

Ultrason Ön İşleminin Kurutulmuş İğdır Kayısının Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Gülçin YILDIZ^{1*}, Gökçen İZLİ², Mustafa ÇAVUŞ³, Mehmet Murat CEYLAN¹

ÖZET: Bu çalışmada, mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonları yöntemlerinin ultrason ön işlemine tabi tutulan İğdır kayısının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, mikrodalga (100 W), sıcak hava (50 ve 75 °C) ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu (100 W-50 °C, 100 W-75 °C) kurutma işlemleri uygulanan kayısı meyve örneklerine 10 dakikalık ultrasonik ön işlemi tatbik edilmiştir. Ultrason ön işlemine tabi tutulan ve tutulmayan kurutulmuş kayısı meyve parçaları, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite gibi biyoaktif bileşenlere ek olarak rehidrasyon, renk, kuru madde, su aktivitesi, pH ve titre edilebilir asitlik gibi fiziksel özellikler açısından da incelenmiştir. Ultrason ön işlemine tabi tutulan ve tutulmayan kurutulmuş kayısı örnekleri arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiş ve ultrason ön işlemine tabi tutulan ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile kurutulan kayısıların fizikokimyasal özellikler açısından en iyi örnekler olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda, ultrason ön işlem uygulamasının, kurutulmuş kayılarda meyve kalitesinin daha iyi korunması için umut verici bir işlem olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İğdır kayısı, mikrodalga-sıcak hava, renk, antioksidan kapasite, toplam fenolik madde.

The Effect of Ultrasound Pre-treatment on the Quality Characteristics of Dried İğdır Apricot

ABSTRACT: In this study, the effect of microwave, hot air and microwave-hot air combination on the physical and chemical properties of İğdır apricot, which was subjected to ultrasound pre-treatment, was investigated. For this purpose, 10 minutes of ultrasound pre-treatment was applied to apricot fruit samples exposed to various drying processes including microwave (100 W), hot air (50 and 75 °C) and microwave-hot air combination (100 W-50 °C, 100 W-75 °C). In addition to bioactive compounds including total phenolic substance and antioxidant capacity, dried apricot fruit pieces with and without ultrasound pre-treatment were examined for physical properties such as rehydration, color, dry matter, water activity, pH and titratable acidity. Significant differences were observed between dried apricot samples, which were subjected to ultrasound pre-treatment and not, and it was concluded that apricots subjected to ultrasound pre-treatment and dried with a combination of microwave-hot air were resulted with the best samples in terms of physicochemical properties. As a result of the study, it has been determined that ultrasound pre-treatment is a promising process for better preservation of fruit quality in dried apricots.

Keywords: İğdır apricot, microwave-hot air, color, antioxidant capacity, total phenolic compounds

¹ Gülçin YILDIZ (Orcid ID: 0000-0001-6229-7338), Mehmet Murat CEYLAN (Orcid ID: 0000-0002-8391-1680), İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İğdır, Türkiye

² Gökçen İZLİ (Orcid ID: 0000-0002-6637-7666), Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

³ Mustafa ÇAVUŞ (Orcid ID: 0000-0002-9535-7277), Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Kayseri, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Gülçin YILDIZ, e-mail: gulcn86@gmail.com

GİRİŞ

Bir Akdeniz ülkesi olan Türkiye, çok farklı tür ve çeşitten meyve ile sebzelerin yetiştirilebildiği ender ülkelerden biri olup, dünyada önemli bir üretici konumundadır. Diğer Akdeniz ülkelerinde görüldüğü gibi Türkiye'de de bu zengin çeşitlilikten ötürü taze meyve ve sebzelerin tüketimi hayli yüksek seviyededir. Meyveler içerdikleri besleyici öğeleri ile insan beslenmesinde ve sağlığında önemli bir yere sahiptir. Meyvelerin insan sağlığına sağladıkları yararlı etkiler üzerinde yapılarında bulunan fenolik bileşikler önemli rol oynamaktadır. Fenolik bileşenler bütün meyve ve sebzelerde yer almakta ve bu ürünlerin gerek renk ve tat ile gerekse de antioksidan ve antimikrobiyel aktiviteleri üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Fenolik bileşenlerin sahip oldukları antioksidan etki vasıtasıyla özellikle kalp-damar hastalıkları, kanser, diyabet gibi hastalıkların da içerisinde yer aldığı birçok hastalığı engelleyici özellik sergilediği ve ayrıca yaşlanmayı geciktirici gibi olumlu sonuçlara da yol açtığı düşünülmektedir. Ayrıca, fenolik maddelerin içermiş oldukları antimikrobiyel ve antioksidan aktiviteler, bu bileşikler gıdaların muhafazasında kullanılan ve ancak sağlık endişelerine sebebiyet veren sentetik gıda katkı maddelerine alternatif doğal bileşikler haline getirmiştir (Yıldız ve İzli, 2019a).

