kıyasla küçük tohumlardaki yüksek şeker ve amino asit seviyesinin pirazin bileşiklerinin oluşumunu arttırmış olduğu gözükmektedir.

4.3.2.2. *O*-Heterohalkalı Bileşikler

Ortamda Maillard reaksiyonlarının devamı için, yeterli amino grupları olmadığında monosakkaritlerin, disakkaritlerin ve hatta polisakkaritlerin ısı etkisi ile bir dizi dehidrasyonunu, siklizasyonunu ve parçalanmasını içeren karamelizasyon reaksiyonları *O*-heterohalkalı bileşiklerin oluşumuna katkıda bulunur (Zhang ve ark., 2020). *O*-heterohalkalı bileşikler, genel olarak furanlar, piran, furanon, piranonlar ve bunların türevlerini içeren, nispeten düşük eşiklerde *karamel benzeri*, *tatlı*, *meyvemsi* ve *ceviz* kokuları veren bileşiklerdir. Kavrulmuş tohumlardan üretilen yağlarda yaygın olarak bulunan temel kokulardır (Liu ve ark., 2011).

Furan türevlerinin ortaya çıkmasında iki önemli reaksiyon rol almaktadır; (i) lipid peroksidasyonu ve (ii) karbonhidratların bozunması. Furan oluşumunun amino asitler ile bir ilişkisinin olmadığı belirtilmiştir (Su ve ark., 2011). Su ve ark (2011), yer fıstığı hidrolizatlarından termal yol ile oluşan Maillard reaksiyon ürünlerini incelediği çalışmasında örneklerde belirlediği furanların farklı yollar ile oluştuğunu göstermiştir. 2-pentil-furanın, lipid peroksidasyonu ile 2-metilfuran, 2-furanmetanol ve furfuralın karbonhidratların bozunmasıyla oluştuğu bilinmektedir (Maga, 1979; Murkovic ve ark., 2004). Örneklerde furan türevleri olarak tanımlanan bileşikler içinde furfural ve 2,3-dihidro-benzofuran baskın bileşiklerdir. Benzer şekilde, Gama ve ark (2019)'da kavrulmuş yer fıstığında 2,3-dihidro-benzofuranın furan türevleri arasında en yüksek seviyeye sahip olduğunu bildirmiştir. Örneklerin arasında 2,3-dihidro-benzofuran miktarı bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır. Osmaniye yöresinde furfural içerikleri bakımından örnekler arasında önemli bir fark yok iken, Adana yöresinde furfural içeriği küçük fıstıklarda büyüklere kıyasla önemli düzeyde yüksektir. Furfural ısıl

işlem uygulanmış gıdalardaki *karamel benzeri tatlı* aromalara katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda diğer heterohalkalı bileşikler ve furan türevleri için en önemli ara öncüllerden biri olarak görev yapar (Flament, 2002; Liu ve ark., 2011). Örneklerin 2-furanmetanol ve pantolakton içerikleri üzerine boyutun etkisi önemli bulunmuştur ve büyük fıstıkların 2-furanmetanol ve pantolakton içerikleri küçük fıstıklara kıyasla önemli düzeyde yüksektir. Yörenin etkisi iki bileşikte de önemsizdir. 2-pentilfuran bileşiği en fazla Osmaniye yöresinden elde edilen küçük fıstıkta bulunmuştur ve diğer örneklerden önemli düzeyde yüksektir. Küçük fıstıkların 2-pentilfuran içeriği büyüklere kıyasla daha fazladır. Boyutun etkisi bu bileşik üzerinde önemli düzeyde etkili bulunmuştur. Murkovic ve ark (2004), 2-pentil-furanın miktarının, kabak çekirdeğinde kavurma prosesi ile birlikte arttığını bildirmiştir. Xu ve ark (2018), yer fıstığı, soya ve keten tohumu yağlarında 2-pentil-furanın varlığını bildirmiştir.

Piran türevleri beş karbon atomu ve bir oksijen atomundan oluşan ve iki çift bağ içeren altı üyeli heterosiklik, aromatik olmayan bir halkalı bileşiklerdir. Örneklerde piran türevleri olarak tetrahidro-2H-piran-2-on ve maltol bileşikleri tanımlanmıştır. Örneklerin tetrahidro-2H-piran-2-on içerikleri arasında önemli bir farklılık yoktur. Maltol bileşiği Osmaniye yöresinden elde edilen küçük fıstıklarda saptanamamıştır. Schirack ve ark (2006), yer fıstığında maltol bileşiğini *pamuk şekeri* kokusu ile tanımlamıştır.

4.3.2.3. Diğer Bileşikler

Örneklerde heterohalkalı olmayan bileşik grupları içinde aldehitler, alkanlar, alkoller, amid, benzen türevleri, ketonlar ve terpenler yer almaktadır. Bu bileşiklerden aldehit, alkan, alkol ve ketonların lipit oksidasyonu yolu ile oluştuğu bilinmektedir (Liu ve ark., 2011).

Çizelge 4.11'de gösterildiği gibi, yer fıstığında aldehit bileşikleri olarak hekzanal, benzaldehit, benzenasetaldehit, 2,3-dihidro-1H-inden-4-karboksaldehit tespit edilmiştir. Aldehitler çoğunlukla lipid oksidasyonu ile ilişkilidir ve yer

fıstığındaki istenmeyen aromadan sorumlu oldukları bildirilmiştir (Kalua ve ark., 2007; Nepote ve ark., 2009). Örneklerin hekzanal içerikleri arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Grosso ve Resurreccion (2002), kavrulmuş yer fıstığında 7400 µg/kg değerinden daha yüksek hekzanal seviyesinin aromayı olumsuz etkilediğini rapor etmiştir. Bu çalışmada, tüm örneklerdeki hekzanal seviyeleri önceki çalışmada bildirilen bu değerin oldukça altındadır.

Aromatik aldehitler olarak adlandırılan benzaldehit ve benzenasetaldehitin fenilalanin amino asidinden Strecker reaksiyonları ile oluştuğu bilinmektedir (Liu ve ark., 2011). Benzaldehit ve benzenasetaldehit bileşikleri sırasıyla *bademsi* ve *tatlı/çiçek* kokuları ile ilişkilendirilmiştir (Liu ve ark., 2011; Wang ve ark., 2017). Bu çalışmada her iki bileşik te büyük boy yer fıstıklarında anlamlı olarak daha yüksek değerler göstermiştir. Benzaldehit tüm örneklerde baskın aldehit olmuştur ve Adana yöresinin büyük yer fıstığında diğer örneklere kıyasla fark edilir şekilde yüksek çıkmıştır. Benzer şekilde, Bolyston ve Bett (1997), büyük tohumların önemli ölçüde daha yüksek benzaldehit seviyelerine sahip olduğunu rapor etmiştir. Bu aromatik aldehitler kavrulmuş yer fıstığında yapılan önceki çalışmalarda sıklıkla rapor edilmişlerdir (Smith and Barringer, 2014; Lykomitros ve ark., 2018; Wang ve ark., 2017). 2,3-dihidro-1H-inden-4-karboksaldehit tanımlanan diğer aldehit bileşiğidir. Osmaniye yöresinde farklı boyutlarda bu bileşik miktarı bakımından önemli bir farklılık yok iken, Adana yöresi büyük yer fıstıkları küçüklere kıyasla önemli düzeyde yüksektir.

Örneklerde alkan bileşikleri olarak 2,2,4,6,6-pentametilheptan ve 1,1,2,2-tetrakloroetan tanımlanmıştır. 1,1,2,2-tetrakloroetan bileşiği ise sadece Osmaniye yöresinden elde edilen fıstıklarda tanımlanmıştır ve boyutlar arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Örneklerde 4 farklı alkol bileşiği tanımlanmıştır. Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen küçük-büyük fıstıklarda toplam alkol bileşiği miktarı 437.76-481.82 µg/kg ve 151.41-392.72 µg/kg olarak bulunmuştur. Büyük fıstıklarda toplam alkol miktarının küçüklere kıyasla daha fazla olduğu

görülmektedir. 2-pentanol bileşiği Osmaniye yer fıstıklarında özellikle küçük fıstıkta baskın bileşik olmuştur. 4-metil-2-pentanol her iki yörede de sadece büyük fıstıklarda saptanmıştır ve her iki yörenin fıstıkları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Yörenin etkisi 3-pentanol ve 2-pentanol bileşikleri üzerine etkiliyken, boyutun etkisi 2-pentanol, 3-penten-2-ol ve 4-metil-2-pentanol bileşikleri üzerine etkili olmuştur. Yöre x boyut etkileşimi 3-pentanol, 2-pentanol ve 4-metil-2-pentanol bileşikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki oluşturmuştur. Alifatik alkoller ve alkanların yüksek koku eşiği değerleri nedeniyle genellikle lipit içeren yiyeceklerin aromalarına önemli katkıda bulunmadıkları vurgulanmıştır (Ho ve Shahidi, 2005; Liu ve ark., 2011).

Örneklerde tanımlanmış, benzen türevleri altında gruplandırılmış bileşikler olarak sitren, benzenemetanamin, benzenmetanol, benzenetanol ve kaprolaktam bileşikleri bulunmaktadır. Bu bileşiklerden sadece benzenmetanamin her iki yörede de küçük fıstıklarda tanımlanmıştır ve Osmaniye yer fıstığındaki miktarı Adana'ya kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Benzenmetanol ve benzenetanolün sırasıyla *taze ekmeğimsi* ve *tatlı/gül benzeri* kokulara sahip oldukları belirtilmiştir (Liu ve ark., 2011). Rodríguez-Bencomo ve ark (2015), antepfıstığında benzen türevlerinin Maillard reaksiyonları sonucu ortaya çıktığını rapor etmiştir. Ancak yer fıstığı yağında yapılan başka bir çalışmada örneklerdeki benzenmetanol ve benzenetanol içeriği kavurma ile önemli bir artış göstermemiştir hatta kavurmanın 30. dakikasından sonra tespit edilememiştir (Liu ve ark., 2011).

Örneklerde fenol türevi olarak 2-metoksi-4-vinil-fenol bileşiği tanımlanmıştır. Miktar bakımından örnekler arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. 2-metoksi-4-vinil-fenol bileşiği önceki çalışmalarda kavrulmuş yer fıstığında sıklıkla tanımlanan bir bileşiktir ve *karanfil, baharat, meyan kök*ü ve *tatlı* kokular ile ilişkilendirilmiştir (Greene ve ark., 2008; Liu ve ark., 2011; Lin ve ark., 2016; Lykomitros ve ark., 2018). Lin ve ark (2016), 2-metoksi-4-vinil-fenolün pirazinler ile pozitif ve güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu söylerken Liu ve ark (2011), bu bileşiğin yer fıstığı yağında özellikle kavurmanın son aşamasında miktarca artışa geçtiğini ve daha yüksek sıcaklıklarda oluşuyor olabileceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.11. Kavrulmuş yer fıstıklarına ait aroma bileşikleri (µg/kg kuru ağırlık)

No	Aroma bileşikleri	LRI[x]	RT[y]	O7	O11	A7	A11	Boyut (B)	Yöre (Y)	B x Y	Tan.[z]	Ref.[α]
	Aldehit											
1	Hekzanal[φ]	965	8.42	41.36[a]±17.42	51.47[a]±23.44	46.78[a]±3.23	50.48[a]±7.45	öd	öd	öd	LRI, MS, std	1; 4
2	Benzaldehit[φ†]	1403	27.2	82.20[bc]±7.30	98.01[b]±38.63	57.98[c]±6.69	137.44[a]±7.26	öd	öd	*	LRI, MS, std	2
3	Benzenasetaldehit	1511	31.58	28.61[ab]±2.95	32.87[ab]±13.53	13.19[b]±0.26	39.99[a]±20.02	öd	öd	öd	LRI, MS, std	3
4	2,3-dihidro-1H-inden-4-karboksaldehit	1767	42.52	4.48[b]±1.09	6.61[b]±2.07	4.31[b]±1.03	21.85[a]±14.68	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	
	Toplam aldehit			156.65[b]	188.96[ab]	122.27[b]	249.76[a]	*	öd	öd		
	Alkan											
5	2,2,4,6,6-pentametilheptan	892	5.5	20.03[b]±1.63	72.90[a]±26.04	72.24[ab]±6.75	72.91[ab]±4.67	öd	*	*	LRI, MS, tent	
6	1,1,2,2-tetrakloroetan	1406	27.31	14.86[a]±13.29	18.82[a]±15.56	0.00[a]±0.00	0.00[a]±0.00	*	*	öd	LRI, MS, tent	
	Toplam alkan			34.89[b]	91.71[a]	72.24[a]	72.91[a]	**	öd	**		
	Alkol											
7	3-pentanol[φ]	991	9.49	98.10[a]±11.98	62.12[ab]±10.98	27.23[b]±11.62	46.76[b]±30.76	öd	**	*	LRI, MS, tent	6
8	2-pentanol[φ]	1005	10.05	288.05[a]±28.76	183.16[b]±56.26	91.07[c]±17.33	101.95[c]±11.19	öd	***	*	LRI, MS, std	7
9	3-penten-2-ol[φ]	1066	12.46	51.61[b]±4.82	189.12[a]±66.70	33.11[b]±24.20	188.29[a]±85.31	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	
10	4-metil-2-pentanol[φ]	1215	18.65	0.00[b]±0.00	47.43[a]±15.14	0.00[b]±0.00	55.72[a]±23.08	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	
	Toplam alkol			437.76[a]	481.82[a]	151.41	392.72[a]	*	*	öd		
	Amid											
11	N-formilanilin	2132	52.18	16.44[a]±1.23	17.01[a]±6.30	25.52[a]±10.42	21.55[a]±12.93	öd	öd	öd		
	Toplam amid			16.44[a]	17.01[a]	25.52[a]	21.55[a]	öd	öd	öd		

Cizelge 4.11'in devamı

	Benzen											
12	Sitren[φ]	1149	15.87	46.81^{a}±14.17	36.50^{a}±12.12	31.59^{a}±19.50	40.54^{a}±2.82	**	öd	öd	LRI, MS, tent	8
13	Benzenemetanamin	1442	28.77	16.94^{a}±2.83	0.00^{c}±0.00	5.36^{b}±3.93	0.00^{c}±0.00	öd	**	**	LRI, MS, tent	
14	Benzenmetanol[φ]	1731	40.75	11.84^{a}±0.27	9.42^{a}±3.00	8.84^{a}±3.11	8.20^{a}±0.90	öd	öd	öd	LRI, MS, std	9
15	Benzenetanol[φ]	1765	41.95	24.87^{a}±1.52	14.41^{b}±5.73	11.77^{b}±5.45	10.91^{b}±1.94	öd	**		LRI, MS, tent	9
16	Kaprolaktam	2015	49.33	0.76^{a}±0.52	11.90^{a}±7.78	5.22^{a}±4.12	11.01^{a}±8.33	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	
	Toplam benzen			101.22^{a}	72.23^{a}	62.79^{a}	70.66^{a}	öd	öd	öd		
	Fenol											
17	2-metoksi-4-vinil-fenol[φ]	2015	49.33	31.90^{a}±10.97	25.97^{a}±1.81	21.50^{a}±3.61	24.12^{a}±18.36	öd	öd	öd		9; 10
	Toplam fenol			31.90^{a}	25.97^{a}	21.50^{a}	24.12^{a}	öd	öd	öd		
	Furan											
18	2-pentilfuran	1137	15.38	36.15^{a}±9.61	10.04^{b}±0.53	20.83^{b}±1.45	17.69^{b}±5.42	öd	öd	**	LRI, MS, tent	12
19	Furfural	1345	24.68	80.48^{a}±7.89	73.65^{a}±20.08	50.61^{ab}±20.13	37.48^{b}±14.06	öd	**	öd	LRI, MS, std	9
20	Bütirolakton[φ]	1502	31.2	14.49^{d}±7.79	35.83^{ab}±8.28	44.45^{a}±3.28	25.63^{bc}±3.10	*	*	***	LRI, MS, tent	9
21	Fitalan	1532	32.5	10.47^{a}±1.15	9.89^{a}±3.59	5.65^{b}±0.98	8.78^{ab}±1.84	öd	*	öd	LRI, MS, tent	
22	2-furanmetanol	1524	32.16	16.76^{b}±7.53	37.08^{a}±12.44	18.26^{b}±9.91	27.44^{ab}±6.60	öd	öd	öd	LRI, MS, std	13-15
23	Pantolakton	1883	45.73	3.05^{b}±0.48	22.04^{a}±4.62	13.60^{ab}±8.76	19.28^{a}±8.88	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	16
24	2,3-dihidro-benzofuran	2184	53.34	60.78^{a}±15.26	64.13^{a}±18.97	48.66^{a}±7.65	72.00^{a}±53.75	öd	öd	öd	LRI, MS, std	13
	Toplam furan			222.19^{a}	252.66^{a}	202.05^{a}	208.30^{a}	öd	öd	öd		
	Keton											
25	2-pentanon[φ]	885	5.23	168.87^{b}±59.89	391.16^{a}±60.33	293.42^{ab}±112.00	242.01^{b}±28.69	öd	öd	*	LRI, MS, tent	16
	Toplam keton			168.87^{b}	391.16^{a}	293.42^{ab}	242.01^{b}	öd	öd	*		

Cizelge 4.11'in devamı

	Piran														
26	Tetrahidro-2H-piran-2-on[o]	1493	30.84	44.65^{a}±19.05	26.20^{a}±7.52	40.66^{a}±29.40	26.74^{a}±2.54	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	17	
27	Maltol[p]	1811	43.53	0.00^{b}±0.00	22.57^{a}±10.80	17.33^{a}±0.37	14.35^{ab}±12.07	öd	öd	*	LRI, MS, std	15	
	Toplam piran			44.65^{a}	48.77^{a}	57.99^{a}	41.09^{a}	öd	öd	öd			
	Pirazin												
28	Metilpirazin[†]	1162	16.41	91.48^{a}±18.01	73.79^{a}±24.77	67.66^{a}±38.08	60.55^{a}±19.60	**	öd	öd	LRI, MS, std	13; 14;18	
29	2,5-dimetilpirazin[†]	1222	19.01	234.44^{a}±24.34	215.11^{a}±65.85	178.57^{a}±74.13	187.04^{a}±43.02	öd	öd	öd	LRI, MS, std	4; 19-22	
30	2,6-dimetilpirazin[†]	1228	19.27	63.28^{a}±14.65	33.78^{b}±10.30	38.63^{ab}±20.29	39.27^{ab}±6.34	öd	öd	öd	LRI, MS, std	23	
31	Etilpirazin[†]	1232	19.48	58.76^{a}±7.87	31.36^{b}±10.03	31.06^{b}±21.83	34.90^{ab}±8.23	öd	öd	öd	LRI, MS, std	9; 13; 23	
32	2,3-dimetilpirazin[†]	1245	20.07	24.98^{a}±7.20	19.77^{a}±5.48	15.61^{b}±10.97	34.02^{a}±23.03	öd	öd	öd	LRI, MS, std	2; 21; 16	
33	2-etil-6-metilpirazin	1288	22.11	48.99^{a}±13.03	22.69^{b}±7.27	33.03^{ab}±10.36	16.06^{b}±4.91	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	19	
34	2-etil-5-metilpirazin[†]	1294	22.41	111.37^{a}±15.51	59.00^{b}±17.45	69.16^{b}±9.63	50.11^{b}±9.03	öd	*	öd	LRI, MS, tent	19	
35	Trimetilpirazin	1307	23.00	245.45^{a}±24.36	161.53^{b}±46.83	142.86^{b}±15.59	134.98^{b}±21.43	öd	**	öd	LRI, MS, std	2	
36	2-etil-3,5-dimetilpirazin[†]	1352	24.97	78.64^{a}±6.26	51.62^{ab}±24.27	50.24^{ab}±17.20	25.80^{b}±1.64	öd	*	öd	LRI, MS, std	14; 24	
37	3-etil-2,5-dimetilpirazin[†]	1373	25.89	65.23^{a}±24.78	26.60^{b}±11.61	41.93^{ab}±24.16	34.07^{ab}±6.76	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	23; 25	
38	2-metil-6-(2-propenil)-pirazin	1442	28.75	13.39^{a}±2.69	11.11^{a}±2.19	10.65^{a}±1.15	11.30^{a}±4.50	*	öd	öd	LRI, MS, tent	6	
39	Pirazin-amide	1581	34.63	8.61^{a}±1.25	5.92^{a}±0.93	6.04^{a}±3.72	6.94^{a}±1.01	öd	öd	öd	LRI, MS, tent		
40	2-metil-5-(2-propenil)-pirazin	1595	35.2	7.90^{a}±1.75	9.24^{a}±3.38	13.72^{a}±3.36	8.42^{a}±3.20	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	9;11	
41	2-metoksi-3-metil-pirazin	2116	51.83	6.04^{ab}±1.96	9.45^{ab}±4.34	1.95^{b}±0.67	13.73^{a}±7.48	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	22	
	Toplam pirazin			967.07^{a}	657.18^{b}	633.44^{b}	596.64^{b}	öd	öd	öd			
	Piridin												
42	3-Metoksi-piridin	1461	29.54	19.95^{a}±1.28	14.59^{a}±2.02	16.11^{a}±8.51	6.20^{b}±0.29	öd	*	öd	LRI, MS, tent	9	
43	4-piridin-karboksilik asit-metil ester	1661	37.99	4.81^{a}±0.30	5.46^{a}±2.98	3.63^{a}±0.62	6.20^{a}±1.31	öd	öd	öd	LRI, MS, tent		
	Toplam piridin			24.76^{a}	20.04^{ab}	19.74^{ab}	12.40^{b}	öd	öd	öd			

Çizelge 4.11'in devamı

	Pirimidin											
44	4-etil-2,5,6-trimetilpirimidin	1409	27.44	9.34^{s}±1.46	7.77^{a}±1.53	0.00^{b}±0.00	0.00^{b}±0.00	öd	***	öd	LRI, MS, tent	
	Toplam pirimidin			9.34^{a}	7.77^{a}	0.00^{b}	0.00^{b}	öd	***	öd		
	Pirol											
45	N-metilpirol$^{\varphi\dagger}$	1012	10.32	167.27^{s}±12.91	109.85^{b}±4.79	102.78^{b}±6.43	159.26^{a}±18.84	**	öd	***	LRI, MS, tent	14; 26; 27
46	2-asetilpirol	1812	43.54	7.30^{s}±1.13	16.60^{a}±9.43	14.83^{a}±5.08	17.36^{a}±13.19	öd	öd	öd	LRI, MS, std	8; 14
47	1H-Pirol-2-karboksaldehit	1877	45.54	2.38^{b}±0.27	6.18^{a}±1.44	4.50^{ab}±1.88	5.65^{a}±1.01	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	14
48	2-pirolidinon	1891	45.98	0.46^{b}±0.30	8.74^{a}±3.01	4.75^{ab}±1.33	8.65^{a}±3.95	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	9
	Toplam pirol			177.41^{a}	141.37^{b}	126.86^{b}	190.92^{a}	öd	öd	***		
	Terpen											
49	Limonen$^{\varphi}$	1105	14.04	28.24^{b}±5.48	72.97^{a}±20.36	12.64^{b}±0.12	40.27^{a}±26.47	öd	*	öd	LRI, MS, std	13
50	1,8-cineole	1114	14.43	31.79^{ab}±3.00	35.88^{a}±1.24	37.54^{a}±2.40	25.08^{b}±9.33	öd	öd	*	LRI, MS, tent	
51	cis-Ocimene$^{\varphi}$	1168	16.64	51.67^{a}±6.20	0.00^{c}±0.00	21.28^{b}±0.18	0.00^{c}±0.00	öd	***	***	LRI, MS, tent	
	Toplam terpen			111.70^{a}	108.84^{a}	71.46^{ab}	65.36^{b}	öd	*	öd		
	Tiyazol											
52	4-methyl-5-tiyazol-etanol	2149	52.57	3.30^{b}±1.52	6.81^{a}±1.50	3.61^{b}±1.88	5.70^{ab}±1.26	öd	öd	öd	LRI, MS, tent	13
	Toplam tiyazol			3.30^{b}±1.52	6.81a±1.50	3.61b±1.88	5.70^{ab}±1.26	*	öd	öd		
	Toplam aroma bileşikleri			2603.99^{a}	2590.48^{a}	1936.33^{a}	2259.06^{a}	öd	öd	öd		

Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Simgeler: ^{x}Lineer alıkonma indeksi, ^{y}Alıkonma zamanı, ^{z}Tanımlama yöntemi: (LRI) Lineer alıkonma indeksi, (MS, tent) MS ile tentatif tanımlama, (std) standart madde enjeksiyonu ile. (φ) Bileşikler hem çiğ hem de kavrulmuş fıstıklarda tespit edilmiştir. (†) Bileşikler *in vivo* aroma salınımı yönteminde de belirlenmiştir. (LRI) Doğrusal alıkonma indeksi. (RT) Alıkonma zamanı

Referanslar: (1) Kelebek ve ark (2018); (2) Lykomitros ve ark (2018); (3) Chetschik ve ark (2010); (4) Smith ve Barringer (2014); (5) Walradt ve ark (1971); (6) Wang ve ark (2017); (7) Sonmezdag ve ark (2018); (8) Dun ve ark (2019); (9) Liu ve ark (2011); (10) Greene ve ark (2008); (11) Matsui ve ark (1998); (12) Xu ve ark (2018); (13) Jiao ve ark (2016); (14) Gama ve ark (2019); (15) Schirack ve ark (2006); (16) Smith ve ark (2014); (17) Martín ve ark (2019); (18) Onat ve ark (2018); (19) Lin ve ark (2016); (20) Ng ve ark (2008); (21) Braddock ve ark (1995); (22) Baker ve ark (2003); (23) Reed ve ark (2002); (24) Kaneko ve ark (2013); (25) Murkovic ve ark (2004); (26) Ng ve ark (2008); (27) Young ve ark (1990)

Örneklerin Kodlanması: (O) Osmaniye; (A) Adana; (7) 7 mm fıstık; (11) 11 mm fıstık

Yöre, boyut ve bunların interaksiyonlarının önem düzeyi: (öd) önemli değil; (*) $p<0.05$; (**) $p< 0.01$; (***) $p< 0.001$

4.3.3. Kavurma İşleminin Yer Fıstıklarının *In Vitro* Aroma Bileşimi Üzerine Etkisi

Yer fıstıklarında aroma bileşiklerinin kavurma işlemi ile değişimini gözlemlemek için çiğ ve kavrulmuş örnekler birlikte değerlendirilmiş ve Çizelge 4.12'de, örneklerde ortak olarak bulunan bileşiklerin ortalama değerleri karşılaştırılmıştır. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarında tanımlanan ve miktarı belirlenen toplam 29 ve 52 adet aroma bileşiğinin 17'si ortaktır. Bu bileşikleri aldehitler (2 adet) , alkoller (4 adet), benzen türevleri (3 adet), piranlar (2 adet), terpenler (2 adet) ile birlikte birer tane fenol, furan, keton ve pirol türevi oluşturmuştur. Alkan, pirazin, piridin, pirimidin ve tiyazol bileşikleri kavurma ile ortaya çıkmış ve sadece kavrulmuş yer fıstıklarında tanımlanmıştır. Kavurma ile oluşan ve miktarı en fazla artan bileşik grubu pirazinler olmuştur. Pirazin, piridin ve pirimidinlerin oluşması ve bulundukları ürüne tipik *kavrulmuş aromayı* vermesi için 130 °C'den yüksek sıcaklığa ihtiyaç duydukları önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Wang ve ark., 2017). Çiğ yer fıstıklarında bulunmayan, kavurma ile oluşan bir diğer grup alkan bileşikleridir. Lipit oksidasyon ürünü olduğu bilinen alkanların yüksek koku eşik değerleri nedeniyle aromaya katkılarının sınırlı olduğu bilinmektedir (Liu ve ark., 2011).

