



**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN KARIŞIK SEBZE
PESTİLİNİN KURUMA KARAKTERİSTİKLERİ, RENK DEĞİŞİM KİNETİĞİ,
MİNERAL MADDE İÇERİĞİ VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Azime Özkan Karabacak*, Ömer Utku Çopur

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

Geliş / Received: 16.05.2020; Kabul / Accepted: 09.10.2020; Online baskı / Published online: 09.12.2020

Özkan Karabacak, A., Çopur, Ö.U. (2021). Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen karışık sebze pestilinin kuruma karakteristikleri, renk değişim kinetiği, mineral madde içeriği ve tekstürel özelliklerinin belirlenmesi. GIDA (2021) 46 (1) 1-20 doi: 10.15237/gida.GD20090

Özkan Karabacak, A., Çopur, Ö.U. (2021). Determination of drying characteristics, colour degradation kinetics, mineral content and textural properties of mixed vegetable pestil produced by different drying methods. GIDA (2021) 46 (1) 1-20 doi: 10.15237/gida.GD20090

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, sıcak hava (60, 70°C), vakum (60, 70°C de ve 150, 250 mbar mutlak basınç altında) ve mikrodalga (90, 180 W) kurutmanın, havuç ve kırmızı biber ile hazırlanan karışık sebze pestilinin kuruma karakteristikleri, renk değişim kinetiği, mineral madde içeriği ve tekstürel özellikleri üzerine etkisini araştırmaktır. Pestil örneklerinin kuruma karakteristiklerini ortaya koyan en uygun modeller Page ve Modifiye Page olarak belirlenmiştir. Örneklerin renk değişim kinetiklerini belirlemek için sıfırıncı ve birinci dereceden reaksiyon modelleri uygulanmıştır. L^* renk değeri her iki kinetik modele de uyum sağlarken, a^* değerinin renk değişim kinetiğini en iyi sıfırıncı dereceden reaksiyon modelinin ortaya koyduğu görülmektedir. b^* değerini en iyi tanımlayan reaksiyon modeli uygulanan kurutma koşullarına göre değişiklik göstermiştir. Pestillerin mineral madde (Na, K, Ca, Mg, P, Mn, Fe, Zn, Cu) içeriği kurutulmamış karışımlarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Pestil örneklerinin tekstürel özellikleri (sertlik, dış yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık, çignenebilirlik) arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Havuç, kırmızı biber, pestil, matematiksel modelleme, renk kinetiği, mineral, tekstür

**DETERMINATION OF DRYING CHARACTERISTICS, COLOUR
DEGRADATION KINETICS, MINERAL CONTENT AND TEXTURAL
PROPERTIES OF MIXED VEGETABLE PESTIL PRODUCED BY DIFFERENT
DRYING METHODS**

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of hot air (60, 70°C), vacuum (60, 70°C at 150, 250 mbar absolute pressures) and microwave (90, 180 W) drying on drying characteristics, degradation kinetics of colour, mineral content and textural properties of vegetable pestil prepared with carrot and red pepper. Page and Modified Page were determined as the best appropriate models to determine drying characteristics of pestil samples. Effective moisture diffusivity coefficient (D_{eff})

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ azimeozkan@uludag.edu.tr

☎ (+90) 224 294 1494

☎ (+90) 224 294 1402

Azime Özkan Karabacak; ORCID no: 0000-0003-4175-4477

Ömer Utku Çopur; ORCID no: 0000-0002-1951-7937

values were changed between 2.45×10^{-8} to 9.93×10^{-8} m²/s. Zero and first order kinetic models were applied to describe colour degradation kinetics of samples. While L^* colour value fitted both of the models, zero order kinetic model described the degradation kinetics of a^* value. The best fitted model for the b^* value was changed with drying conditions. Mineral content (Na: 987.84 - 1121.65, K: 3427.95 - 4959.38, Ca: 569.52 - 4302.94, Mg: 270.20 - 353.80, P: 511.15 - 681.17, Mn: 2.08 - 2.65, Fe: 3.68 - 12.37, Zn: 3.53 - 6.13, Cu: 1.80 - 2.60) of pestils showed higher values than non-dried mixture. Significant differences were determined between textural properties (hardness, adhesiveness, springiness, gumminess and chewiness) of pestil samples.

Key words: Carrot, red pepper, pestil, mathematical modelling, colour kinetics, mineral, texture