Son yıllarda tüketicinin sağlıklı beslenme ve doğal gıda arayışına yönelişi, meyvelerin beslenmedeki kullanımının artmasına ve farklı şekillerde işlendiği alternatif ürünlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Kurutulmuş meyveler bu ürünlerden biri olup, doğrudan veya suda bekletilerek çeşitli karışımlara ilave edilmektedir. Kurutulmuş gıdaların kullanımı, raf ömrünün uzun olması, nakliye sırasında hacim ve ağırlık azalması ve her an kullanıma hazır olması gibi avantajlar sağlaması, bu ürünlere olan talebi giderek arttırmaktadır. Kurutma işlemi önceleri geleneksel olarak açık alana serilen ürünlerin doğal konveksiyonla kurutulması ile gerçekleştirilirken, zaman içerisinde teknolojik gelişmeler ile birlikte bu yöntemin yerini; daha hızlı, daha hijyenik ve daha homojen kurutma sağlayabilen sıcak havada kurutma uygulaması almıştır. Ancak bu metod, uzun süre ve yüksek sıcaklık uygulamasından dolayı ürünün tadı, rengi, besinsel bileşiminin bozulması, yoğunluk ve su absorbans kapasitesinin azalması gibi ciddi sorunlara yol açmaktadır (Maskan, 2001). Mikrodalga kurutmada ısı, ürünlerin hızla kuruyabilmesi için uygun basınç ve sıcaklıktaki nemli materyalin içerisinde, mikrodalga enerjisinden termal enerjiye çevrilmektedir. Normal fırınlarda gıdaya ısı iletimi dışarıdan içeriğe doğru gerçekleşmekte ve bu da uzun zaman almakta iken, mikrodalga fırınlarda ise, doğrudan gıdanın içerisine verilmektedir. Sıcak hava ile kurutma yöntemiyle mikrodalga-sıcak hava (konveksiyonel) kombinasyonu karşılaştırıldığında, kombine sistemin kuru ürünün kalitesinde herhangi bir azaltma meydana getirmeden, biyolojik materyalin kuruma süresini önemli derecede azalttığı belirlenmiştir (Yıldız ve İzli, 2019a). Hava kurutmalı sistemlerde, sıcak hava ürün üzerinde serbest halde bulunan suyu uzaklaştırırken, mikrodalga kurutmada ise, ürünün içerisinde bulunan serbest su uzaklaştırılmaktadır. Sıcak hava ve mikrodalğanın birlikte kullanıldığı kurutma sistemleri sadece ürünün kuruma oranını arttırmakla kalmamakta, elde edilen kuru ürünün kalitesini de arttırmaktadır (Karaaslan ve Tunçer, 2008).

Kayısı (*Prunus Armeniaca*), sert çekirdekli bir meyvedir. Hemen hemen her yıl Türkiye'de en fazla kayısı üreten ilk 5 il arasında yer alan İğdir, Türkiye kayısı üretiminin yaklaşık %4'ünü karşılamaktadır. İğdir kayısı açık turuncu renkte, orta tatlı ve %14 kuru madde oranına sahiptir. Hasat süresi ortalama 10 gün olup, bu sürenin kısa ve üretimin fazla olması, İğdir kayısının değerlendirilmesi gerekliliğini daha da önemli hale getirmektedir. İğdir kayısı kurutulurken hem ekonomik değeri hem de beslenmeye katkısı artırılabilir. Bu amaçla yapılacak üretimlerde meyvenin özelliklerini koruyacak koşulların bilinmesi ve uygulanması büyük öneme sahiptir (Ertürk ve ark., 2016). Yapılan literatür taramasında çeşitli sebze ve meyvelerin kurutulmasına yönelik çok sayıda çalışmanın olduğu tespit

edilmiştir (Demirhan ve Ozbek 2010; Murthy ve Manohar, 2012; Celen ve Kahveci, 2013; Sharifian ve ark., 2013). Ancak çalışmada kullanılmak üzere seçilen İğdir kayısının ultrason ön işlemine tabi tutularak kurutulmasına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu yöntemi İğdir kayısının kurutulmasında ilk defa test edilecektir.

Bu çalışmada, ultrason ön işlemine tabi tutulan İğdir kayısının mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonları yöntemleri kullanılarak dayanıklılığını arttıran ve ürün kalitesini koruyan kurutma koşulları belirlenmiştir. Bu çalışma ile birlikte, daha sonra yapılacak kayısı meyvesi ve benzer ürünlerin kurutulma çalışmaları için farklı mikrodalga güç seviyelerinin ve sıcaklıklarının bir arada kullanılmasını veya birbirlerine karşı üstünlüklerini farklı parametrelerle karşılaştırma fırsatı sunulmuştur. Son olarak, ısı olmayan ultrason ön işlemin kurutulmuş son ürün kalitesi üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Meyvelerin Kurutulması

Kayısı meyveleri (10 kg), İğdir'dan yerel bir pazardan 2020 yılında alınmış ve analizler öncesi örnekler 4 ± 0.5 °C'de muhafaza edilmiştir. Kurutma denemelerine alınacak kayısı örnekleri yıkama işlemi sonrası kabukları soyularak temizlenmiştir. Uygulanan ultrason ön işlemini (10 dk) takiben, kayısı örnekleri 1 cm x 0.2 cm x 1 cm ebatlarında hazırlanmıştır (Nicer Dicer, Çin). Örneklerin başlangıç nem içeriği, 5 gramlık numunelerin 105 ± 5 °C sıcaklıktaki fırında (ED115 Binder, Almanya) sabit ağırlığa gelinceye dek kurutulması sonucu yaş baza göre 78 ± 0.3 °C olarak belirlenmiştir. Hazırlanan taze kayısı örneklerinin kurutma denemeleri, 100 W, 50 °C, 75 °C, 100W-50°C, 100W-75°C olmak üzere 5 farklı kombinasyon uygulaması ile ultrason ön işlemlili ve ön işlemsiz şekilde Whirlpool AMW 545 model mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu fırını (İtalya) kullanılarak 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemelerde kullanılan örnekler ve kurutma yöntemlerinin açıklaması Çizelge 1'de gösterilmektedir. Kurutma işlemi, kayısı meyvelerinin son nem miktarı yaklaşık %12' ye ulaşıncaya kadar tamamlanmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan örnekler ve kurutma yöntemler

