



FARKLI YETİŞTİRME YÖNTEMLERİNİN NATÜREL VE KAVRULMUŞ FINDIKLARIN AĞIR METAL, HMF VE AKRİLAMİD DÜZEYLERİNE ETKİSİ

Hasan KARAOSMANOĞLU^{1*}

¹Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Fındık Eksperti Programı

Anahtar Kelimeler

*Toksik Metal,
Hidroksimetil Furfural,
Isıl İşlem Kontaminantı,
Gıda Güvenliği,
Organik Fındık.*

Öz

Bu çalışmada organik ve konvansiyonel koşullarda yetiştirilmiş fındıkların ağır metal, hidroksimetil-furfural (HMF) ve akrilamid düzeylerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Sonuçlara göre incelenen 16 metalden 9'unun üretim yönteminden etkilendiği görülmüştür. Farklılık tespit edilen metallerden stronsiyum hariç diğerlerinde organik örneklerin daha az düzeyde kontamine olduğu görülmüştür. Organik örneklerin alüminyum, kobalt, nikel, rubidyum, baryum, civa konsantrasyonları konvansiyonellerden sırasıyla 3.96, 3.19, 1.47, 3.65, 2.51, 2 kat daha düşük bulunmuş ayrıca organik fındıklarda kurşun, sezyum, kadmiyum tespit edilmemiştir. Toplam ağır metal yoğunluğunun konvansiyonel örneklerde (38.84 mg kg⁻¹) organiklerin (18.79 mg kg⁻¹) iki katından fazla olduğu belirlenmiştir. Natürel örneklerde HMF tespit edilmezken, kavrulmuş organik fındıklarda 3.32-7.58 mg kg⁻¹, konvansiyonellerde 2.59-8.94 mg kg⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiş, üretim yönteminin tutarlı bir etkisi görülmemiştir. Hiçbir örnekte akrilamid belirlenmemiştir. Sonuç olarak organik ve konvansiyonel fındıkların incelenen toksik kontaminant yüklerinin tavsiye edilen ve yasal limitlerin altında olduğu bu nedenle gıda güvenliği riski taşımadığı görülmüştür. Daha düşük düzeyde metal içermesi, çevre kirliliği ve üretici sağlığı tehdidi oluşturmaması gibi nedenlerle organik fındık tarımının teşvik edilmesi faydalı olacaktır.

THE EFFECT OF DIFFERENT CULTIVATION METHODS ON HEAVY METAL, HMF AND ACRYLAMIDE LEVELS OF NATURAL AND ROASTED HAZELNUTS

Keywords

*Toxic Metal,
Hydroxymethyl Furfural,
Heat Treatment Contaminant,
Food Safety,
Organic Hazelnuts.*

Abstract

In this study, it was aimed to compare the heavy metal, hydroxymethyl-furfural (HMF) and acrylamide levels of organic hazelnuts, and hazelnuts grown under conventional conditions. According to the results of the study, it was detected that 9 of the 16 metals were affected by the production method. It was observed that organic samples were less contaminated with the exception of strontium, among which differences were detected. Aluminum, cobalt, nickel, rubidium, barium and mercury concentrations of organic samples were found to be 3.96, 3.19, 1.47, 3.65, 2.51 and 2 times lower, respectively, than the conventional ones, and no lead, cesium, cadmium was detected in organic hazelnuts. It was determined that the total heavy metal concentration was more than twice that of organics (18.79 mg kg⁻¹) in conventional samples (38.84 mg kg⁻¹). While HMF was not detected in natural samples, it was found to vary between 3.32-7.58 mg kg⁻¹ in roasted organic hazelnuts and 2.59-8.94 mg kg⁻¹ in conventional ones. However, there was no consistent effect of the production method. Acrylamide could not be detected in any sample examined. As a result, it has been seen that the toxic contaminant loads of organic and conventional hazelnuts examined are below the recommended and legal limits, therefore they do not constitute a food safety risk. However, it would be beneficial to encourage organic hazelnut farming because it contains less metal, does not constitute a threat to environmental pollution and producer health.

Alıntı / Cite

Karaosmanoğlu, H., (2023). Farklı Yetiştirme Yöntemlerinin Natürel ve Kavrulmuş Fındıkların Ağır Metal, Hmf ve Akrilamid Düzeylerine Etkisi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(4), 1529-1538.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

H. Karaosmanoğlu, 0000-0002-4652-9861

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	11.08.2023
Revizyon Tarihi / Revision Date	27.10.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	21.11.2023
Yayın Tarihi / Published Date	30.12.2023

* İlgili yazar / Corresponding Author: hasan.karaosmanoglu@giresun.edu.tr, +90-454-310-1500

THE EFFECT OF DIFFERENT CULTIVATION METHODS ON HEAVY METAL, HMF AND ACRYLAMIDE LEVELS OF NATURAL AND ROASTED HAZELNUTS

Hasan KARAOSMANOĞLU[†]

¹Giresun University, Technical Vocational School, Hazelnut Expertise Programme Giresun/Turkey

Highlights

- Two times more toxic metals than organics were detected in conventional hazelnuts
 - There was no significant difference between organic and conventional hazelnuts in terms of HMF formation
 - Acrylamide formation was not observed in any of the samples as a result of roasting
-

Purpose and Scope

This study was carried out to determine the toxic metal, HMF and acrylamide levels of Tombul hazelnuts produced and roasted by organic and conventional methods.

Design/methodology/approach

In this study, 16 different toxic metal levels of natural (not heat-treated) organic and conventional Tombul hazelnut cultivar were determined by ICP-MS device. Afterwards, HMF formation in the samples was monitored by HPLC device and acrylamide formation was monitored by LC/MS device under 8 different heat treatment conditions.

Findings

It was observed that the production method had a significant effect on 9 out of 16 different metals examined. It was observed that organic samples were less or not contaminated at all (aluminum, cobalt, nickel, rubidium, cadmium, cesium, barium, lead), except for strontium. It was observed that the total heavy metal concentration of the organic samples was 2 times lower than the conventional ones. While no HMF formation was observed in natural samples, an increase in concentration was detected with an increase in temperature and time. However, there was no consistent effect of production methods. Acrylamide formation was not detected in any sample.

Practical implications

According to the results of the research, although it was seen that organic hazelnuts contain much less toxic metals, all samples were found to be within the safe limit. On the other hand, no significant difference was observed between organic and conventional hazelnuts in terms of HMF and acrylamide formation. Therefore, it can be recommended to process organic hazelnuts under heat treatment conditions similar to conventional hazelnuts.

