



Determination of the Effect of Different Drying Methods on the Physicochemical Properties of Potato Powder Using Multivariate Analysis

Katibe Sinem Coruk^{1,a,*}, Hande Baltacıoğlu^{1,b}

¹Food Engineering Department, Faculty of Engineering, Niğde Ömer Halisdemir University, 51240 Niğde, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 27/04/2022 Accepted : 07/07/2022</p> <p>Keywords: HCA Microwave drying potato PCA Hot air drying</p>	<p>In this study, powder was obtained from yellow and purple-fleshed potatoes by microwave and hot air drying and the effects of drying methods on the total phenolic compounds, total monomeric anthocyanin, color, antioxidant activity, starch ratio and vitamin C on were determined. It was observed that the microwave drying process caused an increase in bioactive components in purple-colored powder samples, and no significant differences were determined in terms of drying methods in bioactive components in yellow-colored powder samples. When the starch ratio of the samples was examined, it was determined that hot air drying caused a significant increase. Principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) were used as multivariate analysis to reveal the effects of different drying techniques and potato varieties on the physicochemical properties of potato powders. As a result, it was found that the physicochemical properties of potato powders differentiated depending on the methods and varieties.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(7): 1300-1307, 2022

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Patates Tozunun Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisinin Çoklu Değişken Analizi Kullanarak Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 27/04/2022 Kabul : 07/07/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: HCA Mikrodalga kurutma Patates PCA Sıcak hava kurutma</p>	<p>Bu çalışmada mikrodalga ve sıcak hava kurutma yöntemleri ile sarı ve mor etli patateslerden toz elde edilmiş ve kurutma yöntemlerinin patates tozunda toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin, renk, antioksidan aktivite, nişasta oranı ve C vitamini üzerine etkisi belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma işleminin mor renkli toz örneklerde biyoaktif bileşenlerin artışına neden olduğu, sarı renkli toz örneklerde biyoaktif bileşenlerde kurutma yöntemleri açısından önemli bir farklılık olmadığı gözlenmiştir. En yüksek toplam fenolik madde mikrodalga ile kurutulmuş mor etli patates tozunda 4401,14±537,55 mg/kg GAE olarak belirlenmiştir. Yine en yüksek antioksidan aktivite aynı örnekte %38,35±3,68 olarak tespit edilmiştir. Örneklerdeki nişasta oranı incelendiğinde, sıcak hava ile kurutmanın önemli derecede artışa neden olduğu belirlenmiştir. Patates tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine farklı kurutma tekniklerinin ve farklı patates çeşitlerinin etkisini ortaya koymak için çoklu değişken analizi olarak temel bileşen analizi (PCA) ve hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) kullanılmıştır. Sonuç olarak patates tozlarının fizikokimyasal özelliklerinin yöntemlere ve çeşitlere göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.</p>

^a Snmerk51@gmail.com

^{ib} <https://orcid.org/0000-0001-5645-7200>

^b handebaltacioglu@ohu.edu.tr

^{ib} <https://orcid.org/0000-0003-0774-0872>



Giriş

Patates (*Solanum tuberosum* L.) farklı kültürel geçmişe sahip, milyonlarca insan tarafından günlük olarak tüketilen, yapısında bulunan besin öğeleri sayesinde karbonhidrat ve enerji kaynağı olmasının yanı sıra mikro besin öğeleri açısından da zengin olan bitkisel gıdalardan birisidir. Patatesin kimyasal bileşimi çeşit, yetiştirildiği yer, tarım uygulamaları, hasattaki olgunluğu ve hasat sonrası depolama koşulları ile değişmekle birlikte genel olarak; patatesten nem içeriği %75- 80 iken geri kalan kısım %18 karbonhidrat, %1-2 protein ve aminoasit, %0,1 yağ, 0,1'den az oranda vitamin ve mineral içermektedir. Toplam kuru ağırlığın %80'ini oluşturan karbonhidratların, ortalama %70'i nişasta, %0,5-1 sukroz, %0,5-2'si indirgen şeker ve %6-8'i diyet lifidir. Sukroz, glukoz ve fruktoz patatesten bulunan başlıca şekerlerdir. Patatesteki protein ve aminoasit miktarının yarısına yakını asparajin ve glutamin oluşturmaktadır (Yıldız, 2005). Patatesten bulunan en önemli mikro besinler arasında bulunan askorbik asit gibi antioksidanlar ve klorojenik asit ve konjugaatları gibi çeşitli polifenoller patateslerdeki toplam fenolik bileşiklerin %90'ını oluşturmaktadır. Bazı patateslerde önemli olan kırmızı veya mor pigmentler, antosiyaninler açısından yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Lachman ve ark., 2013). Patates, tahıllardan sonra en fazla tüketilen besin maddesidir. FAO 2017 verilerine göre dünyada 19,3 milyon hektar alanda 388,2 milyon ton patates üretilmektedir. Dünya patates ekim alanlarının %29,9'ü Çin'de, %11,3'i Hindistan'da, %9,8'i de Rusya'da bulunmakta olup, bu üç ülke dünya patates üretiminin %51'ini oluşturmaktadır. FAO verilerine göre, Çin'de 99,1 milyon ton, Hindistan'da ise 48,6 milyon tonluk patates üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2019). Türkiye 2018 yılında patates tarımı için uygun coğrafi koşullara sahip olup, 1,4 milyon dekar alanda patates üretimi yapılmaktadır. Patates ekim alanı en geniş ilimiz, 202 bin dekar (%14,9) ile Niğde'dir. Niğde'yi 148 bin dekarla (%10,9) Konya, 129 bin dekarla (%9,6) Afyonkarahisar ve sırasıyla Kayseri, İzmir ve Adana izlemektedir. 2018 yılında patates ekim alanlarında önceki yıla göre %4,86'lık azalma olmuştur (Anonim, 2019).

Meyve ve sebzelerin muhafazasında kullanılan en eski dayandırma yöntemlerinden biri olan kurutma yöntemi ile kurutulacak olan ürünün su aktivitesini (aw) belirli bir değerin altına düşürerek üründe meydana gelebilecek kalite kayıplarını en aza indirmek amaçlanmaktadır. Kurutmaya duyulan ihtiyaçla beraber ve kurutma sırasında son üründe meydana gelebilecek besin ve kalite kayıplarını minimum seviyede tutmak amacıyla doğal ve yapay kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan doğal bir yöntem olan güneşte kurutma işleminin açıkta gerçekleşmesi, kuş, böcek vb. gibi canlıların ürüne temas etmesi ve kurutma işleminin uzun sürmesi gibi dezavantajları vardır (Çınar, 2006).