Örnekler	Kurutma Uygulamaları
Taze örnek	Herhangi bir işlem uygulanmamıştır
MD	Mikrodalga (100 W)'da kurutulan ultrason ön işlemsiz örnek
SC5	Sıcak hava (50 °C)'da kurutulan ultrason ön işlemsiz örnek
SC7	Sıcak hava (75 °C)'da kurutulan ultrason ön işlemsiz örnek
MDSC5	Mikrodalga-sıcak hava (100W-50 °C)'da kurutulan ultrason ön işlemsiz örnek
MDSC7	Mikrodalga-sıcak hava (100W-75 °C)'da kurutulan ultrason ön işlemsiz örnek
MD-US	Mikrodalga (100 W)'da kurutulan ultrason ön işlemlili (10 dk) örnek
SC5-US	Sıcak hava (50 °C)'da kurutulan ultrason ön işlemlili (10 dk) örnek
SC7-US	Sıcak hava (75 °C)'da kurutulan ultrason ön işlemlili (10 dk) örnek
MDSC5-US	Mikrodalga-sıcak hava (100W-50 °C)'da kurutulan ultrason ön işlemlili (10 dk) örnek
MDSC7-US	Mikrodalga-sıcak hava (100W-75 °C)'da kurutulan ultrason ön işlemlili (10 dk) örnek

Ultrason Ön İşlemi

Laboratuvara getirilen homojen büyüklükte, olgun ancak yumuşamamış durumdaki kayısı meyvelerinin bir kısmı (yaklaşık 500 g) taze meyve özelliklerini analiz etmek üzere ayrılmış; geri kalan kısım ultrason ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Her bir kurutma

denemesi için yaklaşık 200 g kayısı kullanılmıştır. Ultrason ön işlemleri, kayısı meyvelerinin 10 dakika süresince ultrasonik banyo tankında (Wise clean, WUC-A02H) 28 kHz frekans ve 50W güç parametrelerinde muamele edilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Meyvelerin suya oranı 1:4 oranında olacak şekilde ayarlanmıştır. Ultrason ön işlemleri oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda sıcaklık artışı 1 °C olarak ölçülmüştür. Kayıların kurutulmasında, ultrason ön işleminin son ürün kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla kurutma işlemleri ultrason ön işlemsiz bir şekilde de gerçekleştirilmiştir. Ultrason ön işlemlerinden sonra kayısı örneklerinin kurutma denemeleri gerçekleştirilmiştir.

Renk Ölçümü

Kayı örneklerinin renk ölçümleri, Konica Minolta (CR-400) renk ölçüm cihazı kullanılarak taze ve kurutulmuş meyve örneklerinde L, a, b renk uzayı koordinatları belirlenerek gerçekleştirilmiştir (Yıldız ve ark., 2019). L^* değeri renk parlaklığını göstermekte olup değeri 0 ve 100 arasında değişmektedir. 0 siyahlığı, 100 ise beyazlığı ifade etmektedir. Rakamın küçülmesi parlaklığın azaldığı anlamına gelmektedir. a^* değeri pozitif ise kırmızı, negatif ise yeşil rengi ifade etmektedir Benzer bir şekilde b^* değeri pozitif olduğunda sarı, negatif olduğunda ise mavi rengi ifade eder. Renk ölçüm işlemi, cihazın siyah ve beyaz plakaya karşı kalibre edilmesinden sonra yapılmıştır. Numunelerin dış yüzeylerinde okuma işlemleri yapılmış olup, ölçümler 10 kez tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır.

Yeniden Su Alma Kapasitesi (Rehidrasyon Kapasitesi)

Kuru materyalin yeniden su alma işlemlerini neticesinde kazanmış olduğu su miktarının, kuruma esnasında kaybedilmiş olan suya oranı olarak ifade edilen yeniden su alma kapasitesi Nimmanpipug ve ark. (2013)'e göre hesaplanmıştır. Bu amaçla 5g örnek 100 mL oda sıcaklığındaki suda 30 dk süresince bekletilmiş ve yeniden su alma kapasitesi belirlenmiştir.

$$\text{Rehidrasyon Kapasitesi, \%} = \frac{m_3}{m_1 - m_2}$$

m_1 : Taze kayıların içermiş oldukları su oranı, g

m_2 : Kurutma sonrası su oranı, g

m_3 : Rehidrasyon esnasında kazanılan su oranı, g

pH Tayini

Taze kayısı parçacıklarının pH değerleri, blenderden geçirildikten hemen sonra ve kuru kayısı örnekleri ise üzerlerine bir miktar su eklenip blenderde parçalandıktan sonra, öncesinde pH 4.00 ve 7.00'lik tampon çözeltiler kullanılarak kalibre edilen pH-metre (Consort, multi-parameter analyzer, C3010) ile ölçülmüştür (Cemeroğu, 2009). pH değerini ölçmek için elektrotlar örneğe daldırılmış ve elektrot örneğe 1 dakika boyunca daldırılmış halde bekletilmiştir. Her ölçüm arasında elektrotlar damıtık su ile durulanmıştır. Ölçümler 25 °C'de gerçekleştirilmiştir.

Titrasyon Asitliği Tayini

Kayı örneklerinin titrasyon asitliğini belirlemede elektrometrik titrasyon metoduna başvurulmuştur (Anonim, 1975; Keleş, 1983; Cemeroğu, 2009). pH-metre, 4.00 ve 7.00 pH'lı tampon çözeltiler yardımı ile kalibre edilmiştir. Taze kayısı parçacıkları blenderden geçirildikten hemen sonra, kuru kayısı örnekleri ise üzerlerine bir miktar su eklenip blenderde parçalandıktan sonra 0.1 N NaOH ile pH-metre kullanılarak pH 8.1-8.2'ye ulaşıncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı esas alınmış olup, sonuçlar malik asit türünden hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon Asitliği} = \frac{V \cdot f \cdot E}{M \times 100}$$

V: Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, ml
 f: çözeltilde kullanılan bazın normalite faktörü
 E: 1 mL 0.1 N NaOH'ın eş değeri asit miktarı, g
 M: titre edilen örnek miktarı, ml ve/veya g

Su Aktivitesi

Deneylerde kullanılan kayısı meyve örneklerin su aktivitesi (a_w) su aktivitesi tayin cihazı (Novasina Labmaster) kullanılarak 25 °C'de belirlenmiştir (Yildiz ve Izli, 2019b).