Originality

In recent years, there has been an increase in the demand for organic foods due to the fact that consumers think that they are healthier and more nutritious. On the other hand, due to the fact that organic and conventional production methods can affect the chemical composition of foods, their sensitivity to heat treatment may change. This study is an original research in terms of examining the toxic metal, HMF and acrylamide levels of organic and conventional Tombul hazelnut cultivar.

1. Giriş (Introduction)

Betulaceae familyasında yer alan fındık, hoş tadı, besin maddeleri, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri, fitosterol, tokoferol gibi yağda çözünen biyoaktif maddeleri ve polifenollerini nedeniyle dünya çapında en popüler kuruyemişlerden biridir (Karaosmanoğlu ve Üstün, 2019). Koroner kalp hastalığı riskini azaltmak için EFSA (European Food Safety Authority) fındığında içinde bulunduğu kuruyemişlerin günlük 32.5 g tüketilmesini önermektedir (EFSA, 2011). Fındık cevizle birlikte Avrupa'daki sert kabuklu meyve üretiminin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (Pycia vd., 2019). Dünya fındık üretiminin %62'sini gerçekleştiren Türkiye, en değerli yabani türlerin doğal yayılımının ve kültür çeşitlerinin kaynağının bulunduğu, fındığın anavatanı ve en önemli üreticisi konumundadır. Üretim miktarı bakımından en önemli ülke olan Türkiye'yi sırasıyla İtalya (%13), ABD (%6), Azerbaycan (%4), Gürcistan (%3) Şili (%3) ve Çin (%2) takip etmekte, ayrıca İspanya, İran, Polonya ve Fransa gibi ülkelerde de yetiştirilmektedir (Tunç Dede, 2019; FAO, 2022).

[†] Corresponding Author: hasan.karaosmanoglu@giresun.edu.tr, +90-454-310-1500

Gıda kontaminantları gıdalara bilinçli olarak katılmamalarına rağmen gerek hammaddenin arazideki yetiştirilmesi sırasında gerekse de işleme ve depolama süreçlerinde gıdalara bulaşan ya da oluşan organik veya inorganik kimyasal maddelerdir (Tayar ve Kılıç, 2014). Tarımsal üretim esnasında gıdaya hava, toprak veya sudan bulaşabilen en önemli kontaminant grubu ağır metallerdir. Oldukça toksik oldukları bilinen ağır metaller insan vücuduna yutma, soluma, deriden absorpsiyon gibi çok farklı biçimlerde girebilmekte ve bünyede birikimi sonucunda ise kanser, kardiyovasküler hastalıklar, zeka geriliği, nörobilişsel bozukluklar, davranış bozuklukları, solunum sorunları gibi pek çok sağlık problemine yol açtığı rapor edilmiştir (Al osman vd., 2019).

Yoğun sezonda hasat edilen fındıklar ekonomik sebepler ve işleme tesislerinin sınırlı kapasiteleri nedeniyle bir yılı aşabilen sürelerde depolanmakta sonrasında da işlenmektedir. Fındık natürel olarak zarıyla birlikte tüketilmekle birlikte, daha aromatik olduğu için tüketiciler büyük oranda kavrulmuş ya da beyazlatılmış (zarsız) formu tercih etmektedirler (Şimşek, 2007). Bu nedenle kavurma fındık endüstrisinde en fazla kullanılan işleme yöntemidir. Kavurma işlemiyle, içi tamamen sarı kahverengi tabaka (iç zar veya testa) olarak tanımlanan zar ayrılmaktadır (Contini vd., 2008). Ayrıca kavrulmuş fındığın kendine has rengi, tadı ve aroması oluşmakta, kimyasal kompozisyonunda değişimler meydana gelmektedir (Fallico vd., 2003). Diğer taraftan insan sağlığı için zararlı etkiye sahip hidroksi-metil furfural (HMF) ve akrilamid gibi bazı ısıl işlem kontaminantları da kavurma prosesi sonucunda oluşabilmektedir (Fallico vd., 2003; Tepe vd., 2020).

Son yıllarda, tüketicilerde beslenme ile insan sağlığı arasındaki ilişki farkındalığının artmasıyla daha sağlıklı ve güvenli gıda talebi oluşmuştur (Karaosmanoğlu, 2022). Bu talebi karşılamak için gıdanın işleme aşamasındaki gıda güvenliği sistemlerine ilave olarak üretiminde kimyasal pestisitlerin, inorganik gübrelerin ve diğer sentetik girdilerin kullanılmadığı sürdürülebilir ve çevre dostu organik tarım sistemi büyük ilgi görmeye başlamıştır (Karaosmanoğlu, 2023). Organik tarımın çıktısı olan taze ve işlenmiş organik gıdaların, tüketiciler tarafından üstün besleyici özellikleri ve non-kontamine sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla ilişkilendirilmeleri nedeniyle bu ürünlere olan talep giderek artmaktadır (Özçelik vd., 2022; Reche vd., 2019). FIBL & IFOAM (2022) verilerine göre 2021 yılında dünyadaki organik tarım alanları 74.9 milyon hektara, organik gıda pazarı da son on yılda yaklaşık 7 kat artarak 120.6 milyar Euro'ya ulaşmıştır. Tüm organik gıdalara olduğu gibi organik fındığa olan talepte de artış söz konusudur. Artan talep karşısında organik fındık üretimi son beş yılda yaklaşık 2 kat artışla 21.500 tona ulaşmış ve bu miktar tüm fındık üretiminin yaklaşık %3.5'ine denk gelmektedir. Bu oranın tüm gıdaların ortalaması alındığında %1.5 olduğu düşünüldüğünde, organik fındığa olan talebin tüm organik gıdaların ortalamasının 2 katından fazla olduğu anlaşılmaktadır (TOB, 2021).