Bu gibi dezavantajlardan dolayı yapay kurutma yöntemleri popülerlik kazanarak enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanabilen yapay kurutucular olduğu gibi diğer enerji kaynaklarını kullanan; kabin tipi, tünel tipi, konveyör tipi, akışkan yatak tipi, püskürtmeli tip, valsli tip, ozmotik dehidrasyonlu kurutucular, mikrodalgalı kurutucular, dondurarak kurutma yapan kurutucular ve vakumlu kurutucular gibi yapay kurutma yapan

kurutucular geliştirilmiştir (Cemeroğlu ve ark., 2003). Son yıllarda gıdaların kurutulmasına yönelik farklı teknikler geliştirilerek, gıdalar üzerinde ısının en az kalite kayıplarına neden olacak şekilde, kurutma için en iyi şart ve koşullar sağlanarak kaliteli bir kurutulmuş gıda elde etmek amaçlanmaktadır. Bu kurutma tekniklerinden mikrodalga kurutma son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Mikrodalga fırınlarında ısı gıdaya doğrudan, normal fırınlarında ise ısının dışarıdan içeri doğru nüfuz ederek kurutma kabının ve ortamın ısınması için enerji harcanmasından dolayı mikrodalganın hem enerji hem zaman anlamında avantajı olduğu bilinmektedir (Demiray, 2015).

Literatürde yapılan bazı çalışmalarda kalite parametrelerini ve farklı olduğu düşünülen özellikleri kıyaslamak amacıyla çoklu değişken analizi olarak temel bileşen analizi (PCA) kullanılmıştır. Temel bileşen analizi, varyasyonu temsil etmeye amaçlayan matematiksel bir araçtır (Granato ve ark., 2018). Vaitkevičienė (2019) yapmış olduğu çalışmada 6 farklı et rengine sahip patates çeşidinde hem kabuk hem de et kısmı için kuru madde, toplam çözünür katı madde, protein, lif, kül ve mineral bileşimini temel bileşen analizi ve hiyerarşik küme analizi tekniğini kullanarak karşılaştırmış, hem renkli patates çeşitleri arasında hem de kabuk ve et kısmı açısından önemli bir farklılık olduğunu ve kabuk kısmının et kısmından, mor ve kırmızı kabuklarınsa diğer çeşitlere göre daha yüksek mineral madde içerdiğini ortaya koymuştur. Xue ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada farklı kurutma teknikleri uygulayarak şalgam cipsi elde etmişlerdir. Bu farklı şekilde elde edilen cipslerin nişasta, toplam şeker, vitamin C, rehidrasyon oranı gibi fizikokimyasal özelliklerini temel bileşen analizi (PCA) ve hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) kullanarak kurutma teknikleri arasındaki farklılığı ortaya koymuşlardır. Mikrodalga destekli dondurarak kurutma tekniği ile 3 farklı güçte (400, 600 ve 800 W) Çin patatesi küp şeklinde kurutulmuştur (Li ve ark., 2021). Aynı zamanda normal dondurarak kurutma da sağlanarak bu iki kurutma tekniği arasındaki enerji tüketimi ve ürün kaliteleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca kurutma gücü arttıkça kuruma hızının arttığı, kuruma süresinin azaldığı görülmüştür. Mikrodalga yardımıyla 800 W güçte yapılan kurutma zamanı, normal dondurarak kurutmaya göre %55 azalmıştır. Aynı zamanda, 3 farklı kurutma gücüne göre 600 W güçte yapılan kurutma ile, 400 ve 800 W güçte yapılan kurutmaya göre patateslerde toplam fenolik ve askorbik asit miktarının en yüksek olduğu tespit edilmiştir. İki farklı kurutma tekniğinin ortaya koymuş olduğu farklılıklar çoklu değişken analizi olarak PCA tekniği ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada mikrodalga kurutma yönteminin sarı ve mor etli patates çeşitlerinde toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin, renk, antioksidan aktivite, nişasta oranı ve C vitamini üzerine etkisi belirlenmiş ve elde edilen toz ürünün kalite özellikleri sıcak hava kurutma işlemi ile elde edilen toz ürünün kalite özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca patates tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine kurutma yöntemlerinin etkisi çoklu değişken analizi olarak temel bileşen analizi (PCA) ve hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) kullanılarak ortaya konmuştur.

Materyal ve Yöntem

Kimyasallar

Gallik asit, HPLC saflıkta metanol, sodyum karbonat, hidroklorik asit (HCl), DPPH (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil), potasyum klorür ve sodyum asetat, Sigma Chemical Co.'dan (St. Louis, MO, ABD) elde edildi. Folin Ciocalteu reaktif ve askorbik asit, Merck'ten (Darmstadt, Almanya) satın alındı. Bu çalışmada kullanılan diğer tüm kimyasallar analitik saflıktaydı.

Materyal

Bu çalışmada kullanılan taze patatesler Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi Araştırma ve Uygulama Bahçesi'nden sonbahar mevsiminde temin edilmiştir. Patatesler, kurutma işleminden önce 4°C sıcaklıkta depolanmıştır.

Yöntem

Yıkamış patatesler kabukları soyulduktan sonra ev tipi manuel dilimleyici (Sinbo, Türkiye) ile 4 mm dilim kalınlığında dilimlenmiştir. Hem mikrodalga kurutma hem sıcak hava kurutma için dilimlenmiş patatesler sarı etli patateslerde enzimatik esmerleşmeleri önlemek ve mor etli patateslerde natosiyaninleri korumak için %1'lik sitrik asit çözeltisine daldırılıp bir süre yüzeyinin tamamen çözelti ile ısladığına emin olduktan sonra çözeltiden çıkarılan patateslere literatürde belirlenen enzim inaktivasyonu sağlayan sıcaklık değerinde ($90 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de) buharda haşlama işlemi 5 dakika süre ile uygulanmıştır (afacıoğlu ve Coruk, 2020). Haşlama işleminden sonra 65°C 'de sıcak hava kurutma işlemi 12 saat kesintisiz uygulanırken, mikrodalga kurutma işlemi 450 W gücünde 4-6 dk süre arasında örneklerdeki ani sıcaklık ($<70^\circ\text{C}$) yükselişini önlemek için her 30 saniyede bir 5 saniye mikrodalga kapağı açılarak kurutma işlemi nem seviyesi %10'nun altına düşecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Sıcak hava kurutma için laboratuvar etüvü (Termal, Türkiye), mikrodalga kurutma işlemi için ev tipi mikrodalga fırın (Samsung MS23K3515AW, Türkiye) kullanılmıştır. Dilimlenmiş ve ön işlem görmemiş patates bileşenlerdeki kayıpları en aza indirmek için 40°C 'de sıcak hava kurutma işlemine tabi tutularak kontrol örneği olarak alınmıştır. Sıcak hava kurutma ve mikrodalga kurutma işleminden sonra sarı ve mor etli patatesler mutfak tipi öğütücü (HC100, Lavion, Türkiye) yardımıyla öğütülmüş ve $150\mu\text{m}$ 'lik elekten elenerek toz elde edilmiştir (Marzuki ve ark., 2021).

Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde tayini Folin-Ciocalteu metoduna göre yapılmıştır (Baltacıoğlu ve ark., 2019). Standart olarak kullanılan gallik asit metanol içerisinde çözdürülerek kullanılmıştır. Gallik asit kalibrasyon eğrisi için, gallik asidin 5 farklı konsantrasyonu hazırlanmıştır. Patates tozundan fenolik bileşikler %80 metanol çözeltisi (%1 HCl içeren) kullanılarak sarı et renkli patates tozundan 0,25g örnek/10 mL çözelti, mor et renkli patates tozundan 1g örnek/50 mL çözelti oranında ekstrakte edilmiştir. Karışım 4 saat boyunca 40 rpm devirde çalkalanıp ve berrak kısmın ayrılması için 9000 g 4°C ' de 15 dakika santrifüj (Nüve marka NR 800R model, Türkiye) edilmiştir. 100 μl örnek üzerine 0,75 mL Folin- Ciocalteu

çözeltisi (suda, %10'luk) eklenip ve oda sıcaklığında 5 dakika bekletilmiştir. 0,75 mL Na_2CO_3 (suda, 75 g/L) ilave edilerek kuvvetlice karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında karanlıkta 1 saat bekletilmiş ve sonra 725 nm'de çözeltilerin absorbansları okunmuştur. Aynı işlemler kalibrasyon eğrisi için hazırlanmış farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltilerine de uygulanmıştır. Ekstraktların absorbansları, çizilen gallik asit kalibrasyon eğrisinden okunarak toplam fenolik madde konsantrasyonu eşdeğer gallik asit olarak hesaplanmıştır (mg GAE/kg kuru ağırlık).

DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

Serbest radikal yakalama etkinliği deneyi 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak belirlenmiştir (Tangüler ve ark., 2021). Metot ekstraktların bir proton veya elektron verebilme yeteneğinin, mor renkli DPPH çözeltisinin rengini açması esasına dayanır. Reaksiyon karışımının absorbansının düşmesi yüksek serbest radikal giderme aktivitesinin göstergesidir. Ekstraktlardan 100 μl alınarak, 3,9 mL, 0,1 mM DPPH (%80'lik metanolde) çözeltisi ilave edilmiştir. Vortekslelendikten sonra oda koşullarında karanlıkta 30 dakika bekletilerek ve 517 nm'de absorbansları okunmuştur. Örnek yerine 0,1 mL metanol (%80) kullanılarak aynı şartlarda kontrol olarak kullanılmıştır. Kontrolün absorbansı günlük olarak ölçülmüştür. % inhibisyon eşitlik (1) ile hesaplanmıştır:

$$\% \text{ inhibisyon} = \frac{\text{Kontrolün absorbansı} - \text{Örnek Absorbansı}}{\text{Kontrol Absorbansı}} \quad (1)$$

Toplam Monomerik Antosiyanin Analizi

Toplam monomerik antosiyanin miktarı pH diferansiyel metoduyla (Cemeroğlu, 2010) belirlenmiştir. Metodun ilkesi, monomerik antosiyaninlerin pH 1,0'de renkli oksonium formunun, pH 4,5'de ise, renksiz hemiketal formunun egemen olmasına dayanmaktadır. Buna göre, ortam pH 1,0 ((Avis-max - A700) pH 1,0) ve pH 4,5 ((Avis-max - A700) pH 4,5) olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin farkı (A), doğrudan antosiyanin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır. pH 1,0'de yapılan örneğin vis-max nm'deki absorbansı toplam antosiyanin miktarının bir ölçüsüdür. vis-max değeri dalga boyu taraması ile belirlenmiştir. Ayrıca düzeltme faktörü olarak kullanılmak üzere 700 nm'de de absorbans değeri okunmuştur. Avis-max ve A700' den yararlanarak monomerik antosiyaninlerden kaynaklanan absorbans (A) eşitlik (2) ile hesaplanmıştır.

$$A = (\text{Avis max} - \text{A700})_{\text{pH}1,0} - (\text{Avismax} - \text{A700})_{\text{pH}4,5} \quad (2)$$

Örneklerdeki toplam monomerik antosiyanin içeriği (TMA), siyanidin3-glukozit cinsinden eşitlik (3) ile hesaplanmıştır. Ayrıca seyreltme faktörü ekstraktlar için tartılan örnek miktarı (g)/ tamamlanmış çözelti miktarı (mL) ve örnekler tampon çözeltiler ilave edildikten sonra absorbans okumaları 0,4-0,8 aralığında olacak şekilde örneklerin maksimum absorbans verdiği dalga boyu göz önüne alınarak yapılan seyreltme dikkate alınarak hesaplanmıştır.

$$\text{TMA} \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{A \times \text{Molekül ağırlığı} \times \text{Seyreltme Faktörü}}{\text{Absorpsiyon katsayısı} \times \text{Işık yolu (cm)}} \times 1000 \quad (3)$$

Renk Tayini

Renk tayini Konica-Minolta (Osaka, Japonya) marka CR400 renk tayini cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Örnekler 10 mm ışık yollu cam küvetlere konularak örneklerin L*, a* ve b* değerleri belirlenmiştir (Horuz ve ark., 2017).