Toplam Antioksidan Kapasite ve Fenolik Madde Tayini İçin Ekstraksiyon İşlemi

Taze ve kurutulmuş meyve örneklerinin ekstraktları, Izli ve ark. (2018) tarafından kullanılan yöntem baz alınarak hazırlanmıştır. Öncelikle homojenize edilen örneklerden 50 mL'lik santrifüj tüpüne 1 g örnek tartılmış, üzerine 4.5 mL %80'lik metanol ilave edilip, tüp içeriği oda sıcaklığında 140 rpm'de 2 saat süre ile çalkalanmıştır. Süre sonunda tüp içeriği, 4.000 g'de 20-25°C'de 15 dk santrifüjlenmiştir. Tüpteki üst berrak kısım pastör pipeti ile falkon tüplere alınıp, alt kısım üzerine 4.5 mL %80'lik metanol ilave edilerek aynı işlemler tekrarlanmıştır. İkinci santrifüj sonrası elde edilen üst berrak kısım ilk ekstraktla birleştirilip ve 0.45 µm'lik filtreden geçirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar hem antioksidan kapasite, hem de toplam fenolik madde miktarı tayinlerinde kullanılmıştır.

Antioksidan Kapasite

Toplam antioksidan kapasite, örneklerin hazırlanan metanolik ekstraktlarının, DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikalini temizleme oranının belirlenmesi şeklinde Alothman ve ark. (2009) tarafından kullanılan yöntemde değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, uygun oranda seyretilecek 0.1 mL ekstrakt üzerine 25mM'lık metanolde çözüldürülmüş DPPH çözeltisi ilave edilip, karışım 15-30 saniye vortekslelendikten sonra 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Aynı işlem ekstrakt yerine %80'lik metanolla hazırlanan tanık örnek için de yapılmıştır. Süre sonunda her iki tüp içeriğinin absorbans (A) değerleri saf metanole karşı 515 nm'de UV-Vis spektrofotometre'de ölçülmüştür ve % Antioksidan kapasite (DPPH radikali temizleme oranı) hesaplanmıştır. Sonuçlar hazırlanan troloks kurvesi yardımıyla "µmol Troloks eşdeğeri 100 g⁻¹" olarak kuru madde üzerinden belirtilmiştir.

Toplam Fenolik Madde

Metanolik ekstraktan 0.25 mL falkon tüpe alınıp, üzerine 1.25 mL Folin - Ciocalteu (FC) ayracı ve 15 mL saf su eklenmiş ve karışım 15 saniye süreyle karıştırılmıştır. Sekiz dakika karanlıkta bekletme işleminden sonra üzerine 3.75 mL %7.5 konsantrasyonunda Na₂CO₃ çözeltisinden ilave edilmiş ve tüp içeriği 25 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Karıştırılan örnekler karanlık ortamda 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda tüpten alınan örneğin absorbansı, ekstrakt yerine saf suyla hazırlanan tanık örneğe karşı 765 nm'de UV-Vis spektrofotometre'de okunmuş ve sonuçlar hazırlanan gallik asit kurvesi yardımıyla elde edilen formülden "mg gallik asit eşdeğeri 100 g⁻¹" olarak kuru madde üzerinden hesaplanmıştır (Iğual ve ark., 2012).

İstatistiksel Değerlendirmeler

Farklı kurutma yöntemlerinden elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde JMP Statistical Discovery Software 7.0 paket programı (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak varyans analizi, tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre analiz edilmiş ve Asgari Önemli Farklılık (LSD) çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Mikrodalga kurutmada ısı, gıda maddelerinin hızlı kuruması için uygun basınç ve sıcaklıktaki nemli materyalin içerisinde, mikrodalga enerjisinden termal enerjiye çevirmektedir. Normal fırınlarda ısı, gıdaların dışından iç kısmına doğru iletilmekte ve bu durum uzun bir müddet sürerken, mikrodalga ile kurutmada ısı, doğrudan gıdanın içerisine verilmektedir. Sıcak hava ile kurutma ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu karşılaştırıldığında, kombine sistemin kuru ürünün kalitesinde herhangi bir azalma meydana getirmeden biyolojik materyalin kuruma süresini önemli derecede azalttığı belirlenmiştir. Sıcak hava ve mikrodalga'nın birlikte kullanıldığı kurutma sistemleri hem ürünün kuruma oranını hem de elde edilen kuru ürünün kalitesini arttırmaktadır (Karaaslan ve Tunçer, 2008).

Çizelge 2'de mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulan ultrason ön işlemlili/işlemsiz kayısı örneklerinin renk değerleri gösterilmektedir. Yapılan çalışmada taze kayısıların L^* değeri 51.13 olarak bulunmuş, kurutulmuş kayısı örneklerinin L^* değerinin ise 30.13 - 48.53 arasında olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, kurutulmuş kayısıların a^* değerlerinin 19.07-29.35 arasında, b^* değerlerinin ise 6.15 - 18.65 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kurutulmuş kayısı örneklerinin L^* değerlerinin tazelerine göre düştüğü belirlenmiştir. Ultrason ön işlemine maruz bırakılan kurutulmuş kayısıların L^* değerlerinin ultrason ön işlemi uygulanmadan kurutulan örnekler göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ultrason ön işlemi ile kurutulmuş kayılarda ön işlemsiz kurutulan kayılara göre renk, taze kayısı rengine daha yakın olup, esmerleşme daha az görülmektedir. Genel olarak tüm kurutma metodlarında ultrason ön işlemi uygulanıp-uygulanmadığı fark etmeksizin sıcaklığın etkisiyle renk karakterizasyon parametreleri olan L^* ve b^* değerlerinin azaldığı, a^* değerinin ise arttığı belirlenmiştir (Çizelge 2). İzli (2018), mikrodalga-sıcak hava kombinasyonunun armut meyvesi üzerine etkilerini incelediği çalışmasında 90W-55 °C, 90W-65 °C, 90W-75 °C, 160W-55 °C, 160W-65 °C ve 160W-75 °C olmak üzere 6 farklı kurutma kombinasyonu uygulamıştır. Uygulanan mikrodalga gücü ve kurutma sıcaklığının artması ile armut örneklerinin L^* (parlaklık) değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Taze armut örneklerinin renk parametrelerine en yakın değerler halka şeklinde hazırlanıp 160W-55 °C uygulaması ile kurutulan örneklerden elde edilmiştir.

