

İlımlı Elektrik Alan ve Ultrases Ön İşlemlerinin Mikrodalga ve Derin Yağda Kızartma Teknikleriyle Üretilen Havuç Cipslerinin Renk ve Nem İçeriği Üzerine Etkisi

Ahsen Rayman Ergün¹  ✉, Bengünur Kutlu² , Fahriye Ayriç² , Taner Baysal¹ 

¹Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova, İzmir

²Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 35100 Bornova, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 17.03.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 12.10.2020

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ahsenrayman@hotmail.com (A. Rayman Ergün)

☎ 0 232 311 30 42 📠 0 232 311 48 31

ÖZ

Bu araştırmada farklı ön işlemler (ılımlı elektrik alan ve ultrases uygulaması) sonrası mikrodalga ve derin yağda kızartılan havuç cipslerinin renk değerleri ve nem içerikleri kıyaslanarak ön işlemlerin ve kızartma tekniklerinin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı mikrodalga güçleri (400 ve 600W) ve kızartma sürelerinde (4 ve 6 dakika) çalışılmıştır. Sonuçta aynı sıcaklık derecelerinde ($180\pm 3^{\circ}\text{C}$) ve sürelerde derin yağda kızartmaya kıyasla mikrodalga kızartma işlemi örneklerin nem içeriklerinde daha fazla azalmaya neden olmuştur. En düşük nem içeriğinin %11.19 olarak elektrik alan+ultrases+mikrodalga uygulamalarının birlikte uygulandığı grupta olduğu saptanmıştır. Mikrodalga uygulamasında uygulama süresi ve güç değeri arttıkça nem içeriğindeki azalma artış göstermiştir. Ultrases destekli haşlama işleminin geleneksel haşlamaya kıyasla nem içeriği ve renk değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli seviyede etkili olduğu, ayrıca elektrik alan uygulaması ile hücrelerde parçalanmaya bağlı olarak daha fazla suyun kızartma prosesinde uzaklaştığı tespit edilmiştir. Ultrasesin diğer yöntemlerle kombine kullanıldığında parlaklık ve sarılık değerlerinde daha etkili olduğu ve mikrodalga kızartma teknolojisi uygulanan örneklerde parlaklık değerinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek aydınlık değerinin ($L^*=68.76$), ılımlı elektrik alan, ultrases ve mikrodalga uygulamasının birlikte uygulandığı (600 W, 4 dakika) grupta olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ultrases, Mikrodalga kızartma, Havuç cipsi, Renk, Nem

Effect of Moderate Electric Field and Ultrasound Applications on Color and Moisture Contents of Carrot Chips Produced by Microwave and Deep-Frying Methods

ABSTRACT

In this study, color values and moisture contents of microwave-fried and deep-fried carrot chips after different pre-treatments (moderate electric field and ultrasound blanching) were determined, and frying techniques were compared at the same temperature ($180\pm 3^{\circ}\text{C}$). Microwave frying was carried out at two microwave powers (400 and 600W) for 4 or 6 minutes. As a result, microwave frying process provided a significant reduction in the moisture contents of samples at the same temperature and time in comparison to deep frying. The least moisture content was found in the group that treated by both moderate electric field, ultrasound and microwave, as 11.19%. As time and power increased, the moisture contents of samples decreased. Ultrasound blanching was found statistically effective on the color values and moisture contents compared with conventional blanching. Additionally, more water evaporated in the frying process depending on the disintegration of plant cells by the application of electric field. Ultrasound was more effective on the color properties when used in combination with other methods, and the lightness value was found to

be higher in microwave-fried samples. The highest lightness value was found in the group of moderate electric field, ultrasound blanching and microwave frying (600 W, 4 min) as 68.76.

Keywords: Ultrasound, Microwave frying, Carrot chips, Color, Moisture

GİRİŞ

Derin yağda kızartma tekniği, suyun kaynama noktası üzerindeki sıcaklıkta ve yenilebilir yağın içerisinde ürünün kısmen veya tamamen kurutulması olarak tanımlanmıştır [1]. Kızartma teknolojisinde yağ emiliminin fazla olması ve akrilamid oluşumu gibi faktörler nedeniyle yeni tekniklerin kullanımına yönelik çalışmalar dikkat çekmektedir [2-5]. Mikrodalga tekniği ile kızartma bu yeni yöntemler arasında yer almaktadır. Mikrodalga enerjisinin geleneksel yöntemlere kıyasla enerji ve zaman tasarrufu sağlaması bu konudaki uygulamaların önemini daha da artırmaktadır. Ayrıca ultrases ve elektriksel işlemlerin mikrodalga ile kombine kullanılması kızartma işleminde olumlu sonuçlar doğurmaktadır [6, 7]. Örneğin patatesle yapılan bir çalışmada, mikrodalga destekli vakum kızartma ile vakum kızartmaya kıyasla daha az yağ içeriğine sahip, renk özellikleri daha iyi ve daha gevrek yapıda cips elde edildiği saptanmıştır [8]. Benzer bir başka çalışmada ultrases ve mikrodalga destekli vakum kızartma tekniği kullanılarak patates cipsi üretilmesi amaçlanmıştır. İki kızartma sıcaklığı (90 ve 100°C) kullanılarak, USMVF (Ultrases mikrodalga destekli vakumlu kızartma tekniği) ve MVF (mikrodalga destekli vakumlu kızartma) karşılaştırıldığında, özellikle düşük kızartma sıcaklığında, kuruma süresinin %20-28 oranında azaldığı tespit edilmiştir. USMVF'deki enerji tüketiminin MVF'ye kıyasla azaldığı bulunmuştur [7]. Bir başka çalışmada, mikrodalga ile kızartılmış patateslerin yağ içeriğinin geleneksel olarak kızartılmış örneklerden daha düşük olduğu bulgulanmıştır [5]. Ayrıca, Parikh ve ark. [9] tarafından patatesin mikrodalga kızartması sırasında yağ alımının azaldığı belirlenmiştir. Bir başka çalışmada ise ultrases destekli kızartma işlemi sırasında kabak cipslerinin hücresel yapısının da iyi korunduğu saptanmıştır [10]. Vakum kızartma işleminde uygulanan mikrodalga ve ultrases işlemlerinin balkabağı cipsleri için kalite parametrelerinin geliştirilmesinde sinerjistik bir etki gösterdiği vurgulanmıştır [10]. Janositz ve ark. [11] vurgulu elektrik alan uygulamasının patates cipsinde belirgin şekilde yağ emilini azalttığını belirtmiştir.