Nişasta Tayini

Kurutulmuş örnekten hassas terazi ile 2,5 g tartılarak ve 250 mL'lik cam erlen içerisine koyulmuştur. Üzerine 50 mL 1,128 N HCl solüsyonu eklenip, kaynayan sıcak su bulunan beherin içerisinde tutularak 15 dk nişastanın asitle hidrolizi gerçekleştirilmiştir. Süre bitene kadar her 3 dakikada bir çalkalanarak karıştırılmıştır Süre bittikten sonra 30 mL su eklenerek ve soğuk su içerisinde soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra üzerine 5 mL Carrez I (Potassium hexacyanoferrate (II) trihydrate: %15) ve 5 mL Carrez II (Zinc sulphate heptahydrate: %30) eklenip yeniden karıştırılmıştır. Akabinde 10 mL saf su eklenerek karışım 100 mL'ye tamamlanmıştır. Solüsyon filtre kağıdından süzülerek ve süzüntü polarimetre cihazıyla (Krüss) 20°C' de sodyum D line ışığı (589,3 nm) ile gözlenen optikal rotasyon açısı (α) okunarak kayıt edilmiştir. Polarimetre yardımıyla belirlenen optik çevirme derecesi denklem (4)' da yerine koyularak % nişasta hesaplanmıştır (Kasnak, 2015).

$$\% \text{ Nişasta} = \frac{a_{2000}}{(a)_{20}^D \cdot L} \quad (4)$$

α : Polarimetrede okunan çevirme derecesi

$(a)_{20}^D$: Patates nişastasının spesifik çevirme derecesi

L: Polarimetre tüpü uzunluğu

C Vitamini Tayini

C vitamini analizi için yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) (Shimadzu, LC-20A/ Prominence, Columbia, USA) kullanılmıştır. Analizler için ters fazlı C-

18 kolonu (5µm partikül büyüklüğü, 4,6 mm çap, 250 mm uzunluk) kullanılmıştır. Kolon sıcaklığı 25°C ve akış hızı 0,5 mL/dakika olarak ayarlanmıştır. Mobil faz olarak 10:30 (v/v) oranında hazırlanmış metanol su karışımı kolona verilmeden önce ultrasonik su banyosu içerisinde bekletilerek içinde bulunan hava kabarcıkları uzaklaştırılmıştır. Standart kalibrasyon eğrisi farklı konsantrasyonlarında L-askorbik asit (Sigma, Almanya) kullanılarak elde edilmiştir. 0,1 g alınan örnekler test tüplerine aktarılıp üzerine 5 mL %2,5'lik fosforik asit eklenmiş ve karışım 5 dakika boyunca vorteks cihazında şiddetli bir şekilde çalkalanmıştır. Üstte kalan berrak kısımdan 5 mL alınarak %2,5 fosforik asitle 10 mL'ye tamamlanarak 0,45µm filtreden süzülükten sonra 20 µL örnek HPLC cihazına enjekte edilmiştir (Baltacıoğlu, 2021).

İstatistiksel Analizler

Çalışmada gerçekleştirilen fizikokimyasal analizlerin sonuçları Minitab 17 programı ile %95 güvenlik aralığında analiz edilmiş olup verilerin analizinde genel lineer model kullanılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların tespiti için Tukey's çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Her bir deney en az üç tekrerrür olarak yapılmış ve her tekrerrür için analizler üç kez tekrarlanmıştır. Analizlerin sonuçları Excel programı ile grafiksel olarak gösterilmiştir. Fizikokimyasal analizlerinin sonuçları temel bileşen analizi (PCA) ve hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) gibi kemometrik yöntemlerle Minitab 17 (Minitab Inc., State College, ABD) programı kullanılarak değerlendirilmiştir. HCA analizi öklit uzaklığı ve komple bağlantı algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada mikrodalga kurutma ve sıcak hava kurutma yapılarak iki farklı et renginde (sarı ve mor) patatesin kurutma sonrası bazı fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Kurutma sonrası yapılan analizlerin sonucu (Çizelge 1) de gösterilmiştir.

Çizelge 1. İki farklı kurutma sonucu patates tozlarında belirlenen fizikokimyasal özellikler

Table 1. Results of physicochemical analyzes performed after two different drying

Toz örnek (Çeşit ve K. yöntemi)	Kontrol sarı etli P.	Kontrol mor et renkli P.	Sarı etli patates, etüv K.
L*	84,37±1,23 ^a	48,17±4,05 ^c	84,90±0,74 ^a
a*	-0,39±0,03 ^c	8,13±3,08 ^b	0,02±0,38 ^c
b*	12,93±0,33 ^c	-6,03±2,84 ^e	18,21±0,22 ^b
Toplam Fenolik (mg GAE/kg kuru ağırlık)	1298,29 ± 44,13 ^d	2891,44±4,88 ^c	692,73±53,4 ^e
Antioksidan Aktivite (%İ.)	22,03 ± 0,21 ^d	25,59± 0,47 ^{bc}	23,41±0,47 ^{cd}
Toplam monomerik A. (mg/kg)	-	2172,05 ± 204,31 ^b	-
Nişasta Oranı (%)	67,24 ± 0,19 ^b	72,41±2,78 ^b	85,58±1,17 ^a
C vitamini (mg/kg)	15,66±5,02 ^c	14,85± 3,18 ^c	24,48±6,22 ^b
Toz örnek (Çeşit ve K. yöntemi)	Sarı etli P, mikrodalga K.	Mor etli P, etüv K.	Mor etli P, mikrodalga K.
L*	86,60±0,79 ^a	51,85±0,97 ^b	52,09±0,94 ^b
a*	-3,28±0,55 ^d	13,29±0,11 ^a	10,23±0,27 ^b
b*	28,79±0,74 ^a	-10,68±0,26 ^f	-0,81±0,85 ^d
Toplam Fenolik (mg GAE/kg kuru ağırlık)	879,73±111,42 ^e	3258,45±6,06 ^b	4401,14±537,55 ^a
Antioksidan Aktivite (%İ.)	23,37±1,26 ^{cd}	27,19±0,27 ^b	38,35±3,68 ^a
Toplam monomerik A. (mg/kg)	-	1995,93±105,64 ^c	2340,74±173,68 ^a
Nişasta Oranı (%)	61,03±7,44 ^c	80,37±0,80 ^a	70,17±7,41 ^b
C vitamini (mg/kg)	25,02±6,49 ^b	23,77±6,26 ^b	37,24±4,19 ^a

İ: İnhibisyon, A: Antosiyenin, K: Kurutma, P: Patates

Çizelge 2. PCA analizi sonucu patates tozu fizikokimyasal özelliklerinin eigenvalue, varyans ve kümülatif varyans değerleri

Table 2. Eigenvalue, variance and cumulative variance values of potato powder physicochemical properties as a result of PCA analysis