Örneklerdeki hekzanal bileşiği miktarı kavurma ile birlikte önemli düzeyde azalırken, benzaldehit miktarı önemli düzeyde artmıştır. Hekzanal içeriği, yer fıstığının olgunlaşması sırasında alkol dehidrogenaz ve lipoksigenaz aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir (Pattee ve ark., 1970). Hekzanal aynı zamanda linoleik asitin ikincil oksidasyon ürünü olduğundan, kavrulmuş ürünlerde depolamaya bağlı olarak oluşup miktarı artabilmektedir (Smith ve ark., 2014). Kavrulmuş yer fıstığında, 7400 µg/kg'dan daha yüksek hekzanal seviyesinin tüketiciler için kabul edilebilirliği etkilediği rapor edilmiştir (Grosso ve Resurreccion, 2002). Bu çalışmada hem çiğ hem kavrulmuş örnekler araştırmacıların bildirdiği sınırın altındadır. Chetschik ve ark (2010), çiğ ve kavrulmuş örneklerdeki hekzanal içeriklerini sırasıyla 2734 ve 838 µg/kg olarak bulmuştur. Benzer şekilde Smith ve ark (2014)'da örneklerin hekzanal içeriklerinin kavurma ile azaldığını bildirmiştir.

Rodríguez-Bencomo ve ark (2015)'na göre aldehit bileşiklerinin yüksek uçucu olma özelliklerinden dolayı ısı uygulaması/kavurma ile buharlaşması beklense de örneklerin benzaldehit miktarı kavurma ile önemli düzeyde yükselmiştir. Çiğ örneklerde ortalama 9.87 µg/kg olan benzaldehit miktarı, kavurmadan sonra 93.91 µg/kg'a çıkmıştır. Aromatik aldehit olarak adlandırılan benzaldehitin fenilalanin amino asitinin Strecker reaksiyonları ile bozunması ile (Liu ve ark., 2011); veya ii) linoleik asidin termal oksidasyonu ile (Bett ve Boylston, 1992) oluştuğu varsayılmaktadır. Smith ve ark (2014), çiğ yer fıstığındaki benzaldehit miktarının 21.9 µg/kg olduğunu ve örneklerin 177 ^{o}C/5 dakika, mikrodalgada 2 dakika ve 204 ^{o}C/5 dakika kavrulmasıyla benzaldehit içeriklerinin sırasıyla 61.1, 53.7 ve 50.1 µg/kg'a kadar yükseldiğini rapor etmiştir. Önceki çalışmaların ışığında, bu çalışmadaki örneklerde gözlenen benzaldehit artışı kavurma işlemi ile meydana gelen Strecker bozunması yoluyla gerçekleşmiş olabilir.

Kavrulmuş örneklerde tanımlanan alkol bileşiklerinin çoğu çiğ örneklerde de bulunmuştur. Alkol bileşiklerinin miktarı çiğ ve kavrulmuş örneklerde değişim gösterse de bu değişimler genellikle istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. İçlerinden sadece 3-penten-2-ol miktarı kavurma ile önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$).

Örneklerde ortak olarak tanımlanan benzen türevlerinden sitren bileşiğinin miktarı kavurma ile önemli düzeyde değişmezken benzenmetanol ve benzenetanol miktarları kavurma ile önemli düzeyde azalmıştır. Çeşitli gıdalarda kavurma ile bu bileşiklerin nasıl değiştiğine bakıldığında, Rodríguez-Bencomo ve ark (2015), antep fıstıklarında sitren, benzenmetanol ve benzenetanol içeriklerinin kavurmaya bağlı olarak arttığını göstermiştir. Amanpour ve ark (2019), taze ve kavrulmuş menengiç meyvesinde benzenmetanol miktarının kavurma ile önemli düzeyde değişmediğini ancak benzenetanol miktarının kavrulmuş ürünlerde önemli düzeyde yüksek olduğunu belirtmiştir. Yer fıstığında yapılan başka bir çalışmada ise örneklerdeki benzenmetanol ve benzenetanol içeriği kavurmanın 30. dakikasından sonra tespit edilememiştir (Liu ve ark., 2011).

Kavurma ile miktarı önemli düzeyde ($p<0.001$) artan diğer bileşikler 4-vinil-2-metoksi-fenol ve N-metilpiroldür. Çiğ örneklerdeki 4-vinil-2-metoksi-fenol miktarı 1.41 µg/kg iken kavurma ile miktarı 25.87 µg/kg olmuştur. Benzer şekilde, Liu ve ark (2011), bu bileşiğin yer fıstığı yağında özellikle kavurmanın son aşamasında miktarca arttığını ve meydana gelmesi için yüksek sıcaklıklara gereksinim olduğunu bildirmiştir. Zhang ve ark (2020) ve Liu ve ark (2011) yer fıstığında kavurma işlemiyle . 4-vinil-2-metoksi-fenolün miktarının önemli düzeyde arttığına değinmişlerdir. 4-vinil-2-metoksi-fenolün ferulik asidin (ester formunda bulunan) ısı ile dekarboksilasyonu yoluyla ortaya çıktığı tahmin edilmektedir (Liu ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2020). Kaneko ve ark (2013), ise 4-vinil-2-metoksi-fenolün miktarının kavrulmuş yer fıstıklarında depolamaya bağlı olarak da arttığını bildirmiştir.

Çiğ ve kavrulmuş örneklerde ortak olarak bulunan tek pirol bileşiği N-metilpirol olmuştur. N-metilpirol miktarı kavurma ile önemli düzeyde artmıştır ($p<0.001$). Dun ve ark (2019), soğuk sıkım ve sıcak sıkım yer fıstığı yağlarından elde ettiği aroma bileşiklerini kıyaslamış ve iki grupta da tek ortak pirol bileşiğinin N-metil-pirol olduğunu göstermiştir. Rodríguez-Bencomo ve ark (2015), çiğ antep fıstığında miktarca düşük olsa da pirazin, pirol ve furan gruplarına ait bazı bileşikleri tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu bileşiklerin miktarının kavurma ile arttığını, ancak N-metilpirol ve furfural bileşiklerindeki artışın pirazinler kadar yüksek olmadığını bildirmiştir.

Çiğ ve kavrulmuş örneklerdeki ortalama limonen miktarının kavurma ile önemli düzeyde düştüğü görülmektedir. Çiğ örneklerdeki ortalama limonen konsantrasyonu 186.43 µg/kg iken kavurmadan sonra 38.53 µg/kg'a düşmüştür. Limonen bileşiği yer fıstığı dahil meyve ve sebzelerde yaygın bir şekilde bulunan izoprenoid yolla sentezlenen bir monoterpendir (Bett ve Boylston, 1992; Wang ve ark., 2017; Gama ve ark., 2019). Guclu ve ark (2021), farklı kurutma tekniklerinin tatlı kırmızı biberine ait aroma bileşikleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında, terpenlerin uygulanan ısı ile bozulmaya uğradığını bununda kurutulmuş biberlerde daha az terpen bileşikleri bulunmasına neden olduğunu belirtmiştir. Liu ve ark (2011), farklı kavurma sürelerinin etkisiyle yer fıstığındaki aroma bileşiklerinin

değişimini incelemiştir. Araştırmacılar limonen bileşiğinin kavurmanın ilk 30 dakikasında en yüksek konsantrasyona ulaştığını ve kavurmanın sonunda (50 dk) örneklerde tespit edilemediğini göstermiştir. cis-Ocimene bileşiğinin miktarı önemli düzeyde değişmese de toplam terpen miktarındaki azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Terpen bileşikleri ısıya dayanıklı olmayan ve kolayca okside olabilen bileşiklerdir (Scott, 2005). Limonen ve toplam terpen miktarındaki bu azalma, sahip olduğu yüksek uçuculuk ve kararsızlık nedeniyle kavurma sırasında sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak gerçekleşmiş olabilir (Liu ve ark., 2011).

Bütirolakton bileşiği hem çiğ hem kavrulmuş ürünlerde tespit edilmiş ancak miktarı kavurma ile azalmıştır. Benzer şekilde, Liu ve ark (2011), yer fıstığında bulunan bütirolakton miktarının kavurmanın ilk 30 dakikasında en yüksek seviyeye ulaştığını ve kavurmanın sonunda tespit edilemediğini göstermiştir. Bütirolaktonun tespit edildiği çeşitli gıdalarda ise ısı uygulaması ile arttığı bildirilmiştir. Bu çalışmalarda; Rodríguez-Bencomo ve ark (2015), antep fıstığında bütirolakton seviyesinin kavurma ile birlikte arttığına değinmiş ve bu artışın kavurma sırasında gerçekleşen Maillard reaksiyonlarından kaynaklandığını bildirmiştir. Guclu ve ark (2021), taze ve farklı tekniklerle kurutulmuş (70 °C'de sıcak hava ile konvektif kurutma, 2 W/g'de aralıklı mikrodalga kurutma ve 70 °C'de kızılötesi kurutma) tatlı kırmızı biberlerde yaptığı çalışmasında, bütirolakton bileşiğinin sadece 70 °C'de sıcak hava ile konvektif kurutma uygulanan örneklerde bulunduğunu belirtmiştir. Salum ve ark (2017), tekir balığında bulunan bütirolakton miktarının yine ısı uygulaması ile arttığına dikkat çekmiştir. Bütirolaktonun enzimatik, termal veya oksidatif olmak üzere üç yol ile oluşabileceği belirtilmektedir (Salum ve ark., 2017).

Çiğ ve kavrulmuş örneklerin her ikisinde belirlenen tek keton bileşiği 2-pentanon olmuştur ve bu bileşiğin örneklerdeki ortalama miktarı kavurma ile önemli düzeyde yükselmiştir. Yapılan bir çalışmada da çiğ yer fıstığı örneklerinde bulunan 2-pentanon seviyesi 6.94 µg/kg iken çeşitli kavurma uygulamaları ile 28.7-108 µg/kg‘a yükselmiştir (Smith ve ark., 2014). Keton bileşiklerinin lipit oksidasyonu yolu ile oluştuğu ve yer fıstıklarında istenmeyen aroma oluşumunda

rol oynadıkları bilinmektedir (Gama ve ark., 2019). Bu çalışmada kavurma ile meydana gelen 2-pentanon seviyesindeki artış, ısı uygulaması sırasında gelişen lipit oksidasyonu nedeniyle gerçekleşmiş olabilir (Liu ve ark., 2011).

Çizelge 4.12. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarında ortak olarak bulunan aroma bileşikleri (µg/kg kuru ağırlık)

Sıra No	Toplam Aroma Bileşikleri	Çiğ	Kavrulmuş	*p* değeri
	Aldehit			
1	Hekzanal	56.35±5.77	47.52±13.57	*
2	Benzaldehit	9.87±3.02	93.91±34.78	***
	Toplam aldehit	*66.22±6.99*	*141.43±42.98*	***
	Alkol			
3	3-pentanol	226.42±306.67	58.55±31.31	öd
4	2-pentanol	624.5±918.31	166.06±87.16	öd
5	3-penten-2-ol	204.44±94.76	115.53±90.17	*
6	4-metil-2-pentanol	40.54±15.34	25.79±29.55	öd
	Toplam alkol	*1095.9±1306.65*	*365.93±160.45*	*öd*
	Benzen			
7	Sitren	31.39±22.74	38.86±12.95	öd
8	Benzenmetanol	19.21±10.74	9.57±2.37	*
9	Benzenetanol	43.3±39.64	15.49±6.8	*
	Toplam benzen	*31.3±23.66*	*21.31±6.57*	*öd*
	Fenol			
10	4-vinil-2-metoksi-fenol	1.41±2.57	25.87±10.1	***
	Toplam fenol	*1.41±2.57*	*25.87±10.1*	***
	Furan			
11	Bütirolaktan	94.05±33.66	30.1±12.81	***
	Toplam furan	*94.05±33.66*	*30.1±12.81*	***
	Keton			
12	2-pentanon	126.76±41.1	273.87±104.5	***
	Toplam keton	*126.76±41.1*	*273.87±104.5*	***
	Piran			
13	Tetrahidro-2H-piran-2-on	38.56±39.23	34.56±17.56	öd
14	Maltol	10.36±8.94	13.56±11.14	öd
	Toplam piran	*48.92±46.45*	*48.13±18.99*	*öd*
	Pirol			
15	N-metil-pirol	49.03±28.93	134.79±31.73	***
	Toplam pirol	*49.03±28.93*	*134.79±31.73*	***
	Terpen			
16	Limonen	186.43±85.21	38.53±27.28	***
17	cis-Ocimene	24.24±20.78	18.24±22.27	öd
	Toplam terpen	*210.66±76.68*	*56.77±25.72*	***

p değeri: (öd) önemli değil; (*) p<0.05; (**) p< 0.01; (***) p< 0.001

4.4. Çiğ ve Kavrulmuş Yerfıstıklarının Aroma Aktif Bileşikleri

Adana ve Osmaniye yörelerinden elde edilmiş, küçük ve büyük olmak üzere iki boyutta sınıflandırılmış yer fıstıklarının aroma aktif bileşikleri, bu bileşiklerin verdiği kokular ve koku seyreltme faktörleri (SF) çiğ ve kavrulmuş ürünler için sırasıyla Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre;

- Çiğ örneklerde iki adet kavrulmuş örneklerde ise 31 adet aroma aktif bileşik tespit edilmiştir. Çiğ örneklerde tanımlanan aroma aktif bileşiklerin SF'leri 2-32 arasında değişirken, kavrulmuş örneklerde 2-256 aralığında değişim göstermiştir.
- Çiğ ve kavrulmuş örneklerde ortak olarak bulunan tek aroma-aktif bileşik furfural olmuştur ve örneklere "*çiğ kabuksu, haşlanmış"* kokularını vermiştir.
- Ayrıca kavrulmuş yer fıstıklarının *in vitro* aroma ekstraktı ile birlikte *in vivo* ekstraktları da AEDA analizine tabi tutulmuştur. *In vivo* ekstraktlarda 4 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve bu bileşiklerin SF'leri 16-32 arasında değişim göstermiştir.

4.4.1. *In Vitro* Ekstraktlar

4.4.1.1. Çiğ Yer Fıstıkları

Çiğ yer fıstıklarında belirlenen aroma aktif bileşikler Çizelge 4.13'te verilmiştir. Çiğ örneklerde aroma aktif bileşikler olarak 4-metil-2-pentanol ve furfural bileşikleri tanımlanmış ve bu bileşikler sırasıyla "*yer fıstığımsı, yağımsı"* ve "*çiğ kabuksu, haşlanmış"* kokularını vermiştir. 4-metil-2-pentanol bileşiği bakımından Osmaniye yöresinin küçük yer fıstığı en yüksek SF değerine (8) sahip olmuştur.

Çizelge 4.13. Çiğ yer fıstığı örneklerinde belirlene aroma aktif bileşikler ve SF[a] değerleri

LRI[b]	Aroma aktif bileşen	Koku[c] (Literatür)	Koku[d] (Deneysel)	SAFE ekstrakt[e]			
				Osmaniye		Adana	
				O7	O11	A7	A11
1215	4-metil-2-pentanol	*mantarımsı* [1]	*fındıksı, yağımsı*	8	4	4	2
1345	Furfural	*tatlı, kızarmış, kabuksu, ekmeğimsi, karamelimsi* [2]	*çiğ kabuksu, haşlanmış*	32	8	8	16

[a]SF değeri, bir kokunun aroma ekstraktı seyreltme analizi ile belirlendiği en son seyreltmedir. FR, frekans beirleme yöntemi.
[b]DB-WAX kapiler kolon üzerinde hesaplanandoğrusal alıkonma indeksi.
[c]Önceki çalışmalarda GC-O'da algılanan kokular.
[d]Panelistler tarafından GC-O'da algılanan kokular.
[e]SAFE ile elde dilen ekstrakt.
Referanslar: (1) Prost ve ark (1998); (2) Schirack ve ark (2006)
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm

4.4.1.2. Kavrulmuş Yer Fıstıkları

1) Pirazinler

Kavrulmuş örneklerde aroma aktif bileşik olarak sayıca en fazla bulunan grup pirazinlerdir. Toplam 14 adet pirazin farklı SF değerleri ile çoğunlukla kavrulmuş kokular ile kavrulmuş yer fıstığı aromasına katkıda bulunmuştur (Çizelge 4.14). Pirazin bileşikleri içinde 2,5-dimetilpirazin "*kavrulmuş"* kokusu ile örnekler arasında en yüksek SF değerine (128-256) sahip olmuştur. Osmaniye yöresinin küçük yer fıstığı 2,5-dimetilpirazin bakımından en yüksek SF değerine sahip olurken diğer örneklerin SF değerleri (128) aynı olmuştur. Metilpirazin bileşiği (*şeker, karamel, tatlı aromatik)* SF bakımından tüm örneklerde eşit değerde (2) olmuştur. 2,6-dimetilpirazin, etilpirazin, 2,3-dimetilpirazin bileşikleri örneklere "*kavrulmuş*" ve "*kavrulmuş yer fıstığı*" kokularını vererek SF değerleri 8-32 aralığında değişmiştir. 2,6-dimetilpirazin ve etilpirazin bileşikleri Osmaniye yöresinin küçük yer fıstığında diğer örneklere kıyasla daha yüksek SF değeri göstermiştir. 2,3-dimetil-pirazin bileşiği ise Osmaniye ve Adana'dan elde edilen küçük fıstıklarda daha düşük SF değeri (8 ve 4) gösterirken, her iki yörenin büyük

fıstıklarında daha yüksek değerler (64-128) elde edilmiştir. 2-etil-6-metil-pirazin, 2-etil-5-metil-pirazin ve pirazinamid bileşikleri örneklerde benzer SF değerlerine sahip olmuş ve Osmaniye'nin küçük yer fıstığında daha yüksek değerler göstermişlerdir. Aroma aktif bileşik olarak belirlenen diğer bileşik "*kavrulmuş yer fıstığı, toprağımsı, yağımsı*" kokuları ile trimetil-pirazin olmuştur. Osmaniye ve Adana'dan elde edilen küçük-büyük yer fıstıklarında trimetilpirazin bileşiğinin SF değerleri sırasıyla 32-16 ve 4-32 olarak değişmiştir. 2-etil-3,5-dimetil-pirazin ve 3-etil-2,5-dimetil-pirazin bileşikleri "*kavrulmuş yer fıstığı, yer fıstığı ezmesi"* ve "*kavrulmuş yer fıstığı, kabuk, yağımsı*" kokular ile önemli aroma-aktif pirazinler arasında olmuştur. Adana yöresinin küçük yer fıstıkları her ikisinde de en düşük SF değerine (2) sahip olmuştur. 2-metil-6-(2-propenil)-pirazin ve 2-metoksi-3-metil-pirazin bileşikleri ise sırasıyla "*kavrulmuş yer fıstığı, yağımsı, tatlı"* ve *"kavrulmuş yer fıstığı, kavruk, yanık"* kokular ile sadece Osmaniye yöresinden elde edilen fıstıklarda aroma-aktif bileşik olarak belirlenmiştir.

Braddock ve ark (1995), taze kavrulmuş yer fıstığında AEDA yöntemi ile 2,5-dimetilpirazin, metilpirazin ve 2-etil-3-metilpirazinin diğer bileşikler içinde en yüksek aroma aktiflik değerine sahip olduğunu bildirmiştir. Baker ve ark (2003) ise 2,5-dimetil-pirazinin kavrulmuş yer fıstığı aromasını tahmin etmede iyi bir araç olduğuna değinmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar, araştırıcıların bulgularını destekler nitelikte olmuş ve diğer pirazinler içinde 2,5-dimetilpirazinin kavrulmuş aroma ile ilişkisi en yüksek bulunmuştur (Lin ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2020; Dun ve ark., 2019).

Bir örneğe karakteristik kokusunu veren bileşikleri belirlemek için AEDA yerine kullanılan diğer yöntem, örnekte bulunan bileşiklerin konsantrasyonunun algılanma eşik değerine bölünmesiyle elde edilen koku aktiflik değerinin (odor activity value, OAV) belirlenmesidir. Bu yaklaşıma göre, elde edilen değer 1'den büyük ise o bileşik koku aktif olarak kabul edilir ve değer yükseldikçe bileşiğin koku aktifliği artar (Cabaroglu ve ark., 2012). AEDA ve OAV yaklaşımlarının bazen farklı sonuçlar verebileceği ancak bunların birbirini tamamlayıcı özellikte

oldukları bildirilmiştir (Parker, 2015). Chetschik ve ark (2010), kavrulmuş yer fıstığı aromasına katkıda bulunan bileşikleri belirlemek için OAV yaklaşımı ile çalışmış ve 2,5-dimetilpirazin ile birlikte bazı pirazinlerin (metilpirazin, trimetilpirazin, 2-etil-6-metilpirazin, 2,6-dimetilpirazin, 2-etil-5-metilpirazin, 2,3-dimetilpirazin, 2-etil-3-metilpirazin) yüksek algılanma eşik değerleri nedeniyle koku aktiflik değerlerinin 1'den küçük sonuçlar verdiğini rapor etmiştir. Kavrulmuş yer fıstığında tanımlanan çok sayıda pirazin bileşikleri genellikle kavrulmuş aroma ve aroma gelişimi ile güçlü bir şekilde ilişkili bulunsa da Chetschik ve ark (2010)'nın bulguları ile kavrulmuş fıstık aromasına yaptıkları katkılar tartışmalı hale gelmiştir.

Ürünlerin aromasına katkıda bulunan bileşiklerin belirlenmesinde GC-O kullanılarak uygulanan bir diğer yöntem, bileşiğe ait % frekans belirleme yöntemidir. Bu yaklaşımda bileşiklere ait frekans değerleri, koklama sırasında bileşiklerin algılanma yoğunluğu ve sıklığına verilen puanlar yardımıyla hesaplanır ve bileşiğe ait frekans değeri arttıkça algılanması daha kuvvetli olmaktadır (Darıcı, 2017). Yakın zamanda yapılan başka bir çalışmada ise sıcak sıkım yer fıstığı yağlarının aromasına katkıda bulunan bileşikler koklama yoluyla frekans belirleme yöntemiyle belirlenmiş ve panelistler tarafından algılanan kokuların aldehit (*taze ve yağımsı*) ve pirazin (*kavrulmuş aroma ve fındıksı*) kaynaklı olduğu vurgulanmıştır (Dun ve ark., 2019).

2) Pirol, Piridin, Furan

Pirol bileşikleri içinde N-metil-pirol (*yağımsı, yanık*) bileşiği aroma aktif bileşik olarak bulunmuştur. Adana yöresinin büyük yer fıstığında belirlenemezken, diğer örneklerde eşit SF değerine sahip olmuştur. Dun ve ark (2019), sıcak sıkım yer fıstığı yağında N-metil-pirolün aroma aktif bileşik olduğunu rapor etmiştir. 2-metoksi-piridin, 2-pirolidon ve 4-piridinkarboksilik-asit-metilester sırasıyla "*kavrulmuş, şekerli, yer fıstığısı, yağımsı", "kavrulmuş yer fıstığı, yer fıstığı, tatlı" ve "tatlı, karamel, yer fıstığı, yanmış şeker, kavrulmuş"* kokular ile yer fıstığında

aroma-aktif bileşikler olarak tanımlanmış ve bu bileşikler daha önce yer fıstığında aroma-aktif olarak bildirilmemişlerdir. 2-pirolidon sadece Osmaniye'nin küçük yer fıstığında belirlenmiştir. 2-asetil-pirol "*kavrulmuş, tatlı*" kokusu ile Osmaniye yöresi fıstıklarında SF değeri 2 olurken, Adana yöresi fıstıklarda 4 olmuştur. Daha önce Dun ve ark (2019), da yaptığı çalışmasında 2-asetil-pirolü yer fıstığında aroma-aktif bileşik olarak rapor etmiştir. Örneklerde aroma aktif bileşik olarak belirlenen tek piran grubu, maltol bileşiği olmuş ve örneklere "*kavrulmuş, tatlı"* kokularını vermiştir. Osmaniye ve Adana yer fıstıklarında SF değeri sırasıyla 8 ve 2 olmuştur. Eski bir çalışmada, maltol bileşiği kavrulmuş yer fıstığında "*karamel-tatlı"* kokuları ile ilişkilendirilmiştir (Ho ve ark., 1981).

Furfural örnekler içinde SF oranı yüksek bulunan bileşiklerden biridir ve örneklere "*çiğ kabuksu, haşlanmış"* kokularını vermiştir. Furfurala ait SF değerleri örnekler arasında 8-128 aralığında değişmiştir. Osmaniye yöresi fıstıklarda SF değeri 64 olurken, Adana yöresi fıstıklarda 8 ve 32 olmuştur. Benzer şekilde Schirack ve ark (2006a) ve Chetschik ve ark (2008) kavrulmuş fıstıkta furfural bileşiğini aroma aktif bileşik olarak rapor etmişlerdir. Furan türevlerinden olan pantolakton örneklerde "*yer fıstığı, yanmış şeker, kavrulmuş"* kokuları ile tanımlanmış ve sadece Osmaniye'nin küçük yer fıstığında aroma-aktif bileşik olarak belirlenmiştir. Schirack ve ark (2006), da pantolakton bileşiğini yanmış şeker kokusuyla, kavrulmuş yer fıstığında aroma aktif bileşik olarak belirlemiştir. 2,3-dihidro-benzofuran daha önceki kavrulmuş yer fıstığı çalışmalarında baskın bir furan türevi olarak sıklıkla rapor edilmiştir (Wang ve ark., 2017; Gama ve ark., 2019; Dun ve ark., 2019). Bunlar içinde Braddock ve ark (1995), 2,3-dihidro-benzofuranı koklama yoluyla tespit ettiğini ve *lastiksi-sert* koku notlarına sahip olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada 2,3-dihidro-benzofuran sadece Osmaniye yer fıstıklarında aroma-aktif bileşik olarak belirlenmiş ve "*şekerli koku, tatlı, kabuk, baharat"* kokuları ile ilişkilendirilmiştir.

3) Benzen Türevleri

Örneklerde benzen türevlerinden benzaldehit, benzen-asetaldehit, fıtalan, benzenmetanol ve benzenetanol bileşikleri aroma aktif bileşik olarak belirlenmiştir. Bu bileşikler içinde benzaldehit ve benzenasetaldehit önceki çalışmalarda kavrulmuş yer fıstığında bulunan aroma-aktif bileşikler olarak rapor edilmiştir (Dun ve ark., 2019; Schirack ve ark., 2006). Benzaldehit bileşiği ”*acı badem, kuru meyve”* kokuları ile örneklerde en yüksek SF değerine Osmaniye'nin küçük yer fıstığında ulaşmıştır. Diğer örneklerde SF değeri aynı olmuştur (2). Benzenasetaldehit “*tatlı, karamel, fıstık ezmesi, kavrulmuş”* kokuları ile Adana bölgesinin büyük yer fıstığında diğer örneklere kıyasla daha yüksek SF değerine sahip olmuştur (32).