GİRİŞ

Havuç (*Daucus carota* L.) maydanozgiller (*Apiaceae*) familyasında yer alan konik yapıda, iki yıllık bir sebze türüdür. Önemli bir karotenoid kaynağı olan havucun, % 60-80 β -karoten, % 10-40 α -karoten ve % 1-5 luteinden oluştuğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda, yüksek karotenoid içeriğinden dolayı havucun kanser ve kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere pek çok hastalıktan koruduğu bildirilmiştir (Riboli vd., 1996; Santos vd., 1996; Nicolle vd., 2004). Karotenoidlerin yanında, içeriğinde yer alan kumarik asit, klorojenik asit, kafeik asit gibi fenolik maddeler, C vitamini ve E vitamini de antioksidan özellik göstermektedir (Zhang ve Hamauzu, 2004; Alasalvar vd., 2005). USDA (United States Department of Agriculture) (2020a) verilerine göre taze havucun 100 gramında 8.29 mg β -karoten, 3.48 mg α -karoten, 0.26 mg lutein, 0.66 mg α -tokoferol, 5.9 mg C vitamini, 320 mg potasyum, 69 mg sodyum, 35 mg fosfor, 33 mg kalsiyum, 12 mg magnezyum, 0.3 mg demir, 0.24 mg çinko, 0.045 mg bakır ve 0.1 μ g selenyum bulunmaktadır. *Solanaceae* familyasının *Capsicum* cinsine giren kırmızı renkli biberler acı ve tatlı türlere sahip olmakla birlikte, yaygın olarak baharat endüstrisinde kullanılmaktadır (Arpacı, 2009). Kırmızı biberin *Capsicum annuum* L. cinsi ise baharat endüstrisi yanında salça, turşu, konserve üretiminde ve sos yapımında dünyada geniş bir kullanım alanına sahiptir (Yalçın, 2008). Kırmızı biberin sindirimi hızlandırıcı özelliği, safra taşı ve diyabetik nöropati ve inflamatuvar hastalıklara karşı yararlı özellikleri bulunmaktadır (Sim ve Sil, 2008). Sağlık üzerine bu olumlu etkileri, özellikle önemli bir antioksidan kaynağı olmasından kaynaklanmaktadır. Kırmızı bibere antioksidan özellik kazandıran bileşenler içeriğinde yer alan C ve E vitamini ile birlikte fenolik bileşiklerdir

(Materska ve Perucka, 2005). β -karoten, kapsantin, kapsorubin ve kriptoksantin gibi karotenoidler de kırmızı bibere çekici bir renk kazandırmaktadır (Erdoğan, 2013). USDA (2020b) verilerine göre taze kırmızı biberin 100 gramında 81.62 mg β -karoten, 490 μ g β -kriptoksantin 20 μ g α -karoten, 51 μ g lutein+zeaksantin, 1.58 mg α -tokoferol, 127.7 mg C vitamini, 211 mg potasyum, 26 mg fosfor, 12 mg magnezyum, 7 mg kalsiyum, 4 mg sodyum, 0.43 mg demir, 0.25 çinko, 0.017 mg bakır ve 0.1 mg selenyum bulunmaktadır.

Günümüzde çoğu meyve ve sebze artık her mevsim bulunabilmektedir. Fakat sağlıklı beslenmeye özen gösteren insanlar meyve ve sebzeleri mevsiminde tüketmeyi veya mevsimi olmayan meyve ve sebzeleri farklı muhafaza metotları ile değerlendirmeyi tercih etmektedir. Havuç ve kırmızı biber dondurularak, kurutulularak, reçel, turşu veya salçaya (kırmızı biber) işlenerek muhafaza edilebilmektedir. Yeterli ve dengeli beslenmeyi sağlayabilmek için gün içerisinde tüketilen meyve-sebze porsiyonları önemlidir. Yetişkinlerde 2 porsiyon önerilmekle beraber, çocukların da günlük beslenmelerindeki porsiyonlarının mutlaka meyve ve sebze içermesi gerektiği belirtilmektedir. Özellikle kırmızı biber gibi sebzeleri çocuklar çok severek tüketmemektedir. Bu tür sebzelerin pestilini üretmek, hem daha çok meyveler kullanılarak üretilen bu ürüne yeni bir değerlendirme şekli kazandırmayı hem de sebze sevmeyen çocuklar için lezzetli ve sağlıklı bir atıştırma elde etmeyi sağlamaktadır.

Pestil, meyve pulpunun içerisine şeker ve nişasta gibi katkı maddeleri eklenerek koyulaştırıldıktan sonra kurutulan geleneksel bir üründür (Suna ve Özkan-Karabacak, 2019). Kurutulan üründe

azalan su içeriğinden dolayı pestil tatlı bir tada sahiptir ve enerji değeri yüksek olan ve besleyici değeri bulunmayan (şekerlemeler, çikolatalar, çipsler, bisküviler vb.) ürünler yerine tüketilebilecek sağlıklı atıştırılabilir olarak geçmektedir (Batu vd., 2007).

Üründen suyun uzaklaştırılması prensibine dayanan kurutma, en yaygın kullanılan gıda muhafaza yöntemlerinden birisidir (Limpaiboon, 2011; Nawirska vd., 2009). Kurutma işlemi ile ortamın su aktivitesi (a_w) azaltılarak, ürün mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal yönden dayanıklı hale getirilmektedir (Kaya vd., 2015). Bu sayede ürünlere uzun süre depolama ve taşıma kolaylığı sağlanmaktadır (Compaore vd., 2019). Gıdaların kuruma karakteristiklerinin belirlenebilmesi amacıyla ince tabaka kurutma modellerinden yararlanılmaktadır (Panchariya vd., 2002; Gupta ve Alam, 2014). Kurutma kinetiğinin değerlendirilmesi; en uygun kurutma koşulunun belirlenmesine ve kurutma ön görüşünün yapılmasına yardımcı olmaktadır. Gıda maddelerinin kurutulmasında kurutucu dizayn ederken de kurutma modelleri göz önünde bulundurulmaktadır. Kurutma işleminin şekillenmesi tam kapasiteli işletmelerde yapılarak belirlenirse zaman kaybına ve ciddi maddi kayba neden olacağından modelleme ile belirlemek büyük bir avantajdır (Günhan vd., 2005; Compaore vd., 2019).