Literatürde organik fındıkların ağır metal içeriklerine yönelik sınırlı bilgi olmasına rağmen bu çalışmada konvansiyonel üretimle kıyaslama yapılmamıştır (Karcık ve Taşan, 2018). Diğer taraftan organik yetiştirme sistemleri gıdaların kimyasal kompozisyonlarını, dolayısıyla ısıl işleme olan hassasiyetlerini etkileyebilmektedir (Faller ve Fialho, 2009). Bu nedenle organik fındıklarda ısıl işlem sonucunda oluşacak gıda kontaminant konsantrasyonunun farklı olması beklenebilir ve sonuçlara göre kavurma koşullarının düzenlenmesi gerekebilir. Konvansiyonel yöntemlerle üretilen fındıkların HMF ve akrilamid içerikleri ile ilgili çalışmalar olmasına rağmen (Fallico vd., 2003; Tepe vd., 2020), organik ve konvansiyonel fındıkların HMF ve akrilamid içeriklerinin karşılaştırıldığı kapsamlı bir araştırmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu çalışmada organik ve konvansiyonel sistemlerle yetiştirilen ve kavru lan fındıkların ağır metal, HMF ve akrilamid düzeylerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot (Material and Method)

2.1. Örnek toplama ve kavurma prosesi (Sample collection and roasting process)

Organik fındık örnekleri Giresun ili Karadere (40°52'46.91"N, 38°32'40.16"E), Yolbaşı (40°55'39.04"N, 38°36'15.70"E) ve Karakoç (40°54'58.32"N, 38°32'36.56"E) köylerindeki organik tarım sertifikasına sahip üreticilerin bahçelerinden, konvansiyonel örnekler ise organik bahçelere yakın lokasyondaki Akköy (40°51'04.44"N, 38°18'41.56"E), Seyitköy (40°51'35.42"N, 38°19'08.91"E) ve Alınca (40°52'30.59"N, 38°19'24.11"E) köylerindeki fındık bahçelerinden temin edilmiştir. Araştırma materyali olarak en önemli Türk fındık çeşidi olan Tombul fındık (Giresun Kalite) çeşidi seçilmiştir. Örnekler 2020 yılı, ağustos ayının ikinci haftasında önceden belirlenen bahçelerden, fındıkların yeşil zuruflarının sarı-kahverengine dönmesi ve nem oranının %30'un altına düşmesinden sonra dalların sallanıp fındıkların yere düşürülmesi ile yerden elle toplanmıştır. Hasattan sonra fındıklar yeşil kabuklarından ayrılmış, beton harmana serilmiş ve nem oranı %6'nın altına düşünceye kadar 3-5 gün süre ile güneşte kurumaya bırakılmıştır.

Kurutulmuş fındıkların sert kabukları fındık kıracağı ile kırılarak elle kabuklarından ayrılmış ve natürel iç fındık elde edilmiştir. Natürel fındıklar geleneksel elektrikli fırında 130 °C, 145 °C, 160 °C, 175 °C'de 15 ve 30'ar dk

olmak üzere sekiz farklı koşulda kavrulmuş ve analiz edilmiştir. Ağır metal analizi sadece ısıl işlem görmemiş natürel fındıklarda, HMF ve akrilamid analizi ise natürel ve kavrulmuş tüm örneklerde gerçekleştirilmiştir.

2.2. Metot (Method)

2.2.1. Ağır metal analizi (Heavy metal analysis)

Fındık örneklerinin makro ve mikro element kompozisyonu Ustaoglu ve Tepe (2019)'nin belirttiği yöntemle yapılmıştır. Kısaca 0.5 g fındık mikrodalga yakma sisteminde (Milestone Start D 260, ITALY) 6 ml nitrik asit ve 2 ml hidrojen peroksit ile çözündürülmüştür. Kalıntı daha sonra deiyonize su ile 10 ml dereceli şişe içinde seyreltilmiştir. Numuneler analizden önce 0.45 mm'lik bir filtreden süzölmüştür. Kalibrasyon standartları, multi-element standarttan (Merck, Darmstadt, GERMANY) hazırlanmıştır. Örnekler ICP-MS (Agilent Technologies/7700X ICP-MS Systems, USA) cihazında üç kez analiz edilip, sonuçlar mg kg⁻¹ örnek olarak verilmiştir. ICP-MS çalışma koşulları: radyo frekansı gücü: 1550 W, taşıyıcı gaz akış hızı: 0,8 L dak⁻¹, tamamlayıcı gaz akış hızı: 0,32 L dak⁻¹, püskürtme odası sıcaklığı: 2 °C, örnekleme derinliği: 8.0 mm, ORS3 (Oktapol Reaksiyon Sistemi) helyum gazı akış hızı: 5.0 ml dk⁻¹.

2.2.2. HMF analizi (HMF analysis)

Fındık örnekleri elektrikli parçalayıcı ile öğütölmüş ve 1 g tartılmıştır. Üzerine 9 ml deiyonize su, 0.5 ml 15 g potasyum hekza siyanoferratinin 100 ml suda çözünmesiyle hazırlanan Carrez I ve 0.5 ml 30 g çinko sülfatın 100 ml suda çözünmesiyle hazırlanan Carrez II çözeltileri ilave edilip 3 dakika süreyle vortekslenmiştir. Sonrasında 7000 rpm hızda 5 dakika boyunca santrifüjleme (Biosan LMC 3000) yapılarak süpernatant ayrılmıştır. Ekstraksiyon 5 ml su ile iki kez tekrarlanıp, toplanan süpernatantlar yağın ayrılması ve berraklığın sağlanması için 4 °C sıcaklıkta 5 dakika süreyle 7000 rpm hızda santrifüj edilmiştir. Elde edilen ekstrakt 0.45 µm şırıngadan geçirilerek analiz edilmiştir (Karademir, 2013). HMF analizi diyet dizini dedektör (DAD) ile donatılmış HPLC (Agilent Technologies) cihazı ve GL, OD3-C18 kolonu (5 mm, 250X4 mm, 30 °C) ile gerçekleştirilmiştir. HPLC çalışma koşulları: mobil faz; su (%2 asetik asitte) ve metanol (90:10, v/v) karışımı, akış hızı; 0.7 ml dakika⁻¹, enjeksiyon hacmi 20 µl, dedeksiyon; 285 nm. Kalibrasyon eğrisi HMF stok çözeltisi 1.0 mg ml⁻¹ derişimde, su içerisinde hazırlanarak oluşturulmuştur. Standart çözeltiler, stok çözeltiden taze olarak 1, 5, 10, 25, 50 µg ml⁻¹ derişimlerde deiyonize su ile seyreltilerek hazırlanmıştır.