	Eigenvalue	Varyans (%)	Kümülatif varyans (%)
Temel Bileşen 1 (PC1)	5,5564	69,50	69,50
Temel Bileşen 2 (PC2)	1,4376 5	18,00	87,40

Çizelge 3. Temel bileşenler ile patates tozu fizikokimyasal özellikleri (değişkenler) arasındaki korelasyon katsayısı değerleri

Table 3. Correlation coefficient values between basic components and potato powder physicochemical properties (variables)

Değişkenler	Temel Bileşen 1 (PC1)	Temel Bileşen 2 (PC2)
Toplam Fenolik Madde	0,412	-0,107
Antioksidan	0,348	-0,352
Nişasta Oranı	0,053	0,666
Antosiyanin	0,421	-0,020
L*	-0,417	-0,074
a*	0,402	0,233
b*	-0,389	-0,309
C Vitamini	0,205	-0,515

Renk Değerleri

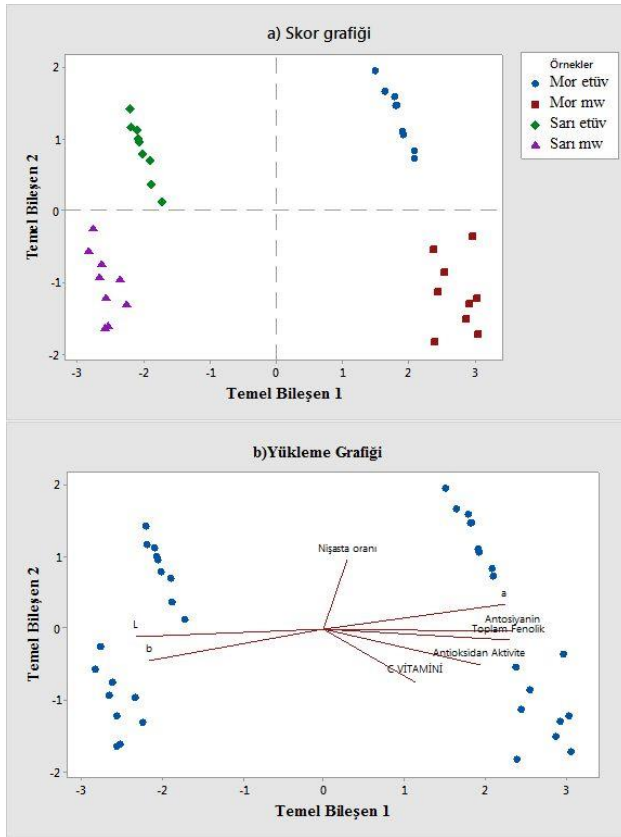
Renk ve parlaklık kurutulmuş ürünler için tüketiciler tarafından beğeni algısını etkileyen önemli kalite parametrelerindedir. Çizelge 1’de farklı kurutma işlemine tabi tutulmuş patates örnekleri için L*, a* ve b* değerleri sunulmuştur. Sarı etli patatesten elde edilen tozların renk değerleri incelendiğinde kurutma yöntemlerinin renk değerleri üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğu ($P \leq 0,05$) ve mikrodalga kurutma yönteminin L* ve b* değerlerinde artışa, a* değerinde azalışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre mikrodalga kurutma işlemi sarı etli patateslerden daha aydınlık, daha sarı ve daha az kırmızı toz ürün elde edilmesini sağlamıştır. Mikrodalga kurutma yöntemi sıcak hava kurutma yöntemine göre gıdaya doğrudan nüfuz etmesinden dolayı gıdanın uzun süre ısı ile maruz kalmasını engellemekte, enerji ve zaman kazandırarak daha kaliteli ürün elde edilmesine olanak vermektedir (Demiray, 2015). Benzer şekilde elmanın kurutulması sırasında kullanılan mikrodalga kurutma işlemi sıcak hava kurutma işlemine göre daha az renk değişimine neden olmuştur (Aghilinategh ve ark., 2015).

Mor etli patatesten elde edilen tozların L* (L*=0 siyah, L*=100 beyaz) değerinin, sarı etli patatesten elde edilen tozlar için belirlenen L* değerinden istatistiksel olarak daha düşük olduğu ($P \leq 0,05$) bunun nedeninin de mor etli patatesin yapısında bulunan antosiyaninlerden kaynaklandığı söylenebilmektedir. a* (+a* kırmızı, - a* yeşil) değerinin iki farklı patates çeşidi kıyaslandığında mor etli patatesten elde edilen örneklerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. b* (+b* sarı, -b* mavi) değerinin sarı etli patatesten elde edilen örneklerde mor etli patatesten elde edilen toza göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Kurutma işlemleri kıyaslandığında mor etli patatesten mikrodalga kurutma yöntemi ile elde edilen tozun sıcak hava kurutma ile elde edilen toza kıyasla b* değeri daha yüksekken, a* değeri daha düşüktür. Buna göre mikrodalga kurutma işlemi ile mor etli patateslerden elde edilen toz ürünün kırmızılık değeri azalmışken mavilik değeri artmıştır. Mor etli patatesten toz üretiminde kurutma işlemlerinin L* değerleri üzerine önemli bir etkisi ($P > 0,05$)

görülmemiştir. Kurutma sonrası meydana gelen değişiklikler, kurutma yöntemine bağlı olmakla birlikte ısı işlem uygulaması ile pigmentlerin bozulması ve enzimatik ya da enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (bulu, 2018).