Elektriksel alan uygulamasıyla dokuların parçalanması amaçlanmaktadır. Yüksek gradientli (1800-2000 V/cm) ve düşük gradientli (11-180 V/cm) elektriksel alan uygulamaları olanaklıdır [12]. Elektrik etkisi ile protein moleküllerinin elektron-kinetik potansiyelinin değişmesi sonrasında ürün ve su moleküllerinin dipol bağları parçalanmaktadır [12]. Bu nedenle üründe elektroplazmolizden sonra bir kısım su serbest kalarak, ürünün termofizik karakteristiği yani ısı iletkenlik, viskozite ve özgül termal kapasite değişmektedir. Bu değişimlerin nedeni ürünün dehidratasyon olayıdır ve üründe sonradan yapılacak ısı işlemlerin kolaylaştırılmasında kullanılabilir [12]. Kurutma ve kızartma işlemlerinde de bu özelliği ile işlem süresini kısalttığı düşünülmektedir. Bir diğer işlem olan ultrasesin

enzimler üzerine etkisi olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Bu mekanizma genelde ultrasesin makromolekülleri depolimerize etmesi şeklindedir. Ultrasesin diğer işlemlerle (ısı ve/veya basınç) birlikte kullanıldığında daha etkili olduğu saptanmıştır. Ultrases işleminin süt ve meyve ürünlerinde bulunan lipoksigenaz (LOX), polifenoloksidaz (PPO), peroksidaz (POD) gibi enzimlerin ve ısıya karşı dirençli olan lipaz ve proteaz enzimlerinin inaktivasyonunda etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir [13]. Bu özelliği ile geleneksel haşlama işlemine alternatif olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Yapılan bu çalışmada havuç örneklerine ön işlem olarak ılımlı elektrik alan uygulaması (40 V, 60 s) ve ultrases haşlama yöntemi (35 kHz, 80°C, 2 dakika) uygulanmıştır. Bu yöntemlerin kombine edilmesiyle yapılan ön işlemlerin mikrodalga kızartma (farklı güç ve sürelerde) ve geleneksel kızartma (180°C) işlemlerine etkisi araştırılmıştır. Uygulanan kızartma işlemlerinin üründe nem ve renk düzeyine etkisinin saptanması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışmada havuç (*Daucus carota L.*) yerel bir marketten temin edilmiş, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Meyve ve Sebze İşleme Pilot Tesisinde +4°C depoda (BZP-L3303 WCP, Vestel, Türkiye) işlemler yapılarak muhafaza edilmiştir. Havuçlar (0.01m×0.01m×0.05m) boyutlarında dilimleme makinesi (Berkel, Almanya) ile dilimlenmiştir. Ayçiçek yağı kullanılarak kızartma işlemi yapılmıştır. Kullanılan tüm kimyasallar (hidrojen peroksit, guaiacol ve sodyum fosfat tamponu (Merck, Almanya)) analitik saflıktadır.

Metot

İşleme Yöntemleri

Havuç örnekleri ılımlı elektrik alan uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) olarak ikiye ayrılmıştır. Her iki gruptaki örnekler ultrases ve geleneksel haşlama yöntemleri ile haşlanmış sonrasında iki farklı kızartma metodu ile kızartılmıştır. Kontrol grubu; ultrases haşlanmış mikrodalga kızartılmış (US+MD), ultrases sonrası derin yağda kızartılmış (US+DK), geleneksel haşlanmış mikrodalga kızartma işlemi uygulanmış (GH+MD) ve geleneksel haşlama işlemi uygulanmış sonrasında derin yağda kızartma işlemi uygulanmış (GH+DK) olarak 4 gruba ayrılmıştır. Elektrik alan işlemi uygulanmış örnekler de iki farklı haşlama yöntemine göre haşlanmış sonrasında mikrodalga kızartılmış (EA+US+MD ve EA+GH+MD) ve derin yağda kızartılmış örnek grupları (EA+US+DK ve EA+GH+DK) şeklinde ayrılmıştır. Havuç cipsi akım şeması ve örnek grupları Şekil 1'de belirtilmiştir.

Mikrodalga işlemi iki farklı güçte (400 ve 600 W) uygulanmış, merkezine de (4-6 mm derinliğinde) iki sıcaklık sensörü kızırtma için ise iki farklı süre (4 ve 6 dakika) denenmiştir.

İlimli Elektrik Alan Uygulaması

İğneli vals tipi elektrozmozlaştırıcı (2011/ 10506 Y faydalı model, Türkiye) ile havuçlar bütün halde iken havuç için daha önce belirlenmiş en uygun koşullarda (40 V, 60 s) ilimli elektrik alan uygulanmıştır [14].

Haşlama İşlemi

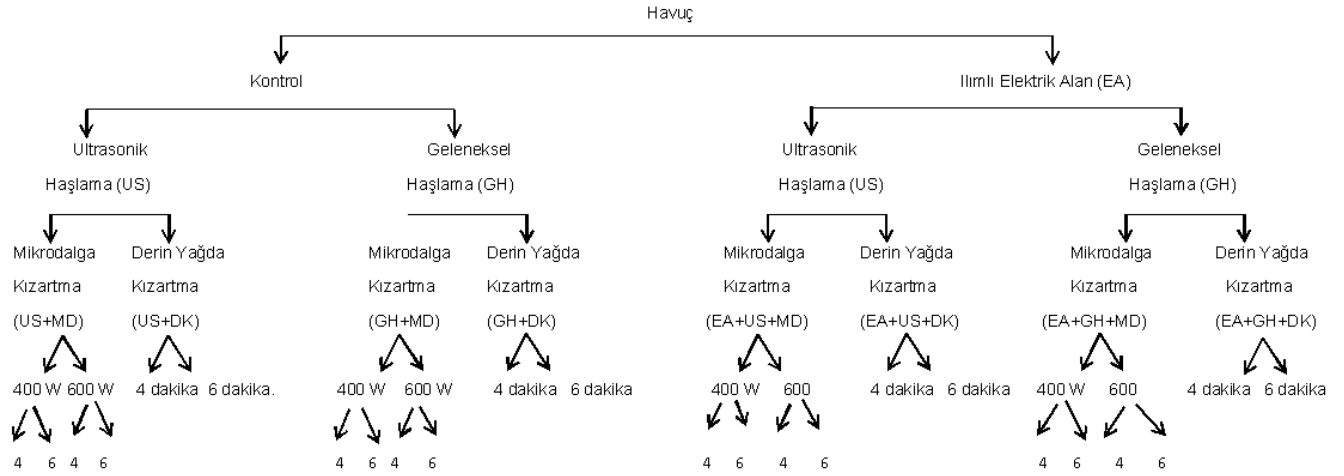
Geleneksel haşlama işleminde örnekler 2 dakika boyunca 95°C'de suda (Nuve ST30, Türkiye) haşlanmıştır [15]. Ultrases ile haşlama yönteminde ise havuç örnekleri 30 dakika boyunca (42°C, 92.5 W) ultrasonik su banyosunda (35 kHz, Everest Ultrasonic, Türkiye) haşlanmıştır [16]. Bu parametreler seçilirken enzim (peroksidaz) inaktivasyonu göz önünde bulundurulmuştur. Tüm örnekler haşlama sonrasında akan suyun altında 1-2 dakika soğutulmuş ve örneklerin fazla suyu filtre kağıdı yardımıyla uzaklaştırılmıştır.