Çizelge 2: Mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulan ultrason ön işlemlili/işlemsiz kayısı örneklerinin renk değerleri

Uygulamalar	Renk Parametreleri		
	L^*	a^*	b^*
Taze örnek	51.13 ± 0.51 ^a	17.06 ± 0.61 ^f	19.82 ± 0.13 ^a
MD	37.55 ± 0.45 ^e	21.18 ± 0.12 ^e	8.75 ± 0.12 ^c
SC5	33.92 ± 0.66 ^f	19.83 ± 0.65 ^{ef}	6.43 ± 0.21 ^d
SC7	30.13 ± 0.12 ^g	19.07 ± 0.14 ^{ef}	6.15 ± 0.09 ^d
MDSC5	45.53 ± 0.15 ^c	25.66 ± 0.54 ^c	12.15 ± 0.35 ^b
MDSC7	41.77 ± 0.77 ^d	23.44 ± 0.45 ^d	10.77 ± 0.27 ^{bc}
MD-US	40.33 ± 0.22 ^d	23.12 ± 0.33 ^d	9.83 ± 0.22 ^{bc}
SC5-US	36.13 ± 0.39 ^e	20.15 ± 0.71 ^e	7.66 ± 0.15 ^c
SC7-US	34.19 ± 0.13 ^f	19.56 ± 0.19 ^{ef}	7.03 ± 0.09 ^{cd}
MDSC5-US	48.53 ± 0.25 ^b	27.12 ± 0.25 ^b	18.65 ± 0.14 ^a
MDSC7-US	46.77 ± 0.17 ^{bc}	29.35 ± 0.28 ^a	17.44 ± 0.18 ^a

* a-g: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (P < 0.05).

Çizelge 3’de mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulan ultrason ön işlemlili/işlemsiz kayısı örneklerinin rehidrasyon kapasiteleri verilmiş olup rehidrasyon kapasitesinin en yüksek MDSC5-US ile kurutulan ultrason ön işlemlili örnekte, en düşük ise MD uygulanan örnekte olduğu belirlenmiştir. Gıda ürünlerinin kurutulması bu ürünlerin kalitesi üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Bilhassa yüksek sıcaklıktaki hava ile kurutulan ürünlerin tekrar su alma kapasiteleri yani rehidrasyon özellikleri azalmakta, renk, doku ve lezzette istenmeyen değişiklikler ortaya çıkmakta ve besinsel öğelerin büyük bir kısmında kayıp yaşanmaktadır (Labuza, 1972). Kurutmaya tabi tutulan gıda maddelerinde aranan en önemli özellik rehidrasyon yeteneği yani ürünün su alarak yaş ürüne yakın görünüm kazanma derecesidir. Bu özellik ne kadar iyi olursa ürün o kadar iyi ve kalitelidir (Bolin and Stafford 1974). Kurutulan madde rehidrasyonu takiben, kuruma esnasında kaybettiği kadar suyu tekrar kazanırsa rehidrasyon kapasitesi (RK) değeri 1.0’a eşit olur. RK değerinin 1.0’e yakın olması kurutma şartları yahut ürün kalitesinin o kadar iyi olduğunun göstergesidir (Cemeroğlu, 2009). Maskan (2001), bir çalışmada kivi meyvelerini sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine sistemde kurutmuştur. Araştırma neticesinde, mikrodalga ile kurutulan kivi parçacıklarının hızlı su emme oranı ve aynı zamanda da en düşük rehidrasyon kapasitesine sahip oldukları gözlemlenmiştir. Buna yol açan sebebin ise mikrodalga ile kurutmada sıcak hava ile kurutmada kullanılan sıcaklıktan daha yüksek bir sıcaklık derecesinin (60°C) kullanımı ve ayrıca kivi örneklerinin yapısı ve dokusunda oluşacak değişimlerin yol açtığı düşünülmüştür. Çalışmada son olarak, kivi dilimlerinin en iyi rehidrasyon kapasitesi, sıcak hava-mikrodalga uygulamasının kombine edildiği sistemde belirlenmiştir.