2.2.3. Akrilamid analizi (Acrylamide analysis)

Fındıklar temiz bir havanda ayrı ayrı öğütölmüş ve 1 g tartılmıştır. Üzerine 5 ml asetonitril ve 50 ppb'lik iç standart (Acrylamide-D3) eklenmiştir. 10 dakika süreyle ultrasonik su banyosunda 45°C'de tutulmuş ve 5 dakika 5000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Berrak süpernatant vialerle aktarılıp analiz gerçekleştirilmiştir (Roach vd., 2003). Kromatografik ayırım Agilent 6460 Triple Quad LC/MS cihazı ve Zorbax Exlipsis XDB C18 (4.6 x 150 mm, 5-Micron) kolon ile gerçekleştirilmiştir. LC/MS cihazı çalışma koşulları: enjeksiyon hacmi; 10 µl, akış hızı 0.3 ml dak⁻¹, mobil faz A %0.1'lik formik asit içeren ultra saf su, mobil faz B %0.1'lik formik asit içeren asetonitril. Kaynak parametreleri: gaz sıcaklığı 350 °C, gaz akışı 11 l dak⁻¹, nebulizer basıncı 45 psi, kapiler voltaj 4000 V, sheath gaz sıcaklığı 300, sheath gaz akışı 7. Örneklerin akrilamid miktarının belirlenebilmesi için kalibrasyon standartlarının yardımıyla kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Öncelikle 10 mg akrilamid standardı 100 ml saf su ile karıştırılarak stok çözelti elde edilmiştir. Stok çözeltiden 0, 1, 5, 10, 25, 50, 75 ve 100 µg l⁻¹ konsantrasyonlarda kalibrasyon standartları hazırlanarak cihaza enjekte edilmiş ve kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir.

2.3. İstatistiksel analiz (Statistical analysis)

Çalışma üç tekerrürlü yürütölmüş ve istatistik analizler SPSS Version 17.0 istatistik yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Grupların ortalamalarını karşılaştırmak için tek yönlü ANOVA ve ardından Levene Varyansların Eşitliği Testi (P< 0.05) kullanılmış, sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma (Results and discussion)

3.1. Fındıkların ağır metal içerikleri (Heavy metal contents of hazelnuts)

Organik ve konvansiyonel fındık örneklerinin ağır metal (lityum, berilyum, alüminyum, titanyum, vanadyum, kobalt, nikel, arsenik, rubidyum, stronsiyum, kadmiyum, antimon, sezyum, baryum, civa, kurşun) konsantrasyonları Tablo 1'de özetlenmiştir. İncelenen 16 elementten lityum, berilyum, vanadyum, arsenik ve antimon hiçbir örnekte tespit edilememiştir. Üretim yöntemleri arasında titanyum ve civa miktarları yönünden

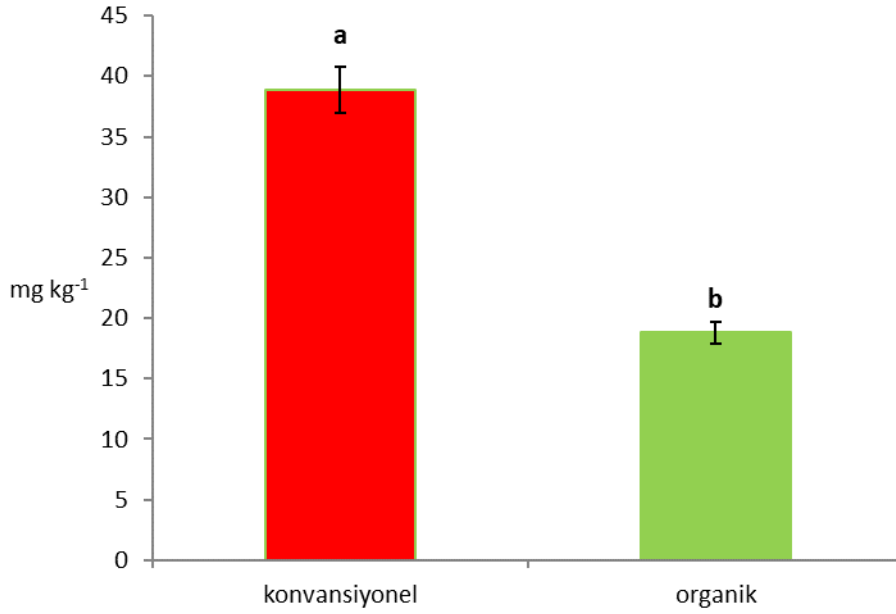
bir fark görülmemiştir ($P>0.05$). Üretim yöntemleri arasında istatistiksel farklılık tespit edilen 8 elementten stronsiyum haricindeki diğer 7 element konsantrasyonunun konvansiyonel örneklerde daha yüksek olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Ayrıca konvansiyonellerde tespit edilmesine rağmen kadmiyum, sezyum ve kurşuna organiklerde rastlanmamıştır. Bu durum organik tarım yöntemleriyle üretimin ağır metal kontaminasyonunu düşürdüğünü gösterebilir. Konvansiyonel fındıklarda biriken metaller rubidyum > alüminyum > stronsiyum > baryum > nikel > kobalt > titanyum > sezyum > civa > kurşun > kadmiyum olarak sıralanmıştır. Bu sıralama organiklerde ise stronsiyum > rubidyum > alüminyum > baryum > nikel > kobalt > titanyum > civa şeklinde genellikle konvansiyonele benzer şekilde olmuştur. Organik fındıkların toplam ağır metal içerikleri 18.97 mg kg^{-1} , konvansiyonellerin ki ise 38.84 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir (Şekil 1).

Tablo 1. Organik ve konvansiyonel yöntemlerle üretilmiş fındıkların ağır metal düzeyleri, mg kg^{-1} (Heavy metal levels of hazelnuts grown by organic and conventional methods, mg kg^{-1})

	Konvansiyonel	Organik
lityum	TED	TED
berilyum	TED	TED
alüminyum	$8.77 \pm 0.09a$	$2.21 \pm 0.76b$
titanyum	$0.15 \pm 0.08a$	$0.16 \pm 0.03a$
vanadyum	TED	TED
kobalt	$0.51 \pm 0.14a$	$0.16 \pm 0.11b$
nikel	$2.42 \pm 0.15a$	$1.64 \pm 0.46b$
arsenik	TED	TED
rubidyum	$18.56 \pm 2.04a$	$5.08 \pm 0.54b$
stronsiyum	$4.63 \pm 0.4b$	$8.04 \pm 1.30a$
kadmiyum	0.01 ± 0.01	TED
antimon	TED	TED
sezyum	0.03 ± 0.01	TED
baryum	$3.74 \pm 0.39a$	$1.49 \pm 0.62b$
civa	$0.02 \pm 0.01a$	$0.01 \pm 0.01a$
kurşun	0.02 ± 0.01	TED