Kızırtma

Geleneksel kızartma işleminde 25 g havuç örneği (başlangıç nem: %91.04) 250 mL ayçiçeği yağı ile dolu olan 3 litre kapasiteli fritöz ile (Sinbo, SDF 3827, Fransa) gerçekleştirilmiştir [17]. İki farklı havuç örneğinin

merkezine de (4-6 mm derinliğinde) iki sıcaklık sensörü yerleştirilmiş ayrıca kızartma yağı sıcaklığı da 180°C olarak belirlenmiştir. Numunelerin yüzeyindeki fazla yağ filtre kağıdı ile 20 saniye boyunca giderilmiştir.

Mikrodalga kızartma ise 25 g havuç örneği (başlangıç nem: %91.04) 250 mL ayçiçeği yağı ile dolu olan pyrex kabına yerleştirilerek (GW72N Samsung Electronics, Kore, 100-900 W) farklı güç (315-400-600 W) ve farklı sürelerde (0, 2, 4, 6 ve 8 dakika) uygulanmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda havuç cipsi üretimi için 400 ve 600 W gücünde 4 ve 6 dakika mikrodalga işlemi uygulanmasına karar verilmiştir. Mikrodalga uygulamasında 315 W gücünde ve 2 dakika süresince istenilen sıcaklığa ulaşılamadığı, 8 dakika sonunda ise örneklerin fazla kızarması sonucu kararmalar saptanmıştır. Geleneksel kızartmayla kıyaslayabilmek için mikrodalga kızartmada da yağ sıcaklığı 180°C olarak seçilmiştir. İki farklı güçte sıcaklık 180°C'ye ulaşıncaya 4 ve 6 dakika örnekler kızartılmıştır. Sıcaklık geleneksel kızartma ile kıyaslamak amacıyla mikrodalgada kesikli (60 saniye on 60 saniye off şeklinde) çalışılarak 180±3°C olacak şekilde sabit tutulmuştur. Kızartma yağı sıcaklığı iki ayrı sensörle ölçülmüştür. Geleneksel kızartma işlemindeki gibi iki farklı havuç örneğinin merkezine de (4-6 mm derinliğinde) iki sıcaklık sensörü yerleştirilmiştir. Numunelerin yüzeyindeki fazla yağ, filtre kağıdı ile 20 saniye boyunca giderilmiştir.



Şekil 1. Havuç cipsi üretim grupları

Peroksidaz Enzim Tayini

Peroksidaz aktivitesi, substrat olarak guaiacol ve hidrojen donörü olarak H₂O₂ kullanılarak spektrofotometrik (UV 1601 PC-Shimadzu Corporation, Japonya) yöntemle 470 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Substrat karışımı 10 mL %1 guaiacol, 10 mL %0.3 hidrojen peroksit ve pH 6.5 değerinde 100 mL 0.05M sodyum fosfat tamponu içermektedir [18].

Nem Tayini

Örneklerde nem tayini infrared nem cihazı (MOC63u, Shimadzu Inc. Japonya) ile 2.5 g örnek kullanılarak % olarak belirlenmiştir [19].

Renk Ölçümü

Kızartılmış havuç cipslerinin renk ölçümleri Minolta renk ölçüm cihazı (MINOLTA, CM-3600d, Japonya) ile örnekler bütün halde cihazla temas edilerek yapılmıştır [20]. Her ölçümde bir havuç dilimi (2.5±0.5 g) kullanılmış ve 3 paralel ölçüm alınmıştır. Cihaz standart beyaz çizgiye (Y=93.9, x= 0.313, y=0.321), L* (aydınlık), a*

(kırmızı-yeşil), ve b^* (mavi-sarı) değerlerine göre kalibre edilmiş, geleneksel haşlanmış derin yağda kızartılmış (GH+DK) örnek grubu referans olacak şekilde toplam renk farkı ve hue açısı hesaplanmıştır (Denklem 1, 2).

$$\Delta E = \sqrt{[(L^* - L^*_{ref})^2 + (a^* - a^*_{ref})^2 + (b^* - b^*_{ref})^2]} \quad (1)$$

$$\text{Hue angle } (^{\circ}H) = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (2)$$