Literatür çalışmaları incelendiğinde, şimdide kadar meyve pestili üretimi ile ilgili pek çok araştırmaya rastlamak mümkündür. Bu meyvelere örnek olarak üzüm, dut, kayısı, erik (Çagindi ve Otlas, 2005; Kamiloglu ve Capanoğlu, 2014; Gupta ve Alam, 2014; Boz vd., 2016; Suna ve Özkan-Karabacak, 2019), altın kivi (Vatthanakul vd., 2010), jak meyvesi (Chowdhury vd., 2011), bal kabağı ve papaya (Gupta vd., 2016) ve nar (Tontul ve Topuz, 2017) verilebilir. Ancak, sebze pestili üretimi ve kurutmasının matematiksel olarak modellenmesi ile ilgili şimdide kadar çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada, ilk defa havuç ve kırmızı biber sebzelerinin karışımı ile hazırlanarak farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pestilin, kuruma karakteristikleri, renk kinetiği, mineral

madde içeriği ve tekstürel özellikleri belirlenmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Havuç ve kırmızı biber Bursa' da yerel bir manavdan satın alınmıştır ve üretime kadar buzdolabında ($4\pm 0.5^\circ\text{C}$) bekletilmiştir. Nişasta (Selva, Türkiye) ve şeker (Torku, Türkiye) Bursa' da yerel bir marketten, sitrik asit ise kimya firmasından temin edilmiştir.

Karışık sebze pestilinin hazırlanması

Havuçlar yıkanıp, soyulup, dilimlendikten sonra su (sebze/su 1:2, w/w) kullanılarak yumuşayana dek haşlanmıştır. Kırmızı biberler yıkanıp çekirdekleri çıkarıldıktan sonra dilimlenmiş ve su (sebze/su 1:2, w/w) ile yumuşayana kadar haşlanmıştır. Haşlanan sebzeler karıştırıcı (Arzum, Türkiye) kullanılarak homojen hale getirilmiştir. Karışık sebze pestili üretimi için, havuç püresi, kırmızı biber püresi, şeker, nişasta ve sitrik asit sırasıyla; % 42.74, % 42.74, %12.80, % 1.28, % 0.44 oranlarında kullanılmıştır. Sebze pürelerinin % 25'i daha sonra nişasta ile karıştırılmak üzere ayrılmış ve kalan kısmı şeker ve sitrik asitle karıştırılarak kaynamaya bırakılmıştır. 5 dakika sonra nişasta kalan sebze püresinde çözdürülerek karışıma dahil edilmiş ve 40°C olana dek koyulaştırılmıştır. Sonrasında, $25\pm 0.5\text{ g}$ pestil karışımı $8\times 8\times 0.4\text{ cm}$ (sırasıyla; uzunluk, genişlik, kalınlık) boyutlarında kalıp kullanılarak yağlı kağıt üzerine serilmiş ve üç farklı kurutma (sıcak hava, vakum ve mikrodalga) yöntemi uygulanmıştır. Kurutulan pestiller analiz edilene kadar $4\pm 0.5^\circ\text{C}$ de muhafaza edilmiştir.

Pestil örneklerinin kurutulması

Başlangıç nem içeriği 2.04 g su/g kuru madde (km) olarak ölçülen pestil karışımı, son nem içeriği 0.07 g su/g km olana dek üç farklı kurutma yöntemi (sıcak hava, vakum, mikrodalga kurutma) ile kurutulmuştur. Her kurutma parametresi için işlemler üç kere tekrar edilmiş ve matematiksel modelleme için ortalama değerler kullanılmıştır.

Sıcak havada kurutma işlemleri $60, 70^\circ\text{C}$ de % 20 nispi nemde konveksiyonel kabin tipi kurutucu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Yücebaş Makine

Tic. Ltd. Şti., Y35, İzmir). Her bir kurutma denemesinden önce sıcak havalı kurutucu bir saat boşa çalıştırılarak istenilen sıcaklığa gelmesi sağlanmıştır. Kurutma işlemi sırasında, başlangıçta 30 dakikada bir, sonlara doğru 10 dakika bir olacak şekilde, 0.01 g hassasiyetindeki dijital terazi (Mettler Toledo, MS3002S) kullanılarak tartım alınmış ve nem içeriğindeki değişim kaydedilmiştir. Tartımlar 10 saniye gibi bir sürede hızlıca gerçekleştirilmiştir.

Vakumda kurutma (Memmert VO400, Schwabach, Almanya, 49 L hacim) 60, 70°C' de ve 150, 250 mbar mutlak basınç altında uygulanmıştır. Başlangıçta 30 dakikada sonlara doğru yine 10 dakikada bir olacak şekilde yapılan tartımlar 10 saniyeyi geçmeyecek şekilde uygulanmıştır.

Mikrodalga kurutma yöntemi için, 230V~ 50Hz teknik özelliklerine ve 800 W maksimum çıkış gücüne sahip olan ev tipi bir mikrodalga fırın (Bosh, HMT72G420, Munich, Almanya) kullanılmıştır. Bu kurutucu, 290×461×351 mm boyutlarında ve döner cam tablası 245 mm çapındadır. Uygulanan güç seviyeleri ve bu seviyeler için belirlenen tartım aralıkları sırasıyla 90, 180 W ve 5, 2 dakikadır. Tartım, diğer

yöntemlerde olduğu gibi 10 saniyede içinde gerçekleştirilmiştir.