Tüm değerler ortalama \pm SD ($n=3$) olarak sunulmuştur. Aynı satır içindeki farklı harfler (a-b) istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları gösterir (Levene Varyansların Eşitliği Testi, $P<0.05$). TED: Tespit edilemedi

Analiz edilen tüm metaller arasında her iki üretim yönteminde de yüksek düzeyde tespit edilen metal olan rubidyum, konvansiyonelde organikten yaklaşık 3.6 kat daha fazla birikim göstermiştir (18.56 mg kg^{-1} , 5.08 mg kg^{-1} , konvansiyonel, organik sırasıyla). Tüm elementler içerisinde organik örneklerde (8.04 mg kg^{-1}) daha fazla tespit edilen tek element olan stronsiyum konvansiyonele (4.63 mg kg^{-1}) kıyasla 1.7 kat daha fazlaydı. Bu çalışmada ele aldığımız konvansiyonel örneklerdeki alüminyum seviyelerinin (8.77 mg kg^{-1}) organiklerin (2.21 mg kg^{-1}) 4 katı kadar fazla olması ilgi çekicidir. Cabrera vd. (2003) İspanya fındıklarının alüminyum düzeyini sonuçlarımıza uygun olarak $5.00-12.20 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında rapor etmiştir. Karcık ve Taşan (2018) organik fındıklarda sonuçlarımıza benzer şekilde kurşun tespit edememişler ayrıca nikel miktarlarını $0.41-3.42 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında rapor ederken sonuçlarımızın aksine civa rapor etmemişler ve $0.06-0.08 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında kadmiyum bildirmişlerdir. Cevik vd. (2009) konvansiyonel fındıklarda sonuçlarımızdan oldukça yüksek olarak nikel ($8-66 \text{ mg kg}^{-1}$) ve kurşun ($4-11 \text{ mg kg}^{-1}$) tespit etmişlerdir. Pehlivan ve Altıntaş (2020) Giresun ve Trabzon bölgesi fındıklarının nikel ve kurşun yüklerini sırasıyla $0.88-9.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ve $0.66-6.60 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında rapor etmişlerdir. Leblebici ve Aksoy (2008) konvansiyonel kuruyemişlerde 2.36 mg kg^{-1} nikel, 0.31 mg kg^{-1} kobalt bildirirken oldukça yüksek miktarda kurşun (12.38 mg kg^{-1}) bildirmişlerdir. Kafaoglu (2012) konvansiyonel fındıklarda sonuçlarımızdan daha yüksek baryum (6.22 mg kg^{-1}) ve benzer kobalt (0.27 mg kg^{-1}) birikimi gerçekleştiğini gözlemlemiştir. Ideirah vd. (2021) Nijerya'da yetiştirilen çeşitli kuruyemişlerde kurşun, kadmiyum ve nikel miktarlarının izin verilen sınırların altında olduğunu yine Edem vd. (2009) incelenen kuruyemişlerde ağır metal kontaminasyonunun Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirlediği sınırların altında olduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 1. Organik ve konvansiyonel yöntemlerle üretilmiş fındıkların toplam ağır metal düzeyleri (Total heavy metal levels of hazelnuts grown by organic and conventional methods) Farklı harfler (a-b), Levene'nin varyans eşitliği testine göre yetiştirme yöntemlerinin istatistiksel farkını gösterir ($P < 0.05$)

Ağır metaller ulaşım, endüstriyel faaliyetler, fosil yakıtlar, zirai üretimde yoğun ve bilinçsiz olarak kullanılan gübre ve sentetik ilaçlar, kentleşme ve diğer beşeri faaliyetlerle farklı kaynaklardan toprak ve atmosfere geçiş yaparak çevre sorunlarına neden olmasının yanı sıra, biyolojik olarak parçalanmamaları ve bitkisel dokularda birikmeleri nedeniyle insan sağlığı için önemli bir tehlike oluşturabilmektedir (Cevik vd., 2009; Türkmen vd., 2016). Bitkisel dokularda biriken özellikle alüminyum, nikel, kurşun ve kadmiyum gibi bileşikler insan organizması için oldukça toksik bileşiklerdir (Cabreria vd., 2003). FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA, 2009) tarafından nikel (0.3 mg gün^{-1}), kurşun ($0.025 \text{ mg/hafta/kg}$ vücut ağırlığı), kadmiyum ($0.007 \text{ mg/hafta/kg}$ vücut ağırlığı) ve alüminyum (7.0 mg/hafta/kg vücut ağırlığı) için önerilen limit değerler dikkate alındığında ayrıca Türkiye'deki kişi başına fındık tüketiminin $1.25\text{-}1.50 \text{ kg}$ düzeyinde olduğu düşünüldüğünde (TMO, 2019) fındık tüketiminde riskin düşük olduğu kabul edilebilir. Ancak ağır metallerin vücuda toksik dozun çok altında girse bile vücuttan atılımının yavaş olması nedeniyle dokularda birikimi söz konusudur (Türkmen vd., 2016). Sonuçlarımıza göre konvansiyonel fındıklardaki metal kontaminasyonu alüminyum gibi bazı elementlerde 4 kata çıkmakla birlikte toplamda organik fındıklardan 2 kattan daha yüksektir. Gıdalar için ağır metal kontaminasyon kaynağı olarak görülen kimyasal pestisitler ve inorganik gübrelerin organik tarımda kullanılmalarının yasak olması, ayrıca üretimin karayolları ve sanayi tesislerine belli uzaklıkta yapılmasıyla hava kirliliği kaynaklı ağır metal kontaminasyonunun sınırlandırılması gibi nedenler üretim sistemleri arasındaki farkı açıklayabilir.