4.4.2. *In Vivo* Ekstraktlar

Kavrulmuş yer fıstıklarına ait *in vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı analizi ile elde edilen ekstraktlarda bulunan aroma-aktif bileşikleri belirlemek için AEDA uygulanmıştır. Bu ekstraktlarda da 2,5-dimetilpirazin, 2,3-dimetilpirazin, trimetilpirazin ve furfural olmak üzere 4 adet bileşik GC-O ile belirlenmiştir. Bu bileşikler içinde sadece furfural *in vivo* ekstraktlarda tanımlanamamış GC-O'da belirlenmiştir. *In vitro* ekstraktından farklı olarak, *in vivo* ekstraktlarda pirazinlerden 2,3-dimetilpirazin en yüksek SF değerleri göstermiştir. 2,3-dimetilpirazinin SF değeri bakımından Osmaniye'nin küçük yer fıstığı, Adana'nın küçük ve büyük yer fıstıkları eşit olmuştur (32). Yine kavrulmuş yer fıstıklarının *in vitro* ekstraktlarından elde edilen SF değerlerinden farklı olarak, örneklerin 2,5-dimetilpirazine ait SF değerleri eşit çıkmıştır (16). Trimetilpirazin ve furfural bileşiklerine ait SF değerlerinin örnekler arasında değişimi aynı eğilimi göstermiş, her iki bileşik te Adana'nın büyük yer fıstığında diğer örneklere kıyasla daha yüksek SF değeri göstermiştir. *In vivo* ekstraktlardan elde edilen SF değerleri genellikle *in vitro* ile elde edilen sonuçlarından daha düşüktür. Bu durum *in vivo* ekstraktların *in vitro* yöntem ile elde edilen ekstraktlara göre aroma bileşiklerini daha düşük miktarlarda (~ 1000 kat) içermesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

In vivo ve *in vitro* ekstraktlardan elde edilen koklama sonuçlarının neden farklılık gösterdiği aşağıdaki gibi açıklanabilir. Birçok çalışmada, gıdadan *in vivo* aroma salınımının, (i) gıdanın doğası (tekstür, parçacık boyutu, viskozite), (ii) aroma maddelerinin miktarı ve doğası, (iii) gıda matriksi (lipid, protein, şeker, asit, alkol ve pektin vb.), (iv) yeme davranışı ve (v) oral fizyoloji (tükürük salınımı, çiğneme, nefes alma, ağız boşluğu hacmi, ağız sıcaklığı, zaman, vb.) gibi faktörlerden etkilendiği bildirilmiştir (Ting ve ark., 2012; Paravisini ve ark., 2014; Ting ve ark., 2016; Boesveldt ve Graaf, 2017; Ployon ve ark., 2017). Bir gıdanın laboratuvar koşullarında ekstrakte edilen aroma bileşimi ile o gıdanın tüketilmesi esnasında salınan aroma maddelerinin aynı olmadığı bildirilmektedir (Farneti ve ark., 2013; Muñoz-González ve ark., 2014a). Tüm bu etkiler göz önüne alındığında *in vivo* ve *in vitro* ekstraktlarda elde edilen sonuçlar mümkün gözükmektedir.

Çizelge 4.14. Kavrulmuş yer fıstığı örneklerinde belirlenen aroma aktif bileşikler

LRI[b]	Aroma aktif bileşen	Koku[c] (Literatür)	Koku[d] (Deneysel)	SAFE ekstrakt/*in vivo* ekstrakt[f]				Ref.[g]
				Osmaniye		Adana		
				O7	O11	A7	A11	
1012	N-metil-pirol	*tatlı, kabuksu* [1]	*yağımsı, yanık*	2	2	2	-	20 (FR)[18]
1162	Metilpirazin	*ızgara tavuk, hoş kokulu* [2]	*şeker, karamel, tatlı aromatik*	2	2	2	2	20 (FR)[18]; 4.36 (SF)[6]
1222	2,5-dimetilpirazin	*kavrulmuş* [4]	*kavrulmuş yer fıstığı*	256/16	128/16	128/16	128/16	20 (FR)[18]; 8.85 (SF)[6]
1228	2,6-dimetilpirazin	*yer fıstığı* [5]	*kavrulmuş*	32	16	16	16	729 (SF)14
1232	Etilpirazin	*kızarmış ekmek, koyu kavrulmuş* [6]	*kavrulmuş*	32	16	16	16	20 (FR)[18]; 2.46 (SF)[6]
1245	2,3-dimetilpirazin	*kavrulmuş* [6]	*kavrulmuş yer fıstığı*	8/32	64/16	4/32	128/32	20 (FR)[18]
1288	2-etil-6-metilpirazin	*kavrulmuş, yer fıstığı* [7]	*kavrulmuş yer fıstığı*	8	2	2	2	20 (FR)[18]
1294	2-etil-5metilpirazin	*kavrulmuş yer fıstığı* [6]	*kavrulmuş yer fıstığı, patlamış mısır*	8	2	2	2	2 (SF)[17]; 3.21 (SF)[6]; 81 (SF)[14]
1307	Trimetilpirazin	*yer fıstığı* [5] *;toprağımsı* [8]	*kavrulmuş yer fıstığı, toprağımsı, yağımsı*	32/2	16/2	4/2	32/4	19 (FR)[18]
1345	Furfural	*tatlı, kızarmış, kabuksu, ekmeğimsi, karamelimsi*	*çiğ kabuksu, haşlanmış*	64/16	64/16	8/16	128/32	243 (SF)[14]; 2.43-10.42 (OAV)[8]

Çizelge 4.14'ün devamı

1352	2-etil-3,5-dimetilpirazin	*kavrulmuş*[5] *;kızarmış patates, toprağımsı*[8]	*kavrulmuş yer fıstığı, yerfıstığı ezmesi*	8	8	2	4	4 (SF)[17]; 6561 (SF)[14]; 3 (OAV)[8]
1373	3-etil-2,5-dimetilpirazin	*kavrulmuş, hafif tatlı*[6]	*kavrulmuş yer fıstığı, kabuk, yağımsı*	4	8	2	4	20 (FR)[18]
1403	Benzaldehit	*acı badem* [9]	*acı badem, kuru meyve*	8	2	2	2	20 (FR)[18]; 729 (SF)[14]
1442	2-metil-6-(2-propenil)pirazin		*kavrulmuş yer fıstığı, yağımsı, tatlı*	4	2	-	-	
1461	2-metoksipiridin	*yeşil, fermente çay* [19]	*kavrulmuş, şekerli, yer fıstığı, yağımsı*	8	4	2	2	
2184	Dihidro-2(3H)-furanon	*tatlı, karamelimsi*[10]	*tatlı, karamel, fistık ezmesi, kavrulmuş*	32	4	2	4	
1511	Benzenasetaldehit	*çiçeksi, tatlı, karamel*[6] *;bal, fındık şekerlemesi*[7]	*tatlı, karamel, yer fıstığı ezmesi, kavrulmuş*	8	8	8	32	<1 (SF)[6]; 2187 (SF)[14]; 29 (OAV)[8]
1524	2-furanmetanol	*karamel*[20]	*kavrulmuş, tatlı, karamel*	8	8	2	4	
1532	Fıtalan		*kavrulmuş yerfıstığı, tatlı, karamel, hoş, şekerli*	8	2	2	4	
1581	Pirazin-amid		*kavrulmuş yerfıstığı, tatlımsı değil*	16	4	4	4	
1595	2-metil-5-(2-propenil)pirazin	*tatlı, toprağımsı*[17]	*kavrulmuş yerfıstığı, fındık, tatlı*	2	-	-	-	10 (SF)[17]
1661	4-piridinkarboksilik asit-metilester		*kavrulmuş yerfıstığı, fındık, tatlı*	4	2	2	2	
1731	Benzenmetanol	*kavrulmuş, tatlı*[12] *; taze ekmeğimsi*[4]	*kavrulmuş, tatlı*	2	2	-	-	
1765	Benzenetanol	*tatlı, gül benzeri*[4]	*yeşilimsi, çiçeksi, tatlı, şekerli*	4	2	2	2	
1812	2-asetilpirol	*karamel, kavrulmuş*[13]	*kavrulmuş, tatlı*	2	2	4	4	20 (FR)[18]
1811	Maltol	*pamuk şekeri*[14]	*kavrulmuş, tatlı*	8	8	2	2	20 (FR)[18]; 729 (SF)[14]
1883	Pantolakton	*yanmış şeker*[14]	*yer fıstığı, yanmış şeker, kavrulmuş*	2	-	-	-	729 (SF)[14]

Çizelge 4.14'ün devamı

1891	2-pirolidon	*patlamış mısır* [15]	*tatlı, karamel, yer fıstığı, yanmış şeker, kavrulmuş*	2	-	-	-	
2015	2-metoksi-4-vinilfenol	*füme* [8] *; karanfil, baharatımsı* [7]	*baharat, hoş koku, kavruk*	8	2	-	-	20 (FR)[18]; 40 (OAV)[8]
2116	2-metoksi-3-metil-pirazin	*kavrulmuş, yerfıstığı* [16]	*kavrulmuş yerfıstığı, kavruk, yanık*	2	4	-	-	
2184	2,3-dihidro-benzofuran	*lastiksi, buruk* [2]	*şekerli koku, tatlı, kabuk, baharat*	2	4	-	-	aroma-aktif[2]

[a]SF değeri, bir kokunun aroma ekstraktı seyreltme analizi ile belirlendiği en son seyreltmedir. FR, frekans beirleme yöntemi.
[b]DB-WAX kapiler kolon üzerinde hesaplanandoğrusal alıkonma indeksi.
[c]Önceki çalışmalarda GC-O'da algılanan kokular.
[d]Panelistler tarafından GC-O'da algılanan kokular.
[e]SAFE ile elde dilen ekstrakt.
[f]*In vivo*-ağız boşğluğu-aroma salınımı yöntemi ile elde edilen ekstrakt.
[g]Referanslar: (1) Piccino ve ark (2014); (2) Braddock ve ark (1995); (3) Prost ve ark (1998); (4) Liu ve ark (2011); (5) Didzbalis ve ark (2004); (6) Braddock ve ark (1995); (7) Lykomitros ve ark (2018); (8) Chetschik ve ark 2008; (9) Kesen ve ark 2018; (10) Zhang ve ark (2020); (11) Piccino ve ark (2014); (12) Jordan ve ark (2001); (13) Parker (2015); (14) Schirack ve ark (2006); (15) Salum ve ark (2017); (16) odourhttps://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Methoxy-3-ethylpyrazine#section=Experimental-Properties ; (17) Matsui ve ark (1998); (18) Dun ve ark (2019); (19) de Melo Pereirave ark (2019); (20) Amanpour ve Selli (2016)
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm

4.5. Yörenin ve Tane Boyutunun Yer Fıstıklarının Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen küçük ve büyük boyutlu kavrulmuş yer fıstıklarının ve bunlardan elde edilen ezme örneklerinin duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'de gösterilmiştir. Örnekler görünüm, burunda ve ağızda algılanan aroma ve tekstür profili bakımından değerlendirilmiştir.

4.5.1. Kavrulmuş Yer Fıstıkları

Kavrulmuş yer fıstıkları görünüm olarak *kahverengi renk* ve *parlaklık* açısından değerlendirilmiştir. Örnekler *kahverengi renk* bakımından önemli farklılıklar göstermese de, parlaklık değerleri önemli farklılıklar göstermiştir. Büyük taneler, küçüklere kıyasla önemli düzeyde yüksek puanlar almıştır.

Örnekler burunda algılanan aroma başlığı altında 7 farklı tanımlayıcı ile değerlendirilmiş ve bu tanımlayıcılar arasında sadece *kavrulmuş yer fıstığı* ve *yağımsı* aroma önemli farklılıklar göstermiştir. Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen büyük fıstıklar, burunda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması değerlendirmesinde istatistiksel olarak benzer olurken, küçük fıstıklar önemli düzeyde yüksek puanlar almıştır. Örneklerin burunda *yağımsı* notlarına bakıldığında büyük taneler küçüklere kıyasla önemli düzeyde yüksek puanlar almıştır. Bu durum büyük tanelerin yağ içeriği bakımından daha yüksek değerlere sahip olması ile açıklanabilir (Bölüm 4.3).

Örnekler ağızda algılanan aroma profili altında *tatlılık, çiğ/fasulyemsi, kavrulmuş yer fıstığı ve yağımsı* tanımlayıcıları ile değerlendirlmiştir. *Tatlılık* bakımından küçük taneler büyüklere kıyasla önemli düzeyde yüksek puanlar almıştır. Osmaniye yöresinden elde edilen küçük fıstıklar *tatlılık* bakımından en yüksek puana sahip olmuştur. Büyük taneler ise istatistiksel olarak benzer puanlar almıştır. Ağızda *çiğ/fasulyemsi* aroması bakımından Osmaniye yöresinden elde edilen fıstıklar istatistiksel olarak benzer puanlar alırken, Adana yöresinin büyük

fıstıkları en yüksek puanı almıştır. Küçük taneler ağızda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması bakımından istatistiksel olarak benzer puanlar almış ve büyük tanelere kıyasla daha yüksek puanlar göstermiştir. Büyük tanelerin ise ağızda *yağımsı* aroma puanları, burunda *yağımsı* aroma puanlarına paralel olarak küçük tanelere kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olmuştur.

Ağızda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması ve *tatlılık* kavrulmuş yer fıstığında her zaman olumlu özellikler olarak görülmektedir (Schirack ve ark., 2006). Tüm örnekler kavurma sonrası benzer yüzey rengine sahip olsalarda büyük tanelerin burunda ve ağızda *kavrulmuş yer fıstığı* aroma puanları küçüklere kıyasla daha düşüktür. Yerfıstıklarının *kavrulmuş yer fıstığı* aroması büyük çoğunlukla şekerler ve amino asitler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonları sonucu oluşan ürünler ile ilişkilendirilmiştir. Bu durum büyük fıstıklarda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması gelişiminin küçük fıstıklara kıyasla daha yavaş olması ile açıklanabilir. K*avrulmuş yer fıstığı* aromasının küçük fıstıklarda daha yüksek puanlar almasının nedeni Maillard reaksiyonlarına veya termal bozunmaya öncül bileşenlerin küçük fıstıklarda büyüklere kıyasla daha yüksek seviyede bulunmasıdır (Bölüm 4.5 ve 4.6).

Tatlılık özelliği bakımından da küçük taneler büyüklere kıyasla önemli düzeyde yüksektir. Yer fıstıklarının doğasında bulunan *çiğ/fasulyemsi* aroma kavurma ile çoğunlukla kaybolurken *tatlılık* özelliği kavurma sonrasında da üründe algılanabilir bir duyusal özelliktir. Yer fıstıklarında tatlılığın kalıtsal bir özellik olduğu bildirilmiştir (Mason ve ark., 1969). Çeşitli yer fıstığı genotipleri kullanılarak yapılan çalışmalarda, şeker miktarının *kavrulmuş yer fıstığı* aroması ve *tatlılık* gibi olumlu duyusal özelliklerinin öngörülmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir (Pattee ve ark., 1998; 2000a, b). Örneklerin sakkaroz içerikleri ile *tatlılık* özellikleri arasında ilişki kurulmuştur (Mason ve ark., 1969). Küçük tanelerin sakkaroz içeriklerinin büyüklere kıyasla daha yüksek olması, tatlılık özellikleri açısından yüksek puanlar almasına neden olmuştur (Bölüm 4.5).

Örneklerin tekstürel niteliğini değerlendirmek için kullanılan duyusal tanımlayıcılar içerisinde sadece *kırılabilirlik* ve *ağzın kaplanması* özelliklerinin aldığı puanlar istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Her iki yöreden elde edilen büyük fıstıklar *kırılabilirlik* açısından daha yüksek puanlar almıştır. Osmaniye yöresinin büyük fıstıkları ise en yüksek puanı almıştır. Lykomitros ve ark (2018), *kırılabilirliğin* tüketici beğenisinde önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.15. Kavrulmuş yer fıstıklarına ait duyusal analiz sonuçları

Duyusal Tanımlayıcılar		O7	O11	A7	A11	Yöre (Y)	Boyut (B)	YxB
Görünüm	Kahverengi renk	5.51^{a}±1.20	5.4^{a}±2.95	6.87^{a}±1.67	4.81^{a}±3.39	öd	öd	öd
	Parlaklık	5.99^{bc}±2.47	8.37^{ab}±2.47	5.28^{c}±2.00	9.54^{a}±3.17	öd	***	öd
Burunda algılanan aroma	Kavrulmuş yer fıstığı	6.63^{a}±2.35	6.25^{b}±2.47	8.54^{a}±1.94	5.6^{b}±2.57	öd	*	öd
	Tatlı aromatik	7.30^{a}±3.80	7.00^{a}±3.13	6.97^{a}±3.69	5.84^{a}±3.70	öd	öd	öd
	Yağımsı	4.46^{b}±2.27	7.42^{a}±2.69	4.73^{b}±2.17	7.86^{a}±2.99	öd	**	öd
	Okside olmuş	1.36^{a}±1.51	1.72^{a}±2.15	1.88^{a}±2.85	1.64^{a}±1.79	öd	öd	öd
	Kartonumsu	0.84^{a}±1.81	1.09^{a}±1.96	1.23^{a}±2.55	1.38^{a}±2.26	öd	öd	öd
	Çiğ/fasulyemsi	1.83^{a}±1.98	3.58^{a}±2.40	1.97^{a}±1.87	3.40^{a}±2.94	öd	öd	öd
	Kabuksu	2.62^{a}±2.9	3.04^{a}±2.36	2.90^{a}±3.78	2.62^{a}±2.04	öd	öd	öd
Ağızda alılanan aroma	Tatlılık	8.77±2.89	5.32^{b}±3.63	8.14^{ab}±3.53	5.53^{b}±2.31	öd	**	öd
	Çiğ/fasulyemsi	0.70^{b}±1.89	0.43^{b}±1.09	0.87^{ab}±2.38	2.71^{a}±2.18	öd	öd	öd
	Kavrulmuş yer fıstığı	8.30^{ab}±2.5	6.46^{b}±2.10	9.39^{a}±2.17	6.19^{b}±2.16	öd	**	öd
	Yağımsı	5.46^{bc}±1.71	7.29^{ab}±2.51	5.27^{c}±1.82	8.68^{a}±1.44	öd	***	öd
Tekstür	Kırılabilirlik	5.54^{b}±3.6	8.83^{a}±1.88	6.12^{b}±2.98	8.09^{ab}±1.76	öd	öd	öd
	Gevreklik (1)	7.48^{a}±3.89	8.67^{a}±2.2	7.43^{a}±3.23	8.32^{a}±1.4	öd	öd	öd
	Gevreklik (2)	6.69^{a}±2.9	8.91^{a}±2.27	6.89^{a}±2.46	8.73^{a}±1.3	öd	öd	öd
	Çiğnenebilirlik	6.28^{a}±2.67	8.04^{a}±2.73	6.53^{a}±2.77	8.04^{a}±2.45	öd	öd	öd
	Yapışkanlık	4.2^{a}±3.27	6.12^{a}±2.34	4.02^{a}±3.05	5.36^{a}±3.67	öd	öd	öd
	Diş kaplaması	4.00^{a}±2.3	6.2^{a}±2.96	4.43^{a}±2	5.51^{a}±2.79	öd	öd	öd
	Ağzın kaplanması	4.28^{b}±2.39	7.2^{a}±3.16	4.33^{b}±1.77	6.42^{ab}±3.15	öd	**	öd
	Ağız kuruluğu	4.92^{a}±2.08a	4.91^{a}±3.22	7.00^{a}±3.37	4.30^{a}±3.1	öd	öd	öd

Yöre, boyut etkisinin ve yöre x boyut interaksiyonunun önem düzeyi: (öd) önemli değil; (*) $p<0.05$; (**) $p<0.01$; (***) $p<0.001$
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm

4.5.2. Ezme

Ezme örnekleri de kavrulmuş yer fıstıklarına benzer şekilde panelistler tarafından değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16'da verilmiştir. Kavrulmuş yer fıstıklarından farklı olarak *kırılabilirlik, gevreklik (1), gevreklik (2) ve çiğnenebilirlik* özellikleri ezme örneklerinde dikkate alınmamıştır.

Görünüm profili altında *kahverengi renk* ve *parlaklık* özellikleri bakımından puanlanan örnekler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklar çıkmıştır. *Kahverengi renk* bakımından küçük taneler daha yüksek puanlar alırken ve istatistiksel olarak aynı grupta yer alırken *parlaklık* özelliği bakımından büyük taneler öne çıkmıştır. Adana yöresinin büyük fıstıklarından elde edilen ezme örnekleri ise *parlaklık* bakımından en yüksek puanı almıştır. McNeil ve ark (2000) ve Sanders (2011), yer fıstığı ezmesinde panelistlerin *parlaklığı* olumlu bir özellik olarak değerlendirdiğini bildirmişlerdir. Kavrulmuş yer fıstıklarının aksine ezme örnekleri *kahverengi renk* bakımından önemli farklılıklar göstermiş ve büyük tanelerden elde edilen ezmeler küçük tanelerden elde edilen ezmelere kıyasla daha açık renkli olarak değerlendirilmiştir. Büyük ve küçük taneler kavrulurken eşit yüzey rengine sahip olsalar da ezme üretiminde bu durum değişmiştir. Aydınlık (L*) ölçümü sonucu elde edilen veriler de paralel sonuçlar göstermiştir (Bölüm 4.4). Yer fıstığı öğütüldüğünde iç rengin daha açık olmasından dolayı ezme örneklerinde genel renk açılma eğilimi göstermiş ve büyük tanelerden elde edilen ezme örnekleri daha açık renkli olarak değerlendirilmiştir. *Kahverengi renk* ve *parlaklık* özellikleri üzerine boyutun etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Burunda algılanan aroma bakımından değerlendirilen örneklerde sadece *kavrulmuş yer fıstığı* aroması bakımından ezmeler arasında istatistiksel olarak farklılıklar çıkmıştır. Kavrulmuş yer fıstığı örnekleriyle benzer şekilde, küçük taneler büyük tanelere kıyasla önemli düzeyde yüksek puanlar almıştır. Her iki yörenin büyük ve küçük fıstıkları kendi aralarında istatistiksel açıdan benzer olmuştur. Burunda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması üzerine boyutun etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Örneklerin ağızda algılanan aroma bakımından değerlendirilmesinde kullanılan tanımlayıcılar arasından *çiğ/fasulyemsi* aroması hariç diğer özelliklerin aldığı puanlar örnekler arasında önemli farklılıklar göstermiştir. *Tatlılık* bakımından küçük taneler istatistiksel açıdan benzer puanlar almış ve büyük tanelere göre önemli düzeyde yüksek olmuştur. Boyutun *tatlılık* üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Ağızda algılanan k*avrulmuş yer fıstığı* aroması bakımından küçük taneler büyüklere kıyasla daha yüksek puanlar alsa da bu farklılık sadece Adana yöresi fıstıklarda önemli bulunmuştur. Kavrulmuş yer fıstığı örneklerinin duyusal değerlendirilmesinde elde edilen bulgularla benzer şekilde küçük tanelerin sakkaroz içeriğinin büyük tanelere kıyasla daha yüksek olması, küçük tanelerden elde edilen ezmelerin *tatlılık* özelliği bakımından öne çıkmasına neden olmuştur (Bölüm 4.5). Örneklerin ağızda *yağımsı* aroma puanları büyük tanelerde küçüklere kıyasla önemli düzeyde yüksektir ve Adana yöresinin büyük yer fıstıkları en yüksek puanı almıştır. Örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre (Bölüm 4.3), kavrulmuş yer fıstıklarında büyük tanelerin yağ içeriği daha yüksektir. Buda ağızda *yağımsı* aromanın büyük tanelerde daha fazla algılanmasına neden olmuştur.

Örneklerin tekstürel değerlendirilmesinde sadece *yapışkanlık* puanları arasındaki farklar önemli düzeyde değişmiştir. Küçük tanelerden elde edilen ezmeler daha *yapışkan* olarak değerlendirilmiştir. Yer fıstığı ezmesinde *yapışkanlık* özelliğinin ürünün sürülebilirliğini etkileyen öenmli bir parametre olduğu vurgulanmıştır. Yüksek yapışkanlığın ürünün ağızda dağılmasını zorlaştırarak yutulmasını etkilediği bildirilmiştir (Li ve ark., 2014).

Çizelge 4.16. Ezme örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

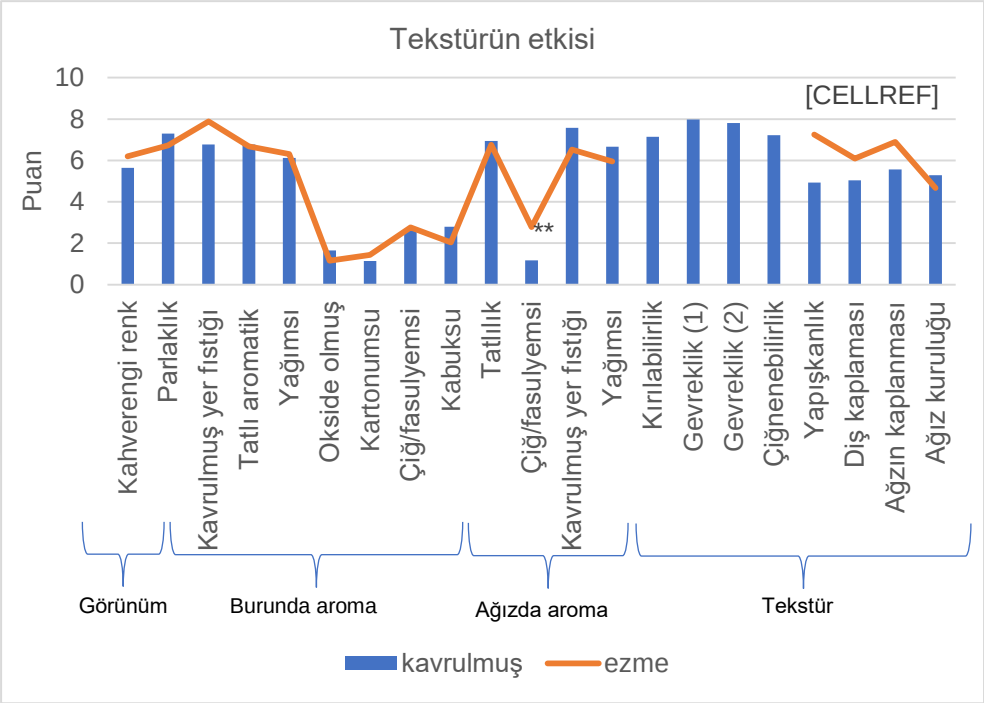
Duyusal Tanımlayıcılar		O7	O11	A7	A11	Yöre (Y)	Boyut (B)	YxB
Görünüm	Kahverengi renk	7.29^{a}±1.96	4.79^{b}±1.74	8.00^{a}±2.88	4.75^{b}±2.7	öd	**	öd
	Parlaklık	5.53^{ab}±1.74	7.51^{ab}±1.86	5.84^{bc}±1.48	8.03^{a}±3.18	öd	**	öd
Burunda algılanan aroma	Kavrulmuş yer fıstığı	8.94^{a}±2.48	7.53^{ab}±2.1	9.5^{a}±2.11	5.58^{b}±2.32	öd	**	öd
	Tatlı aromatik	6.74^{a}±2.55	6.75^{a}±2.54	8.1^{a}±3.92	5.11^{a}±3.09	öd	öd	öd
	Yağımsı	5.41^{a}±3.12	6.81^{a}±3.96	5.93^{a}±3.62	7.09^{a}±3.52	öd	öd	öd
	Okside olmuş	1.19^{a}±2.2	1.1^{a}±1.44	1.28^{a}±2.23	1.09^{a}±1.26	öd	öd	öd
	Kartonumsu	1.38^{a}±2.49	1.81^{a}±2.95	1.16^{a}±2.19	1.39^{a}±2.69	öd	öd	öd
	Çiğ/fasulyemsi	2.28^{a}±2.91	3.05^{a}±3.26	2.38^{a}±3.13	3.39^{a}±3.14	öd	öd	öd
	Kabuksu	2.15^{a}±4.6	2.23^{a}±3.97	1.99^{a}±3.58	1.78^{a}±2.2	öd	öd	öd
Ağızda alılanan aroma	Tatlılık	9.06^{a}±2.58	5.33^{b}±2.21	8.71^{a}±3.09	3.95^{b}±1.78	öd	***	öd
	Çiğ/fasulyemsi	3.15^{a}±3.00	2.89^{a}±3.05	2.41^{a}±2.09	2.69^{a}±1.98	öd	öd	öd
	Kavrulmuş yer fıstığı	6.98^{ab}±2.2	6.7^{ab}±2.42	7.69^{a}±3.36	4.73^{c}±1.54	öd	öd	öd
	Yağımsı	5.05^{bc}±2.04	7.23^{ab}±2.15	3.61^{c}±1.75	7.94^{a}±3.26	öd	***	öd
Tekstür	Yapışkanlık	7.63^{ab}±2.04	6.69^{ab}±1.52	8.53^{a}±1.8	6.19^{b}±2.84	öd	*	öd
	Diş kaplaması	6.23^{a}±3.2	5.64^{a}±1.51	7.25^{a}±3.25	5.23^{a}±3.02	öd	öd	öd
	Ağzın kaplanması	6.90^{a}±3.09	6.81^{a}±2.45	7.51^{a}±3.52	6.39^{a}±3.42	öd	öd	öd
	Ağız kuruluğu	4.59^{a}±2.33	4.5^{a}±3.38	5.48^{a}±3.09	4.11^{a}±3.19	öd	öd	öd

Yöre, boyut etkisinin ve yöre x boyut interaksiyonunun önem düzeyi: (öd) önemli değil; (*) $p<0.05$; (**) $p<0.01$; (***) $p<0.001$
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm

4.5.3. Yöre, Boyut ve Tekstürün Duyusal Özellikler Üzerine Etkisi

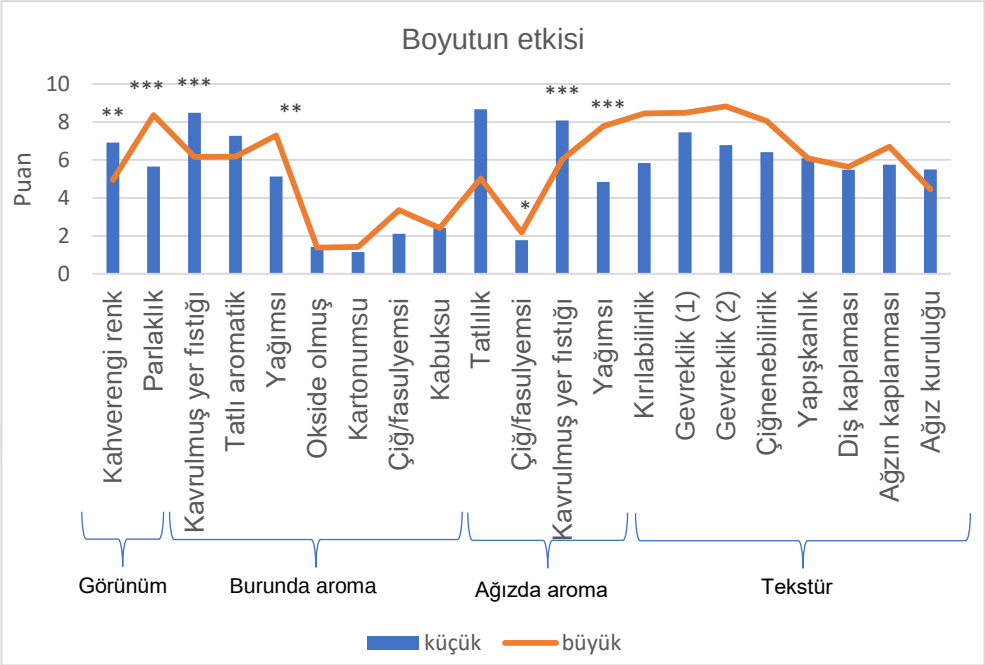
Kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örnekleri yöre boyut ve tekstürün etkisini görmek için birlikte değerlendirilmiştir. Yörenin etkisi örneklerin algılanan tüm duyusal özellikleri üzerinde önemsiz bulunmuştur.