Kurutma kinetiğinin matematiksel modellenmesi

Karışık sebze pestilinin kuruma karakteristiklerini en iyi tanımlayan modeli belirlemek için yedi farklı ince tabaka kurutma modeli uygulanmıştır (Çizelge 1). Örneklerin ayrılabilir nem oranı (MR) ve kuruma hızı (KH) aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır:

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} \quad (1)$$

$$KH = \frac{M_{t+Dt} - M_t}{Dt} \quad (2)$$

Bu denklemlerde yer alan M , M_b , M_o , M_i , M_{t+dt} sırasıyla, belli bir zamandaki nem içeriğini (g su/g km), başlangıç nem içeriğini (g su/g km), denge nem içeriğini (g su/g km), belli bir t ve $t+dt$ (dk) anlarındaki nem içeriğini (g su/g km) ifade etmektedir (Tüfekçi ve Özkal, 2017). M_e değerinin M ve M_i değerlerinden çok düşük olması nedeniyle denge nem içeriği sıfır olarak kabul edilmektedir (Doymaz, 2004; Kingsly ve Singh, 2007).

Çizelge 1. Karışık sebze pestiline uygulanan ince tabaka kurutma modelleri

Table 1. Thin layer drying models applied to mixed vegetable pestil

Model numarası <i>Model number</i>	Model adı <i>Model name</i>	Model formülü <i>Model equation</i>	Kaynaklar <i>References</i>
1	Page	$MR = \exp(-kt^n)$	(Liu ve ark., 2009)
2	Modifiye Page	$MR = \exp [-(kt)^n]$	(Toğrul, 2006)
3	Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	(Bhattacharya ve ark., 2015)
4	Lewis	$MR = \exp(-kt)$	(Doymaz, 2006)
5	Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	(Evin, 2011)
6	İki Terimli Ekspansiyel	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kat)$	(Ertekin & Yıldız, 2014)
7	Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	(Wang & Sing, 1978)

RMSE (hataların ortalama karekökü), deneysel ve tahmini veriler arasındaki sapmayı göstermektedir. Karışık sebze pestillerinin kurutulmasında, en yüksek korelasyon katsayısına (R^2) ve en düşük RMSE ve ki-kare (χ^2) değerine sahip olan model en uygun model olarak

belirlenmiştir. Bu parametreler aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{\text{exp},i} - MR_{\text{pre},i})^2}{N - n} \quad (4)$$

Burada, $MR_{\text{exp},i}$ deneysel boyutsuz nem oranını, $MR_{\text{est},i}$ tahmini boyutsuz nem oranını, N gözlem sayısını, n ise modeldeki sabitlerin sayısını temsil etmektedir (Avhad ve Marchetti, 2016).

Nem difüzyon katsayısının hesaplanması

Pestil örneklerinde nem difüzyonunun belirlenmesinde Fick' in ikinci kanunundan yararlanılmıştır. Plaka şeklindeki malzemeler için azalan kuruma hızı bölgesinde difüzyon eşitliği için bazı varsayımlar göz önüne alınmaktadır. Bunlar; kurutma işlemi sırasında nem transferinin yalnızca difüzyon ile gerçekleştiği, kuruma sırasında üründe büzüşme olmadığı, ortamdaki basınç ve sıcaklık değişimlerinin ihmal edilebilir düzeyde olduğudur (Süfer ve Palazoğlu, 2019). Sonsuz levha için Fick' in kanunu aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Crank, 1975).

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp\left(-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 D_{\text{eff}} t}{4L^2}\right) \quad (5)$$

burada, D_{eff} nem difüzyon katsayısı (m^2/s), L levhanın yarı kalınlığı (m), ve n pozitif bir tam sayıdır.

Uzun kurutma süreleri için Eşitlik 6 sadeleştirilerek aşağıdaki eşitlik nem difüzyon katsayısının hesaplanmasında kullanılmaktadır (Resi vd., 2017):

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{4L^2}\right) \quad (6)$$

Örneklerin nem difüzyon katsayısı (D_{eff}) kuruma süresine karşılık çizilen $\ln MR$ grafiğinin eğiminden hesaplanmıştır. Bu denklem de aşağıda ifade edilmektedir:

$$D_{\text{eff}} = -\frac{\text{egim}4L^2}{\pi^2} \quad (7)$$

Renk analizi ve kinetik parametrelerin hesaplanması

Karışık sebze pestili örneklerinin renk ölçümleri, CR-5 Konika Minolta renk tayin cihazı (Osaka, Japan) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçülen L^* parametresi açıklık (+) veya koyuluk (-), a^* parametresi kırmızılık (+) veya yeşillik (-) ve b^* parametresi sarılık (+) veya mavilik (-) değerlerini ifade etmektedir. Renk ölçümleri, kurutmadan önce ve kurutma süresince belirli zaman aralıklarında üç tekerrürlü olarak yapılmıştır ve hesaplamalarda ortalama değerler kullanılmıştır. Pestil örneklerinde renk değişim kinetiklerini belirlemek amacıyla sıfırıncı dereceden (Denklem 8) ve birinci dereceden (Denklem 9) reaksiyon kinetik modelleri uygulanmıştır (Maskan, 2001; Dadalı vd., 2007a; Swain vd., 2014; Akar ve Mazı, 2019).

$$C = C_0 \pm k_0 t \quad (8)$$

$$C = C_0 \exp(\pm k_1 t) \quad (9)$$

Burada; C ve C_0 , sırasıyla t . ve 0 . zamandaki renk değerlerini ($L^* a^* b^*$); t , kurutma süresini; k_0 ve k_1 sırasıyla sıfırıncı ve birinci dereceden reaksiyon hız sabitlerini; (+) ve (-) sırasıyla renk değerlerindeki artma ve azalmayı ifade etmektedir.