Gıdalarda asitlik, en çok ölçülen en önemli özelliklerinden birisidir. Örneğin, gıdalara uygulanacak birçok işlemin gıdanın asitliğine göre düzenlenmesi gerekmektedir. Bir gıdanın pH derecesi bilinmeden ona uygulanması gereken ısı işlem koşullarının saptanması olanaksızdır. Asitlik ile ilgili olarak pH ve titrasyon asitliği olmak üzere iki kavram dikkat çekmektedir. pH; asitlik derecesini yani asitliğin gücünü tanımlamak için kullanılmaktadır. Kısaca, ortamdaki hidrojen iyonu aktivitesinin bir ifadesidir. Bu takdirde pH, çözültideki toplam asitliğe değil, aktif hidrojen iyonları konsantrasyonuna bağlıdır. Titrasyon asitliği ise, asidin etkinliğine bakılmaksızın yani zayıf veya kuvvetli olmasına bakılmadan toplam asit miktarını göstermektedir. Bu değer titrasyon ile belirlenen asitliktir. Taze kayısı meyvelerinin pH değerleri 4.63, titrasyon asitliği ise % 1.07 olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Yapmış olduğumuz çalışmada taze ürüne en yakın pH ve titrasyon asitliği değerleri mikrodalga-sıcak hava (100W-50 °C)’da kurutulan ultrason ön işlemlili (10 dk) örneklerde tespit edilmiştir. Meyve ve sebzelerde asitlik miktarı arttıkça pH değeri azalmaktadır. Yapılan bu çalışmada pH değeri ile titrasyon asitliği arasında negatif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 3). Ayrıca Çizelge 3’te taze ve kurutulan örneklerin su aktivitesi de gösterilmekte olup, özellikle ultrason ön işlemine tabi tutulan örneklerde su aktivitesi daha düşük bulunmuştur. En yüksek su aktivitesi taze kayısı numunelerinde gözlemlenirken, en düşük su aktivitesi ise mikrodalga-sıcak hava kombinasyonunun kullanıldığı ve ultrason ön işlemine tabi tutulan örneklerde tespit edilmiştir.

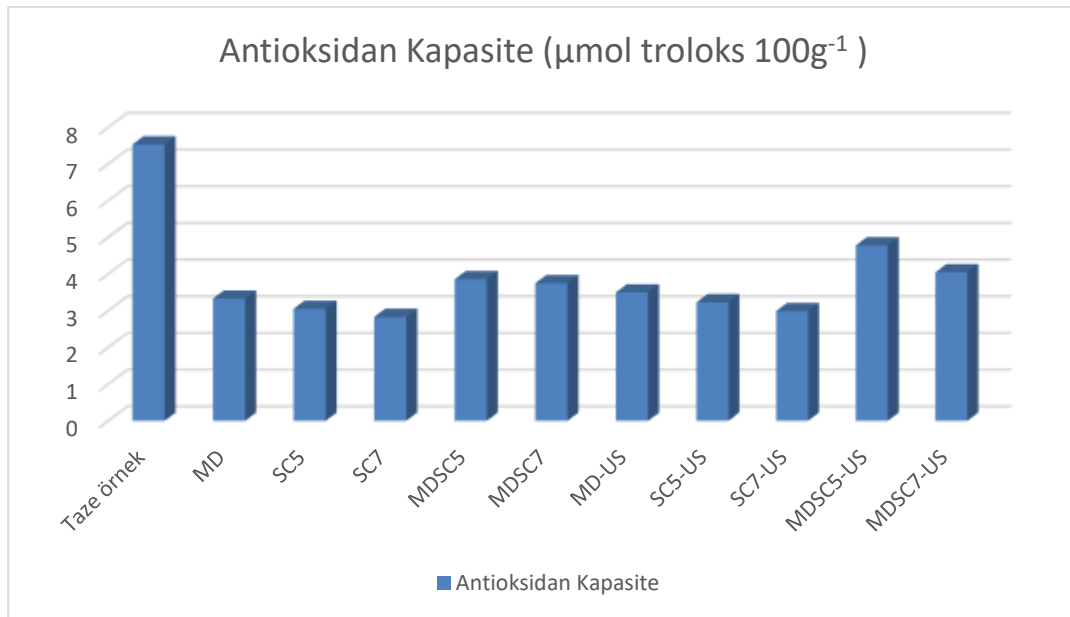
Şekil 1 ve 2’de mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulan ultrason ön işlemlili/işlemsiz kayısı örneklerinin antioksidan kapasite değerleri ile toplam fenolik madde miktarları gösterilmektedir. Taze kayısı örneklerinin antioksidan kapasitesi 7.53 µmol troloks 100g⁻¹ bulunurken, kurutulmuş kayısı örneklerinde bu değer 2.83-4.78 µmol troloks 100g⁻¹ arasında saptanmıştır. Kurutulmuş örneklerde en yüksek antioksidan kapasite; 4.78 µmol troloks 100g⁻¹ ile MDSC5-US uygulanarak kurutulan örnekte tespit edilmiştir (Şekil 1). Aynı şekilde, taze kayısı örneklerinin toplam fenolik madde miktarı 147.25 mg GA 100g⁻¹ olarak bulunmuştur. Kurutulmuş kayısı örneklerinde bu değer 151.25-189.65 mg GA 100g⁻¹ arasında saptanmıştır. En yüksek fenolik madde

miktarı antioksidan kapasitesinde de olduğu gibi MDSC5-US uygulanan örnekte tespit edilmiştir (Şekil 2). Yapmış olduğumuz çalışmada genel olarak ultrason ön işleme tabi tutularak kurutulmuş kayısı meyvelerinin gerek antioksidan kapasitelerinin gerekse fenolik madde miktarlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ultrason ön işlemlili/işlemsiz kayısı örneklerinin yeniden su alma kapasitesi, pH, titrasyon asitliği ve su aktivitesi değerleri