Tekstürün etkisi Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Tekstürün etkisi sadece ağızda algılanan *çiğ/fasulyemsi* aroma ve *yapışkanlık* özellikleri üzerinde önemli olmuş ve her iki özellik bakımından ezme örnekleri daha yüksek puanlar almıştır.



Şekil 4.7. Tekstürün duyusal özellikler üzerine etkisi

Boyutun duyusal özellikleri üzerine etkisi ise Şekil 4.8'de gösterilmiştir. *Kahverengi renk, parlaklık*, burunda ve ağızda algılanan *kavrulmuş yer fıstığı aroması* bakımından küçük taneler önemli düzeyde yüksek puanlar alırken burunda ve ağızda *yağımsı* aroma ve ağızda *çiğ/fasulyemsi* aroma bakımından büyük taneler önemli düzeyde yüksek puanlar almıştır.



Şekil 4.8. Boyutun duyusal özellikler üzerine etkisi

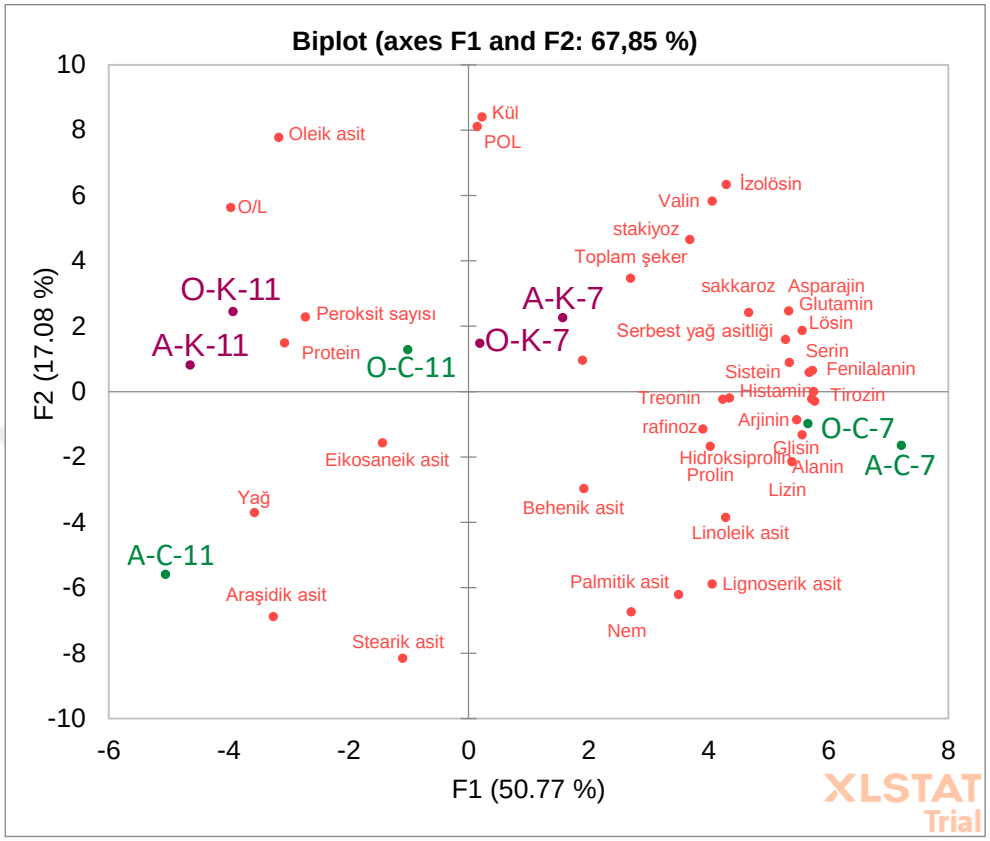
4.6. Temel Bileşenler Analizi

4.6.1. Çiğ ve Kavrulmuş Yer Fıstıklarının Kimyasal Bileşimi ile Yöre ve Boyut Arasındaki İlişki

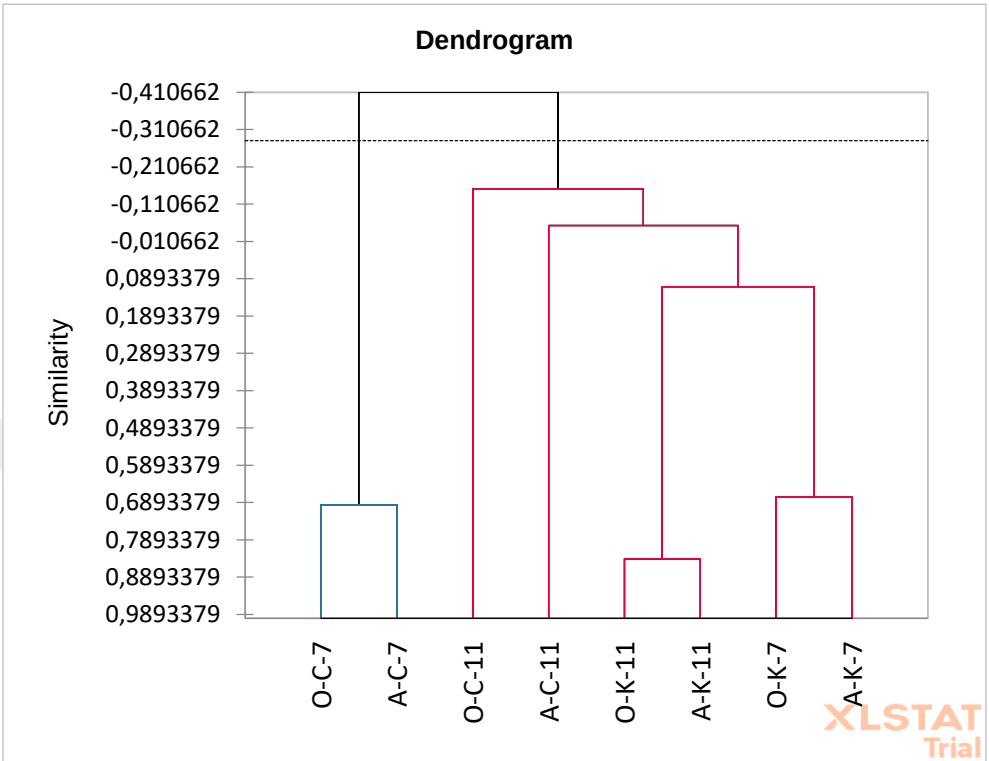
Kimyasal analizler sonucu çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarından elde edilen sonuçlara temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır (Şekil 4.9). Analize genel bileşim, şeker içeriği, yağ asitleri bileşimi, peroksit sayısı, serbest yağ asitliği ve amino asit sonuçları dahil edilmiş ve açıklanan toplam varyans %80.87 olmuştur (F1:%50.77, F2: %17.08 ve F3:%13.02). Yağ, linoleik asit, lignoserik asit, O/L oranı, şeker bileşimi ve hidroksiprolin hariç tüm amino asitler F1 bileşeni ile açıklanırken, nem, kül, palmitik asit, stearik asit, oleik asit, araşidik asit ve POL F2 bileşeni ile, toplam şeker, eikosaneik asit, behenik asit ve hidroksiprolin F3 bileşeni ile açıklanmıştır.

Genel olarak bakıldığında yer fıstıkları küçük ve büyük boyutlular olarak PCA grafiğinin sırasıyla sağ ve sol tarafında toplanmışlardır. Küçük boyutlu fıstıklar çiğ ve kavrulmuş olarak iki gruba iyi bir şekilde ayrılmıştır. Amino asitlerin özellikle küçük çiğ yer fıstıkları tarafında toplandığı gözükmektedir. Ayrıca toplam şeker ile sakkaroz, stakiyoz ve rafinoz gibi şekerler küçük yerfıstıkları ile yakın konumdadır. Büyük yer fıstıkları ise oleik asit ve dolayısıyla O/L oranı, protein ve yağ içerikleri ile karakterize olmuştur. Korelasyon matriksine göre yağ bileşeni toplam şeker (-0.751) ile oleik asit linoleik asit ile (-0.804) önemli düzeyde ($p<0.05$) ters oranda korelasyon göstermiştir.

Hiyerarşik kümeleme analizi sonucu (Şekil 4.10) kimyasal bileşime göre örnekler iki ana gruba ayrılmıştır. Küçük çiğ yer fıstıkları kimyasal bileşim yönünden diğer örneklerden ayrılmış ve ilk grubu oluşturmuştur. Diğer grupta yer alan kavrulmuş büyük tanelerin kendi aralarında, yine kavrulmuş küçük tanelerin kendi aralarında benzer oldukları gözükmektedir.



Şekil 4.9. Kimyasal analiz sonuçlarının PCA grafiği
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (C) Çiğ, (7) 7 mm, (11) 11 mm



Şekil 4.10. Kimyasal analiz sonuçlarının hiyerarşik kümeleme analizi
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (C) Çiğ, (7) 7 mm, (11) 11 mm.

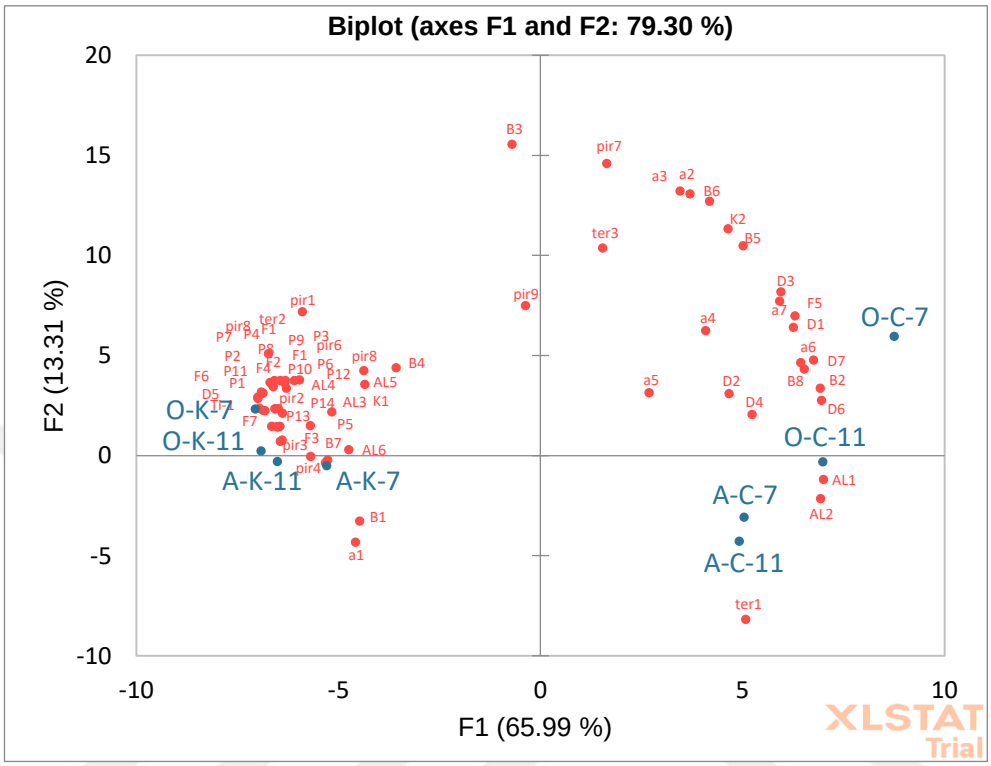
4.6.2. Çiğ ve Kavrulmuş Yer Fıstıklarının *In Vitro* Aroma Bileşimi ile Yöre ve Boyut Arasındaki İlişki

Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarından *in vitro* aroma analiz yöntemi ile elde edilmiş tüm aroma bileşiklerine PCA uygulanmıştır (Şekil 4.11). Analize 65 adet aroma bileşiği dahil edilmiş ve açıklanan toplam varyans %79.30 olmuştur (F1:%65.99 ve F2: %13.31).

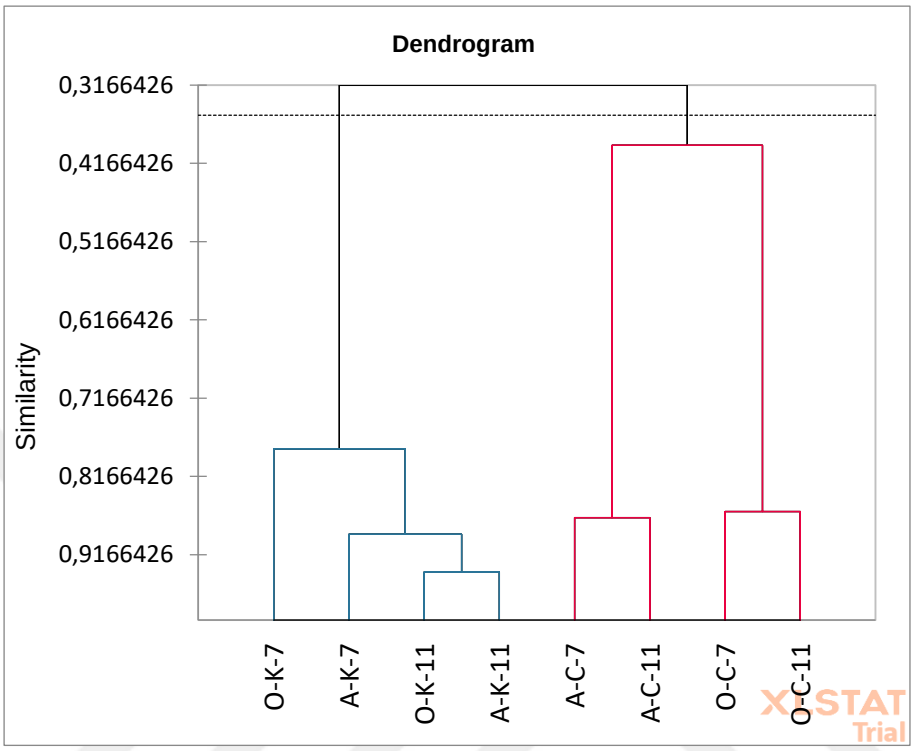
Örnekler sırasıyla çiğ ve kavrulmuş yer fıstıkları olarak sol ve sağ olmak üzere PCA grafiğinin iki farklı tarafında toplanmıştır ve birbirlerinden iyi bir şekilde ayrılmıştır. Osmaniye yöresinin küçük yer fıstıkları hariç çiğ yer fıstıkları limonen, hekzanal ve 2-bütenal bileşikleri ile karakterize olmuştur. Adana yöresi

çiğ yer fıstıkları birbirleri ile yakın konumda olurken, Osmaniye yöresi küçük ve büyük yer fıstıkları birbirlerinden daha ayrı konumdadır. Kavrulmuş örneklerde de aynı eğilim gözlenmiştir. Osmaniye yöresi yer fıstıkları çoğu pirazin, pirol, piridin ve pirimidin bileşiği ile sol üst tarafta toplanmıştır. Korelasyon matriksine göre aroma bileşikleri arasında önemli ve güçlü korelasyonlar elde edilmiştir. Bunlar arasında kavrulmuş yer fıstığı aromasını etkileyen bileşiklere değinildiğinde çoğu pirazin, pirol, piridin ve pirimidin bileşiklerinin 2-metil-büt-2-ene-1-ol, hekzanal, 2-bütenal gibi alkol ve aldehit bileşikleri ile önemli düzeyde ters yönde bir korelasyona sahip olduğu gözükmektedr. Bununla birlikte aromatik aldehitler olarak adlandırılan benzaldehit ve benzenasetaldehitin özellikle pirazin bileşikleri yanında yer aldığı önemli düzeyde ($p<0.05$) yüksek pozitif yönde korelasyonlara sahip olduğu gözükmektedir. Benzer şekilde Wang ve ark (2017) içinde hekzanal da olan aldehitler ile pirazin bileşiklerinin ters yönde bir ilişkiye sahip olduklarını vurgulamıştır.

Hiyerarşik kümeleme analizine göre PCA ile uyumlu olarak örneklerin çiğ ve kavrulmuş olarak iki ana gruba ayrıldıkları gözükmektedir (Şekil 4.12). Çiğ örneklerde aynı yörenin yer fıstıkları birbirleri ile daha benzer iken, kavrulmuş örneklerde aynı boyutlar arasındaki benzerlik daha fazla olmuştur. Örneklerin kavurmanın ardından boyuta göre kümelenmesi kimyasal bileşimin kavrulmuş yer fıstıklarının aroma bileşiminde önemli olduğunu göstermektedir. Hem çiğ hem kavrulmuş örneklerde Osmaniye yöresi küçük yer fıstıkları *in vitro* aroma bileşimi bakımından diğer örneklerden belirgin bir şekilde ayrılmıştır.



Şekil 4.11. *In vitro* aroma analiz sonuçlarının PCA grafiği
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (C) Çiğ, (7) 7 mm, (11) 11 mm. Aroma bileşiklerine verilen kodlar Ek 7'de verilmiştir. Aroma bileşiklerinin kodlanması: (a) Alkol, (AL) Alkan, (B) Benzen, (D) Diğer, (F) Furan, (K) Keton, (P) Pirazin, (pir) Pirol, Pirimidin, Piran, Pirolidon, Piridin, (ter) Terpen, (Ti) Tiyazol

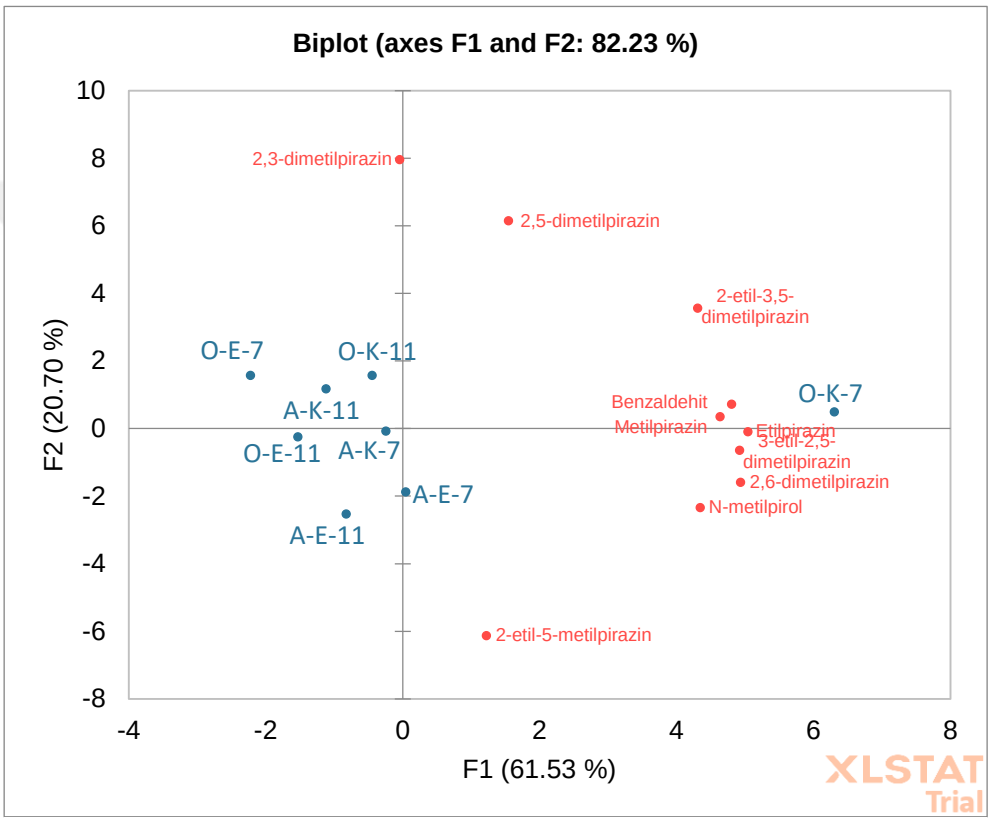


Şekil 4.12. *In vitro* aroma analizi sonuçlarının hiyerarşik kümeleme analizi
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (C) Çiğ, (7) 7 mm, (11) 11 mm.

4.6.3. Kavrulmuş Yer Fıstıkları ve Ezme Örneklerinin *In Vivo* Aroma Bileşimi ile Yöre ve Boyut Arasındaki İlişki

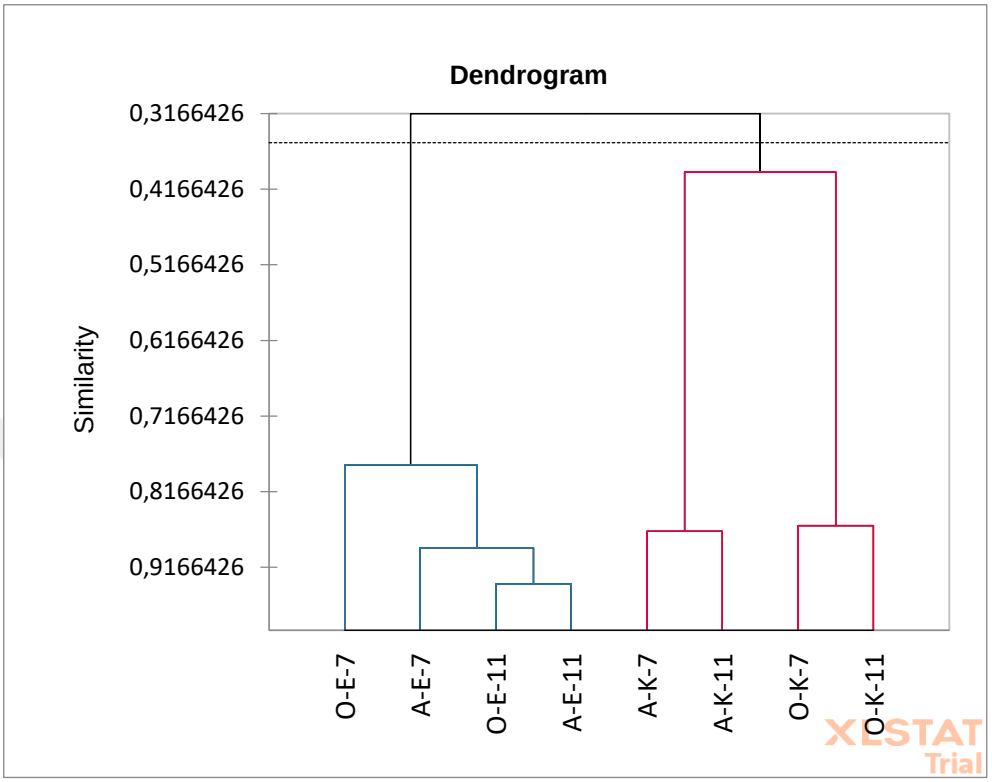
In vivo-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemiyle elde edilen aroma bileşiklerinin temel bileşenler analizi uygulanması sonucu F1, F2 ve F3 bileşenleri toplam varyansın %61.53, %20.70 ve %11.05'ini açıklamıştır (Şekil 4.13). F1 bileşeni N-metilpirol, metilpirazin, 2,6-dimetilpirazin, etilpirazin, 3-etil-2,5-dimetilpirazin, 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve benzaldehit bileşiklerini açıklarken F2 bileşeni 2,5-dimetilpirazin, 2,3-dimetilpirazin ve 2-etil-5-metilpirazin bileşiklerini açıklamıştır. Osmaniye yöresinin küçük boyutlu kavrulmuş yer fıstığı ağızda salınan çoğu aroma bileşikleri ile aynı tarafta yer almış ve pirazin bileşikleri ile karakterize olmuştur.

Hiyerarşik kümeleme analizine (Şekil 4.14) göre örnekler öncelikle kavrulmuş yer fıstığı ve ezme olarak iki ana gruba ayrılmıştır. Kavrulmuş yer fıstıkları daha sonra yöreye göre benzerlik gösterirken ezme örnekleri boyuta bağlı olarak kümelenmiştir.



Şekil 4.13. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemiyle belirlenen aroma bileşiklerinin PCA grafiği

Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm.