Mineral Madde Analizi

Mikrodalga fırında (MWS 2 DAP 60 K, Berghof, Germany) 180°C ' de, 3 mL nitrik asit (HNO_3) ve 4 mL hidrojen peroksit (H_2O_2) ilavesi ile yaş yakılan örneklerden (0.5-1.0 gram) elde edilen çözeltilde sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P), manganez (Mn), demir (Fe), çinko (Zn) ve bakır (Cu) mineral maddeleri sırasıyla 589.59, 766.49, 317.93, 285.21, 213.61, 257.61, 238.20, 206.20 ve 327.39 nm dalga boylarında, ICP-OES (Optima 2100 DV, Perkin Elmer, Boston, MA) kullanılarak belirlenmiştir. (Kaçar, 2010).

Tekstür Analizi

Pestil örneklerinde tekstür analizi Boz (2012) yöntemi modifiye edilerek TA.XT 2Plus (Stable Micro Systems, Surrey, UK) marka tekstür analiz

cihazı ile gerçekleştirilmiştir. 4 cm çapında kesilen pestil örneklerinden dört tanesi üst üste yerleştirildikten sonra 35 mm' lik (P/35) silindirik prob kullanılarak iki sıkıştırılmalı TPA (Tekstür Profil Analizi) uygulanmıştır. Tekstür profil analizinin yürütüldüğü koşullar ön deneme sonuçlarına bağlı olarak şu şekilde belirlenmiştir; ön test hızı: 1,00 mm/s, test hızı: 2 mm/s, test sonrası hızı: 2,00 mm/s, mesafe: 4 mm, bekleme süresi: 2 s, tetikleme gücü: 0,1 N. Ardından, sertlik, dış yapışkanlık, elastikiyet, çiğnenabilirlik ve sakızimsılık parametreleri hesaplanmıştır.

İstatistiksel analizler

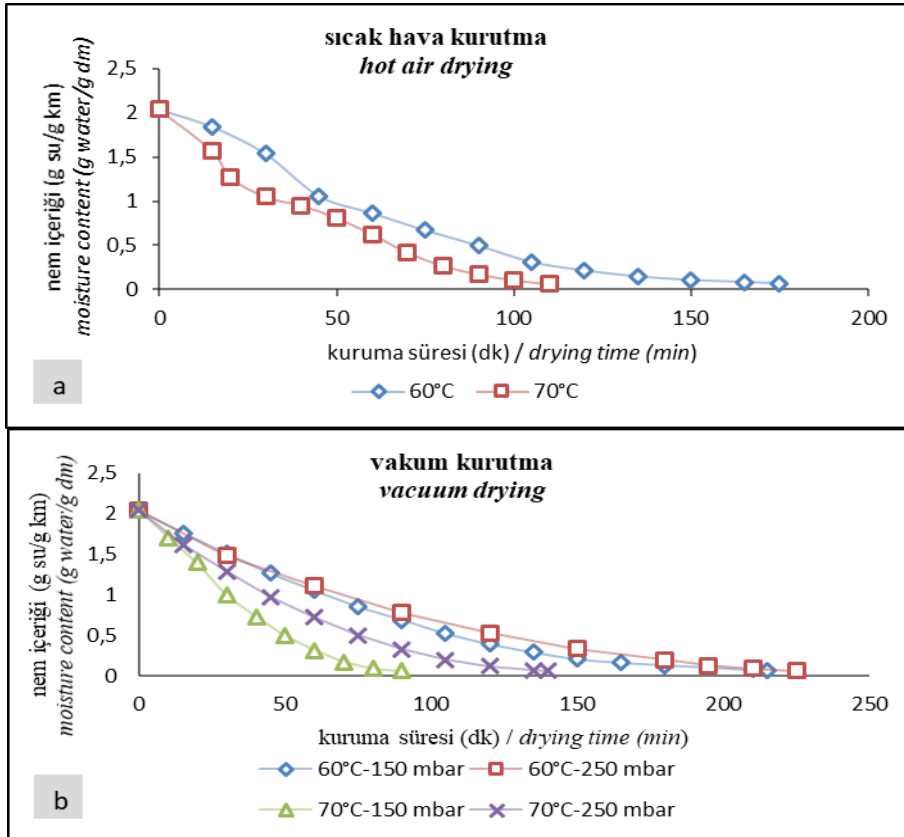
Analiz sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde JMP yazılım programı 6.0 (SAS Institute Inc. NC, 27513) kullanılmıştır. Ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark varsa ($P < 0.05$) LSD (Least Significant Difference) testi uygulanmıştır.

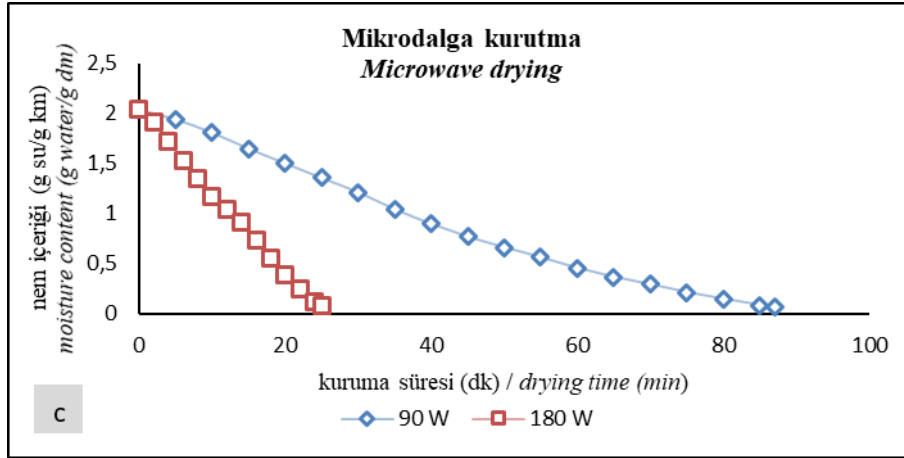
BULGULAR VE TARTIŞMA

Sebze pestilinin kuruma karakteristikleri

Farklı yöntem ve koşullarda kurutulan pestillerin kuruma süresi boyunca nem içeriğindeki değişim Şekil 1' de gösterilmektedir. Kuruma süresi en uzun ve en kısa süren uygulamalar sırasıyla, 60°C-250 mbar vakum (225 dk) ve 180 W (25 dk) mikrodalga kurutma olmuştur.