Uygulamalar	Yeniden su alma kapasiteleri, %	pH	Titrasyon asitliği (%)	Su aktivitesi
Taze örnek	-	4.63 ± 0.33 ^b	1.07 ± 0.09 ^f	0.82 ± 0.01 ^a
MD	0.68 ± 0.01 ^d	5.08 ± 0.22 ^a	2.22 ± 0.16 ^b	0.53 ± 0.07 ^b
SC5	0.73 ± 0.02 ^c	3.68 ± 0.17 ^d	2.68 ± 0.13 ^a	0.47 ± 0.01 ^b
SC7	0.75 ± 0.01 ^c	3.77 ± 0.67 ^d	2.55 ± 0.07 ^a	0.45 ± 0.01 ^b
MDSC5	0.83 ± 0.01 ^b	4.03 ± 0.52 ^{cd}	1.68 ± 0.22 ^d	0.40 ± 0.02 ^{bc}
MDSC7	0.88 ± 0.03 ^b	4.11 ± 0.13 ^c	1.77 ± 0.15 ^d	0.38 ± 0.02 ^c
MD-US	0.71 ± 0.01 ^{cd}	5.12 ± 0.42 ^a	2.08 ± 0.13 ^c	0.45 ± 0.01 ^b
SC5-US	0.79 ± 0.06 ^{bc}	4.10 ± 0.51 ^c	1.75 ± 0.18 ^d	0.41 ± 0.01 ^{bc}
SC7-US	0.81 ± 0.05 ^{bc}	4.25 ± 0.41 ^c	1.78 ± 0.12 ^d	0.40 ± 0.03 ^{bc}
MDSC5-US	1.12 ± 0.02 ^a	4.57 ± 0.37 ^b	1.13 ± 0.31 ^{ef}	0.37 ± 0.01 ^c
MDSC7-US	1.08 ± 0.01 ^a	4.45 ± 0.13 ^b	1.22 ± 0.29 ^e	0.36 ± 0.01 ^c

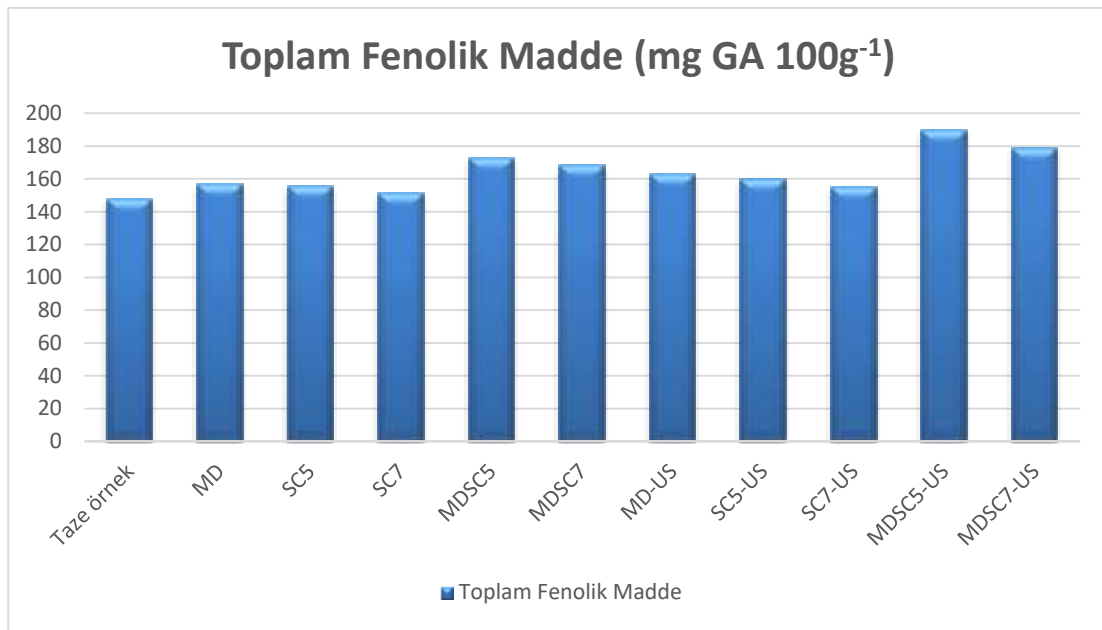
* a-f: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistikî açıdan önemlidir (P < 0.05)



Şekil 1. Mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ultrason ön işlemlili/işlemsiz kayısı örneklerinin antioksidan kapasite değerleri

Madrau ve ark. (2009), yaptıkları bir araştırmada Cafona ve Pelese cinsi 2 kayısı meyve örneğini 55 ve 75 °C sıcaklıklarda kurutmuşlar ve kurutulmuş bu 2 kayısı cinsinde polifenolik maddeler ile antioksidan kapasitesinde sıcaklık değerlerinin etkilerini incelemiştir. Cafona cinsi kayısı örneğinde klorojenik ve neoklorojenik asit miktarlarındaki düşüşün düşük kurutma sıcaklıklarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 75 °C sıcaklıkta kurutulmuş kayısı numunelerindeki diğer bileşenlerde gözlemlenen azalış üzerinde daha çok durulurken, kateşin miktarı her 2 cins kayısıda da hidroksisinamik asitle benzer bir durum sergilemiştir. Toplam fenolik madde miktarı spesifik olarak daha düşük sıcaklık derecelerinde kurutulmuş kayısı numunelerinde kayda değer bir ölçüde azalma sergilemiştir. Taze

Cafona kayısı örneklerinde antioksidan kapasitesinin 75 °C sıcaklıkta kurutulmuş kayısı numunelerinden 4 kat daha çok olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, vişne kurutmada konvektif ve mikrodalga-vakum yöntemlerinin ürün üzerinde bazı kalite faktörleri incelenmiştir. Bu faktörler: fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve renk parametreleri olarak belirlenmiştir. Konvektif kurutmada 50, 60 ve 70 °C sıcaklıkları, mikrodalga-vakum yönteminde ise 240, 360 ve 480 W mikrodalga güçleri ile 4 ve 6 kPa vakum basınçları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sıcaklık ya da mikrodalga seviyesinin artmasının fenolik bileşikler, antioksidan aktivitesi ve renk içeriği açısından, ürün kalitesini düşürdüğü tespit edilmiştir (Wojdyło ve ark., 2014). Yıldız ve İzli (2019b) yaptıkları bir çalışmada ayvanın renk ve biyoaktif bileşenleri üzerine dondurularak kurutma öncesinde uygulanan ultrason ön işleminin etkisini incelemiş ve sonuç olarak ultrasonik ses dalgalarına tabi tutulmuş ayvaların daha iyi renk özelliklerine, daha düşük su aktivitesine ve daha yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduklarını belirtmişlerdir.