İstatistiksel Analiz

Denemeler 2 tekrar ve tüm analizler 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Örnekler arasındaki istatistiksel analiz SPSS paket programı kullanılarak (SPSS 15.0 for Windows Version; SPSS Inc., Şikago, ABD) %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Varyans analizinden (ANOVA) yararlanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Mikrodalga ve geleneksel yöntemle kızartılan havuç örnekleri için nem ve renk değerleri Tablo 1 'de verilmiştir. Aynı sıcaklıkta kızartılan örneklerin nem içerikleri kıyaslanmıştır. En yüksek nem içeriği kontrol örneğinde 6 dakika kızartılan havuç cipslerinde %20.04 olarak bulunmuştur. Nem içeriği karşılaştırıldığında aynı sürede kızartılan ürünler için geleneksel kızartma işlemine göre mikrodalga kızartma işleminin daha hızlı nem kaybına neden olduğu görülmektedir. Elektriksel alan ve ultrases işlemlerinin birlikte uygulandığı örneklerde nem içeriği diğer örneklerle kıyasla daha düşük (%12) bulunmuştur. En düşük nem içeriğinin %11.19 olarak EA+US+MD grubunda olduğu saptanmıştır. Bu iki uygulamanın hücre parçalanmasına yardımcı olarak kütle transferini hızlandırdığı ve kızartma işlemi sırasında suyun daha hızla uzaklaştığı sonucuna varılmıştır. Literatürde benzer sonuçlar bulunmaktadır. Örneğin Janositz ve ark. [11] patates cipsine vurgulu elektrik alan uygulamasının kütle transferini hızlandırarak örneklerin daha düşük nem içeriğine sahip olduğunu vurgulamıştır. Elektriksel işlem bitkisel ürünlerde hücre duvarının zarar görmesine neen olarak dehidrasyonun daha kısa sürede oluşmasını sağlamakta böylelikle kurutma ve kızartma işlemlerinde nem içeriği azalmaktadır. Su ve ark. [21] patates cipsi üretiminde vakum altında kızartmada mikrodalgadan yararlanmış ve evaporasyon hızının arttığını saptamıştır. Aynı yazarlar 2018 yılındaki yayınlarında ultrasesin mikrodalga ile kombinasyonunda kütle transferinin hızlanması ile mikrodalganın kızartma süresini kısalttığını belirtmişlerdir [7]. Sürenin kısalması ile renk ve tekstür gibi özelliklerin daha iyi korunduğu ve bu yönde kalitenin arttığı vurgulanmıştır. Ancak mikrodalga gücünün kızartma süresine belirgin bir etkisinin olmadığı görülmüştür [7].

Çalışmada geleneksel haşlama sonrasında mikrodalga kızartma işleminde iki farklı güç ve sürede kızartılan örneklerin nem içerikleri karşılaştırıldığında ise 400 W ile 600 W güçte kızartılan kontrol örnekleri arasında nem içerikleri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı saptanmıştır ($p > 0.05$). Ultrases haşlanmış havuç dilimleri 600 W gücünde mikrodalga ile kızartıldığında geleneksel haşlanmış örneklerle kıyasla

daha az nem içeriğine sahip bulunmuştur. Benzer şekilde, Öztöp ve ark. [5] mikrodalgada 400, 550 ve 700 W güçlerde ve 2, 2.5 ve 3 dakika süresince patatese kızartma işlemi uygulamış, güç ve süre arttıkça nem oranının düştüğü saptanmıştır. Nem içerikleri mikrodalga (550 W, 2.5 dakika) ve derin yağda kızartma (2.5 dakika) için sırasıyla %42.04 ve 67.44 olarak bulunmuştur. Huang ve ark. [10] ultrases destekli mikrodalga vakum kızartmada kabak dilimlerinin kalitesini incelemişlerdir. Ultrasesin rengi etkilemediği ancak nem içeriği belirgin bir şekilde azalttığı vurgulanmıştır. Ayrıca mikrodalga ve ultrasesin birlikte kullanımı ile nem içeriğinin düşürülebileceği ve kızartma süresinin kısaltılabileceği belirtilmiştir. Yüksek mikrodalga güçleri uygulandığı zaman (600, 800, ve 1000 W), son nem içeriklerinin (8.54, 8.09 ve 7.85 g/100 g kb) azaldığı; azalan nem içeriğinin de kızartma işlem süresini kısalttığını vurgulamışlardır. Ultrases destekli mikrodalga vakum kızartma örneklerinde mikrodalga vakum kızartmaya kıyasla daha az nem içeriği saptanmıştır [10]. Devi ve ark. [2] nem içeriğinin artan mikrodalga gücü ile azalış gösterdiğini ve en fazla nem kaybının 1000 W gücünde belirlendiğini aynı sürede UMFV örneklerinden uzaklaşan suyun VF ve MVF örneklerinden daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bunu da yağda kızartma esnasında ultrasesin mantarlarda dokuyu zayıflatarak nem çıkışını hızlandırması olarak açıklamışlardır [2]. Aydınkaptan ve Mazi [22] farklı güçlerde mikrodalga fırında patates kızartması üretmişler ve geleneksel derin yağda kızartılmış örnekler ile nem içeriği ve renk değerlerini kıyaslamışlardır. Sırasıyla 360 W (MF360), 600 W (MF600), 900 W (MF900) ve derin yağda kızartma (DF) için nem içerikleri kuru madde bazında %41.41±0.85, 37.20±0.51, 35.47±0.64 ve 52.95±0.9 olarak saptanmıştır. Mikrodalga kızartılmış patatesler konvansiyonel kızartmaya göre daha düşük neme sahiptir. Bu sonucu kızartma işleminde suyun gıdanın yüzeyinden hızla evaporasyon olurken gıdanın yüzeyi ve iç kısmı ile büyük bir nem gradyanı oluşturması ile açıklamışlardır. Gıdanın içeriğindeki nem buhar olarak dışarı çıkarken de basınç gradyanı oluşturmaktadır. Nem kaybı devam ederken nemin ayrıldığı kısımlar kuru ve hidrofilik bir yapı özelliği kazanır [22]. Başka bir çalışmada Su ve ark. [8] düşük sıcaklığın mikrodalga destekli vakum kızartmış patates cipslerine etkisini araştırmış ve genelde %2 değerinin altındaki nem içeriklerinde patates cipsinin tercih edildiğini saptamışlardır. Örneğin kızartmanın 120 sn süre sonrasında nem içerikleri 600 W, 800 W ve 1000 W güç değerlerinde sırasıyla %36.88, 31.32, ve 22.11 olarak bulunmuştur. En düşük nem içeriği ise en yüksek güçte (1000 W) ve en uzun süre kızartılan (6 dakika) örnekte bulunmuştur. Quan ve ark. [23] nem içeriğindeki azalmanın yavaşladığı kızartmanın 240. saniyesinde kurutmanın düşen hızda kuruma bölgesine benzeğini belirtmiştir. Parikh ve Takhar [9] 177 ve 193°C sıcaklıklarda, konvansiyonel ve mikrodalga kızartma işlemlerinde nem içerikleri açısından hiçbir farklılık göstermediğini ancak 185°C'de 60 ve 120 saniye kızartma işleminde geleneksel kızartmaya göre mikrodalga kızartmada daha düşük nem içeriği bulunduğunu açıklamışlardır.