Şekil 4.14. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı yöntemi ile belirlenen aroma bileşiklerinin hiyerarşik kümeleme analizi

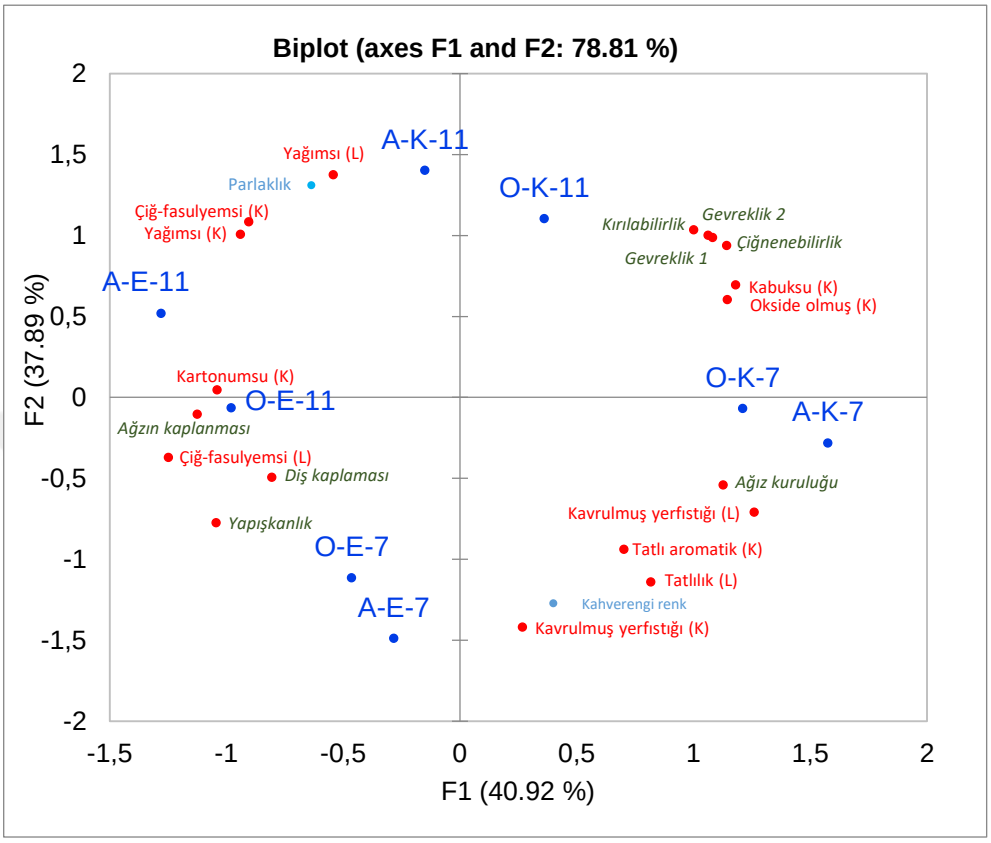
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm.

4.6.4. Kavrulmuş Yer Fıstıkları ve Ezme Örneklerinin Duyusal Özellikleri ile Yöre ve Boyut Arasındaki İlişki

Korelasyon matrisine göre yapılan temel bileşenler analizinde F1 ve F2 bileşenleri toplam varyansın %40.92 ve %37.89'unu açıklamaktadır. F1 bileşeni burunda *okside olmuş, kartonumsu, kabuksu* aromaları, ağızda *çiğ/fasulyemsi, kavrulmuş yer fıstığı* aromaları ve *gevreklik, çiğnenebilirlik, yapışkanlık, ağzın kaplanması* ve *ağız kuruluğu* gibi tekstürel özellikler ile pozitif korelasyon gösterirken, F2 bileşeni burunda *kavrulmuş yer fıstığı, tatlı aromatik, yağımsı, çiğ-fasulyemsi* aromaları ve *kahverengi renk, parlaklık,* ağızda *tatlılık ve yağımsı*

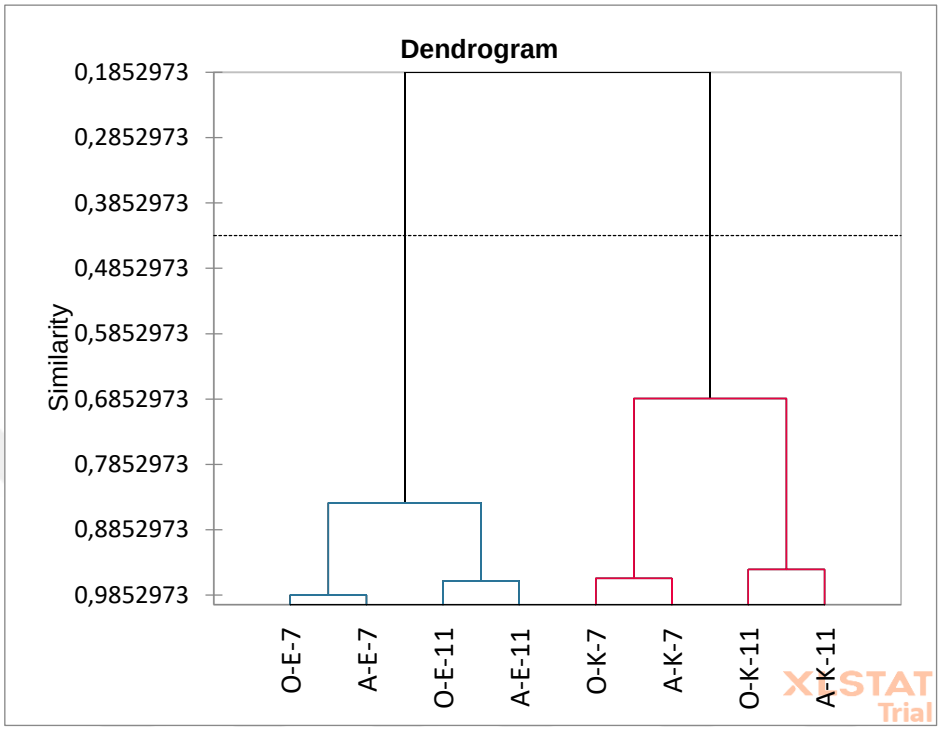
aroma ve kırılabilirlik duyusal tanımlayıcıları ile pozitif korelasyon göstermektedir. Duyusal tanımlayıcıların arasında, $p<0.05$ önem düzeyinde yüksek düzeyde (>0.90) pozitif korelasyon gösteren parametreler şöyle olmuştur; *parlaklık*-burunda *yağımsı* aroma (0.925), burunda *yağımsı*- burunda *çiğ fasulyemsi* aroma (0.976), ağızda *yağımsı* aroma-*parlaklık* (0.906), *kırılabilirlik-gevreklik* (0.986 ve 0.996), *kırılabilirlik-çiğnenebilirlik* (0.994), *yapışkanlık-diş kaplaması* (0.925). Negatif yöndeki, yüksek düzeydeki korelasyonlara bakıldığında ise şöyle olmuştur; ağızda *yağımsı* aroma-burunda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması (-0.906), ağızda *çiğ fasulyemsi* aroma-*tatlılık* (-0.906), ağızda *yağımsı* aroma-*kahverengi renk* (-0.913).

Şekil 4.15'e bakıldığında örneklerin PCA grafiğinde dört bölgeye dağıldıkları görülmektedir. Kavrulmuş örnekler genellikle sağ tarafta toplanırken, ezme örnekleri sol tarafta toplanmıştır. Kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örneklerinde her iki yörenin küçük boyutlu fıstıkları *kahverengi renk*, burunda ve ağızda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması, burunda *tatlı aromatik* ve ağızda *tatlılık* ile karakterize edilirken, büyük boyutlu fıstıklar burunda ve ağızda *yağımsı* aroma, *parlaklık* ve ağızda *çiğ fasulyemsi* aroma ile karakterize olmuştur. Osmaniye yöresinin büyük boyutlu kavrulmuş yer fıstıkları *kırılabilirlik, çiğnenebilirlik* ve *gevreklik* parametreleri ile pozitif korelasyon göstermiştir. Ezme örnekleri ise *ağız kaplaması, diş kaplaması, yapışkanlık* gibi tekstürel parametreler ile daha iyi korelasyon göstermiştir. Şekil 4.16'te kümeleme analizine göre örneklerin gruplanması gösterilmektedir. Örnekleri 2 ana gruba ayıran ana etken örneklerin kavrulmuş yer fıstığı veya ezme olması iken diğer faktör boyut farkıdır. Duyusal analiz verilerine göre yöre farkı olmaksızın boyutların kendi aralarında benzer duyusal özelliklere sahip olduğu gözükmektedir.



Şekil 4.15. Duyusal analiz sonuçlarının PCA grafiği

Duyusal tanımlayıcıların yanındaki kodlar; (B) Burunda algılanan aroma, (A) Ağızda algılanan aroma. Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm.



Şekil 4.16. Duyusal analiz sonuçlarının hiyerarşik kümeleme analizi (HCA)
Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm.

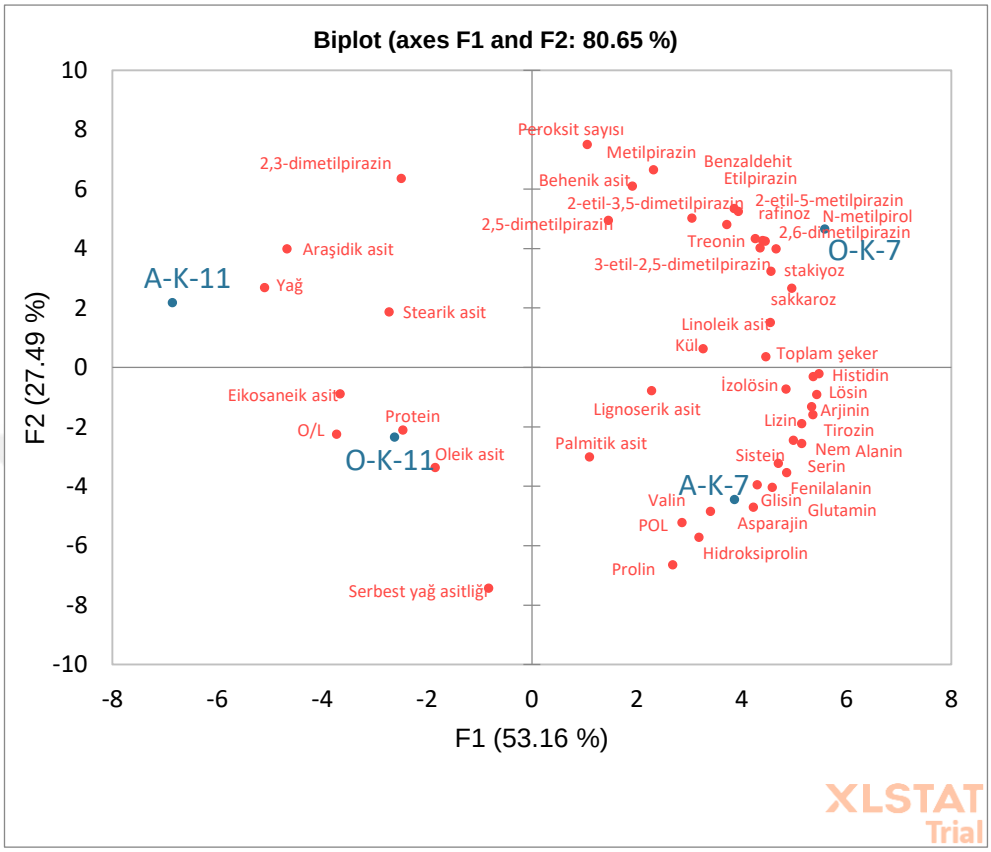
4.6.5. Çiğ Yer Fıstıklarının Kimyasal Bileşiminin Kavrulmuş Örneklerin *In Vivo* Aroma Bileşimi ile İlişkisi

Çiğ yer fıstıklarının kimyasal bileşimi ile kavrulmuş yer fıstıklarının *in vivo* aroma salınımı arasındaki ilişkiyi belirlemek için veriler aynı PCA grafiğinde birlikte değerlendirilmişir. F1 ve F2 bileşenleri toplam varyansın %53.16 ve %27.49'unu açıklamıştır. Kavrulmuş yer fıstıkları küçük ve büyük boyutlular olarak PCA grafiğinin sırasıyla sağ ve sol tarafında kümelenmiştir (Şekil 4.17).

Osmaniye ve Adana yörelerine ait küçük boyutlu kavrulmuş yer fıstıklarına ait ağızda salınan aroma bileşikleri ile şeker ve amino asit bileşenleri yakın konumda yer almıştır. Pirazin bileşikleri *kavrulmuş yer fıstığı* aromasından sorumlu ana bileşen grubu olarak bilinmektedir. Model sistemler üzerinde yapılan

çalışmalarda amino asitler ve şekerlerin arasında meydana gelen reaksiyonlarla çeşitli pirazin bileşiklerinin oluştuğu gösterilmiş ve şeker ve amino asit bileşenlerinin kavrulmuş aromadan sorumlu bileşiklerin oluşmasında önemli katkıları olan öncüller oldukları bildirilmiştir (Ku ve ark., 1998).

Korelasyon matriksine göre çiğ yer fıstıklarının içerdiği şeker bileşikleri kavurma ile oluşan bazı pirazinler ile güçlü korelasyonlar göstermiştir. Buna göre; stakiyoz bileşeni, N-metilpirol (0.975), 2,6-dimetilpirazin (0.980) ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin (0.993) ile, rafinoz bileşeni N-metilpirol (0.995), 2,6-dimetilpirazin (0.998), etilpirazin (0.979) ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin (0.998) ile, sakkaroz bileşeni N-metilpirol (0.972), 2,6-dimetilpirazin (0.972) ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin (0.977) ile istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) yüksek düzeyde korelasyona sahiptir. Öte yandan amino asitler içinde treonin bileşiği yine N-metilpirol (0.962), 2,6-dimetilpirazin (0.952), etilpirazin (0.956) ve benzaldehit (0.972) ile önemli düzeyde ($p<0.05$), pozitif yönde güçlü korelasyonlar göstermiştir.



Şekil 4.17. Çiğ yer fıstıklarının kimyasal bileşimi ve *in vivo* aroma salınımı sonuçlarının PCA grafiği

Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm.

4.6.6. Kavrulmuş Yer Fıstığı ve Ezme Örneklerinin *In Vivo* Aroma Bileşimi ile Duyusal Özellikleri Arasındaki İlişkisi

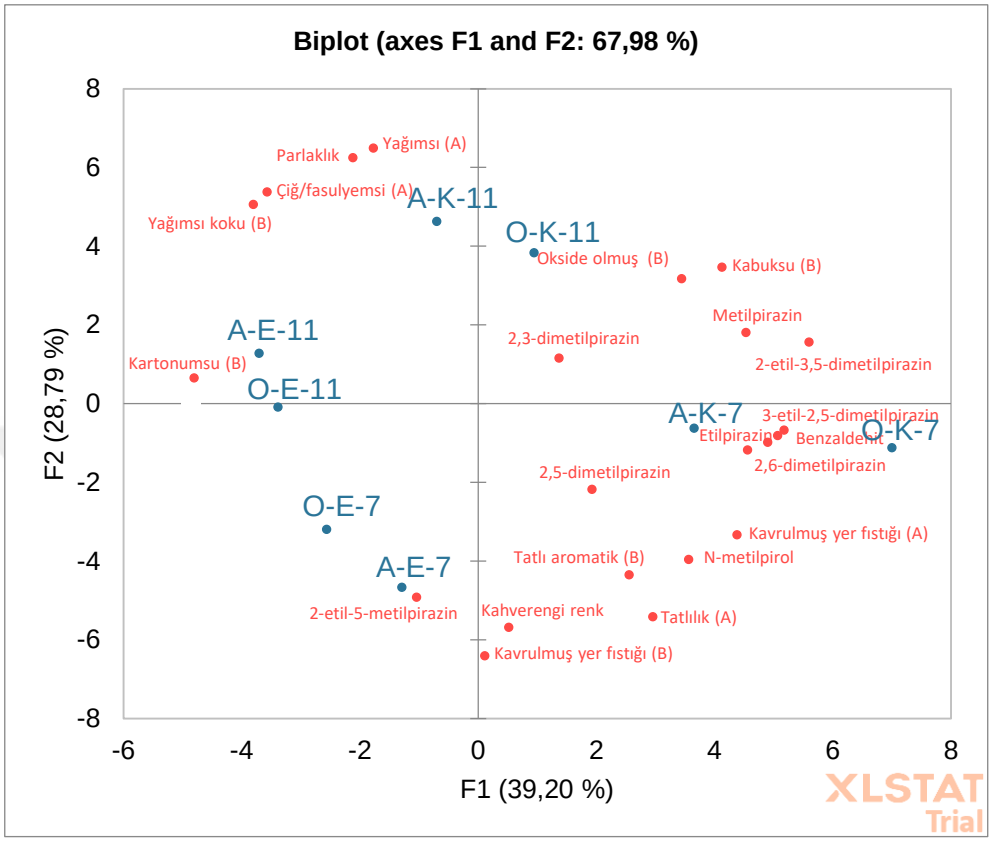
In vivo-ağız boşluğu-aroma salınımı analizi ile elde edilen aroma bileşikleri duyusal analiz sonuçları ile aynı PCA grafiğinde birlikte değerlendirilmiştir. Çünkü gıdanın tüketilmesi sırasında kişilerin ağız veya burun boşluğunda salınan aroma bileşiklerinin olfaktor epiteli ile etkileşime giren uçucu bileşen profiline daha yakın sonuçlar verdiği ve kişilerin duyusal algısı ile daha ilişkili olduğu bildirilmiştir (Farneti ve ark., 2013).

Kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örneklerine ait *in vivo* aroma salınımı ve duyusal analiz sonuçlarını içeren temel bileşenler analizinde F1 ve F2 bileşenleri toplam varyansın sırasıyla %40.92 ve %37.89'unu açıklamıştır. Küçük boyutlu kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örnekleri grafiğin alt tarafında toplanırken, büyük boyutlu fıstıklardan elde edilmiş örnekler üst tarafta toplanmıştır. Ayrıca örneklerin kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme olarak da ayrıştıkları ve aynı boyuttaki fıstıkların birbirlerine daha yakın konumda oldukları gözükmektedir (Şekil 4.18).

Küçük yer fıstıklarından elde edilen kavrulmuş ve ezme örnekleri ile *in vivo* analizlerde ağızda salınan aroma bileşiklerinin bir çoğu alt tarafta toplanmış ve birbirleri ile ilişkili bulunmuştur. Öte yandan burunda ve ağızda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması, burunda *tatlı-aromatik* aroma, *tatlılık* ile *kahverengi renk* özellikleri de küçük fıstıklar özellikle kavrulmuş yer fıstıkları ile karakterize olmuştur. Diğer bir ifade ile aroma salınımı fazla olan küçük boyutlu örnekler burunda ve ağızda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması, burunda *tatlı aromatik* ve *tatlılık* ile *kahverengi renk* özellikleri bakımından daha yüksek notlar almıştır. Ancak *in vivo* aroma bileşikleri ile bu duyusal tanımlayıcılar arasında önemli pozitif yönlü bir korelasyona rastlanmamıştır. İlginç bir şekilde korelasyon matriksine göre, $p<0.05$ önem düzeyinde aralarında ters yönlü korelasyon tespit edilen bileşikler ve duyusal tanımlayıcılar şöyle olmuştur; etilpirazin- burunda *kartonumsu* aroma (-0.708), 2-etil-5-metilpirazin ile burunda *okside olmuş* (-0.740) ve *kabuksu* aromaları (-0.837), 3-etil-2,5-dimetilpirazin ile burunda *kartonumsu* aroma (-0.845) ve ağızda *çiğ/fasulyemsi* aroma (-0.724), 2-etil-3,5-dimetilpirazin ile burunda *kartonumsu* aroma (-0.822) ve ağızda *çiğ/fasulyemsi* aroma (-0.817). Buna göre etilpirazin, 2-etil-5-metilpirazin, 3-etil-2,5-dimetilpirazin ve 2-etil-3,5-dimetilpirazin salınımının daha fazla olduğu örnekler, burunda *kartonumsu* ve *okside olmuş* aromalar ile ağızda *çiğ/fasulyemsi* aroma gibi kavrulmuş yer fıstığında istenmeyen duyusal algılar bakımından daha düşük puanlara sahip olmuştur.

Pirazinlerin tipik kavrulmuş yer fıstığı aromasından sorumlu en önemli bileşikler olduğu önceki çalışmalarda bildirilmiştir. Bu pirazinler içinde 2-

metilpirazin, 2,5-dimetilpirazin ve 2-etil-5-(veya 6)-metilpirazinin kavrulmuş aromaya katkısının daha fazla olduğu vurgulanmıştır (Baker ve ark., 2003; Didzbalis ve ark., 2004; Dun ve ark., 2019). Aroma bileşimi ile örneklerin duyusal özellikleri arasındaki ilişkiyi belirleyen bu çalışmalarda *in vitro* ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen aroma bileşimi duyusal veya koklama yöntemi ile elde edilen veriler ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada farklı olarak yer fıstığının tüketilmesi sırasında ağızda ortaya çıkan bileşiklerin duyusal araçlarla elde edilen veriler ile ilişkisi ortaya konmuştur. *In vivo* yöntemle elde edilen bileşikler PCA grafiğinde kavrulmuş aroma ile anlamlı bir korelasyon göstermemiştir ancak yakın konumda yer almıştır. Aynı zamanda bu bileşiklerin burunda *kartonumsu* ve *okside olmuş* aromalar ile ağızda *çiğ/fasulyemsi* aroma gibi kavrulmuş yer fıstığında istenmeyen duyusal algıların karşı tarafında yer aldığı gözükmektedir.



Şekil 4.18. *In vivo* aroma salınımı ve duyusal analiz sonuçlarının PCA grafiği
Duyusal tanımlayıcıların yanındaki kodlar; (B) Burunda algılanan aroma, (A) Ağızda algılanan aroma. Örneklerin kodlanması: (O) Osmaniye, (A) Adana, (K) Kavrulmuş, (E) Ezme, (7) 7 mm, (11) 11 mm.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Osmaniye ve Adana illerinden elde edilen NC-7 çeşit yer fıstıkları 7 ve 11 mm olarak iki boyutta sınıflandırılmış ve her boyut eşit yüzey rengi elde edilene kadar kavrulmuştur. Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarının genel kimyasal bileşimi ile birlikte yağ asidi dağılımı, şeker ve amino asit içerikleri belirlenmiş ve aroma analizleri *in vivo* ve *in vitro* yöntemler kullanılarak iki şekilde yapılmıştır. Örneklerin aroma aktif bileşikleri belirlenerek aromaya katkısı en fazla olan bileşikler AEDA ile belirlenmiştir. Kavrulmuş yer fıstığı ve ezme örneklerinde duyusal analizler yapılmıştır. Analizler boyunca yer fıstığının boyutunun, yetiştiği bölgenin ve kavurma prosesinin etkisi istatistiksel analizler ile ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Çalışma boyunca elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Çiğ ve kavrulmuş örneklerin genel kimyasal bileşimi boyuta, yöreye ve kavurma prosesine bağlı olarak istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Tüm genel kimyasal parametreleri üzerine boyutun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve küçük taneler daha yüksek nem ve toplam şeker içeriğine sahip iken, büyük taneler daha fazla yağ ve protein içeriğine sahip olmuştur. Kavurma prosesi ile örneklerin nem düzeyi düşmüş ve kavrulmuş örneklerin nem düzeyleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Protein ve toplam şeker içerikleri kavurma işlemi ile bir miktar artış göstermiştir.
- Örneklerde şeker bileşikleri olarak miktar sırasına göre sakkaroz, stakiyoz ve rafinoz belirlenmiştir. Küçük fıstıklar şeker içerikleri bakımından büyüklere kıyasla daha yüksek değerler göstermiştir. Çiğ örneklerde Osmaniye yöresinden elde edilen yer fıstıkları, Adana fıstıklarına göre üç şeker içeriğinde de daha yüksek konsantrasyona sahip olmuştur. Yöre ve boyutun örneklerin şeker içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli

bulunmuştur. Osmaniye yöresi bu üç şekerin toplamı bakımından önemli düzeyde yüksek değer gösterirken, küçük fıstıklarda büyük fıstıklara kıyasla önemli düzeyde yüksek olmuştur.

- Örneklerde 9 tanesi elzem olmak üzere toplam 17 adet amino asit belirlenmiştir. Glutamin, asparajin ve arjinin başlıca amino asitler olmuşlardır. Küçük ve büyük taneler arasında amino asit içerikleri bakımından her iki yörede de istatistiksel açıdan önemli farklar vardır ve boyutun etkisi tüm amino asitler için önemli bulunmuştur. Küçük taneler, büyük tanelere kıyasla miktarca daha fazla amino asit içermiştir. Asparajin, valin ve izolösin dışındaki tüm amino asitlerin miktarı üzerine kavurmanın etkisi önemli bulunmuş ve amino asitler genellikle kavurma ile azalma eğilimi göstermiştir. Toplam amino asit miktarı bakımından örnekler kıyaslandığında örnekler şu şekilde sıralanmıştır; küçük taneler > büyük taneler, Osmaniye yöresi > Adana yöresi, çiğ örnekler > kavrulmuş yer fıstıkları.
- Örneklerin serbest yağ asitliği değerlerinin değişimi tüm örneklerde istatistiksel açıdan önemsiz çıkmıştır. Ancak peroksit değeri örnekler arasında önemli farklılıklar göstermiş ve genellikle kavurma ile artmıştır. Kavurma prosesinin peroksit değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Analizi yapılan çiğ ve kavrulmuş yer fıstığı yağı örneklerinde en fazla belirlenen yağ asidi miktarı çoktan aza göre oleik (O), linoleik (L), palmitik, stearik, behenik, araşidik, eikosenoik ve lignoserik asit şeklinde olmuştur. Örneklerin oleik asit içeriklerine bakıldığında büyük taneler, küçük tanelere göre her iki bölgede de daha yüksek değerler göstermiştir. Oleik asit içerikleri arasındaki fark çiğ tanelerde Adana bölgesinde önemsiz iken kavrulmuş tanelerde her iki bölgede de önemlidir. Örneklerin oleik ve linoleik asit içerikleri ile O/L oranı üzerine boyut, yöre ve prosesin etkisi önemli bulunmuştur. Osmaniye bölgesinden elde edilen fıstıklarda

O/L oranı Adana'dan yüksek, aynı şekilde büyük tanelerin O/L oranı küçük tanelere göre istatistiksel olarak daha yüksek çıkmıştır.

- Örneklerin aroma bileşimi *in vivo* ve *in vitro* yöntemler kullanılarak iki şekilde belirlenmiştir. *In vivo* yöntemde kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örnekleri ile çalışılmıştır. Ezme örnekleri kavrulmuş yer fıstıklarının yüksek devirde homojen hale getirilmesiyle elde edilmiş ve değişen tekstürün ağızda aroma salınımı üzerine etkisi incelenmiştir. *In vivo* ölçümlerde ağızda salınan toplam 10 adet aroma bileşiği belirlenmiş ve bu bileşikler içinde 2,5-dimetilpirazin baskın olmuştur. Osmaniye yöresi küçük yer fıstıkları tanımlanan çoğu pirazin bileşiği bakımından diğer örneklerden önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Her iki yörede de, kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örneklerinde küçük fıstıkların toplam aroma salınımı büyük boyutlu tanelere göre daha fazladır ancak bu fark Osmaniye yöresinde istatistiksel açıdan önemli iken Adana yöresinde önemsiz bulunmuştur. *In vivo*-ağız boşluğu-aroma salınımı sonuçları toplam aroma salınımı bakımından özetlenecek olursa; Osmaniye yöresi > Adana yöresi, küçük fıstıklar > büyük fıstıklar ve kavrulmuş yer fıstıkları > ezme örnekleri şeklinde olmuştur. Ancak bu farklılıklar içinde sadece boyutun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.
- Çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarında bulunan aroma bileşiklerinin belirlenmesinde *in vitro* aroma analiz yöntemi olarak SAFE kullanılmış ve örneklerde sırasıyla 29 ve 52 adet aroma bileşiği tanımlanmış ve miktarı belirlenmiştir. Çiğ fıstıklarda alkol, kavrulmuş örneklerde ise pirazin grubu bileşikler baskın bulunmuştur. 2,5-dimetilpirazin kavrulmuş örneklerde en fazla bulunan pirazin bileşiği olmuştur. Osmaniye ve Adana yörelerinden elde edilen kavrulmuş fıstıklarda, küçük ve büyük boyutlu fıstıklar arasında pirazinler arasında önemli farklılıklar çıkmış ve genellikle küçük boyutlu fıstıklar pirazinleri daha fazla içermiştir. Osmaniye'nin küçük yer

fıstıkları 2,6-dimetilpirazin, etilpirazin, 2-etil-6-metilpirazin, 2-etil-5-metilpirazin, trimetilpirazin ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin bakımından diğer örneklerden istatistiksel açıdan önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Toplam pirazin miktarı Osmaniy'nin küçük yer fıstıklarında diğer örneklere kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunmuştur.