3.2. Fındıkların HMF içerikleri (HMF contents of hazelnuts)

Organik ve konvansiyonel natürel fındıkların ayrıca farklı sıcaklık ve sürelerde kavrulmuş fındıkların HMF düzeyleri Tablo 2'de sunulmuştur. Her iki üretim yönteminde de ısı işlem görmemiş natürel fındıklarda HMF tespit edilmemiştir. Yine düşük sıcaklık ve sürede ($130 \text{ °C-}15 \text{ dk}$) HMF belirlenmemiştir. En düşük düzeyde HMF konvansiyonel fındıklarda $130 \text{ °C-}30 \text{ dk}$ (2.59 mg kg^{-1}), organiklerde ise $145 \text{ °C-}15 \text{ dk}$ (2.32 mg kg^{-1}) koşulunda belirlenmiştir. Her iki üretim yönteminde de artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak tüm örneklerde HMF oluşumunda artış gözlemlenmiştir ($P < 0.05$). En yüksek HMF düzeyi her iki grupta da $175 \text{ °C-}30 \text{ dk}$ şartlarında tespit edilmiştir (8.94 mg kg^{-1} , 7.58 mg kg^{-1} ; konvansiyonel ve organik sırasıyla). Bulgularımızla uyumlu olarak konvansiyonel fındıklarda, Karademir (2013) 160 °C 'de 30 dk kavurma işlemiyle 8.7 mg kg^{-1} düzeyinde HMF rapor etmiştir. Benzer şekilde Fallico vd. (2003) kavurulmuş fındıklarda HMF düzeyini $2.2\text{-}8.0 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde bildirmişlerdir. Göncüoğlu Taş ve Gökmen (2017) 140 °C 'de 30 dakika süreyle kavurulmuş fındıkların HMF içeriğinin 0.9 mg kg^{-1} 'den 8.5 mg kg^{-1} 'a yükseldiğini tespit edilmiştir.

Her iki üretim sisteminde de uygulanan ısı işlem süresinin HMF oluşumuna sıcaklık artışından daha fazla etkili olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin konvansiyonel örneklerde sıcaklığın 15 dk süreyle 145 °C 'den 160 °C 'ye yükseltilmesiyle HMF miktarı 1.62 kat artarken, 145 °C 'de sürenin 15 dk 'dan 30 dk 'ya çıkarılması 2.05 kat artışa

neden olmuştur. Aynı koşullarda organik örneklerdeki oranlar sırasıyla 2.40 ve 2.52 olarak hesaplanmıştır. HMF tespit edilen toplam 7 farklı proses koşulunun 4'ünde organiklerde, 3'ünde ise konvansiyonel örneklerde daha yüksek oluşum gözlenmiştir. Üretim sistemlerinin genel olarak HMF düzeylerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı olsa bile ($P<0.05$) tutarlı bir ilişki gözlenmemiştir.

Gıdaların pişirme veya kavurma gibi ısı işlemlerle veya muhafaza süresince renklerinde meydana gelen esmerleşmenin ve istenen aroma bileşikleri oluşumunun ana sebebi Maillard reaksiyonlarıdır (Yıldız vd., 2010). Maillard reaksiyonu ara ürünlerinden olan ve gıdaların kimyasal bileşimine bağlı olarak genellikle işleme aşamalarında oluşan HMF'nin (Kuşçu ve Bulantekin, 2016) olumlu (antioksidan, anti-karsinojenik, anti-hipoksik, anti-alerjik, anti-apoptotik, anti-inflamatuar, anti-mikrobiyal) olumsuz (kanserojen etki, genotoksisite, mutajenite, organotoksik ajan) olmak üzere farklı sağlık etkileri vardır ve günlük kişi başına 2-30 mg alımının sağlık açısından risk oluşturmadığı rapor edilmiştir (Choudhary vd., 2021). Ayrıca HMF gıda ürünlerinin üretiminde ısı işlem yoğunluğunun ve uygun olmayan saklama koşullarının bir göstergesi olarak kullanılır (Kuşçu ve Bulantekin, 2021). Sonuçlarımıza göre örneklerin tamamının HMF açısından risk taşımadığı söylenebilir.

Tablo 2. Organik ve konvansiyonel yöntemlerle üretilmiş ve kavurulmuş fındıkların HMF düzeyleri, mg kg⁻¹ (HMF levels of hazelnuts grown and roasted by organic and conventional methods, mg kg⁻¹)

	Konvansiyonel		Organik	
	TED		Natürel	TED
Natürel	TED		Natürel	TED
130 °C- 15 dk	TED		130 °C- 15 dk	TED
130 °C- 30 dk	2,59±0.02 Gb		130 °C- 30 dk	3,61±0,01 Fa
145 °C- 15 dk	2,79±0,01 Fa		145 °C- 15 dk	2,32±0.02 Gb
145 °C- 30 dk	5,73±0,01 Cb		145 °C- 30 dk	5,85±0,01 Da
160 °C- 15 dk	4,53±0,01 Eb		160 °C- 15 dk	5,58±0,01 Ea
160 °C- 30 dk	7,35±0,01 Ba		160 °C- 30 dk	6,22±0,01 Bb
175 °C- 15 dk	4,77±0,01 Db		175 °C- 15 dk	5,92±0,01 Ca
175 °C- 30 dk	8,94±0,01 Aa		175 °C- 30 dk	7,58±0,01 Ab

Tüm değerler ortalama ± SD (n= 3) olarak sunulmuştur. Aynı satır içindeki farklı küçük harfler (a-b) üretim siteleri arasındaki, aynı sütundaki farklı büyük harfler (A-G) proses koşulları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları gösterir (Levene Varyansların Eşitliği Testi, $P<0.05$). TED: Tespit edilemedi

3.3. Fındıkların akrilamid içerikleri (Acrylamide content of hazelnuts)

Gıdaların kavurma ve kurutma gibi ısı işlemlerle muamele edilmesiyle arzu edilen spesifik aroma ve renk maddeleri gibi Maillard reaksiyon ürünlerine ilaveten akrilamid gibi istenmeyen ısı işlem kontaminantı da meydana gelebilmektedir (Yıldız vd., 2010). Herhangi bir işlem görmemiş çiğ ve natürel gıdalarda akrilamid oluşmaması veya çok az oluşmasına karşın, karbonhidratça zengin gıdaların kızartılması ve kavurulması gibi ısı işlemlerle miktarı artmaktadır (Nizamlioğlu ve Nas, 2019; Uğur ve Şimşek 2023).

Fındık endüstrisinde tercih edilen kavurma sıcaklığın 130 °C ile 160°C olduğu düşünüldüğünde (Karaosmanoğlu, 2022a) fındıkta akrilamid oluşumu beklenebilir. Ancak çalışmamızda analiz edilen konvansiyonel ve organik örneklerin hiçbirisinde akrilamid tespit edilememiştir. Çalışmamızın aksine Tepe vd. (2020) 170 °C ve 30 dk kavurma işlemiyle fındıklarda 19 µg kg⁻¹ düzeyinde akrilamid rapor etmişler ancak daha düşük sıcaklıklarda oluşum gözlemlenmemişlerdir. Yılmaz (2018) organik ve konvansiyonel fındıkların akrilamid içeriklerini sırasıyla 7.90 ng ml⁻¹, 6.68 ng ml⁻¹ olarak bildirmiştir. Ancak çalışmada örnekler piyasa koşullarından satın alma yöntemiyle toplandığı için hangi koşullarda ısı işlem uygulandığı bildirilmemiştir.