Tablo 1. Örnek gruplarına ait nem içerikleri ve renk değerleri

Örnek	Nem (%)	L*	a*	b*	ΔE	Hue açısı
US+MD (400 W, 4 dakika)	20.04 ^a ±0.02	61.09 ^a ±0.01	18.18 ^a ±0.02	37.51 ^a ±0.02	9.05 ^a ±0.02	45.80 ^b ±0.02
US+MD (400 W, 6 dakika)	14.24 ^b ±0.01	59.49 ^b ±0.02	18.36 ^a ±0.02	35.67 ^b ±0.03	9.48 ^b ±0.02	43.97 ^b ±0.02
US+MD (600 W, 4 dakika)	15.19 ^d ±0.01	50.81 ^d ±0.02	18.40 ^a ±0.03	31.33 ^d ±0.03	9.56 ^c ±0.02	46.72 ^d ±0.02
US +MD (600 W, 6 dakika)	13.50 ^c ±0.01	57.47 ^c ±0.01	18.41 ^a ±0.01	39.75 ^c ±0.01	9.61 ^c ±0.02	47.56 ^c ±0.02
US+DK (4 dakika)	25.50 ^e ±0.01	46.89 ^e ±0.02	20.01 ^b ±0.02	27.80 ^e ±0.02	9.83 ^c ±0.02	47.05 ^c ±0.02
US+DK (6 dakika)	22.50 ^f ±0.01	45.86 ^f ±0.05	20.86 ^c ±0.05	25.25 ^f ±0.02	9.95 ^d ±0.02	47.86 ^c ±0.02
GH+MD (400 W, 4 dakika)	17.17 ^g ±0.02	59.38 ^g ±0.01	19.22 ^d ±0.02	31.53 ^d ±0.04	10.11 ^d ±0.03	44.81 ^c ±0.02
GH+MD (400 W, 6 dakika)	17.05 ^g ±0.01	55.02 ^h ±0.02	19.25 ^d ±0.02	31.69 ^d ±0.02	10.78 ^e ±0.02	44.83 ^c ±0.02
GH+MD (600 W, 4 dakika)	16.05 ^h ±0.01	54.58 ^h ±0.01	19.26 ^d ±0.02	35.26 ^e ±0.02	10.88 ^e ±0.01	44.87 ^c ±0.02
GH+MD (600 W, 6 dakika)	16.00 ^h ±0.01	54.51 ⁱ ±0.02	19.83 ^c ±0.04	35.82 ^f ±0.01	10.50 ^f ±0.02	44.88 ^c ±0.02
GH+DK (4 dakika)	30.00 ⁱ ±0.02	46.49 ⁱ ±0.02	19.78 ^c ±0.02	33.70 ^g ±0.00		50.33 ^d ±0.02
GH+DK (6 dakika)	31.04 ⁱ ±0.02	42.13 ^j ±0.05	19.94 ^c ±0.04	34.02 ^h ±0.02		50.89 ^d ±0.02
EA+US+MD (400 W, 4 dakika)	12.51 ⁱ ±0.02	62.97 ^k ±0.06	18.34 ^a ±0.01	34.40 ⁱ ±0.02	5.07 ^g ±0.02	41.20 ^b ±0.02
EA+US+MD (400 W, 6 dakika)	12.38 ^j ±0.01	65.66 ^j ±0.02	18.39 ^a ±0.02	31.83 ^j ±0.02	5.86 ^h ±0.02	41.18 ^b ±0.02
EA+US+MD (600 W, 4 dakika)	12.00 ^j ±0.03	68.76 ^m ±0.02	18.49 ^a ±0.02	30.05 ^j ±0.03	5.55 ^h ±0.01	42.29 ^e ±0.02
EA+US+MD (600 W, 6 dakika)	11.19 ^k ±0.01	62.89 ⁿ ±0.05	18.88 ^a ±0.02	34.40 ^k ±0.02	5.31 ^h ±0.02	42.28 ^e ±0.02
EA+US+DK (4 dakika)	13.80 ^j ±0.01	56.32 ^j ±0.04	19.13 ^b ±0.02	40.66 ^j ±0.02	6.62 ⁱ ±0.04	44.26 ^f ±0.02
EA+US+DK (6 dakika)	13.80 ^j ±0.01	59.70 ⁱ ±0.02	19.40 ^b ±0.01	41.04 ^m ±0.02	6.87 ^j ±0.02	44.46 ^f ±0.02
EA +GH+MD (400 W, 4 dakika)	16.50 ^m ±0.03	56.11 ⁱ ±0.01	20.17 ^h ±0.02	39.63 ^m ±0.01	5.09 ^h ±0.02	45.60 ^c ±0.02
EA +GH+MD (400 W, 6 dakika)	16.44 ^m ±0.01	50.81 ^o ±0.02	20.25 ^h ±0.02	31.33 ⁿ ±0.02	4.56 ^h ±0.03	43.72 ^d ±0.02
EA +GH+MD (600 W, 4 dakika)	17.39 ⁿ ±0.01	61.09 ^p ±0.03	20.20 ^h ±0.02	31.53 ⁿ ±0.02	6.11 ^k ±0.02	42.81 ^e ±0.02
EA +GH+MD (600 W, 6 dakika)	16.36 ⁿ ±0.03	54.72 ^q ±0.01	20.83 ⁱ ±0.06	35.82 ^j ±0.01	6.88 ^l ±0.02	44.43 ^f ±0.02
EA+GH+DK (4 dakika)	18.12 ^o ±0.02	45.69 ^q ±0.01	25.13 ^k ±0.01	35.96 ^j ±0.02	5.31 ^m ±0.01	47.76 ^g ±0.02
EA+GH+DK (6 dakika)	18.68 ^o ±0.05	61.29 ^b ±0.02	25.47 ^k ±0.02	37.07 ^k ±0.02	5.39 ⁿ ±0.02	47.82 ^g ±0.02

*Aynı sıradaki farklı harflerle (^{a-q}) ifade edilen değerler örnekler arasında $P \leq 0.05$ düzeyindeki istatistiksel farkı göstermektedir.
 *EA= Elektrik alan, US= Ultrases haşlama, GH= Geleneksel haşlama, MD= Mikrodalga kızartma ve DK=Derin yağda kızartma işlemi uygulanmış örnek gruplarını göstermektedir. Bu işlemlerin kombine uygulanması "+" ile gösterilmiştir