- Örneklerin aroma aktif bileşikleri belirlenmiş ve aromaya katkısı en yüksek bileşikler AEDA ile saptanmıştır. Çiğ örneklerde 2 adet kavrulmuş yer fıstıklarında ise 31 adet aroma aktif bileşik belirlenmiştir. Çiğ ve kavrulmuş ürünlerde ortak aroma aktif bileşik furfural bileşiği olmuş ve örneklere *çiğ kabuksu, haşlanmış* kokularını vermiştir. Kavrulmuş yer fıstıklarında pirazin bileşikleri aroma aktiflik bakımından baskın olmuş ve 2,5-dimetilpirazin aromaya katkısı en yüksek bileşen olarak belirlenmiştir. 2,5-dimetilpirazin, 2,6-dimetilpirazin ve etilpirazin bileşikleri Osmaniye yöresinin küçük yer fıstığında diğer örneklere kıyasla daha yüksek SF değeri göstermiştir. Aynı zamanda *in vivo* ölçümlerde elde edilen kavrulmuş yer fıstığına ait aromatik ekstrakta da AEDA uygulanmış, yer fıstığının ağızda tüketilmesi sırasında ortaya çıkan aroma bileşiklerinin aroma aktifliği değerlendirilmiştir. Bu ekstraktlarda da 2,5-dimetilpirazin, 2,3-dimetilpirazin, trimetilpirazin ve furfural olmak üzere 4 adet bileşik GC-O ile belirlenmiştir. SAFE ekstraktından farklı olarak, *in vivo* ekstraktlarda pirazinlerden 2,3-dimetil-pirazin en yüksek SF değerleri göstermiştir.
- Kavrulmuş yer fıstıkları ve ezme örnekleri duyusal olarak değerlendirilmiştir. Kavrulmuş yer fıstıklarında büyük taneler *kırılabilirlik, parlaklık* ve ağızda ve burunda *yağımsı* aroma bakımından küçük tanelere göre daha yüksek puanlar alırken, küçük taneler ağızda ve burunda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması ile *tatlılık* bakımından büyük tanelerden daha yüksek puanlara sahip olmuştur. Ezme örneklerinde de büyük tanelerden elde edilen ezmeler, küçük tanelerden elde edilenlere göre daha parlak ve

daha açık renkli olarak değerlendirilmiştir. *Kahverengi renk* ve *parlaklık* özellikleri üzerine boyutun etkisi önemli bulunmuştur. Küçük tanelerden elde edilen ezmeler ise burunda ve ağızda *kavrulmuş yer fıstığı* aroması ve *tatlılık* puanları bakımından büyük taneli ezmelerden daha yüksek olurken, ağızda *yağımsı* aroma puanları bakımından tam tersi olmuştur. Ezmelerin tekstürel değerlendirilmesinde sadece *yapışkanlık* puanları arasındaki farklar önemli düzeyde değişmiştir. Küçük tanelerden elde edilen ezmeler daha *yapışkan* olarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular ışığında genel bir değerlendirme aşağıdaki gibi yapılabilir;

Bu çalışmada, ülkemizde yer fıstığı kalitesi ile öne çıkan ve aldığı coğrafi işaret belgesi ile tanınan Osmaniye yer fıstığının kimyasal özellikleri, mikrobileşenleri ve kavurma ile ortaya çıkan aroma bileşimi ilk kez detaylıca araştırılmıştır. Yakın iklim özelliklerine sahip ve son yıllarda yer fıstığı üretiminde Osmaniye'nin önüne geçen Adana ili yer fıstıkları ile boyut ve yöre etkisi göz önüne alınarak kıyaslanmıştır. Tüm analiz sonuçları göz önüne alınarak genel bir değerlendirme yapıldığında genellikle boyutun etkisi yöre etkisinden daha belirgin olmuş ve kavurma prosesi ile aroması farklılaşmış bir ürün elde edilerek, örneklerin kimyasal bileşimi kavurma prosesinden etkilenmiştir. Buna göre boyuta göre sınıflandırılan yer fıstığının sahip olduğu kimyasal özelliklere göre ele alınması ve işlenmesi tavsiye edilmektedir.

Hammaddenin sahip olduğu yağ ve şeker ve amino asit içerikleri *in vivo* ve *in vitro* aroma analiz sonuçlarına ve örneklerin duyusal değerlendirilmesinde aldığı puanlara etki etmiştir. Bu nedenle üreticilerin yer fıstıklarını işlemeden önce kimyasal bileşim yönünden ele almasının önemli olduğu düşünülmektedir.

In vivo aroma salınımı yöntemleri 2000'li yıllardan beri çeşitli model gıda matrikslerinden salınan aroma bileşiklerinin belirlenmesi ve gıda matriksi-aroma etkileşimlerini anlamak için kullanılmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar daha

çok model gıdalar üzerine odaklanmıştır. Yapılan çalışmada gerçek bir gıda matriksi kullanılmış ve *in vivo*-aroma salınımı analiz yöntemi ülkemiz koşullarında ilk kez uygulanmıştır. Bu çalışma ile geleneksel aroma analiz uygulamalarına yeni bir boyut kazandırılmıştır. Aynı zamanda farklı gıdalara uygulanabilecek bir metodoloji sunulmuştur.

Gıdanın yapısının ve bileşiminin aroma salınımını ve buna eşlik eden duyusal algıyı nasıl etkilediğini anlamak için *in vivo* yaklaşımla gerçek gıdalar kullanılarak yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmalar ile elde edilen bilgiler, gıdanın aroma salınımını ve tüketildiğinde kişilerde oluşturduğu algıyı istenen yönde değiştirmek için kullanılması için temel oluşturacaktır.

Bu çalışmada yer fıstığı tekstürünün ve boyutunun aroma salınımına etkisini gözlemlemek için tüm panelistler tarafından uygulanan stantdart bir tadım prosedürü kullanılmıştır. Ancak gıdanın tüketilmesi sırasında kişiler arası tüketim farklılıklarının *in vivo* aroma salınımına ve duyusal algı ile birlikte doyma hissine etkisinin incelenmesi ilgi çekici olabilir.

Günümüzde sağlıklı gıda tüketmeye yönelik bilincin artması nedeniyle tüketiciler, tam yağlı ürünün tekstürel özelliklerine ve aromasına sahip ancak az yağlı ürünler talep etmektedir. Bu sebeple tüketicilerin hem sağlık hem duyusal taleplerini kaşılayacak ürünlerin geliştirilmesinde *in vivo* yöntemlerle belirlenen aroma salınımı çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Yer fıstığı ezmesi fıstık tarımının gelişmiş olduğu ABD gibi ülkelerde önde gelen değerlendirme şekillerinden biri olup katma değeri yüksek bir üründür. Ancak bölgede ve ülkemizde fıstık ezmesi üretimi oldukça sınırlı olup bu ürün geliştirilmeye açık bir konumdadır. Bu çalışmada ezme, değişen tekstürün *in vivo* aroma salınımı ve duyusal analizde etkisini görmek için kavrulmuş yerfıstıklarının parçalanıp ezilmesi ile elde edilmiş, bir formülasyon çalışması yapılmamıştır. Bu çalışmada elde edilen bilgiler ışığında farklı tanelerden elde edilecek ezmelerin formülasyon çalışması yapılabilir.

Osmaniye'nin küçük boyutlu yer fıstıkları şeker içeriği (sakkaroz, stakiyoz ve rafinoz), *in vivo* toplam aroma salınımı ve *in vitro* toplam aroma bileşimi bakımından öne çıkmıştır. Ancak büyük boyutlu yer fıstıklarına göre daha düşük oleik asit/linoleik asit (O/L) oranına sahip olmaları kavrulmuş aromanın stabilitesi konusunda olumsuz bir özellik olabilir. İleride yapılacak çalışmalarda depolama ile çeşitli boyuttaki yer fıstıklarının aroma bileşiminin nasıl etkilendiğinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Ülkemizde ekimi yapılan NC-7 çeşit yer fıstığı Amerika kökenli bir çeşittir. Bölgeye uyumlu ve yüksek verimli farklı çeşitlerin çalışmaları da yapılmaktadır. Bu sayede üretilen yer fıstığı çeşit yelpazesinin genişletilmesi amaçlanmaktadır. Farklı çeşitlerin bölgeye uyumunun ve veriminin yanında aromatik yönden de araştırılmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Yer fıstığı sevilen aroması yanında, dış kabuğu, iç zarı ve tohumunda bulunan fonksiyonel bileşikler bakımından da ilgi çekmektedir. İleriki çalışmalarda ülkemiz koşullarında yetişen yer fıstığının içerdiği biyoaktif bileşiklerce de ele alınmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abbas, Z., Kumar, A., and Kumar, A., 2018. Peanut Agriculture and Production Technology: Integrated Nutrient Management. CRC Press, Canada, USA, 218p.

Acree, T. E., Barnard, J., Cunningham, D. G., 1984. A procedure for the sensory analysis of gas chromatographic effluents. Food Chemistry, 14(4):273-286.

Adhikari, B., Dhungana, S. K., Ali, M. W., Adhikari, A., Kim, I. D., Shin, D. H., 2019. Antioxidant activities, polyphenol, flavonoid, and amino acid contents in peanut shell. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18(4): 437-442.

Alid, G., Yanez, E., Aguilera, J. M., Monckeberg, F., Chichester, C. O., 1981. Nutritive value of an extrusion-texturized peanut protein. Journal of Food Science, 46(3): 948-949.

Alipour, H. J., Shabanpoor, B., 2010. Effects of cooking methods on physico-chemical and nutritional properties of Persian sturgeon Acipenser persicus fillet. International Aquatic Research, 2(1): 15–23.

Alpert, H. R., Agaku, I. T., and Connolly, G. N., 2016. A study of pyrazines in cigarettes and how additives might be used to enhance tobacco addiction. Tobacco Control, 25(4):444-450.

Amanpour, A., Guclu, G., Kelebek, H., Selli, S., 2019. Characterization of key aroma compounds in fresh and roasted terebinth fruits using aroma extract dilution analysis and GC–MS-Olfactometry. Microchemical Journal, 145: 96–104.

Amanpour, A., Selli, S., 2016. differentiation of volatile profiles and odor activity values of Turkish coffee and French press coffee. Journal of Food Processing and Preservation, 40:1116–1124.

Andersen, P. C., Gorbet D. W., 2002. Influence of year and planting date on fatty acid chemistry of high oleic acid and normal peanut genotypes. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50:1298-1305.

Andersen, P. C., Hill K, Gorbet, D. W, Brodbeck B. V., 1998. Fatty acid and amino acid profiles of selected peanut cultivars and breeding liner. Journal of Food Composition and Analysis, 11:100-111.

Aninbon, C., Jogloy, S., Vorasoot, N., Nuchadomrong, S., Holbrook, C. C., Kvien, C., Patanothai, A., 2019. Effect of terminal drought on arginine content in peanut genotypes with difference in levels of drought resistance. International Journal of Plant Production, 13(2):155-162.

Archer, P., 2016. Overview of the peanut industry supply chain (H. T. Stalker and R. F. Wilson). Peanuts, AOCS Press, pp. 253-266.

Arıoğlu, H., Bakal, H., Güllüoğlu, L., Kurt, C. Onat, B., 2016. Ana ürün koşullarında yetiştirilen bazı yer fıstığı çeşitlerinin önemli agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (Özel Sayı-2): 24-29.

Ayatse, J. O., Eka, O. U., Ifon, E. T., 1983. Chemical evaluation of the effect of roasting on the nutritive value of maize (Zea mays, Linn.). Food Chemistry, 12(2):135-147.

Aydinsakir, K., Dinc, N., Buyuktas, D., Bastug, R., Toker, R., 2016. Assessment of different irrigation levels on peanut crop yield and quality components under Mediterranean conditions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 142(9): 04016034.

Baker, G. L., Cornell, J. A., Gorbet, D. W., O'keefe, S. F., Sims, C. A., Talcott, S. T., 2003. Determination of pyrazine and flavor variations in peanut genotypes during roasting. Journal of Food Science, 68(1): 394-400.

Basha, S. M., 1991. Deposition pattern of methionine-rich protein in peanuts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39(1), 88-91.

Basha, S. M., 1992. Soluble sugar composition of peanut seed. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 40(5):780-783.

Basha, S. M., Cherry, J. P., Young, C. T., 1976. Changes in free amino-acids, carbohydrates, and proteins of maturing seeds from various peanut (Arachis hypogaea L) cultivars. Cereal Chemistry, 53: 586–597.

Basha, S. M., Ying, M., Young, C. T., 1998. Identification of heat sensitive proteins during roasting of peanut seed. Journal of Food Quality, 21(6): 485-496.

Benjamin, O., Silcock, P., Beauchamp, J., Buettner, A., Everett, D.W., 2012. Tongue pressure and oral conditions affect volatile release from liquid systems in a model mouth. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 60(39): 9918-9927.

Bett, K. L., and Boylston, T. D., 1992. Effect of storage on roasted peanut quality: descriptive sensory analysis and gas chromatographic techniques (A. J. St. Angelo). Lipid Oxidation in Food, ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 322-343.

Boesveldt, S., de Graaf, K., 2017. The differential role of smell and taste for eating behavior. Perception, 46(3-4): 307-319.

Boisard, L., Tournier, C., Sémon, E., Noirot, E., Guichard, E., Salles, C., 2014. Salt and fat contents influence the microstructure of model cheeses, chewing/swallowing and *in vivo* aroma release. Flavour and Fragrance Journal, 29(2): 95-106.

Boland, A. B., Delahunty, C. M., van Ruth, S. M., 2006. Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. Food Chemistry, 96(3): 452-460.

Bonneau, A., Boulanger, R., Lebrun, M., Maraval, I., Valette, J., Guichard, É., Gunata, Z., 2018. Impact of fruit texture on the release and perception of aroma compounds during *in vivo* consumption using fresh and processed mango fruits. Food Chemistry, 239: 806-815.

Braddock, J. C., Sims, C. A., O'keefe, S. F., 1995. Flavor and oxidative stability of roasted high oleic acid peanuts. Journal of Food Science, 60(3): 489–493.

Bryant, R. J., Rao, D. R., Ogutu, S., 2004. α and β-galactosidase activities and oligosaccharide content in peanuts. Plant Foods for Human Nutrition, 58:213–23.

Buckholz L. L., and Lawrence L., 1980. Influence of roasting time on sensory attributes of fresh roasted peanuts. Journal of Food Science, 45:547-554.

Buckholz L. L., Daun H., Stier E., Trout R., 1980. Influence of roasting time on sensory attributes of fresh roasted peanuts. Journal of Food Science, 45:547-554.

Buckholz L. L., Lawrence L., 1981. Instrumental and sensory characteristics of roasted peanut flavor volatiles (Teranishi R., Bareerera-Benitez H., editors). Quality of Selected Fruits and Vegetables of North America, American Chemical Society Symposium Series 170, Washington D.C., American Chemists Society, pp. 163-181.

Bueno, M., Resconi, V. C., Campo, M. M., Cacho, J., Ferreira, V., Escudero, A., 2011. Gas chromatographic–olfactometric characterisation of headspace and mouthspace key aroma compounds in fresh and frozen lamb meat. Food Chemistry, 129(4): 1909-1918.

Buettner, A., and Beauchamp, J., 2010. Chemical input − Sensory output: Diverse modes of physiology−flavour interaction. Food Quality and Preference, 21: 915−924

Buňka, F., Hrabě, J., Kráčmar, S., 2004. The effect of sterilization on amino acid contents in processed cheese. International Dairy Journal, 14(9):829-831.

Burroni, L. V., Grosso, N. R., Guzmán, C. A., 1997. Principal volatile components of raw, roasted, and fried Argentinean peanut flavors. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(8): 3190–3192.

Buttery R. G., Ling, L. C., Juliano, B. O., 1982. 2-acetyl-1-pyrroline-an important aroma component of cooked rice. Chemistry and Industry, (23):958-959.

Cabaroğlu, T., Bozdoğan, A., Kemal, Şen., Darıcı, M., 2012. Emir üzümünden geleneksel yöntemle üretilen doğal köpüren şarabın aroma bileşiklerinin belirlenmesi. Akademik Gıda, 10(3): 14-21.

Canvin, D. T., 1965. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops. Canadian Journal of Botany, 43(1): 63-69.

Casini, C., Dardonelli, J., Martínez, M., Balzarini, M., Borgogno, C., Nassetta, M., 2003. Oil quality and sugar content of peanuts (*Arachis hypogaea* L) grown in Argentina: their relationship with climatic variables and seed yield. Journal of Agriculture Food Chemistry, 51:6309-6313.

Cemeroğlu, B. S., 2010. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye.

Chetschik, I., Granvogl, M., Schieberle, P., 2008. Comparison of the key aroma compounds in organically grown, raw West-African peanuts (*Arachis hypogaea*) and in ground, pan-roasted meal produced thereof. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(21): 10237-10243.

Chetschik, I., Granvogl, M., Schieberle, P., 2010. Quantitation of key peanut aroma compounds in raw peanuts and pan-roasted peanut meal. Aroma reconstitution and comparison with commercial peanut products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(20): 11018-11026.

Cobb, W. Y., and Swaisgood, H. E., 1971. Roasted peanut flavor and its relation to growth environment. Journal of Food Science, 36(3): 538-539.

Coleman, III W. M, White, Jr. J. L, Perfetti, T. A., 1994. Characteristics of heat-treated aqueous extracts ofpeanuts and cashews. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42(1):190–4.

Constanza, K. E., White, B. L., Davis, J. P., Sanders, T. H., Dean, L. L., 2012. Value-added processing of peanut skins: antioxidant capacity, total phenolics, and procyanidin content of spray-dried extracts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(43): 10776-10783.

Crippen, K. L., Vercellotti J. R., Lovegren N. V., Sanders T. H., 1992. Defining roasted peanut flavor quality. Part 2. Correlation of GC volatiles and sensory flavor attributes (Charalambous G. Editor). Food Science and Human Nutrition, Elsevier Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands, pp. 211-227.

Cui, S. W., 2005. Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications. CRC press, 432p.

Damame, S. V., Chavan, J. K., Kadam, S. S., 1990. Effects of roasting and storage on proteins and oil in peanut kernels. Plant Foods for Human Nutrition, 40(2):143-148.

Darıcı, M., 2017. Türkiye'de Farklı Coğrafi Yörelerde Üretilen Yerli Kalite Kırmızı Şarapların (Kalecik Karası, Öküzgözü, Boğazkere) Kimyasal ve Duyusal Tanımlayıcılarının Kemometrik Yöntemlerle Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 261s. Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp.

Davis, J. P., and Dean, L. L., 2016. Peanut composition, flavor and nutrition (Stalker H. T., and Wilson R. F.). Peanuts Genetics, Processing, and Utilization, AOCS Press, pp. 289-345.

Davis, J. P., Sweigart, D. S., Price, K. M., Dean, L. L., Sanders, T. H., 2013. Refractive index and density measurements of peanut oil for determining oleic and linoleic acid contents. Journal of the American Oil Chemists' Society, 90:199–206.

de Kok, P. M. T., and Smorenburg, H. E., 1999. Flavor release in the mouth (R., Teranishi, E. L. Wick, I. Hornstein) Flavor Chemistry, Springer, Boston, MA, pp. 397-407.

de Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Júnior, A. I. M., Vásquez, Z. S., Medeiros, A. B., Vandenberghe, L. P., Soccol, C. R., 2019. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans–A review. Food Chemistry, 272: 441-452.

Dean, L. L., Davis, J. P., Sanders, T. H., 2011. Groundnut oil (Gunstone, F.D. editor), Vegetable Oils in Food Technology, Blackwell Publishing Ltd, Ames, Iowa, pp. 225–242.

Demir S., 2006. Tuz Gölü (Karataş) çevresindeki sahil kumullarına insan etkileri, Balıkesir Üniveritesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, Türkiye Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp.

Didzbalis, J., Ritter, K. A., Trail, A. C., Plog, F. J., 2004. Identification of fruity/fermented odorants in high-temperature-cured roasted peanuts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(15): 4828-4833.

DOĞAKA, 2015. TR63 Bölgesi Yer Fıstığı Sektör Raporu, Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı , Erişim adresi: http://www.dogaka.gov.tr/icerik/dosya/www.dogaka.gov.tr_620_kb1o20ne_yerfistigi-sektor-raporu-2015.pdf.

Dun, Q., Yao, L., Deng, Z., Li, H., Li, J., Fan, Y., Zhang, B., 2019. Effects of hot and cold-pressed processes on volatile compounds of peanut oil and corresponding analysis of characteristic flavor components. LWT, 112: 107648.

Elmore, J. S., Nisyrios, I., Mottram, D. S., 2005. Analysis of the headspace aroma compounds of walnuts (Juglans regia L.). Flavour and Fragrance Journal, 20(5): 501-506.

El-Rawas, A., Hvizdzak, A., Davenport, M., Beamer, S., Jaczynski, J., Matak, K., 2012. Effect of electron beam irradiation on quality indicators of peanut butter over a storage period. Food Chemistry, 133(1): 212-219.

Engel, W., Bahr, W., Schieberle, P., 1999. Solvent assisted flavour evaporation–a new and versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices. European Food Research and Technology, 209(3-4): 237-241.

Erten, E. S., and Cadwallader, K. R., 2017. Identification of predominant aroma components of raw, dry roasted and oil roasted almonds. Food Chemistry, 217:244-253.

FAO, 2019. Peanut Production, Food and Agriculture Organization, Erişim adresi: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Farneti, B., Alarcón, A. A., Cristescu, S. M., Costa, G., Harren, F. J., Holthuysen, N. T., Woltering, E. J., 2013. Aroma volatile release kinetics of tomato genotypes measured by PTR-MS following artificial chewing. Food Research International, 54(2):1579-1588.

Felland, S. L., and Koehler, P. E., 1997. Sensory, chemical, and physical changes in increased water activity peanut butter products. Journal of Food Quality, 20(2): 145-156.

Fennema, O. R., 1996. Water and ice (O. R. Fennema, editor). Food Chemistry, 3rd edition, New York, Marcel Dekker, pp. 17 – 94.

Fernstrom, J. D., 2013. Large neutral amino acids: dietary effects on brain neurochemistry and function. Amino Acids, 45(3):419–430.

Flament I., 2002. The İndividual Constituents: Structure, Nomenclature, Origin, Chemical And Organoleptic Properties (Flament I. editor). Coffee Flavor Chemistry. 1st edition, Baffins Lane, Chichester, John Wiley & Sons, Ltd. pp. 81–346.

Frank, D. C., Eyres, G. JT., Piyasiri, U., Delahunty, C. M., 2012. Effect of food matrix structure and composition on aroma release during oral processing using in vivo monitoring. Flavour and Fragrance Journal, 27(6): 433-444.

Frank, D., Appelqvist, I., Piyasiri, U., Wooster, T. J., Delahunty, C., 2011a. Proton transfer reaction mass spectrometry and time intensity perceptual measurement of flavor release from lipid emulsions using trained human subjects. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(9): 4891–4903.

Frank, S., Wollman, N., Schieberle, P., Hofmann, T., 2011b. Reconstitution of the flavor signature of dornfelder red wine on the basis of the natural concentrations of its key aroma and taste compounds, Journal of Agriculture Food and Chemistry, 59:8866–8874.

Gama, A. P., and Adhikari, K., 2019. Sensory characterization of dominant Malawi peanut varieties after roasting. Journal of Food Science, 84(6): 1554–1562.

Ghuman, P. K., Mann, S. K., Hira, C. K., 1990. Evaluation of protein quality of peanut (*Arachis hypogaea*) cultivars using Tetrahymena pyriformis. Journal of the Science of Food and Agriculture, 52(1): 137-139.

Golombek, S. D., and Johansen, C., 1997. Effect of soil temperature on vegetative and reproductive growth and development in three Spanish genotypes of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Peanut Science, 24(2): 67-72.

Golombek, S. D., Sridhar, R., Singh, U., 1995. Effect of soil temperature on the seed composition of three Spanish cultivars of groundnut (Arachis hypogaea L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43(8): 2067-2070.

Golombek, S. D., Sultana, A., Johansen, C., 2001. Effect of separate pod and root zone temperatures on yield and seed composition of three Spanish cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L). Journal of the Science of Food and Agriculture, 81(14): 1326-1333.

Gong, A. N., Shi, A. M., Liu, H. Z., Yu, H. W., Li, L., Lin, W. J., Qiang, W., 2018. Relationship of chemical properties of different peanut varieties to peanut butter storage stability. Journal of İntegrative Agriculture, 17(5): 1003-1010.

Greene, J. L., Sanders, T. H., Drake, M. A., 2008. Characterization of volatile compounds contributing to naturally occurring fruity fermented flavor in peanuts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(17): 8096–8102.

Grimm, D. T., Sanders, T. H., Pattee, H. E., Williams, D. E., Sanchez-Dominguez, S., 1996. Chemical composition of Arachis hypogaea L. subsp. hypogaea var. hirsuta peanuts. Peanut Science, 23(2): 111-116.

Grosch, W., 1993. Detection of potent odorants in foods by aroma extract dilution analysis. Trends in Food Science & Technology, 4(3):68-73.

Grosso, N. R., Resurreccion, A. V. A., 2002. Predicting consumer acceptance ratings of cracker-coated and roasted peanuts from descriptive analysis and hexanal measurements. Journal of Food Science, 67(4): 1530-1537.

Guang, C., Phillips, R. D., Shang, J., 2012. Functional and nutritional properties of peanut and cow- pea proteins. Journal of Food, Agriculture and Environment, 10: 19–25.

Guclu, G., Keser, D., Kelebek, H., Keskin, M., Emre Sekerli, Y., Soysal, Y., Selli, S., 2021. Impact of production and drying methods on the volatile and phenolic characteristics of fresh and powdered sweet red peppers. Food Chemistry, 338: 128129.

Gulluoglu, L., Bakal, H., Onat, B., El Sabagh, A., Arioglu, H., 2016. Characterization of peanut (Arachis hypogaea L.) seed oil and fatty acids composition under different growing season under Mediterranean environment. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 4(5S): 564-571.

Guo, C., Xie, Y. J., Zhu, M. T., Xiong, Q., Chen, Y., Yu, Q., Xie, J. H., 2020. Influence of different cooking methods on the nutritional and potentially harmful components of peanuts. Food Chemistry, 316:126269.

Hinoue, M., Ishimatsu, S., Fueta, Y., Hori, H., 2017. A new desorption method for removing organic solvents from activated carbon using surfactant. Journal of Occupational Health, 59(2): 194-200.

Ho, C. T., and Shahidi, F., 2005. Flavor components of fats and oil (Shahidi F., Editor). Bailey's İndustrial Oil and Fat Products. 6th edition, New Jersey, John Wiley & Sons, pp. 387–411.

Ho, C. T., Lee M. H., Chang, S. S., 1981. Isolation and identification of volatile compounds from roasted peanuts. Journal of Food Science, 47(1):127-133.

Hodge, J. E., 1953. Dehydrated foods. Chemistry of browning reactions in model systems. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1(15): 928–943.

Hodge, J. E., 1967. Origin of Flavor in Foods: Nonenzymatic Browning Reactions (S. H.W., D. E. A., & L. L.M. Editors). Chemistry and Physiology of Flavors, Westport, pp 481.

Hofmann T., 1998. Studies on the relationship between molecular weight and the color potency of fractions obtained by thermal treatment of glucose/amino acid and glucose/protein solutions by using ultracentrifugation and color dilution techniques. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(10): 3891-3895.

Holaday, C. E., and Pearson, J. L., 1974. Effects of genotype and production area on fatty-acid composition, total oil and total protein in peanuts. Journal of Food Science, 39: 1206–1209.

Huynh, N. N., and Chin-Dusting, J., 2006. Amino acids, arginase and nitric oxide in vascular health. Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology, 33:1–8.

Hwang, H. I., Hartman, T. G. and Ho. C. T., 1995. Relative reactivities of amino acids in pyrazine formation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43(1):179–84.

Jenner, C. F., 1994. Starch synthesis in the kernel of wheat under high temperature conditions. Functional Plant Biology, 21(6):791-806.

Jiao, S., Zhu, D., Deng, Y., Zhao, Y., 2016. Effects of Hot air-assisted radio frequency heating on quality and shelf-life of roasted peanuts. Food and Bioprocess Technology, 9(2):308–319.