Vakum kurutma yönteminde aynı sıcaklıkta farklı mutlak basınçta kurutulan örneklerde, mutlak basınçtaki azalma kuruma süresinde düşüne sebep olmuştur. Yöntemler birbirleri ile karşılaştırıldığında mikrodalga kurutma yönteminde kuruma süresi en kısa olmuştur. 70°C' de sıcak havada kurutmak aynı sıcaklıkta 250 mbar' da kurutmaya göre daha kısa sürece de 150 mbar mutlak basınçta kurutmaya göre daha uzun zaman almıştır. Ancak 60°C sıcaklık uygulaması için, vakum kurutma yöntemindeki her iki mutlak basınç seviyesi de sıcak havada kurutmaya göre kuruma süresini azaltmakta etkili olmamıştır. Yöntemler arasındaki bu değişikliklerin nedeni kurutucunun ısı aktarım şekillerinin birbirinden farklı olması ile açıklanabilir.



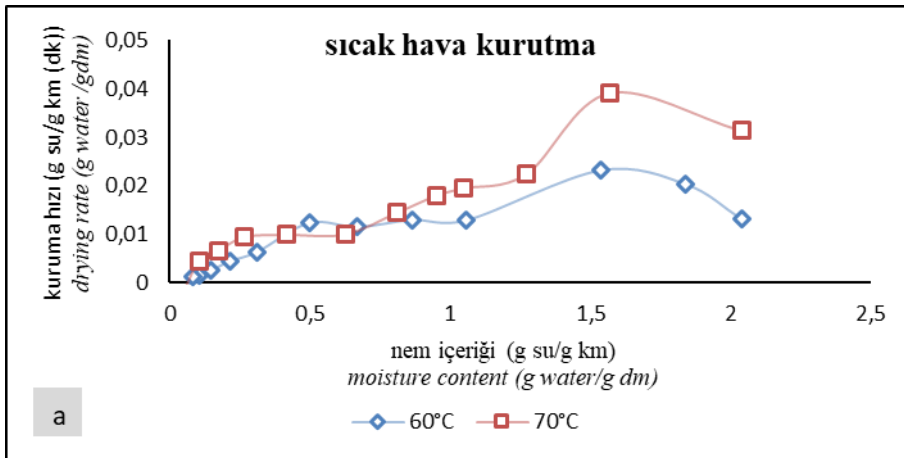


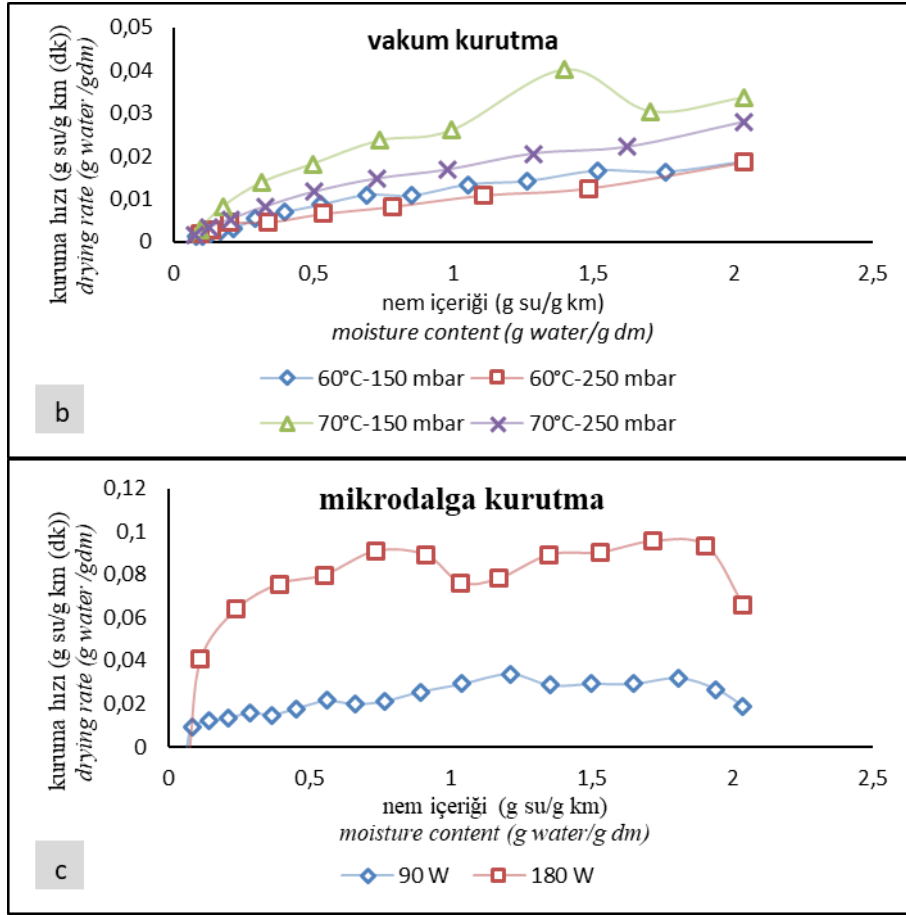
Şekil 1. Karışık sebze pestillerinin nem içeriğinin kuruma süresine bağlı değişimi (a) sıcak hava kurutma (b) vakum kurutma (c) mikrodalga kurutma