Gıdaların akrilamid düzeylerini, gıdanın çeşidi ve ısı işlem koşullarının yanı sıra akrilamid oluşumundan sorumlu olduğu düşünülen serbest asparajin ve indirgen şeker miktarı da etkilemektedir (Nizamlioğlu ve Nas, 2019). Örneğin fındıktan çok daha fazla serbest asparajin içerdiği bildirilen bademde (Tepe vd., 2020) 24.61 ile 882.10 mg kg⁻¹ aralığında akrilamid rapor edilmiştir (Ünver, 2016). Apaydın (2021) kavurulmuş fındıkların akrilamid düzeylerinin (67.33µg kg⁻¹) badem, kaju ve leblebiye kıyasla çok daha düşük olduğunu bildirmiştir. Fındıkların kimyasal kompozisyonlarını çeşit, toprak kompozisyonu, gübre kullanımı ve sulama gibi faktörler etkileyebilmekte (Özdemir vd., 2001) buna bağlı olarak da akrilamid öncülerinin miktarları değişebilmektedir. Literatürle olan farklılık yukarıda sıralanan faktörlere ilaveten ekstraksiyon yöntemi ve dedektör tipinden de kaynaklanıyor olabilir.

Akrilamid, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) ve Dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından insanlar için potansiyel kanser yapıcılar arasında sınıflandırılmıştır (Tepe vd., 2020). WHO'a göre oral akrilamid alımı

100 mg kg⁻¹ vücut ağırlığından fazla olduğunda akut toksik etkiye sebep olurken 150 mg kg⁻¹ vücut ağırlığı üzerindeki dozlarda ölümcül olabilmektedir (FAO/WHO, 2005). Araştırma sonuçlarımıza göre natürel (çiğ) ve kavrulmuş fındıklarda akrilamid kaynaklı bir risk tespit edilmemiştir.

4. Sonuç (Conclusion)

Bu çalışmada, son yıllarda oldukça fazla talep görmeye başlayan organik fındıklarla, konvansiyonel koşullarda yetiştirilmiş fındıkların ağır metal içerikleri ve önemli ısıl işlem kontaminantları olan HMF ve akrilamid düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre incelenen metaller yönünden genellikle konvansiyonel örneklerin daha fazla kontamine olduğu görülmüştür. Konvansiyonel fındıkların organiklere göre yaklaşık iki kat daha fazla ağır metal içerdiği saptanmasına rağmen her iki grubunda tavsiye edilen sınırların altında kaldığı görülmüştür. Kavurma sıcaklığı ve süresinin artmasıyla organik ve konvansiyonel fındıkların her ikisinde de HMF oluşumunun arttığı ayrıca sürenin daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ancak üretim sistemleri arasında tutarlı bir farklılık görülmemiştir. Hiçbir kavurma koşulunda akrilamid oluşumu tespit edilmemiştir. Sonuç olarak incelenen kontaminantlar yönünden organik ve konvansiyonel Türk fındıklarının gıda güvenliği riski taşımadığı görülmüştür. Ayrıca daha düşük düzeyde ağır metal içermesi, çevre ve üretici sağlığına duyarlı olması nedeniyle organik fındık yetiştiriciliğinin desteklenmesi faydalı olacaktır.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu araştırma Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Ofisi (FEN-BAP-A-250221-15) tarafından finansal olarak desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Al Osman, M., Yang, F. and Massey, I.Y., 2019. Exposure routes and health effects of heavy metals on children. *Biometals* 32: 563–573. <https://doi.org/10.1007/s10534-019-00193-5>
- Apaydın, H., 2021. Farklı kavurma koşullarının kuruyemişlerin fiziksel, kimyasal özelliklerine ve mineral biyoerişebilirliğine etkisi [Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Cabrera, C., Lloris, F., Gimenez, R., Olalla, M. and Lopez, M.C., 2003. Mineral content in legumes and nuts: contribution to the Spanish dietary intake. *Science of the Total Environment* 308(1-3): 1-14. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00611-3](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00611-3)
- Cevik, U., Celik, N., Celik, A., Damla, N. and Coskuncelebi, K., 2009. Radioactivity and heavy metal levels in hazelnut growing in the Eastern Black Sea Region of Turkey. *Food and Chemical Toxicology* 47(9): 2351-2355. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.06.029>
- Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P. and Suri, S., 2021. 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: recent developments. *Toxin Reviews* 40(4): 545-561. <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1756857>
- Contini, M., Baccelloni, S., Massantini, R. and Aneilli G. 2008. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell and skin wastes by long maceration at room temperature. *Food Chemistry* 110(3): 659–669. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.060>
- Edem, C.A., Dosunmu, M.I. and Bassey, F.I. 2009. Determination of proximate composition, ascorbic acid and heavy metal content of African walnut (*Tetracarpidium conophorum*). *Pakistan Journal of Nutrition*,8(3): 225-226.
- EFSA, 2011. European Food Safety Authority, Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to nuts and essential fatty acids (omega-3/omega-6) in nut oil, *EFSA Journal* 9, Article 2032. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2032>
- Faller, A.L.K. and Fialho, E., 2010. Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 23: 561–568. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.003>
- Fallico, B., Arena, E. and Zappala, M., 2003. Roasting of hazelnuts. Role of oil in colour development and hydroxymethylfurfural formation. *Food Chemistry* 81(4): 569-573. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00497-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00497-1)
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Statistics Division. Erişim tarihi 24 Mart 2023. www.faostat.fao.org
- FAO/WHO, 2005. Joint FAO/WHO expert committee on food additives. WHO Press.
- FIBL and IFOAM, 2022. The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trend (2021) Erişim tarihi: Temmuz 3, 2022 from <https://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2021/pdf.html>.
- Göncüoğlu Taş, N. and Gökmen, V., 2017. Maillard reaction and caramelization during hazelnut roasting: A multiresponse kinetic study. *Food Chemistry* 221: 1911-1922. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.159>.