Johnson B. R., Waller G. R., Burlingame A. L., 1971a. Volatile components of roasted peanuts: basic fraction. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1(5):1025-1027.

Johnson B. R., Waller G. R., Foltz R. L., 1971b. Volatile components of roasted peanuts: Neutral fraction. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 19(5):1025-7.

Jonnala, R., Dunford, N., Dashiell, K., 2005. New high-oleic peanut cultivars grown in the southwestern United States. Journal of the American Oil Chemists' Society, 82: 125–128.

Jordán, M. J., Tandon, K., Shaw, P. E., Goodner, K. L., 2001. Aromatic profile of aqueous banana essence and banana fruit by gas chromatography− mass spectrometry (GC-MS) and gas chromatography− olfactometry (GC-O). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(10): 4813-4817.

Jourdren, S., Masson, M., Saint-Eve, A., Panouille, M., Blumenthal, D., Lejeune, P., Souchon, I., 2017. Effect of bread crumb and crust structure on the in vivo release of volatiles and the dynamics of aroma perception. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65(16):3330-3340.

Juhaimi F. Al., Ghafoor, K., Babiker, E. E., Özcan, M. M., Aadiamo, O. Q., Alsawmahi, O. N., 2018. Influence of storage and roasting on the quality properties of kernel and oils of raw and roasted peanuts. Journal of Oleo Science, 67(6):755–762.

Kadiroğlu, A., 2018. Yerfıstığı Yetiştiriciliği, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye, 74s.

Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgood, Jr. D. R., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., Robards, K., 2007. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: a critical review. Food Chemistry, 100:273–86.

Kaneko, S., Sakai R., Kumazawa K., Usuki M., Hishimura O., 2013. Key aroma compounds in roasted in-shell peanuts. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 77(7): 1467–1473.

Kelebek, H., Kesen, S., Sonmezdag, A. S., Cetiner, B., Kola, O., Selli, S., 2018. Characterization of the key aroma compounds in tomato pastes as affected by hot and cold break process. Journal of Food Measurement and Characterization, 12(4):2461–2474.

Kesen, S., Amanpour, A., Selli, S., 2018. Comparative evaluation of the fatty acids and aroma compounds in selected Iranian nut oils. European Journal of Lipid Science and Technology, 120(10): 1–27.

Kesen, S., and Selli, S., 2012. Zeytinyağı Aroma Maddeleri Ekstraksiyonunda Kullanılacak Çözgenin Temsili Testlerle Belirlenmesi. Zeytin Bilimi, (2):99-106.

Khalil, J. K., Chughtai, M. I. D., 1983. Chemical composition and nutritional quality of five peanut cultivars grown in Pakistan. Plant Foods for Human Nutrition, 33(1):63-70.

Kıvançlı, J. ve Elmacı, Y., 2014. Türk Kahvesinin lezzetini oluşturan uçucu bileşenlerin belirlenmesinde uygun yöntemin seçilmesi. Akademik Gıda, 12(3):6-15.

Klevorn, C. M. and Dean, L. L., 2018. A metabolomics-based approach identifies changes in the small molecular weight compound composition of the peanut as a result of dry-roasting. Food Chemistry, 240:1193-1200.

Knauft, D. A., Gorbet, D. W., Norden, A. J., 2000. Enhanced peanut products and plant lines. U.S. Patent 6063984, US Patient Office, Washington, DC.

Ku, K. L., Lee, R. S., Young, C. T., Chiou, R. Y. Y., 1998. Roasted peanut flavor and related compositional characteristics ofpeanut kernels ofspring and fall crops grown in Taiwan. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46(8):3220–4.

Leunissen, M., Davidson, V. J., Kakuda, Y., 1996. Analysis of volatile flavor components in roasted peanuts using supercritical fluid extraction and gas chromatography mass spectrometry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(9):2694-2699.

Li, L., Huan, Y., Shi, C., 2014. Effect of sorbitol on rheological, textural and microstructural characteristics of peanut butter. Food Science and Technology Research, 20(4):739–747.

Lim, H. J., Kim, D. S., Pan, J. H., Pae, S. B., Kim, H. S., Shin, E. C., Kim, J. K., 2017. Characterization of physicochemical and sensory attributes of a novel high-oleic peanut oil cultivar (Arachis hypogaea ssp. Fastigiata L.). Applied Biological Chemistry, 60(6): 653-657.

Lin, M., Long, M., Li, G., Chen, X., Zheng, J., Li, C., Kan, J., 2016. Analysis of peanut using near-ınfrared spectroscopy and gas chromatography-mass spectrometry: correlation of chemical components and volatile compounds. International Journal of Food Properties, 19(3):508–520.

Linforth, R. S., and Taylor, A. J., 1993. Measurement of volatile release in the mouth. Food Chemistry, 48(2): 115-120.

Linforth, R., and Taylor, A. J., 2000. Persistence of volatile compounds in the breath after their consumption in aqueous solutions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(11): 5419-5423.

Linforth, R., Martin, F., Carey, M., Davidson, J., Taylor, A. J., 2002. Retronasal transport of aroma compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:1111– 1117

Liu, K., Liu, Y., Chen, F., 2018. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties and nutrient contents of peanut. LWT, 96:535-542.

Liu, X. J., Jin, Q. Z., Liu, Y. F., Huang, J. H., Wang, X. G., Mao, W. Y., Wang, S. S., 2011. Changes in volatile compounds of peanut oil during the roasting process for production of aromatic roasted peanut oil. Journal of Food Science, 76(3):404–412.

Lovegren, N. V., Vinnett, C. H., St. Angelo, A. J., 1982. Gas chromatographic profile of good quality raw peanuts. Peanut Science, 9(2):93-96.

Lykomitros, D., Fogliano, V., Capuano, E., 2016a. Flavor of roasted peanuts (Arachis hypogaea)-Part I: Effect of raw material and processing technology on flavor, color and fatty acid composition of peanuts. Food Research International, 89:860–869.

Lykomitros, D., Fogliano, V., Capuano, E., 2018. Drivers of Preference and Perception of Freshness in Roasted Peanuts (Arachis spp.) for European Consumers. Journal of Food Science, 83(4):1103-1115.

Maga, J. A., and Katz, I., 1979. Furans in Foods. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 11(4):355-400.

Mahatma, M. K., Thawait, L. K., Bishi, S. K., Khatediya, N., Rathnakumar, A. L., Lalwani, H. B., Misra, J. B., 2016. Nutritional composition and antioxidant activity of Spanish and Virginia groundnuts (Arachis hypogaea L): a comparative study. International Journal of Food Science and Technology, 53(5):2279-2286.

Manzano, P., Diego, J. C., Bernal, J. L., Nozal, M. J., Bernal, J., 2013 Comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled with static headspace sampling to analyze volatile compounds: Application to almonds. Journal of Separation Science, 37:675-83.

Marquard, R., 1985. The influence of temperature and photoperiod on fat content, fatty acid composition, and tocopherols of rapeseed (Brassica napus) and mustard species (Sinapis alba, Brassica juncea, and Brassica nigra). Agrochimica, 29(2-4):145-153.

Martín, M. P., Riveros, C. G., Paredes, A. J., Allemandi, D. A., Nepote, V., Grosso, N. R., 2019. A natural peanut edible coating enhances the chemical and sensory stability of roasted peanuts. Journal of Food Science, 84(6):1529–1537.

Mason, M. E., Johnson B. R., Hamming M. C., 1966. Flavor components of roasted peanuts. Some low molecular weight pyrazines and pyrrole. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 14:454-460.

Mason, M. E., Newell, J. A., Johnson, B. R., Koehler, P. E., Waller, G. R., 1969. Nonvolatile flavor components of peanuts. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 17(4):728–732.

Mason, M., E., Johnson B., R., Hamming M., C. 1967. Volatile components of roasted peanuts. Major monocarbonyls and some noncarbonyl components. Journal of Agricultural and Food Chemistry 15(1):66-73.

Masuko, T., Minami, A., Iwasaki, N., Majima, T., Nishimura, S. I., Lee, Y. C., 2005. Carbohydrate analysis by a phenol–sulfuric acid method in microplate format. Analytical Biochemistry, 339(1): 69-72.

Matsui, T., Guth, H., Grosch, W., 1998. A comparative study of potent odorants in peanut, hazelnut, and pumpkin seed oils on the basis of aroma extract dilution analysis (AEDA) and gas chromatography-olfactometry of headspace samples (GCOH). Lipid-Fett, 100(2):51–56.

Mayr, D., Märk, T., Lindinger, W., Brevard, H., Yeretzian, C., 2003. Breath-by-breath analysis of banana aroma by proton transfer reaction mass spectrometry. International Journal of Mass Spectrometry, 223:743-756.

McDaniel, K. A., White, B. L., Dean, L. L., Sanders, T. H., Davis, J. P., 2012. Compositional and mechanical properties of peanuts roasted to equivalent colors using different time/temperature combinations, Journal of Food Science, 77(12):C1292–C1298.

McMeans, J. L., Sanders, T. H., Wood, B. W., Blankenship, P. D., 1990. Soil temperature effects on free carbohydrate concentrations in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed. Peanut Science, 17(1): 31-35.

Mcneill, K. L., Sanders, T. H., 1998. Maturity effects on sensory and storage quality of roasted virginia-type peanuts. Journal of Food Science, 63(2):366-369.

Meilgaard, M. C., Civille, G. V., Carr, B. T., 2007. Sensory Evaluation Techniques, 4rd edition, Boca Raton, CRC Press, 410p.

MGM, 2019. Osmaniye ve Adana için Meterolojik Veriler, Türkiye Cumhuriyeti Meteroloji Genel Müdürlüğü, Erişim adresi: https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ADANA.

Miekisch, W., Schubert, J. K., Noeldge-Schomburg, G. F. E., 2004. Diagnostic 544 potential of breath analysis—focus on volatile organic compounds. Clinica Chimica Acta, 347(1-2):25-39.

Mohamed, S., Johan, Z. Bakar, J., 1989. Chickpea, mungbean, cowpea and peanuts as substitutes for soybean curds. International Journal of Food Science & Technology, 24(4): 385-394.

Montesano, D., Cossignani, L., Giua, L., Urbani, E., Simonetti, M. S., Blasi, F., 2016. A simple HPLC-ELSD method for sugar analysis in goji berry. Journal of Chemistry, 2016:1–5.

Mottram D. S., 1994. Flavor compounds formed during the Maillard reaction (Parliment T. H., Morello M. J., McGorrin R. J., Editors). Thermally generated flavors: Maillard, microwave, and extrusion processes, 1st edition. Washington, DC: American Chemical Society, pp. 105–26.

Mozingo, R. W, O'Keefe, S. F., Sanders, T. H., Hendrix, K. W., 2010. Improving shelf life of roasted and salted inshell peanuts using high oleic fatty acid chemistry. Peanut Science, 31(1):40-45.

Mozingo, R. W., Coffelt, T. A., Wynne, J. C., 1988. Market grade effects on fatty acid composition of five peanut cultivars. Agronomy Journal, 80(1): 73-75.

Muñoz, R., Sivret, E. C., Parcsi, G., Lebrero, R., Wang, X., Suffet, I. H., Stuetz R. M., 2010. Monitoring techniques for odour abatement assessment, Water Research, 44:5129-5149.

Muñoz-González, C., Feron, G., Guichard, E., Rodríguez-Bencomo, J. J., Martín-Álvarez, P. J., Moreno-Arribas, M. V., Pozo-Bayón, M. A., 2014a. Understanding the role of saliva in aroma release from wine by using static and dynamic headspace conditions. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 62(33):8274-8288.

Muñoz-González, C., Martín-Álvarez, P. J., Moreno-Arribas, M. V., Pozo-Bayón, M. Á., 2014b. Impact of the nonvolatile wine matrix composition on the in vivo aroma release from wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(1):66–73.

Muñoz-González, C., Rodríguez-Bencomo, J. J., Moreno-Arribas, M. V., Pozo-Bayón, M. Á., 2014c. Feasibility and application of a retronasal aroma-trapping device to study in vivo aroma release during the consumption of model wine-derived beverages. Food Science and Nutrition, 2(4):361–370.

Murkovic, M., Lechner, S., Pietzka, A., Bratacos, M., Katzogiannos, E., 2004. Analysis of minor components in olive oil. Journal of Biochemical and Biophysical Methods, 61(1-2):155-160.

Nepote, V., Olmedo, R. H., Mestrallet, M. G., Grosso, N. R., 2009. A study of the relationships among consumer acceptance, oxidation chemical indicators, and sensory attributes in high-oleic and normal peanuts. Journal of Food Science, 74(1):S1-S8.

Neta, E. R., Sanders, T., Drake M. A., 2010. Understanding Peanut Flavor: A Current Review (ed. by Hui, Y. H. Editor), Handbook of Fruit and Vegetable Flavors, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ, pp. 985–1022.

Neucere, N. J., Conkerton, E. J., Booth, A. N., 1972. Effect of heat on peanut proteins. II. Variation in nutritional quality of the meals. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 20(2):256-259.

Newell J. A., Mason M. E., Matlock R. S., 1967. Precursors of typical and atypical roasted peanut flavour. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 15:767-772.

Ng, E. C., Dunford, N. T., Chenault, K., 2008. Chemical Characteristics and Volatile Profile of Genetically Modified Peanut Cultivars. Journal of Bioscience and Bioengineering, 106(4):350–356.

Nielsen, S. S., 2010. Food Analysis Laboratory Manual, Food Science Texts Series, Springer Science+Business Media, LLC 2010, pp 39-45

Nollet, L. M. and Toldrá, F., 2008. Handbook of Muscle Foods Analysis. CRC Press, p250

Norden, A. J., Gorbet, D. W., Knauft, D. A., Young, C. T., 1987. Variability in oil quality among peanut genotypes in the Florida USA breeding program. Peanut Science, 14:7–11.

Onat, B., Bakal, H., Arioglu, H., Bozdogan, A., Kafkas, E., Sabagh, A. E., 2017. Comparison of volatile composition of raw and roasted Halisbey peanut variety using HS-SPME GC/MS techniques. Fresenius Environmental Bulletin, 26(8):5198–5204.

Onemli, F., 2012. Impact of climate change on oil fatty acid composition of peanut (Arachis hypogaea L.) in three market classes. Chilean Journal of Agricultural Research, 72(4):483.

Orsavova, J., Misurcova, L., Ambrozova, J., Vicha, R., Mlcek, J., 2015. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. International Journal of Molecular Sciences, 16(6):12871-12890.

Ory, R. L., Crippen, K. L., Lovegren, N. V., 1992. Of-flavors in Peanuts and Peanut Products (Wender B., and Mikael P.) Developments in Food Science, Elsevier, pp. 57-75.

Oupadissakoon, C., Young, C. T., Giesbrecht, F. G., Perry, A., 1980. Effect of location and time of harvest on free amino acid and free sugar contents of Florigiant peanuts. Peanut Science, 7(2):61-67.

Oupadissakoon, C., Young, C. T., Mozingo, R. W., 2000. Evaluation of free amino acid and free sugar contents in five lines of virginia-type peanuts at four locations. Continuing Education, 1980:55–60.

Ozcan, M. M., 2010. Some nutritional characteristics of kernel and oil of peanut (Arachis hypogaea L.). Journal of Oleo Science, 59(1):1-5.

Özcan, M., and Seven, S., 2003. Physical and chemical analysis and fatty acid composition of peanut, peanut oil and peanut butter from ÇOM and NC-7 cultivars. Grasas Aceites, 54(1):12-18.

Özdemir, M., Ackurt, F., Yilldiz, M., Biringen, G., Gürcan, T., Löker, M., 2001. Effect of roasting on some nutrients of hazelnuts (Corylus Avellana L). Food Chemistry, 73:185-190.

Özdestan, Ö., 2013. PTR-MS tekniğinin gıda analizlerinde kullanımı. GIDA, 38(2):103-110.

Paravisini, L., Septier, C., Moretton, C., Nigay, H., Arvisenet, G., Guichard, E., Dacremont, C. (2014). Caramel odor: Contribution of volatile compounds according to their odor qualities to caramel typicality. Food Research International, 57:79–88.

Parker, J. K., 2015. Introduction to Aroma Compounds in Foods (J.K. Parker, J.S. Elmore and L. Methven), Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages, Woodhead Publishing, pp. 3-30.

Pattee, H. E., Giesbrecht, F. G., Young, C. T., 1991. Comparison of peanut butter color determination by CIELAB L*, a*, b* and Hunter color-difference methods and the relationship of roasted peanut color to roasted peanut flavor response. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39(3):519-523.

Pattee, H. E., Isleib, T. G., Giesbrecht, F. G., 1998. Variation in intensity of sweet and bitter sensory attributes across peanut genotypes. Peanut Science, 25:63–69.

Pattee, H. E., Isleib, T. G., Giesbrecht, F. G., McFeeters, R. F., 2000a. Investigations into genotypic variations of peanut carbohydrates. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(3):750-756.

Pattee, H. E., Isleib, T. G., Giesbrecht, F. G., McFeeters, R. F., 2000b. Relationships of sweet, bitter, and roasted peanut sensory attributes with carbohydrate components in peanuts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(3):757-763.

Pattee, H. E., Johns, E. B., Singleton, J. A., Sanders, T. H., 1974. Composition changes of peanut fruit parts during maturation. Peanut Science, 1:57–62.

Pattee, H. E., Pearson, J. L., Young, C. T., Giesbrecht, F. G., 1982a. Changes in roasted peanut flavor and other quality factors with seed size and storage time. Journal of Food Science, 47:455-456.

Pattee, H. E., Pearson, J. L., Young, C. T., Giesbrecht, F. G., 1982b. Changes in roasted peanut flavor and other quality factors with seed size and storage time. Journal of Food Science, 47(2):455-456.

Pattee, H. E., Salunkhe, D. K., Sathe, S. K., Reddy, N. R., Ory, R. L., 1983. Legume lipids. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 17(2):97-139.

Pattee, H. E., Yokoyama, W. H., Collins, M. F., Giesbrecht, F. G., 1990. Interrelationships between headspace volatile concentration, marketing grades, and flavor in runner-type peanuts. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 38:1055–1060.

Pattee, H. E., Young, C. T., Giesbrecht, F. G., 1981a. Free amino acids in peanuts as affected by seed size and storage time. Peanut Science, 8(2):113-116.

Pattee, H., E., Singleton J., A., Johns E., B., Mullin B., C., 1970. Changes in the volatile profile of peanuts and their relationship to enzyme activity levels during maturation. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 18:353-356.

Perren R. and Escher, F. E., 2013. Impact of roasting on nut quality (Harris L. J., Editor). Improving the Safety and Quality of Nuts, Cambridge:Woodhead Publishining, pp. 173-197.

Piccino, S., Boulanger, R., Descroix, F., Shum, A., Sing, C., 2014. Aromatic composition and potent odorants of the “specialty coffee” brew “Bourbon Pointu” correlated to its three trade classifications. Food Research International, 61(2014):264-271.

Ployon, S., Morzel, M., Canon, F., 2017. The role of saliva in aroma release and perception. Food Chemistry, 226:212–220.

Prost, C., Se´rot, T., Demaimay, M., 1998. Identification of the mostpotent odorants in wild and farmed cooked turbot (ScophtalamusmaximusL.). Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46:3214–3219.

Ramírez, N., Cuadras, A., Rovira, E., Borrull, F., Marcé, R. M., 2010. Comparative study of solvent extraction and thermal desorption methods for determining a wide range of volatile organic compounds in ambient air. Talanta, 82(2):719–727.

Rao, V. R., and Murty, U. R., 1994. Botany-morphology and anatomy (Smartt J., Editor). The Groundnut Crop, Springer, Dordrecht, pp. 43-95.

Reed, K. A., Sims, C. A., Gorbet, D. W., O’Keefe, S. F., 2002. Storage water activity affects flavor fade in high and normal oleic peanuts. Food Research International, 35(8):769–774.

Rodrigues, A. C., Ströher, G. L., Freitas, A. R., Visentainer, J. V., Oliveira, C. C., de Souza, N. E., 2011. The effect of genotype and roasting on the fatty acid composition of peanuts. Food Research International, 44(1):187-192.

Rodriguez, M. M., Basha, S. M., & Sanders, T. H. (1989). Maturity and roasting of peanuts as related to precursors of roasted flavor. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 37(3), 760-765.

Rodríguez-Bencomo, J. J., Kelebek, H., Sonmezdag, A. S., Rodríguez-Alcalá, L. M., Fontecha, J., Selli, S., 2015. Characterization of the aroma-active, phenolic, and lipid profiles of the pistachio (Pistacia vera L.) nut as affected by the single and double roasting process. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(35):7830–7839.

Ruijschop, R. M., Zijlstra, N., Boelrijk, A. E., Dijkstra, A., Burgering, M. J., de Graaf, C., Westerterp-Plantenga, M. S., 2011. Effects of bite size and duration of oral processing on retro-nasal aroma release–features contributing to meal termination. British Journal of Nutrition, 105(2):307-315.

Salum, P., Guclu, G., Selli, S., 2017. Comparative Evaluation of key aroma-active compounds in raw and cooked red mullet (Mullus barbatus) by aroma extract dilution analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65(38):8402–8408.

Sanchez, J. M., Sacks, R. D., 2006. Development of a multibed sorption trap, 579 comprehensive two-dimensional gas chromatography, and time-of-flight mass spectrometry 580 system for the analysis of volatile organic compounds in human breath. Analytical Chemistry, 581(78):3046-3054.

Sanders, T. H., 2011. Peanut Skin Fortified Peanut Butters- Effects on Consumer Accpetability and Quality Characteristics, Master of Science, B.S.F.C.S, The University of Georgia, 92p.

Sanders, T. H., Blankenship, P. D., Vercellotti, J. R., Crippen, K. L., 1990. Interaction of curing temperature and ınherent maturity distributions on descriptive flavor of commercial grade sizes of Florunner peanuts. Peanut Science, 17(2):85–89.

Sanders, T. H., Vercellotti, J. R., Crippen, K. L., Civille, G. V., 1989. Effect of maturity on roast color and descriptive flavor of peanuts. Journal of Food Science, 54(2):475-477.

Sarvamangala, C., Gowda, C. L. L., Varshney, R. K., 2011. Identifi cation of quantitative trait loci for protein content, oil content and oil quality for groundnut (Arachis hypogaea L.). Field Crops Research, 122:49–59

Savage, G. P., and Keenan, J. I., 1994. The Composition and Nutritive Value of Groundnut Kernels (by Smartt J. Editor). The Groundnut Crop, Springer, Dordrecht, pp. 173-213.

Schieberle, P., Grosch, W., 1985. Identification of the volatile flavor compounds of wheat bread crust-comparison with rye bread crust. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, Journal of Food Examination and Research, 180(6):474-478.

Schirack A. V., Drake, M. A., Sanders T. H., Sandeep K. P., 2006. Characterization of aroma active compounds in microwave blanched peanuts. Journal of Food Science, 71(9):C513-C520.

Scott, R. P. W., 2005. Essential Oils (by Worsfold, P., Townshend, A., Poole, C. Editors) Encyclopedia of Analytical Science, 2nd Edition, Elsevier, pp. 554-561.

Sebei, K., Gnouma, A., Herchi, W., Sakouhi, F., Boukhchina, S., 2013. Lipids, proteins, phenolic composition, antioxidant and antibacterial activities of seeds of peanuts (Arachis hypogaea l) cultivated in Tunisia. Biological Research, 46(3):257-263.

Shad, M. A., Perveez, H., Nawaz, H., Khan, H., Ullah, M. A., 2009. Evaluation of biochemical and phytochemical composition of some groundnut varieties grown in arid zone of Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 41(6):2739-2749.

Shi, X., Davis, J. P., Xia, Z., Sandeep, K. P., Sanders, T. H., Dean, L. O., 2017. Characterization of peanuts after dry roasting, oil roasting, and blister frying. LWT-Food Science and Technology, 75:520–528.

Shi, X., Dean, L. O., Davis, J. P., Sandeep, K. P., Sanders, T. H., 2018. The effects of different dry roast parameters on peanut quality using an industrial belt-type roaster simulator. Food Chemistry, 240: 974-979.

Shimoda, M., Shiratsuchi, H., Nakada, Y., Wu, Y., Osajima, Y., 1996. Identification and sensory characterization of volatile flavor compounds in sesame seed oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(12):3909-3912.

Siegmund, B., Murkovic, M., 2004. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 2: volatile compounds). Food Chemistry, 84:367–74.

Silva, S. C., Martins, M. I. G., Santos, R. C., Peñaloza, A. P. S., Melo Filho, P. A., Benko-Iseppon, A. M., Carvalho, R., 2010. Karyological features and banding patterns in Arachis species belonging to the Heteranthae section. Plant Systematics and Evolution, 285(3):201-207.

Smartt, J., 2012. The Groundnut Crop: A Scientific Basis for Improvement. Springer Science & Business Media, 734p.

Smith, A. L., and Barringer, S. A., 2014. Color and volatile analysis of peanuts roasted using oven and microwave technologies. Journal of Food Science, 79(10):C1895–C1906.

Smith, A. L., Perry, J. J., Marshall, J. A., Yousef, A. E., Barringer, S. A., 2014. Oven, microwave, and combination roasting of peanuts: Comparison of inactivation of salmonella surrogate enterococcus faecium, color, volatiles, flavor, and lipid oxidation. Journal of Food Science, 79(8), S1584-S1594.

Smyth, D. A., Macku, C., Holloway, O. E., Deming, D. M., Slade, L., Levine, H., 1998. Evaluation of analytical methods for optimizing peanut roasting for snack foods. Peanut Science, 25(2):70-76.

Soeting, W. J., and Heidema, J., 1988. A mass spectrometric method for measuring flavour concentration/time profiles in human breath. Chemical Senses, 13(4):607-617.

Sonmezdag, A. S., Amanpour, A., Kelebek, H., Selli, S., 2018. The most aroma-active compounds in shade-dried aerial parts of basil obtained from Iran and Turkey. Industrial Crops and Products, 124(February):692–698.

Su, G., Zheng, L., Cui, C., Yang, B., Ren, J., Zhao, M., 2011. Characterization of antioxidant activity and volatile compounds of Maillard reaction products derived from different peptide fractions of peanut hydrolysate. Food Research International, 44(10):3250-3258.

Şahin, G., 2014. Türkiye'de yerfıstığı (Arachis hypogaea L.) yetiştiriciliği ve bir coğrafi işaret olarak osmaniye yerfıstığı. Gaziantep University Journal of Social Sciences, 13(3):619-644.

Ting, V. J., Romano, A., Soukoulis, C., Silcock, P., Bremer, P. J., Cappellin, L., Biasioli, F., 2016. Investigating the in-vitro and in-vivo flavour release from 21 fresh-cut apples. Food Chemistry, 212:543-551.

Ting, V. J., Soukoulis, C., Aprea, E., Romano, A., Silcock, P., Bremer, P., Cappellin, L., Gasperi, F., Biasioli, F., 2012. In-vitro and in-vivo flavour release from intact and fresh-cut apple in relation with textural and physicochemical parameters. 2nd International Conference on Food Oral Processing: Physics, Physiology and Psychology of Eating, 1-5 July 2012, Beaune, France: 118 (P24). url: https://colloque4.inra.fr/fop/Home-Page/News/Abstract-Book-Programme handle: http://hdl.handle.net/10449/21290

Toomer, O. T., 2017. Nutritional Chemistry of the Peanut (Arachis hypogaea). Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 58(17), 3042-3053.

TÜIK, 2019. Bitkisel Üretim, Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim Adresi: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr.

Uçkun, O., Karabulut, İ., Durmaz, G., 2019. Osmaniye koşullarında yetiştirilen yer fıstığı çeşitlerinden elde edilen yağların bazı bileşimsel ve kimyasal özellikleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29(1):52-60.

Van, Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., Somoza, V., Knorr, D., Jasti, P. R., Eisenbrand, G., 2010. A review on the beneficial aspects of food processing. Molecular Nutrition & Food Research. 54(9):1215-1247.