Figure 1. Change in moisture content of mixed vegetable pestils depending on drying time (a) hot air drying (b) vacuum drying (c) microwave drying

Sıcak hava, vakum ve mikrodalga kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan örneklerinin kuruma hızları, bu yöntemler için zamana bağlı olarak belirlenmiş olan nem oranlarının kullanımı ile Eşitlik 2' den hesaplanmıştır. Her bir sıcaklık için elde edilen kuruma hız değerleri, örneğin nem içeriğine bağlı olarak Şekil 2' de grafiksel olarak sunulmuştur. Şekil 2 incelendiğinde, sebze pestili örneklerinin kurutulması sırasında tüm kurutma yöntemlerinde yer yer sabit hızda kuruma periyodu ve genellikle azalan hızda kuruma periyodu görülmektedir. Tarımsal ürünlerin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmalar

incelendiğinde, çoğunlukla kurutma azalan hız kuruma periyodunda gerçekleşmiştir (Soysal vd., 2006; Darvishi vd., 2014a; Tüfekçi ve Özkal, 2017; Surendhar vd., 2018; Tekin ve Başlar, 2018). Kurutma işleminde ortam sıcaklığı ve mikrodalga güç seviyesi arttıkça ve ortam mutlak basıncı düştükçe kuruma hızının daha yüksek gerçekleştiği şekillerin incelenmesinden görülmektedir. Ayrıca diğer yöntemlere kıyasla ısı ve kütle transferinin hızlı olması nedeniyle mikrodalga kurutmada en yüksek kuruma hızı gözlenmiştir.





Şekil 2. Karışık sebze pestillerinin nem içeriğine karşılık çizilen kuruma hızı eğrileri (a) sıcak hava kurutma (b) vakum kurutma (c) mikrodalga kurutma

Figure 2. Drying rate curves of mixed vegetable pests versus moisture content (a) hot air drying (b) vacuum drying (c) microwave drying

Kurutma Eğrilerinin Matematiksel Modellerle Uyarlanması

Pestil örneklerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması sırasında elde edilen nem oranı değerlerinin kurutma süresi ile değişimi yedi adet kurutma modeli ile incelenmiştir. Kurutma eğrilerine uygulanan matematiksel modellere ait kurutma katsayıları, R^2 , χ^2 ve RMSE istatistiksel parametreleri Çizelge 2’de gösterilmektedir. Page ve Modifiye Page modelleri, sebze pestili örneklerinin kuruma davranışlarını en iyi ortaya koyan modeller olarak belirlenmiştir. Bu modellere ait hesaplanan en yüksek R^2 ve en düşük χ^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0.9769-0.9971, 0.000177-0.002053 ve 0.003109-0.011212 arasında bulunmuştur.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, Yoğurtçu (2014) farklı mikrodalga güçlerinde (90, 180, 360, 600 W) kuruttukları limonun kuruma karakteristiklerini belirlemek için üç farklı model uygulamış ve Page modelin limonun kuruma davranışlarını temsil eden en iyi model olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Dadalı vd. (2007b), Doymaz (2005) ve Sobukola (2009) bamyanın ve Kumar vd. (2006) soğanın, kurutulmasında elde ettikleri deney sonuçlarını en iyi açıklayan modelin Page ve Modifiye model olduğunu bildirmiştir.

Efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff}) değerleri

Karışık sebze pestilinin farklı kurutma parametrelerine ait efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff}) değerlerinin 2.45×10^{-8} ile 9.93×10^{-8} m^2/s arasında değiştiği hesaplanmıştır (Şekil 3). Bu

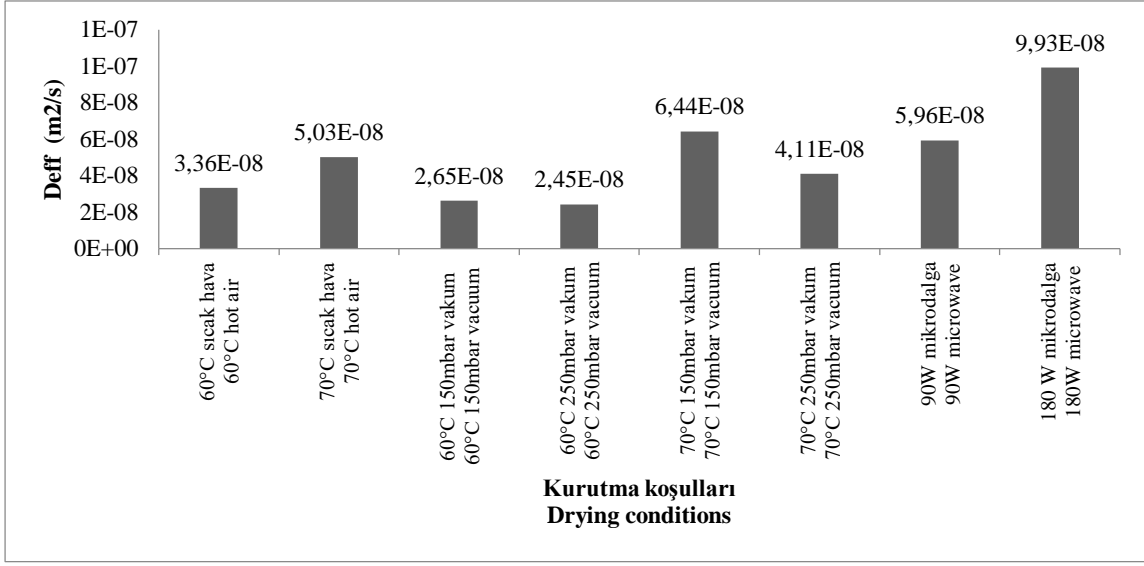
aralık, gıda materyallerinin kurutulmasında nem difüzyon katsayısının genellikle değiştiği aralık olan 10^{-11} - 10^{-6} m²/s arasındadır (Surendhar vd., 2018). D_{eff} değerleri, sıcaklığın (sıcak hava ve vakum kurutmada), mutlak basıncın (vakum kurutmada) ve mikrodalga gücünün (mikrodalga kurumada) artması ile artış göstermiştir. Bu durum yüksek sıcaklıkta ürünün nemin