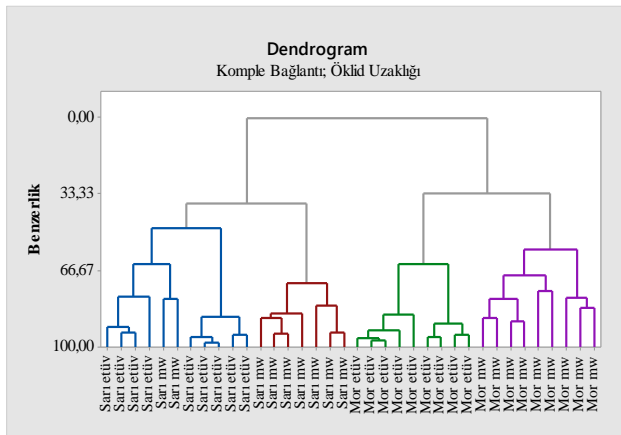
Toplam Fenolik Madde Miktarı

İki farklı kurutma yöntemi ile kurutulan farklı patates örneklerinin toplam fenolik madde miktarı Çizelge 1’de sunulmuştur. Kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde miktarı, uygulanan kurutma yöntemi ve farklı cinsdeki patates örneklerine göre istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermiştir ($P \leq 0,05$). Kontrol örneğine bakılarak bir kıyaslama yapmak gerekirse, sarı etli patates sıcak hava kurutma ile elde edilen kuru toz örneğinde toplam fenolik madde miktarı azalırken, mor etli patates örneğinin mikrodalga kurutma ile elde edilen kuru toz örneğinde toplam fenolik madde miktarının arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek değer (4401,14 mg GAE/kg kuru ağırlık) mor etli patatesten mikrodalga kurutma ile elde edilen toz örneğinde belirlenirken, en düşük toplam fenolik madde miktarı (692,73 mg GAE/kg kuru ağırlık) sarı etli patatesin sıcak hava kurutma uygulaması ile elde edilen tozda belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Mor etli patates için mikrodalga kurutma yöntemi kullanılarak elde edilen tozun toplam fenolik madde miktarı sıcak hava ile kurutma yöntemi ile elde edilen tozun toplam fenolik madde miktarına göre önemli oranda ($P \leq 0,05$) yüksek bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarına kurutma tekniğinin etkili olduğu görülebilmekle birlikte, mor etli patates çeşidinin yapısında bulunan polifenol alt sınıfı olan flavonoid grubuna dahil olan antosiyaninden kaynaklı miktar olarak yüksek çıkmış olduğu düşünülmektedir (Afacan ve Sönmezdağ, 2020). Benzer şekilde mikrodalgada vakumla kurutulmuş mor etli patates örneklerinde, muhtemelen daha kısa kuruma süresi ve daha düşük kuruma sıcaklığı nedeniyle sıcak hava kurutma işlemine kıyasla daha yüksek toplam fenolik madde belirlenmiştir (Marzuki ve ark., 2021).



Şekil 1. Patates tozlarında fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre PCA ile elde edilen a) skor grafiği b) yükleme grafiği

Figure 1. PCA a) score chart b) loading chart obtained by according to the results of physicochemical analysis in potato powders



Şekil 2. Patates tozu örneklerinin fizikokimyasal özelliklerine göre Hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) grafiği

Figure 2. Hierarchical clustering analysis (HCA) graph of potato powder samples according to their physicochemical properties

Antioksidan Aktivite

Mikrodalga ve sıcak hava kurutma yöntemiyle kurutulan patates örneklerinin antioksidan aktivite değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Kontrol örneğine göre, antioksidan aktivite sarı etli patatesten sıcak hava kurutma sonucu elde edilen tozda az miktarda artarken, en fazla artış mikrodalga kurutma yöntemi ile mor etli patatesten elde edilen toz örnekte olduğu görülmüştür. En yüksek

antioksidan aktivite mor etli patatesten mikrodalga kurutma ile elde edilen örnekte elde edilmiştir (%38,35) ve bu değer uygulanan tüm kurutma şartlarında üretilen toz ürünler için elde edilen değerlerden istatistiksel açıdan önemli ölçüde farklıdır ($P \leq 0,05$). Uygulanan farklı kurutma uygulamaları arasında sarı etli patatesten elde edilen toz örnekleri arasında antioksidan aktivite açısından istatistiksel bir fark ($P > 0,05$) gözlemlenmez iken mor etli patatesten mikrodalga kurutma uygulaması ile elde edilen tozlarda antioksidan aktivitesinin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Mor etli patatesten elde edilen örneklerde antioksidan aktivitenin yüksek çıkmasının nedeni, fenolik bileşik grubunda yer alan antosiyaninlerin antioksidan aktivitenin artışında pozitif bir yönde katkısı olmasından kaynaklanmaktadır (Inchuen ve ark., 2008; Sultana ve ark., 2012). Yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip mor etli patateslerin mikrodalga yöntemi ile kurutulması sonucunda antioksidan aktivitesi de literatüre benzer şekilde diğer gruplardan yüksek çıkmıştır (Marzuki, 2021).

Toplam Monomerik Antosiyanin

Mor etli patatesten elde edilen toz örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarları Çizelge 1'de sunulmuştur. Mor etli patatesin kontrol örneği için toplam monomerik antosiyanin miktarı $2172,05 \pm 204,31$ mg/kg tespit edilirken, mor etli patatesten mikrodalga kurutma ile elde edilen toz örnekte $2340,74 \pm 173,68$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Sıcak hava kurutma işlemi ile elde edilen tozun toplam monomerik antosiyanin miktarı ($1995,93 \pm 105,64$ mg/kg) kontrol örneğine kıyasla azalmıştır. Bunun nedeninin sıcaklığın artması ile antosiyaninlerin bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıcak hava kurutma yöntemine göre mikrodalga kurutma yöntemi ($P \leq 0,05$) ile elde edilen örnekte yüksek çıkması mikrodalga kurutma yönteminin antosiyaninler üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde antosiyanin miktarı mikrodalgada vakumla kurutulmuş mor etli patates örneklerinde sıcak hava kurutma işlemi ile elde edilen örneklere kıyasla daha yüksek olarak belirlenmiştir (Marzuki ve ark., 2021).

Nişasta Oranı

İki farklı kurutma yöntemi ile kurutulan iki farklı patates örneklerinin Nişasta Oranı Çizelge 1'de sunulmuştur. Kontrol örneklerine kıyasla her iki çeşit için sıcak hava ile yapılan kurutma örneklerinde nişasta oranının arttığı gözlemlenmiştir. Farklı patates cinsleri arasında nişasta oranları açısından istatistiksel bir fark ($P \leq 0,05$) gözlemlenmezken, kurutma yönteminin etkisinin daha belirgin olduğu söylenebilmektedir. Sıcak hava ile kurutulan sarı ve mor etli patatesten elde edilen toz örneklerinin mikrodalga kurutma yöntemine ile kurutulan örnekler göre daha yüksek nişasta oranına ($P \leq 0,05$) sahip olduğu belirlenmiştir. Çin patatesinin kurutulmasında da en düşük nişasta miktarı mikrodalga ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir (Chen ve ark., 2017). Sıcak hava kurutma sonucu sarı etli patatesten elde edilen tozun nişasta oranı %85,58 iken mor etli patatesten elde edilen tozun nişasta oranı %80,37 olarak tespit edilmiştir.