Variath, M. T., and Janila, P., 2017. Economic and Academic Importance of Peanut (Rajeev K., Varshney, Manish K., Pandey, Naveen Puppala). The Peanut Genome, Springer, Cham, pp. 7-26.

Venkatachalam, M., and Sathe, S. K., 2006. Chemical composition of selected edible nut seeds. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 54:4705-4714.

Walradt, J. P., Pittet, A. O., Kinlin, T. E., Muralidhara, R., Sanderson, A., 1971. Volatile components of roasted peanuts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 19(5):972-979.

Wang, S., Adhikari, K., Hung, Y. C., 2017. Acceptability and preference drivers of freshly roasted peanuts. Journal of Food Science, 82(1):174-184.

Wattanapat, R., Nakanyama, T., Beuchat, L. R., Phillips, R. D., 1994. Kinetics of acid hydrolysis of defatted peanut flour. Journal of Food Science, 59(3):621-625.

Weel, K. G., Boelrijk, A. E., Burger, J. J., Verschueren, M., Gruppen, H., Voragen, A. G., Smit, G., 2004. New device to simulate swallowing and in vivo aroma release in the throat from liquid and semiliquid food systems. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(21):6564-6571.

White, B. L., Gökce, E., Nepomuceno, A. I., Muddiman, D. C., Sanders, T. H., Davis, J. P., 2013. Comparative proteomic analysis and IgE binding properties of peanut seed and testa (skin). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(16):3957-3968.

Whitfield, F., 1992. Volatiles from interactions of Maillard reactions and lipids. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 31(1-2):1-58.

Williams, J. E., Duncan, S. E., Williams, R. C., Mallikarjunan, K., Eigel, III, W. N., O'Keefe, S. F., 2006. Flavor fade in peanuts during short-term storage. Journal of Food Science, 71(3):S265–S269.

Wu, W. H., Lu, J. Y., Jones, A. R., Mortley, D. G., Loretan, P. A., Bonsi, C. K., Hill, W. A., 1997. Proximate composition, amino acid profile, fatty acid composition, and mineral content of peanut seeds hydroponically grown at elevated CO_2 levels. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(10):3863-3866.

Wyszecki, G., and Stiles, W.S., 1982. Color Science, New York, Wiley.

Xu, L., Yu, X., Li, M., Chen, J., Wang, X., 2018. Monitoring oxidative stability and changes in key volatile compounds in edible oils during ambient storage through HS-SPME/GC–MS. International Journal of Food Properties, 20(3):S2926–S2938.

Xue, W., Cong, Y., Shi, A., Deng, L., Sheng, X., & Liu, Y., 2016. Peanut allergy (Wang Q., editor). Peanuts: Processing Technology and Product Development Academic Press, pp. 327-341.

Yoshida, H., Hirakawa, Y., Tomiyama, Y., Nagamizu, T., Mizushina, Y., 2005. Fatty acid distribu- tions of triacylglycerols and phospholipids in peanut seeds (Arachis hypogaea L.) following microwave treatment. Journal of Food Composition and Analysis, 18:3–14.

Young, C. T., 1980. Amino acid composition of three commercial peanut varieties. Journal of Food Science, 45:1086–7.

Young, C. T., Hovis, A. R. 1990. A method for the rapid analysis of headspace volatiles of raw and roasted peanuts. Journal of Food Science, 55:279-280.

Zang, T., Qi, L., Dongliang, G., 2003. Peanut main nutrients content analysis of the statistics and classification. Food Research and Development, 24(4):84-85.

Zhang, W., Cao, X., & Liu, S. Q., 2020. Aroma modulation of vegetable oils—A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60(9):1538-1551.

Zheng, W., Hita, M., Chishaki, N., Inanaga, S., 2001. Behavior of carbohydrates within peanut plant. Soil Science and Plant Nutrition, 47(1):45-53.

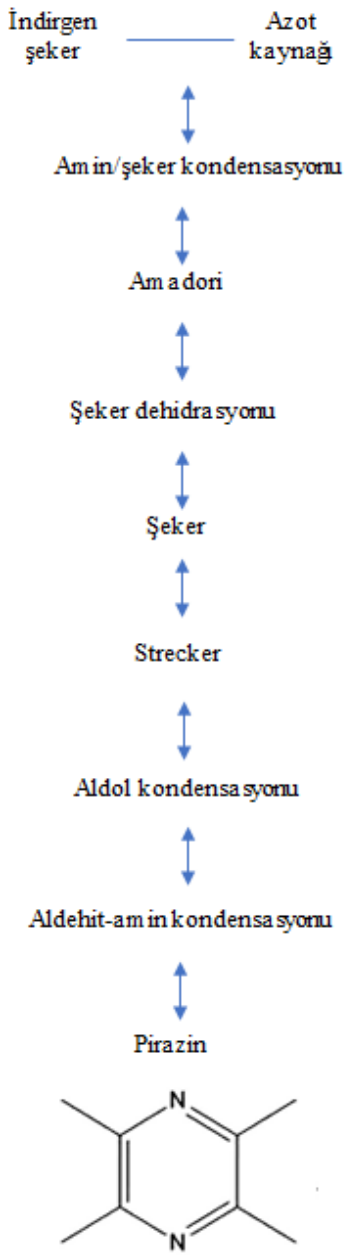
ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini Bilecik'te tamamladı. 2012 yılında Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2013 yılında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl çalıştığı bölümde yüksek lisansa başladı ve 2016 yılında yüksek lisansını tamamladı. 2016 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümünde doktora eğitimine başladı. Halen Osmaniye Korkut Ata Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.

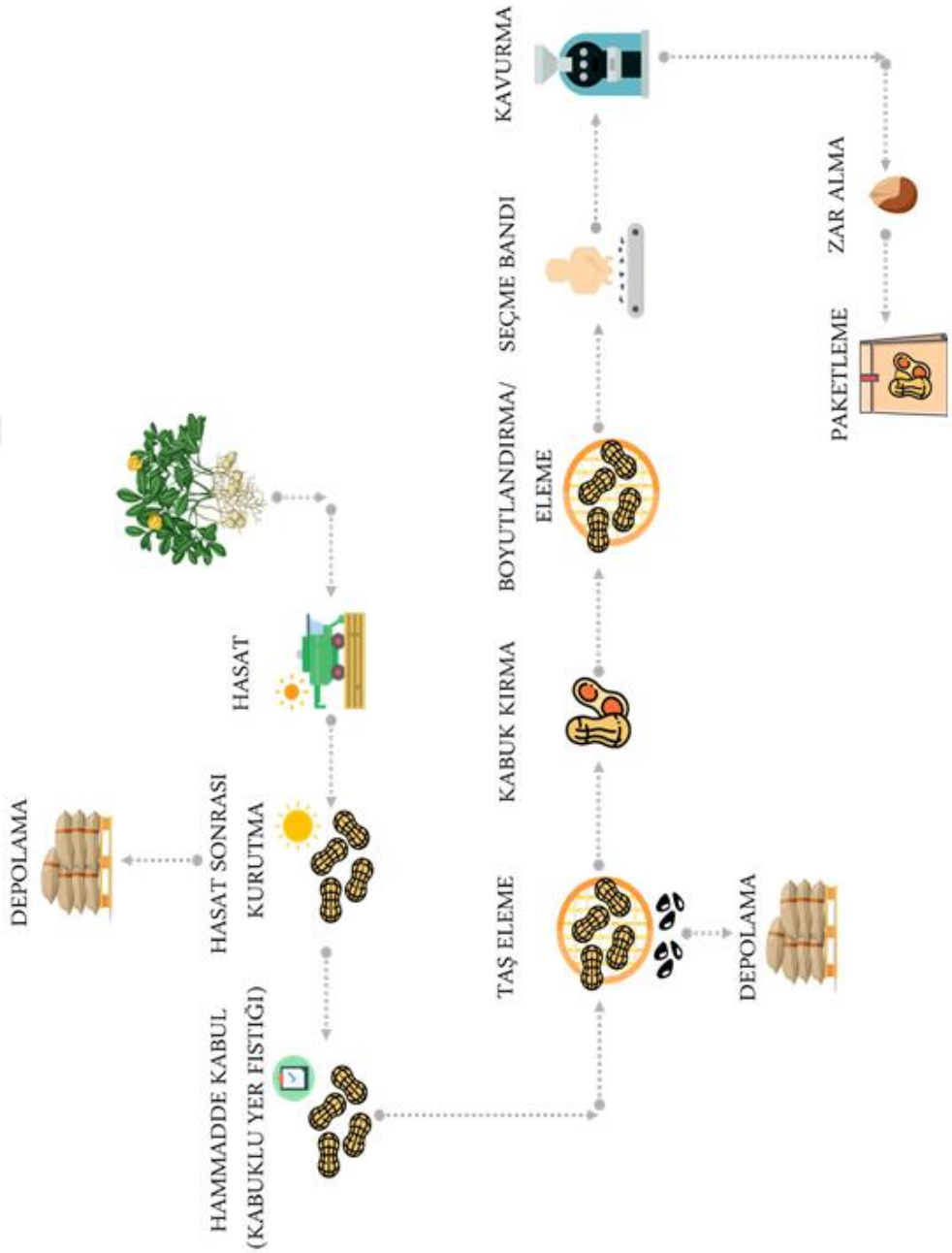
EKLER



Ek 1. Yer fıstığında karbonhidrat bileşimi (Toomer, 2017'den uyarlanmıştır)

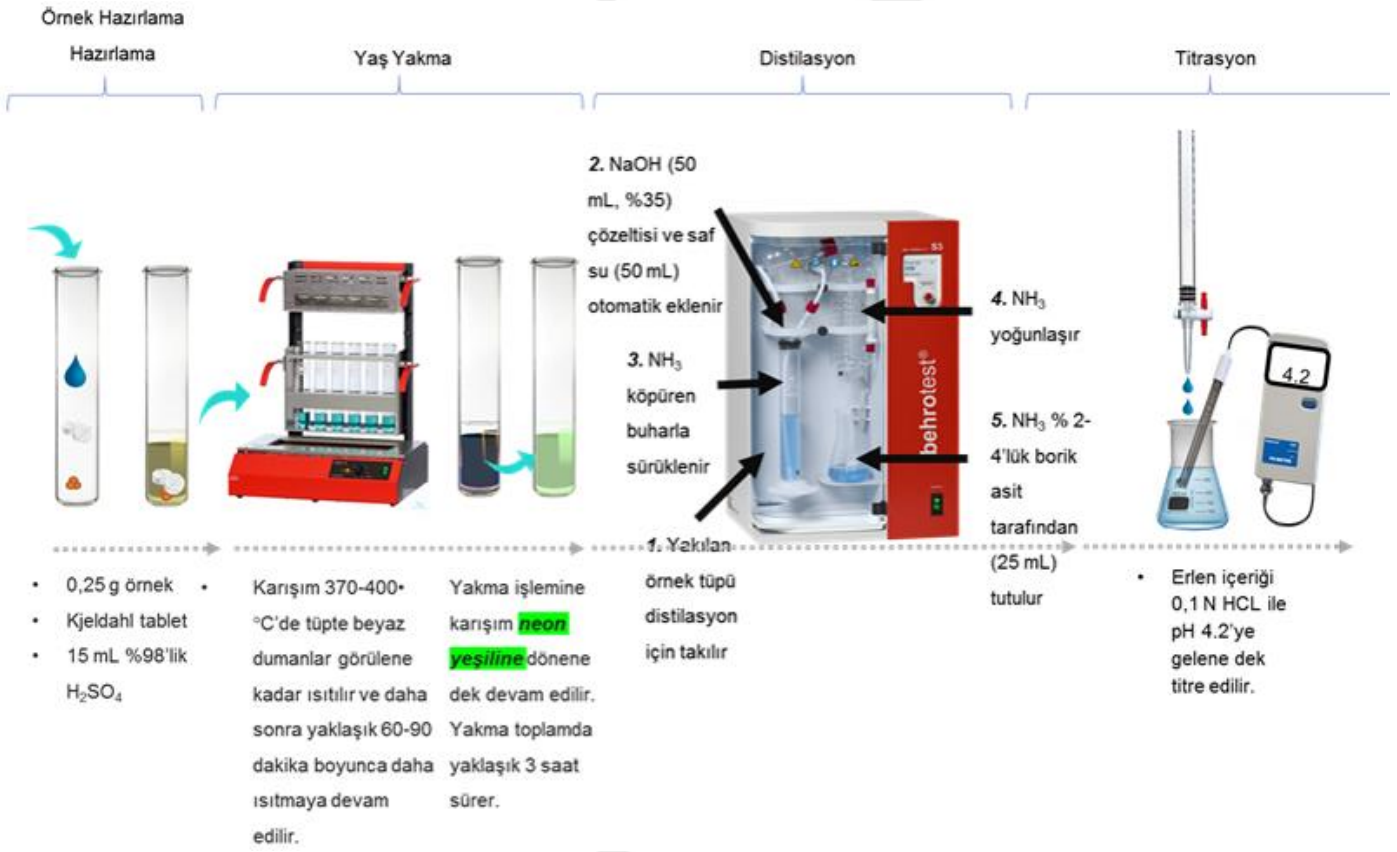


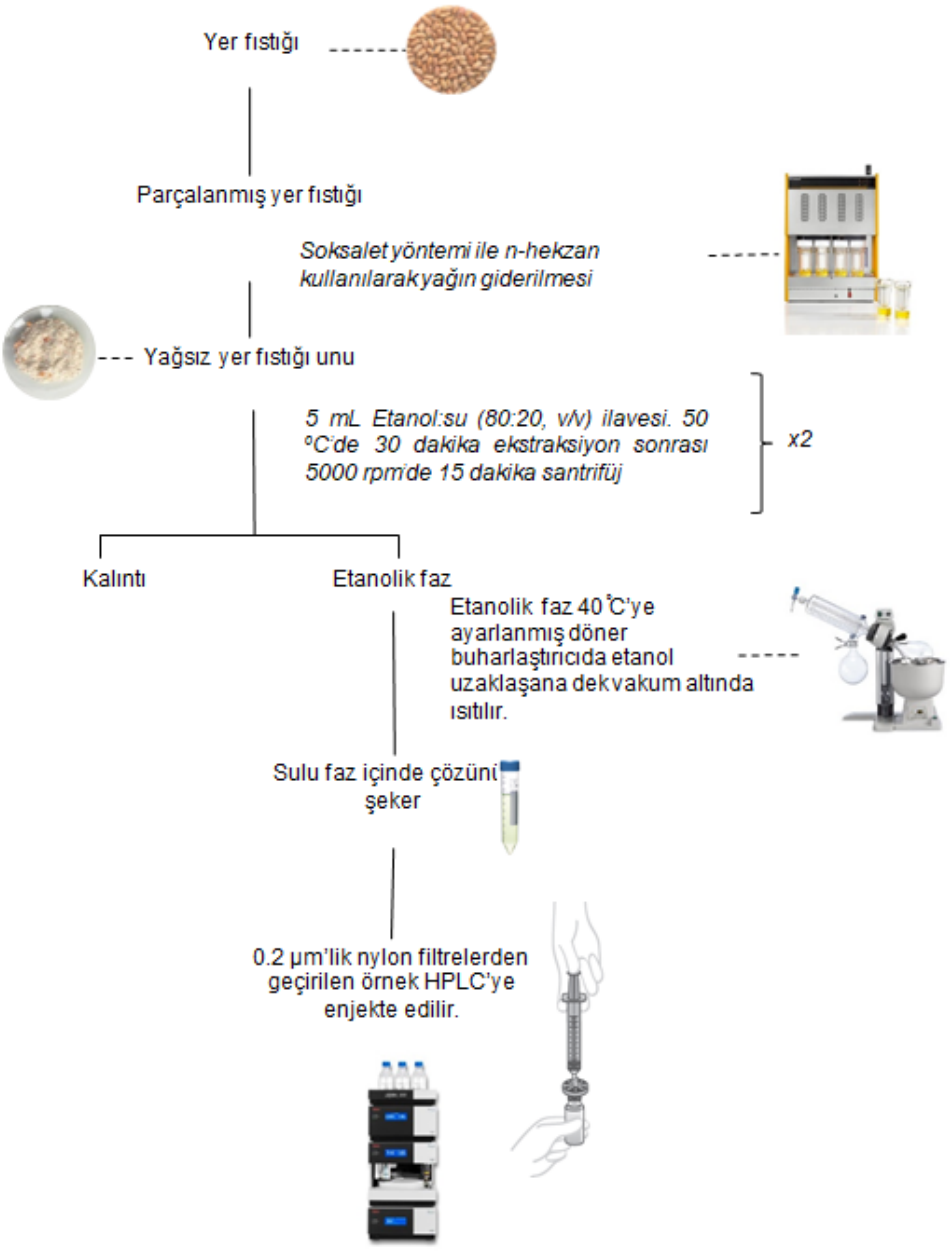
Ek 2. Pirazin bileşiklerinin oluşum mekanizması (Alpert ve ark., 2016'dan uyarlanmıştır)



Ek 3. Yer fıstığı kavurma iş akış şeması

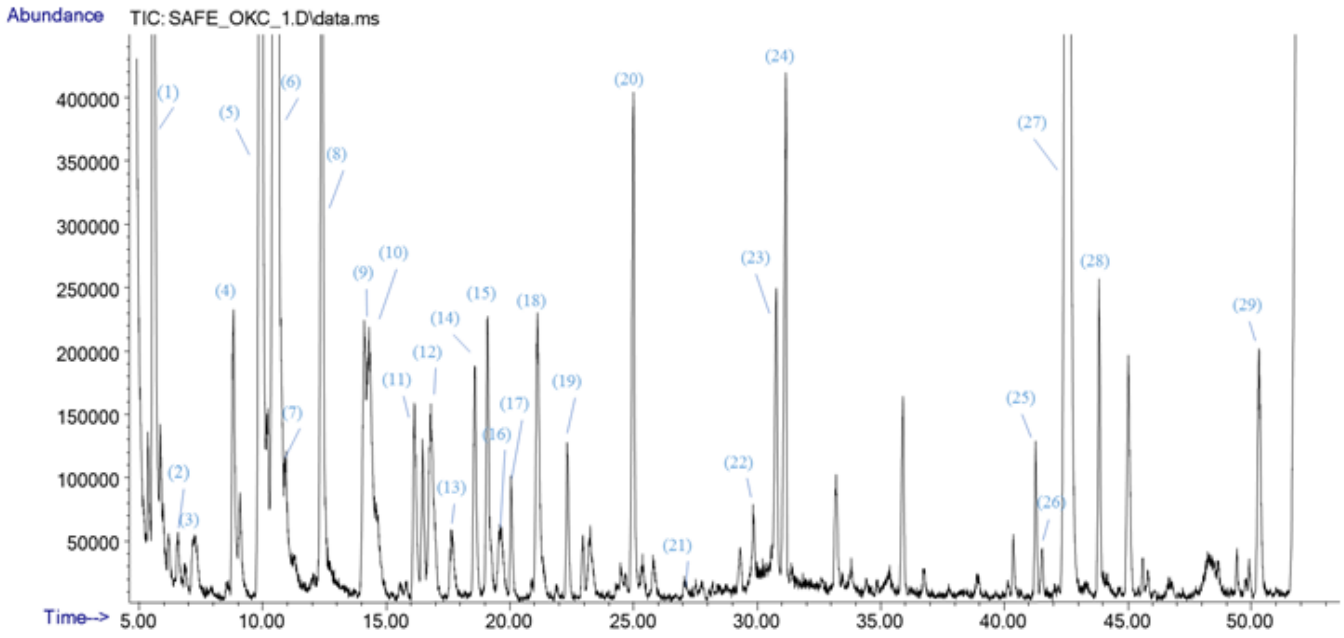
Ek 4. Protein tayini analiz aşam alan





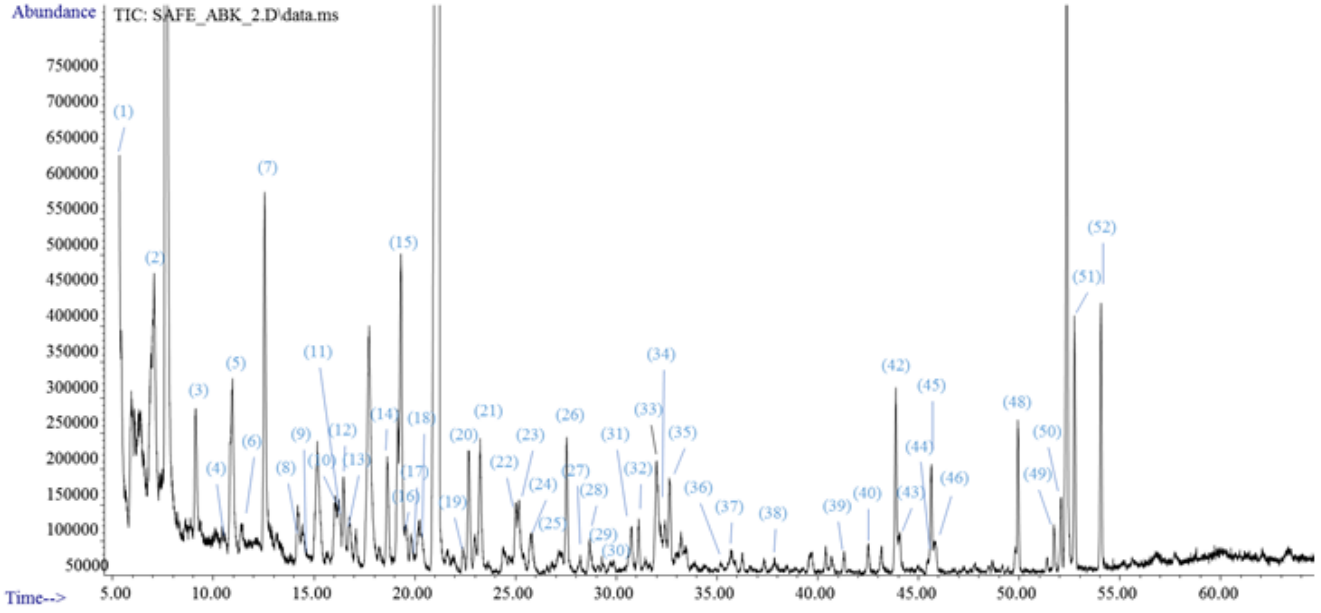
Ek 5. Şeker ekstraksiyonu aşamaları

Ek 6. Çiğ yer fıstığı örneğine ait aroma bileşimi kromatogram



(1) 2-Pentanon; (2) 2-Bütanol; (3) Toluen; (4) Hekzanal; (5) 3-Pentanol; (6) 2-Pentanol; (7) N-metilpirol; (8) 3-Penten-2-ol; (9) Klorobenzen; (10) Limonen; (11) Sitren; (12) cis-Ocimene; (13) 2-Bütenal; (14) 4-metil-2-pentanol; (15) N,N-dimetil-formamid; (16) 2-metil-büt-2-ene-1-ol; (17) Sikloserin; (18) 1-hekzanol; (19) 2-Imidazolidinethione; (20) 4-hidroksi-2-pentanon; (21) Benzaldehit; (22) Dihidro-3-metil-2(3H)-furanon; (23) Tetrahidro-2H-piran-2-on; (24) Bütirolaktan; (25) Benzenmetanol; (26) Dimetil-sulfon; (27) Benzenetanol; (28) Maltol; (29) 4-vinil-2-metoksi-fenol

Ek 7. Kavrulmuş yer fıstığı örneğine ait aroma bileşimi kromatogramı



(1) 2-Pentanon; (2) 2,2,4,6,6-pentam etilheptan; (3) hekzanal; (4) 3-Pentanol; (5) 2-Pentanol; (6) N-Metilpirol; (7) 3-Penten-2-ol ; (8) Lim onen; (9) 1,8-Cineole; (10) 2-Pentilfuran; (11) Sitren; (12) Metilpirazin; (13) cis-Ocim ene; (14) 4-Metil-2-pentanol; (15) 2,5-Dim etilpirazin; (16) 2,6-Dim etilpirazine; (17) Etilpirazin; (18) 2,3-Dim etilpirazin (19) 2-Etil-6-m etilpirazin; (20) 2-Etil-5-m etilpirazine; (21) Trim etilpirazin; (22) Furfural; (23) 2-Etill-3,5-dim etilpirazine; (24) 3-etil-2,5-dim etilpirazin; (25) 1,1,2,2-tetrakloroetan (26) Benzaldehit; (27) 4-Etil-2,5,6-Trim etilpirim idin; (28) 2-m etil-6-(2-propenil)-pirazine; (29) Benzenem etanim in; (30) Metoksi-piridin; (31) Tetrahidro-2H-Piran-2-on; (32) Butirolakton; (33) Benzen-asetaldehit; (34) Fıtalan; (35) 2-Furanm etanol; (36) Pirazin-am ide; (37) 2-m etil-5-(2-propenil)-pirazin; (38) 4-piridin-karboksilik asit-m etil ester; (39) Benzenem ethanol; (40) Benzenethanol ; (41) 2,3-dihidro-1H-inden-4-karboksaldehit; (42) Maltol; (43) 2-asetil-pirol; (44) 1H-Pirol-2-karboksaldehit; (45) Pantolakton; (46) 2-pirolidinon; (47) Kaprolaktam ; (48) 2-m etoksi-4-vinil-fenol; (49) 2-m etoksi-3-m etil-pirazin; (50) N-Form ilanilin; (51) 4-m etil-5-tiyazol-etanol ; (52) 2,3-dihidro-benzofuran

Kod	Aroma Bileşikleri	Kod	Aroma Bileşikleri	Kod	Aroma Bileşikleri
a1	2-Bütanol	D2	Bilinmeyen_1	P2	2,5-Dimetilpirazin
a2	3-Pentanol	D3	Bilinmeyen_2	P3	2,6-Dimetilpirazin
a3	2-Pentanol	D4	Dimetil-sulfon	P4	Etilpirazin
a4	3-Penten-2-ol	D5	N-Formilanilin	P5	2,3-Dimetilpirazin
a5	4-metil-2-pentanol	D6	Sikloserin	P6	2-Etil-6-metilpirazin
a6	2-metil-büt-2-ene-1-ol	D7	N,N-dimetil-formamid	P7	2-Etil-5-metilpirazin
a7	1-hekzanol	F1	2-Pentilfuran	P8	Trimetilpirazin
AL1	Hekzanal	F1	4-vinil-2-metoksi-fenol	P9	2-Etil-3,5-dimetilpirazin
AL2	2-Bütenal	F2	Furfural	pir1	N-metil-pirol
AL3	Benzaldehit	F3	Pantolakton	pir2	2-asetil-pirol
AL4	Benzen-asetaldehit	F4	Fıtalan	pir3	1H-Pirol-2-karboksaldehit
AL5	1,1,2,2-tetrakloroetan	F5	Dihidro-3-metil-2(3H)-furanon	pir4	2-pirolidinon
AL6	2,3-dihidro-1H-inden-4-karboksaldehit	F6	2,3-dihidro-benzofuran	pir6	3-Metoksi-piridin
B1	Toluen	F7	2-Furanmetanol	pir7	Tetrahidro-2H-piran-2-on
B2	Klorobenzen	K1	2-Pentanon	pir8	4-Etil-2,5,6-Trimetilpirimidin
B3	Sitren	K2	4-hidroksi-2-pentanon	pir8	4-piridin-karboksilik asit-metil ester
B4	Benzenemetanimin	P1	Metilpirazin	pir9	Maltol
B5	Benzen-metanol	P10	3-etil-2,5-dimetilpirazin	ter2	Limonen
B6	Benzen-etanol	P11	2-metil-6-(2-propenill)-pirazin	ter2	1,8-Cineole
B7	Kaprolaktam	P12	Pirazin-amide	ter3	cis-Ocimene
B8	Bütirolakton	P13	2-metil-5-(2-propenil)-pirazin	Ti-1	4-methyl-5-tiyazol-etanol
D1	2-Imidazolidinetiyon	P14	2-metoksi-3-metil-pirazin		

Ek 8. PCA grafiğinde kullanılan, SAFE yöntemi ile elde edilen aroma bileşiklerine verilen kodlar