Örneklerin renk değerleri incelendiğinde en yüksek aydınlık değerinin ($L^*=68.76$) EA+US+MD (600 W, 4 dakika) grubunda olduğu saptanmıştır. Derin yağda kızartma işleminde mikrodalga kızartmaya kıyasla daha düşük L^* değerleri bulunmuş ayrıca ultrases uygulaması ile geleneksel haşlama işlemi kıyaslandığında ise ultrasesin parlaklığı daha iyi koruduğu, elektriksel alan uygulamasının örneklerde aydınlık değerini arttırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Derin yağda kızartma işleminde sürenin parlaklık değerleri üzerine etkisi önemli olarak bulunmazken ($p>0.05$), mikrodalga kızartma gruplarında güç ve sürenin parlaklık değerinde anlamlı bir farklılığa neden olduğu saptanmıştır ($p\leq 0.05$). Kırmızılık değeri ise en fazla EA+GH+DK (6 dakika) grubunda 25.47 ± 0.02 değerinde; en az US+MD (400 W, 4 dakika) grubunda 18.18 ± 0.02 değerinde bulunmuştur. Elektriksel alan uygulaması sonrasında hücre parçalanmasında bağlı olarak kırmızılık değerlerinin değişmesi beklenen bir sonuçtur. Kırmızılığın artması esmerleşmenin arttığını göstermektedir. Sürenin ve gücün etkisi kırmızılık değerinin değişiminde önemli olarak bulunmamıştır ($p>0.05$). Sarılık değerini gösteren b^* değeri açısından ise işlemlerin etkisi ayrıca süre ve gücün de etkisi önemli olarak saptanmıştır ($p\leq 0.05$). Bu renk değerlerine bağlı olarak toplam renk farkı (ΔE) değerlerinin arasında da istatistiksel açıdan önemli farklar bulunmuştur ($p\leq 0.05$). Esmerleşme indeksini gösteren $^{\circ}$ Hue açısı en fazla GH+DK grubunda (50.89 ± 0.02) saptanmıştır.

Kızartma işlemi süresince renk değişimi Maillard reaksiyonu, karamelizasyon ve kimyasal oksidasyon sonucunda değişmektedir. Bu nedenle ultrases uygulamasının mikrodalga vakum kızartma işleminde bu reaksiyonları azalttığı ve doğal rengi daha iyi koruduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Baardseth ve ark. [24] yaptıkları derin yağda kızartılmış havuç cipsi üretimi çalışmasının renk analizi sonucunda L^* (52.4), a^* (16.3), ve b^* (32.2) değerleri bulunmuştur. Huang ve ark. [10] kabak dilimlerinde mikrodalga ve ultrasesin kombine etkisinin kızartılmış ürünün kalitesinde etkili olduğunu vurgulamıştır [10]. Dueik ve ark. [20] vakum kızartma teknolojisi ile havuç cipsi üretiminde son ürün %2 olacak şekilde örneklerin 180°C 'de atmosferik koşullarda kızartılması sonucu a^* değerini 15.3 ve b^* değerini 25.3 olarak bulmuştur. Vakum altında kızartıldığında ise bu değerler 45.4 ve 65.1 olarak saptanmıştır. Bir başka çalışmada Liu ve ark. [25] vurgulu elektrik alan uygulamasının patateslerin kızartılmasında geleneksel kızartmaya göre daha düşük sıcaklıklarda aynı esmerleşme indeksine ulaştığı belirlenmiştir. Elektriksel alan uygulaması ile elektropasyon sonucu indirgen şekerlerin yüzeye çıkması ve ürünün esmerleşmeye daha yatkın hale geldiği belirtilmiştir [25]. Öztop ve ark. [5] mikrodalgada 400, 550 ve 700 W güçlerde; 2, 2.5 ve 3 dakika süresince kızartma işlemi uygulamış ve toplam renk değerinin de artan güç ve süreyle arttığını saptamıştır. Benzer bir çalışmada Faruq ve ark. [26] elma dilimlerinin mikrodalga vakum kızartma (MVF) ve ultrases destekli vakum mikrodalga kızartma (UMVF) işlemleri sonrasında renk değerlerindeki değişimi incelemiştir. İki farklı güçte (800 W and 1000 W) 90°C ve 18 dakika süren kızartma işleminde 1000 W güç için UMVF grubunda sırasıyla L, a, b ve ΔE

değerlerini 73.56, -2.75, 29.7, 8.71 değerlerinde ölçmüşlerdir. UMVF 800 W için ise bu değerler yine sırasıyla 66.78, -4.1, 25.59, 11.90 ve MVF-800 W için ise 63.67, -4.8, 24.01 ve 13.81 bulunmuştur. Bu çalışma da ultrasesin rengi koruduğunu destekler niteliktedir [26]. Bu çalışmaya paralel olarak Sansano ve ark. [17] mikrodalğanın 430 ve 600 W gücünde a ve b değerlerindeki artışa bağlı olarak renk farklılıklarında belirgin artışlar olduğunu saptamıştır. Ultrases destekli vakum mikrodalga çalışan Devi ve ark. [2] yaptıkları bir çalışmada VF, MVF ve UMVF gruplarına ait a^* değerini istatistiksel olarak önemli seviyede farklılık gösterdiğini ($p\leq 0.05$) ve en düşük a^* değerinin UMVF grubunda saptandığını belirtmişlerdir. Bu üç kızartma prosesinde a^* değerlerinin kıyaslanması sonucunda ultrasesin enzimatik esmerleşme göstergesi olan kırmızılık değerini azaltıcı etkisinin de olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan b^* değeri kızartma sıcaklığı arttıkça artış göstermiş ve en yüksek b^* değeri UMVF grubunda bulunmuştur ($p\leq 0.05$). Patates kızartılması konusunda yapılan bir başka çalışmada Ignat ve ark. [27] vurgulu elektrik alan (9000 vurgu, 0.75 kV/cm) ile L^* değerini 66.40 ± 2.60 ve kırmızılık değerini -3.74 ± 0.29 bulmuştur. Derin yağda kızartmaya kıyasla parlaklık değerinde azalma ve kırmızılık değerinde ise artış saptamışlardır. Bu sonucu elektriksel alanın hücreyi parçalayarak esmerleşmeye sebep olabilecek substrat niteliğindeki indirgen şekerlerin açığa çıkması ve renk özelliklerinin değişmesi ile açıklamışlardır [27]. Elektriksel işlem uygulanan bir diğer çalışmada ise mantar cipslerinde kurutma sonrasında parlaklığın ve kırmızılık değerinin artması yine bu sonuçları destekler niteliktedir [28].