C Vitamini

İki farklı kurutma yöntemi ile kurutulan farklı patates örneklerinin C vitamini Çizelge 1'de sunulmuştur. Kontrol örneğine göre kıyaslama yapmak gerekirse iki farklı

kurutma yöntemine göre elde edilen C vitamin değerleri daha yüksektir, uygulanan kurutma yöntemlerinin askorbik asiti koruyucu etkisi olduğu söylenebilir. En yüksek C vitamini mor etli patatesten mikrodalga kurutma ile elde edilen örnekte gözlemlenmiştir (37,24 mg/kg). Askorbik asidin yüksek sıcaklık ve uzun kurutma işlemlerine karşı çok hassas olduğu ve kısa işlem süresi ile mikrodalga kurutma işlemi uygulanan vişnelerde C vitamini miktarının sıcak hava ile kurutulan örneklerde belirlenene kıyasla daha yüksek olarak ölçüldüğü rapor edilmiştir (Horuz ve ark., 2017). Antioksidan aktivite ile C vitamini arasında pozitif bir korelasyon olduğu, C vitaminin güçlü antioksidan kapasitesinin olduğuna dair bilgiler de mevcuttur (Güleşçi ve Aygül, 2016). Bu doğrultuda yapılan bu çalışmada mor etli patatesten mikrodalga kurutma ile elde edilen tozda C vitamininin yüksek olmasının antioksidan aktivitesine sinerjistik etkisinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir.

Yapılan değerlendirme sonucunda mikrodalga kurutma işleminin fizikokimyasal özellikler üzerine olumlu etkileri görülmüştür. Sonuçlara bakıldığında fizikokimyasal özellikler açısından literatür ile paralel sonuçlar elde edildiği görülmektedir (Karabacak ve ark., 2015). Mikrodalga kurutma tekniğinin birçok meyve ve sebze kurutmada avantajları literatürde yapılan çalışmalarda da görülmektedir (Günaydın, 2020).

Çoklu Değişken Analizi

Temel Bileşen Analizi

Fizikokimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler temel bileşen analizi (PCA) kullanılarak analiz edilmiştir. Kurutma işleminin farklı patates çeşitlerinde fizikokimyasal özellikler üzerine etkisi PCA skor (Şekil 1a) ve yükleme grafikleri (Şekil 1b) kullanılarak değerlendirilmiştir. PCA skor grafiğine göre patates örneklerinin çeşide göre sarı ve mor etli patates olarak ve kurutma işlemine göre sıcak hava ve mikrodalga kurutma işlemine tabi tutulmuş örnekler olarak gruplandırılmıştır. Örnekler çeşide göre temel bileşen 1'e göre farklılaşırken, kurutma yöntemine göre temel bileşen 2'ye göre farklılaşmıştır. Benzer şekilde temel bileşen analizi patatesinin kalitesini farklı kurutma koşulları altında daha iyi karşılaştırmak için kullanılmıştır (Li ve ark., 2021). PCA yükleme grafiğine göre sarı etli patates örnekleri L* ve b* değeri ile karakterize olurken, toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin, a*, antioksidan aktivite, nişasta oranı ve C vitamini değeri sonuçlarının mor etli patates örneklerini karakterize ettiği görülmektedir.

PCA analizi sonucu patates örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin eigenvalue, varyans ve kümülatif varyans değerleri Çizelge 2'de gösterilmektedir. Buna göre, PCA grafiği toplam varyansın %87,40'ını oluşturan iki temel bileşen üzerinde örneklerin dağılımını göstermektedir. Birinci temel bileşen toplam varyansın %69,50'sini ikinci temel bileşen toplam varyansın %18'ini açıklamaktadır.

Temel bileşenler ile patates tozu fizikokimyasal özellikleri (değişkenler) arasındaki korelasyon katsayısı değerleri Çizelge 3'te gösterilmektedir. Çizelgede temel bileşenleri açıklamada diğer faktörlere göre daha etkin olanlar koyu renkle yazılmıştır. Buna göre temel bileşen 1'de analiz edilen parametrelerden toplam monomerik antosiyanin ile pozitif korelasyon, L* değeri ile ise negatif korelasyon göstermiştir. Temel bileşen 2'de nişasta oranı

değeri pozitif, C vitamini değeri ile negatif bir korelasyon göstermiştir.

Hiyerarşik Kümeleme Analizi

Numunelerin ayrışmasını daha iyi gözlemlemek için fizikokimyasal analiz verilerine hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) uygulanmıştır. Patates tozu örneklerinin fizikokimyasal özelliklerine göre elde edilen HCA grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir. %37,43 benzerlik düzeyinde, dendrogramda sarı ve mor etli patates örnekleri olmak üzere iki (2) ana grup belirlenmiştir. Hiyerarşik kümeleme analizi dendrogram grafiğine göre %72,24 benzerlik düzeyinde dört farklı grup oluşmuştur. Birinci grupta sıcak hava ile kurutulan sarı etli patatesten elde edilen örnekler ile mikrodalga yöntemi ile kurutulan sarı etli patatesten elde edilen toz örnekler bulunmaktadır. İkinci grupta mikrodalga yöntemi ile kurutulan sarı etli patatesten elde edilen toz örnekler yer almaktadır. Sıcak hava ile kurutulan mor etli patatesten elde edilen toz örnekler üçüncü grupta yer almaktadır. Dördüncü grup mikrodalga yöntemi ile kurutulan mor etli patatesten elde edilen toz örnekleri içermektedir. HCA sonuçları PCA sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur. Hem PCA hem de HCA, bu çalışmada ele alınan fizikokimyasal analiz verilerine karşılık gelen homojen kümeler oluşturmak için başarıyla kullanılmıştır. Benzer şekilde HCA ile zeytin yaprağı sulu ekstraktının biyoaktif bileşikleri üzerine sprey ve dondurarak kurutucuların etkisi belirlenmiştir (Ghelichkhani ve ark., 2019).