Şekil 2. Mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulan ultrason ön işlemlili/işlemsiz kayısı örneklerinin toplam fenolik madde miktarları

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonları yöntemlerinin ultrason ön işleme tabi tutulan İğdır kayısının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Ultrason ön işleme tabi tutulan ve tutulmayan kurutulmuş kayısı örnekleri arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Ultrasonik ön işleme maruz kalan kurutulmuş kayısı örnekleri ultrason ön işleme tabi tutulmamış kayısı örneklerine kıyasla bütün farklı kurutma uygulamalarında daha iyi özellikler sergilemişlerdir. Ayrıca, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonları yöntemiyle kurutulmuş kayısı numuneleri, tek başına mikrodalga ve / veya sıcak hava ile kurutulmuş örneklere göre daha iyi fiziksel ve kimyasal özellikler göstermiştir. Genel olarak, ultrason ön işleme ve uygulanan farklı kurutma parametrelerinin ürünün kalitesini doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Tüm uygulamalar arasında en iyi sonuçları ultrason ön işleme tabi tutulan ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile kurutulan kayısı örnekleri sergilemiştir. Sonuç olarak, ultrason ön işleme uygulaması, kurutulmuş kayısı meyve kalitesinin daha iyi korunması için mevcut çalışmada da gösterildiği gibi umut verici bir işlemdir.

Bu çalışma, daha sonra yapılacak kayısı meyvesi ve benzer ürünlerin kurutulma çalışmaları için farklı mikrodalga güç seviyelerinin ve fırın sıcaklıklarının bir arada kullanılmasını veya birbirlerine karşı üstünlüklerini farklı parametrelerle karşılaştırma fırsatı sunmaktadır. Ayrıca, yapılan analizler ile kurutulmuş ürünlerin kaliteleri ve kalite üzerine ultrason ön işleme ile kurutma yöntemlerinin etkileri belirlenerek kullanılması gereken en uygun mikrodalga gücü ve fırın sıcaklık seviye değerleri ortaya konmuştur.

Mikrodalga ya da sıcak hava kurutma metotlarından daha verimli sonuçlar alınabilmesi için mikrodalga ile sıcak havada kurutma işlemlerinin kombine edilmesi ve ultrason ön işlemeyle desteklenmesi gerektiği tavsiye edilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, İğdir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından “2019-FBE-A06” proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Alothman M, Bhat R, Karim AA, 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, 115(3): 785-788.
- Anonim, 1975. *Official Methods of Analysis Association of Chemists*, Washington, DC.
- Bolin HR, Stafford AE, 1974. Effect of Processing and Storage on Provitamin A and vitamin C in apricots. *Journal of Food Science*, 39: 1034-1035.
- Celen S, Kahveci K, 2013. Microwave drying behaviour of apple slices. *Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part E-Journal of Process Mechanical Engineering*, 227(4): 264-272.
- Cemeroğlu B, 2009. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Yayınları No:39 2.cilt, 3. Baskı Ankara.
- Demirhan E, Ozbek B, 2010. Microwave-drying characteristics of Basil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(3): 476-494.
- Ertürk YE, Karadaş K, Geçer MK, 2016. İğdir İlinde Kayısı Üretimi ve Pazarlaması. *Meyve Bilimi Dergisi*, 1:44-49.
- Igual M, García-Martínez E, Martín-Esparza ME, Martínez-Navarrete N, 2012. Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*, 47: 284-290.
- İzli G, 2018. Farklı Kurutma Uygulamalarının Armut Meyvesinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4): 479-485.
- Izli G, Izli N, Taskin O, Yildiz G, 2018. Convective drying of kumquat slices: Comparison of different drying temperatures on drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity. *Latin American Applied Research Journal*, 48:37-42.
- Karaaslan SN, Tunçer İK, 2008. Development of a drying model for combined microwave-fan-assisted convection drying of spinach. *Biosystems Engineering*, 100: 44-52.
- Keleş F, 1983. Meyve ve sebze işleme teknolojisi laboratuvar notları. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.
- Labuza TP, 1972. Nutrient losses during drying and storage of dehydrated foods. *CRC Critical Reviews in Food Technology*, 3 (9): 217-240.
- Madrau, MA, Piscopo A, Sanguinetti AM, Del Caro A, Poiana M, Romeo FV, Piga A, 2009. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology*, 228: 441-448.

- Maskan M, 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48: 177-182.
- Murthy TPK, Manohar B, 2012. Microwave drying of mango ginger (*Curcuma amada* Roxb): prediction of drying kinetics by mathematical modelling and artificial neural network. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(6): 1229-1236.
- Nimmanpipug N, Therdthai N, Dhamvithee P, 2013. Characterisation of osmotically dehydrated papaya with further hot air drying and microwave vacuum drying, *International Journal of Food Science and Technology*, 48(6): 1193–1200.
- Sharifian F, Modarres-Motlagh A, Komarizade MH, Nikbakht AM, 2013. Colour change analysis of fig fruit during microwave drying. *International Journal of Food Engineering*, 9(1): 107-113.
- Wojdyło A, Figiel A, Lech K, Nowicka P, Oszmiański J, (2014). Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3): 829-841.
- Yildiz G, Izli G, 2019a. Influence of microwave and microwave-convective drying on the drying kinetics and quality characteristics of pomelo. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (6): e13812.
- Yildiz G, Izli G, 2019b. The effect of ultrasound pretreatment on quality attributes of freeze-dried quince slices: Physical properties and bioactive compounds. *Journal of Food Process Engineering*, 42 (5): e13223.
- Yildiz G, Palma S, Feng H. 2019. Ultrasonic cutting as a new method to produce fresh-cut red delicious and golden delicious apples. *Journal of Food Science*, 84 (12): 3391-3398.