Aydıncaktan ve Mazı [22] farklı güçlerde mikrodalga fırında patates kızartması üretmiş ve geleneksel derin yağda kızartılmış örnekler 360 W (MF360), 600 W (MF600), 900 W (MF900) ve derin yağda kızartma (DF) için toplam renk değişimleri ise (ΔE) 29.25 ± 1.90 , 30.28 ± 1.27 , 31.76 ± 1.65 , 25.96 ± 1.44 olarak bulunmuştur. Parlaklık değerlerinde mikrodalga ile desteklenmiş vakum kızartma işlemi sonrasında belirgin azalmalar saptanmıştır. Parlaklık değeri 100°C 'de kızartılan örneklerde 90°C ve 95°C 'de kızartılanlara kıyasla daha az bulunmuştur. Quan ve ark. [23] cipslerde parlaklık değerinin yüksek olması istendiğini vurgulamış ve mikrodalga gücünde ve süresinde artışa bağlı olarak b^* (sarılık) değerinde de artışa rastlanıldığı rapor edilmiştir. Ayrıca toplam renk değerleri aynı şekilde mikrodalga gücündeki ve uygulanan süredeki artışa paralel olarak artmıştır. Mikrodalga gücü arttıkça enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları da artmaktadır. Böylelikle patateslerin renginde koyulaşma görülmüştür. Ancak, mikrodalga gücünde artış kırmızılık değerinde artış sağlamamıştır. Bu sonuç da yine bu araştırmada ulaşılan sonuç ile benzerlik göstermektedir. Çalışmayı destekleyici nitelikte diğer bir araştırmada Parikh ve Takhar [9] hem derin yağda hem de mikrodalgada kızartma işleminde yüksek kızartma sıcaklıklarında ve uzun sürelerde b^* değerinde artışlar olduğunu belirtmiştir. Ayrıca çalışmada 185 ve 193°C sıcaklıklarda 120 saniye kızartma süresince mikrodalga ile yağı azaltılmış patates kızartması üretilmesinin mümkün olduğunu vurgulamışlardır. Ancak nem içeriklerinde bir farklılık bulunmamıştır. Mikrodalga

kızartılan örnekler yüksek sıcaklıklarda bile derin yağda kızartmaya kıyasla daha açık renkte ve daha sarı olarak değerlendirilmiştir [9]. Bir başka çalışmada ise Su ve ark. [7] cipserin renk değerleri için yüksek L*, düşük a* ve yüksek b* değerlerini ultrases destekli VF ile saptanmıştır. L* ve b* değeri ultrases ile MVF örnekleri için istatistiksel olarak önemli seviyede artmış, a* değeri ise azalmıştır. Toplam renk değeri ise ultrasesin etkisi ile önemli düzeyde azalmıştır. Ultraseste yüksek güçler ise düşük renk farklılığına yol açmıştır. USMVF örneklerinde renk özelliklerinin iyileştirilmesi, ultrases ve mikrodalga sinerjik etkisi ile hızlandırılmış nem kaybı oranı açıklanmıştır. Bu nedenle, ısınan yağa maruz bırakılma süresi ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olasılığının azalabileceği savunulmuştur [29]. Ultrases ve mikrodalga kombinasyonunun renk parametreleri üzerindeki bu "sinerjik etkisi" Szadzińska ve ark. [29] tarafından açıklanmaya çalışılmıştır. MVF örneklerinin kırmızılığının (a* değeri) ve toplam renk değişiminin (ΔE değeri) ultrases kombinasyonu ile önemli ölçüde azaldığı (p<0.05) ve bunun sonucunda da "mikrodalğanın ısıtma etkisiyle ultrasesin etkisinin iki katına çıkması" olarak yorumlanmıştır. Benzer sonuçlar ahududuların konvektif ve konvektif-mikrodalga kombine kurutmalarında yüksek güç ultrases uygulaması ile elde edildiği bir çalışmada daha vurgulanmıştır. Ayrıca, Aydınkaptan ve Mazi [22] patates kızartması konusunda yaptıkları çalışmada mikrodalga ısıtmanın konvansiyonel yöntemle kıyasla kalite parametrelerinde olumlu etki yaratarak daha fazla değişime sebep olduğunu vurgulamışlardır.