Sonuç

Mikrodalga kurutma yöntemi ile fizikokimyasal özelliklerin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma kısa işlem süreleri ile sarı ve mor etli patatesin kurutulmasında başarılı ile kullanılmış, renk değerlerinin korunduğu, biyoaktif bileşence zengin ve antioksidan aktivitesi yüksek toz ürün elde edilmesini sağlamıştır. İki farklı kurutma tekniği ve farklı cinsdeki patates örneklerinin temel bileşen analizi ile ayrıştığı görülmüştür. Hiyerarşik kümeleme analizine göre dört farklı grup oluşmuştur. Çoklu değişken analizine göre örnekler fizikokimyasal özellikler yönünden birbirinden kurutma tekniğine ve patates cinslerine göre iyi bir şekilde ayrılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Kurulu (BAP) tarafından desteklenmiştir (TGT 2022/9-BAGEP). Ayrıca Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen (TÜBİTAK 2237-A Proses Analizi ve Optimizasyonu 1129B372000721 numaralı) eğitimin koordinatörlüğünü yapan ve gerçekleştiren hocalarımıza teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Aghilinategh N, Rafiee S, Gholikhani A, Hosseinpur S, Omid M, Mohtasebi SS, Maleki N. 2015. A comparative study of dried apple using hot air, intermittent and continuous microwave: evaluation of kinetic parameters and physicochemical quality attributes. Food Science and Nutrition, 3(6): 519-526. doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.241>

- Anonim 2019. Tarım ürünleri piyasaları patates. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, TEPGE, Ankara.
- Afacan FÖ, Sönmezdağ AS. 2020. Antosiyaninlerin Beslenmedeki Önemi ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Karya Journal of Health Science*, 1(1): 19-24.
- Bulut M. 2021. Kurutma İşleminin Meyve ve Sebzelerin Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi. ISBN: 978-625-8007-58-9
- Baltacıoğlu H, Baltacıoğlu C, Tangüler H. 2019. Effect of waste fermented carrot powder addition on quality of biscuits. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9): 1237-1244. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i9.1237-1244.2759>
- Baltacıoğlu H, Coruk KS. 2021. Determination of conformational changes of polyphenol oxidase and peroxidase in peach juice during mild heat treatment using FTIR spectroscopy coupled with chemometrics. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(6): 2915-2925. doi: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14930>
- Baltacıoğlu H. 2021. Thermosonication of peach juice: Investigation of PPO and POD activities, physicochemical and bioactive compounds changes and development of FTIR based chemometric models for the evaluation of quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 57: 1688–1697. doi: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15536>
- Cemeroğlu B. 2010. Gıda analizleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 2. Baskı No:34, Ankara
- Chen X, Li X, Mao X, Huang H, Wang T, Qu Z, Gao W. 2017. Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. *Food Chemistry*, 224: 224-232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.028>
- Çınar İ. 2006. Meyve ve sebzelerin kurutulması. *Akademik Gıda*, 4(3): 32-34.
- Demiray E. 2015. Havuç ve Kırmızı Biberlerin Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulması, Kuruması Karakteristiklerinin ve Bazı Kalite Özelliklerindeki Değişimin Modellenmesi, Doktora Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye.
- Güleşçi N, Aygül İ. 2016. Beslenmede yer alan antioksidan ve fenolik madde içerikli çerezler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(1): 109-129.
- Günaydın, S. 2020. Mikrodalga, Konvektif ve Gölgede Kurutma Yöntemleri Kullanılarak Kurutulmuş Kuşburnu Meyvesinin Kurutma Kinetiği, Renk ve Besin Elementi İçeriği Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.
- Granato D, Santos JS, Escher GB, Ferreira BL, Maggio RM. 2018. Use of principal component analysis (pca) and hierarchical cluster analysis (hca) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective. *Trends in Food Science and Technology*, 72: 83-90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.006>
- Gheliçkhani G, Modaresi MH, Rashidi L, Shariatifar N, Homapour M, Arabameri M. 2019. Effect of the spray and freeze dryers on the bioactive compounds of olive leaf aqueous extract by chemometrics of HCA and PCA. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4): 2751-2763.
- Horuz E, Bozkurt H, Karataş H, Maskan M. 2017. Effects of hybrid (microwave-convectional) and convectional drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. *Food Chemistry*, 230: 295-305. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.046>
- İzli G. 2018. Farklı kurutma uygulamalarının armut meyvesinin bazı kalite özellikleri üzerine etkileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 6(4):479. doi:10.24925/turjaf.v6i4.479-485.1800
- Inchuen S, Narkrugsu W, Pornchaloempong P, Chanasinchana P, Swing T. 2008. Microwave and hot-air drying of Thai red curry paste. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 1: 38-49.
- Kasnak C. 2015. Patateste Bazı Alkaloidlerin Depolama Sırasında Değişimleri, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Karabacak AÖ, Sinir GÖ, Suna S. 2015. Mikrodalga ve mikrodalga destekli kurutmanın çeşitli meyve ve sebzelerin kalite parametreleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2): 125-135.
- Lachman J, Hamouz K, Musilová J, Hejtmánková K, Kotíková Z, Pazderů K, Domkářová J, Pivec V, Cimr J. 2013. Effect of peeling and three cooking methods on the content of selected phytochemicals in potato tubers with various colour of flesh. *Food Chemistry*, 138: 1189–1197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.114>
- Li L, Zhang M, Zhou L. 2019. A promising pulse-spouted microwave freeze drying method used for Chinese yam cubes dehydration: Quality, energy consumption, and uniformity. *Drying Technology*. 148-161. doi: <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1624564>
- Marzuki SU, Pranoto Y, Khumsap T, Nguyen LT. 2021. Effect of blanching pretreatment and microwave-vacuum drying on drying kinetics and physicochemical properties of purple-fleshed sweet potato. *Journal of Food Science and Technology*, 58(8): 2884-2895. doi: 10.1007/s13197-020-04789-5
- Sultana B, Anwar F, Ashraf M, Saari N. 2012. Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits. *J Med Plants Res*, 6(1): 161-167. doi: <https://doi.org/10.5897/JMPR11.916>
- Tangüler H, Hande M, İlman F, Yücel B, Gençtürk S. 2021. Elma atıklarından elma sirketi üretimi üzerine bir araştırma. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 132-139. doi: 10.28948/ngmuh.673508
- Vaitkevičienė N. 2019. A comparative study on proximate and mineral composition of coloured potato peel and flesh. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(14): 6227-6233. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9895>
- Yıldız A. 2005. Patateslerin Kızartılması Sırasında Isı ve Kütle Transfer Parametrelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s, 103, Mersin, Türkiye.
- Xue YL, Chen JN, Han HT, Liu CJ, Gao Q, Li JH, Liu CQ. 2020. Multivariate analyses of the physicochemical properties of turnip (*Brassica rapa* L.) chips dried using different methods. *Drying Technology*, 38(4): 411-419. doi: <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1578971>