- Ideriah, T.J., Konne, J.L., Otutubuike, N.O. and Orlu, H.N., 2021. Evaluation of proximate and heavy metal concentrations in nuts and vegetable consumed in Port Harcourt Nigeria. *Journal of Research in Environmental and Earth Sciences* 7(1): 45-55.
- JECFA, 2009. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx>.
- Kafaoglu, B., 2012. Bazı kuruyemişlerdeki ağır metal içeriklerinin ve biyoerişilebilirliklerinin kemometrik olarak değerlendirilmesi [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Karademir, Y., 2013. Fındığın kavrulması sırasında gerçekleşen Maillard reaksiyonuna lipit oksidasyonunun katkısı [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Karaoşmanoğlu, H., 2023. Organik ve konvansiyonel yöntemlerle üretilen Giresun Kalite Tombul fındıklarının meyve kalitesi ile geometrik ve renk özelliklerinin belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(3), 916-924. <https://doi.org/10.21923/jesd.1110489>.
- Karaoşmanoğlu, H., 2022a. Effects of roasting process on color and some industrial properties of hazelnuts cultivated by organic and conventional methods. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 9(4): 1042-1050. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1127842>.
- Karaoşmanoğlu, H., 2022b. Lipid characteristics, bioactive properties, and mineral content in hazelnut grown under different cultivation systems. *Journal of Food Processing and Preservation* 46: e16717. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16717>.
- Karaoşmanoğlu, H. and Üstün, N.Ş., 2019. Variations in fatty acid composition and oxidative stability of some hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties stored by traditional method. *Grasas Aceites* 70(1): e288. <https://doi.org/10.3989/gya.0463181>.
- Karcık, H. ve Taşan, M., 2018. Çeşitli organik kuruyemişlerin ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 15(2): 101-111. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jotaf/issue/37314/284923>.
- Kuşçu, A. and Bulantekin, Ö., 2016. The effects of production methods and storage on the chemical constituents of apple pekmez. *Journal of Food Science and Technology* 53: 3083-3092. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2281-1>.
- Kuşçu, A. and Bulantekin, Ö., 2021. Determination of phenolics, organic acids, minerals and volatile compounds of jujube (*Ziziphus jujuba miller*) jam produced by under vacuum evaporation compared with open pan method. *Journal of Food Measurement and Characterization* 15: 1127-1138. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00713-9>
- Leblebici, Z. ve Aksoy, A., 2008. Kayseri civarında satılan bazı kuruyemişlerin ağır metal miktarlarının karşılaştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 1(1): 5-9. <https://bibad.gen.tr/index.php/bibad/article/view/9>
- Nizamlioğlu, N.M. ve Nas, S., 2019. Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizmaları, gıdaların akrilamid içeriği ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda* 17 (2): 232-242. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.613588>
- Özçelik, M. M., Duman, B. ve Özkan, G., 2022. Organik pekmezlerden jeli şeker üretimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(2): 371-379. DOI: 10.21923/jesd.1005198
- Özdemir, M., Açıktur, F., Kaplan, M., Yıldız, M., Löker, M., Gürcan, T., Biringen, G., Okay, A. and Seyhan, F.G., 2001. Evaluation of new Turkish hybrid hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties: Fatty acid composition, α -tocopherol content, mineral composition and stability. *Food Chemistry* 73: 411-415. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00315-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00315-0)
- Pehlivan, E. and Aslantaş, R., 2019. Detection and evaluation of some heavy metals (Cr, Ni, Pb) in hazelnut orchards located between Trabzon and Giresun. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 35(1): 431-442. <https://doi.org/10.17341/gazimmd.474527>
- Pycia, K., Kapusta, I. and Jaworska, G., 2019. Impact of the degree of maturity of walnuts (*Juglans regia* L.) and their variety on the antioxidant potential and the content of tocopherols and polyphenols. *Molecules* 24: 2936. <https://doi.org/10.3390/molecules24162936>
- Reche, J., Hernandez, F., Almansa, M.S., Carbonell-Barrachina, A.A., Legua, P. and Amoros, A., 2019. Effects of organic and conventional farming on the physicochemical and functional properties of jujube fruit. *LWT-Food Science and Technology* 99: 438-444. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.012>
- Roach, J.A., Andrzejewski, D., Gay, M.L., Nortrup, D. and Musser, S.M., 2003. Rugged LCMS/MS survey analysis for acrylamide in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (26): 7547-7554. <https://doi.org/10.1021/jf0346354>
- Şimşek, A., 2007. The use of 3D-nonlinear regression analysis in mathematics modeling of colour change in roasted hazelnuts. *Journal of Food Engineering* 78: 1361-1370. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.008>
- Tayar M., ve Kılıç, V., 2014. Gıda endüstrisinde hijyen ve sanitasyon. Dora Yayıncılık, Bursa.
- Tepe, Y., Çebi, A., and Aydın, H., 2020. Acrylamide content and color formation of hazelnuts roasted at different processing temperatures and times. *European Food Research and Technology* 246: 1543-1549. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03508-w>
- TMO, 2019. Toprak Mahsulleri Ofisi, Ulusal Fındık Çalıştayı Kitapçığı, Ordu
- TOB, 2021. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim tarihi 10 Aralık, 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler>
- Tunç Dede, Ö., 2019. Potential use of hazelnut processing plant wastes as a sorbent for the simultaneous removal of multi-elements from water. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2): 301-312. DOI: 10.21923/jesd.486065
- Türkmen, M., Akyurt, İ., Duran, K., ve Türkmen, A., 2016. Giresun yöresinden bazı yenilebilir bitkilerde metal birikimlerinin değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 6(14): 99-105. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kfbd/issue/28023/297561>
- Uğur, S., ve Şimşek, B., 2023. Dil peynirlerinden üretilen peynir cipslerinin bazı kimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikleri. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(1), 57-67. <https://doi.org/10.21923/jesd.1129110>
- Ustaoglu, F. and Tepe, Y., 2019. Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *International Soil and Water Conservation Research* 7: 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.09.001>

- Őnver, A., 2016. Effect of roasting conditions and storage on acrylamide content and colour of almonds. Akademik Gıda 14(1): 8-14. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida/issue/55785/763620>
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ő. and Kolaylı, S., 2010. Maillard reaksiyonları ve reaksiyon őrınlerinin gıdalardaki önemi. Akademik Gıda 8(6): 44-51. <https://dergipark.org.tr/en/pub/akademik-gida/issue/55828/764759>
- Yılmaz, A.B., 2018. Organik ve konvansiyonel yöntemlerle őrtilen çeşitli kuruyemişlerin akrilamid içeriklerinin karşılaştırılması [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].