SONUÇ

Son yıllarda kızartma teknolojisi konusunda yapılan çalışmalar mikrodalga kızartma tekniğinin kullanımına yönelik olarak gelişme göstermektedir. Yapılan çalışmada havuç örneklerine ılımlı elektrik alan ve haşlama (geleneksel ve ultrases yöntemi ile) ön işlemleri uygulamasının ve bu yöntemlerin kombinasyonunun mikrodalga kızartma ve geleneksel kızartma işlemlerine, uygulanan kızartma işlemlerinin de ürünün nem ve rengine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Geleneksel gıda işleme yöntemlerine alternatif olarak meyve ve sebze işleme sanayinde kullanılan ılımlı elektrik alan ve mikrodalga kızartma işleminin ürünün renk özelliklerini daha iyi koruduğu saptanmıştır. İşlemlerin kombine uygulandığı grupta parlaklık değerinin en yüksek, geleneksel haşlanmış derin yağda kızartılan örnekte ise bu değer en düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca farklı kızartma sürelerinin ve mikrodalga güçlerinin nem içeriği ve renk değerlerine etkisi incelenmiştir. Artan güç ve süreye bağlı olarak nem içeriğinin azaldığı, kırmızılık ve sarılık değerlerinin ise etkilenmediği saptanmıştır. Ultrases ve elektrik alan işlemlerinin sinerjistik etkisiyle kızartma işleminde nemin daha kolay uzaklaştığı ortaya konulmuştur. Elektriksel alan, ultrases haşlama ve mikrodalga uygulamalarının birlikte kullanıldığı (600 W, 4 dakika) grupta renk değerlerinin en iyi koruduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların ileride yapılacak olan çalışmalara yol gösterici olması açısından Ayrıca duysal özelliklerin de değerlendirilmesinin literature yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Karacabey, E., Özçelik, Ş.G., Turan, M.S., Küçüköner, E. (2016). Kızartılmış kabak dilimi üretiminde mikrodalga destekli ön kurutma ve derin kızartma işlem koşullarının optimizasyonu. *Akademik Gıda*, 14(2), 141-150.
- [2] Devi, S., Zhang, M., Law, C.L. (2018). Effect of ultrasound and microwave assisted vacuum frying on mushroom (*Agaricus bisporus*) chips quality. *Food Bioscience*, 25, 111-117.
- [3] Devseren, E., Tomruk, D., Koç, M., Ertekin, K.F. (2016). Vakum altında kızartma işleminin gıda ve kızartma yağı kalitesi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14(1), 43-53.
- [4] Sahin, S., Sumnu, G., Oztop, M.H. (2007). Effect of osmotic pretreatment and microwave frying on acrylamide formation in potato strips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2830-2836.
- [5] Oztop, M.H., Sahin, S., Sumnu, G. (2007). Optimization of microwave frying of potato slices by using Taguchi technique. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 83-91.
- [6] Fauster, T., Schlossnikl, D., Rath, F., Ostermeier, R., Teufel, F., Toepfl, S., Jaeger, H. (2018). Impact of pulsed electric field (PEF) pretreatment on process performance of industrial French fries production. *Journal of Food Engineering*, 235, 16-22.
- [7] Su, Y., Zhang, M., Zhang, W., Liu, C., Adhikari, B. (2018). Ultrasonic microwave-assisted vacuum frying technique as a novel frying method for potato chips at low frying temperature. *Food and Bioproducts Processing*, 108, 95-104.
- [8] Su, Y., Zhang, M., Zhang, W. (2016). Effect of low temperature on the microwave-assisted vacuum frying of potato chips. *Drying Technology*, 34(2), 227-234.
- [9] Parikh, A., Takhar, P.S. (2016). Comparison of microwave and conventional frying on quality attributes and fat content of potatoes. *Journal of Food Science*, 81(11), E2743-E2755.
- [10] Huang, M.S., Zhang, M., Bhandari, B. (2018). Synergistic effects of ultrasound and microwave on the pumpkin slices qualities during ultrasound-assisted microwave vacuum frying. *Journal of Food Process Engineering*, 41(6), E12835.
- [11] Janositz, A., Noack, A.K., Knorr, D. (2011). Pulsed electric fields and their impact on the diffusion characteristics of potato slices. *LWT-Food Science and Technology*, 44(9), 1939-1945.
- [12] Baysal, T., Demirdöven, A., Ergün, A.R. (2013). Kara havuç suyu üretiminde elektroplazmoliz ve mikrodalga uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *GIDA/The Journal of Food*, 38(5).
- [13] Sayın, L., Tamer, C.E. (2014). Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasesin gıda koruma yöntemi olarak kullanımını. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 83-93.
- [14] Rayman, A. (2010). Havuç suyu üretiminde elektroplazmoliz ve mikrodalga uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Ege*

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye.

- [15] Shyu, S.L., Hau, L.B., Hwang, L.S. (1998). Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(10), 1393-1398.
- [16] Antunes-Rohling, A., Ciudad-Hidalgo, S., Mir-Bel, J., Raso, J., Cebrián, G., Álvarez, I. (2018). Ultrasound as a pretreatment to reduce acrylamide formation in fried potatoes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 49, 158-169.
- [17] Sansano, M., De los Reyes, R., Andrés, A., Heredia, A. (2018). Effect of microwave frying on acrylamide generation, mass transfer, color, and texture in French fries. *Food and Bioprocess Technology*, 11(10), 1934-1939.
- [18] Güneş, B., Bayindirli, A. (1993). Peroxidase and lipoxygenase inactivation during blanching of green beans, green peas and carrots. *LWT-Food Science and Technology*, 26(5), 406-410
- [19] AOAC, (1990). *Official Methods of Analysis*, 15th Edn. Ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- [20] Dueik, V., Robert, P., Bouchon, P. (2010). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*, 119(3), 1143-1149.
- [21] Su, Y., Zhang, M., Fang, Z., Zhang, W. (2017). Analysis of dehydration kinetics, status of water and oil distribution of microwave-assisted vacuum frying potato chips combined with NMR and confocal laser scanning microscopy. *Food Research International*, 101, 188-197.
- [22] Aydıncıktan, E., Mazi, I.B. (2017). Monitoring the physicochemical features of sunflower oil and french fries during repeated microwave frying and deep-fat frying. *Grasas y Aceites*, 68(3), 202.
- [23] Quan, X., Zhang, M., Zhang, W., Adhikari, B. (2014). Effect of microwave-assisted vacuum frying on the quality of potato chips. *Drying technology*, 32(15), 1812-1819.
- [24] Baardesth, P., Rosenfeld, H.J., Sundt, T.W., Skrede, G., Lea, P., Slinde, E. (1995). Evaluation of carrot varieties for production of deep fried carrot chips-II. Sensory aspects. *Food Research International*, 28(6), 513-519.
- [25] Liu, T., Dodds, E., Leong, S.Y., Eyres, G.T., Burritt, D.J., Oey, I. (2017). Effect of pulsed electric fields on the structure and frying quality of "kumara" sweet potato tubers. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39, 197-208.
- [26] Faruq, A.A., Zhang, M., Fan, D. (2019). Modeling the dehydration and analysis of dielectric properties of ultrasound and microwave combined vacuum frying apple slices. *Drying Technology*, 37(3), 409-423.
- [27] Ignat, A., Manzocco, L., Brunton, N.P., Nicoli, M.C., Lyng, J.G. (2015). The effect of pulsed electric field pre-treatments prior to deep-fat frying on quality aspects of potato fries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 65-69.
- [28] Çakmak, Ş.R., Tekeloğlu, O., Bozkir, H., Ergün R., A., Baysal, T. (2016). Effects of electrical and sonication pretreatments on the drying rate and quality of mushrooms. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 197-202.
- [29] Szadzińska, J., Techtańska, J., Kowalski, S.J., Stasiak, M. (2017). The effect of high power airborne ultrasound and microwaves on convective drying effectiveness and quality of green pepper. *Ultrasonic Sonochemistry*, 34, 531-539.