buharlaşmasının daha kolay olması ile ve kuruma hızındaki artış ile açıklanabilir (Lee ve Zuo, 2013). Literatür incelendiğinde, Oberoi ve Sogi (2015) kavun püresinin (0.35×10^{-8} - 0.87×10^{-8} m²/s) ve Darvishi vd. (2014b) limon dilimlerinin (1.87×10^{-8} - 3.59×10^{-8} m²/s) kurutulmasında benzer sonuçları bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Karışık sebze pestilleri için seçilen kurutma modellerinden elde edilen model katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Table 2. Model coefficients and statistical results acquired from selected drying models for mixed vegetable pestils

Numara		60°C	70°C	60°C	60°C	70°C	70°C	90W	180 W	
Number		sıcak	sıcak	150mbar	250mbar	150mbar	250mbar	mikrodalga	mikrodalga	
		hava	hava	vakum	vakum	vakum	vakum	90W	180 W	
		60°C hot	70°C hot	60°C	60°C	70°C	70°C	microwave	microwave	
		air	air	150mbar	250mbar	150mbar	250mbar			
				vacuum	vacuum	vacuum	vacuum			
1	Model	n	1.4244	1.2170	1.2104	1.1894	1.3795	1.2391	1.4700	1.4799
	katsayıları	k	0.0024	0.0097	0.0050	0.0050	0.0067	0.0071	0.0039	0.0203
	R ²		0.9941	0.9613	0.9971	0.9891	0.9949	0.9934	0.9931	0.9769
	RMSE		0.005691	0.013202	0.003109	0.006247	0.004744	0.005312	0.004660	0.011212
	X ²		0.000498	0.002510	0.000177	0.000488	0.000281	0.000379	0.000461	0.002053
2	Model	n	1.4244	1.2170	1.2104	1.1894	1.3795	1.2391	1.4700	1.4799
	katsayıları	k	0.0144	0.0221	0.0125	0.0115	0.0266	0.0185	0.0229	0.0719
	R ²		0.9941	0.9613	0.9971	0.9891	0.9949	0.9934	0.9931	0.9769
	RMSE		0.005691	0.013202	0.003109	0.006247	0.004744	0.005312	0.004660	0.011212
	X ²		0.000498	0.002510	0.000177	0.000488	0.000281	0.000379	0.000461	0.002053
3	Model	k	0.0287	0.0344	0.0240	0.0187	0.0488	0.0353	0.0431	0.1282
	katsayıları	a	1.7109	1.4121	1.7891	1.4396	1.5781	1.7746	1.6824	1.5574
		c	0.0342	0.0291	0.0358	0.0319	0.0321	0.0319	0.0322	0.0354
	R ²		0.9407	0.9099	0.9105	0.9227	0.9039	0.8758	0.8448	0.8071
	RMSE		0.061480	0.042695	0.059857	0.050614	0.065563	0.079364	0.048265	0.052896
X ²		0.063878	0.029166	0.070554	0.036597	0.061408	0.095268	0.052560	0.049856	
4	Model	k	0.0186	0.0268	0.0148	0.0137	0.0345	0.0226	0.0249	0.0941
	katsayıları									
	R ²		0.9753	0.9224	0.9816	0.9624	0.9470	0.9644	0.9335	0.8146
	RMSE		0.021899	0.023434	0.014303	0.017240	0.029042	0.020424	0.018087	0.035009
	X ²		0.006754	0.007189	0.003492	0.003302	0.009371	0.005047	0.006561	0.018479
5	Model	k	0.0207	0.0310	0.0163	0.0151	0.0397	0.0253	0.0367	0.1192
	katsayıları	a	1.2978	1.3769	1.2432	1.2740	1.3915	1.3181	1.5282	1.5635
	R ²		0.9894	0.9462	0.9920	0.9741	0.9706	0.9798	0.9246	0.8675
	RMSE		0.024500	0.037417	0.017855	0.030039	0.042440	0.032013	0.035899	0.050790
	X ²		0.009222	0.020160	0.005829	0.011279	0.022514	0.013778	0.027367	0.042134
6	Model	k	0.0132	0.0196	0.0105	0.0097	0.0251	0.0161	0.0229	0.0740
	katsayıları	a	0.5648	0.5793	0.5542	0.5603	0.5819	0.5686	0.6045	0.6099
	R ²		0.9894	0.9462	0.9920	0.9741	0.9706	0.9798	0.9246	0.8675
	RMSE		0.037548	0.032798	0.035960	0.043020	0.034985	0.037276	0.021920	0.024726
	X ²		0.021660	0.015490	0.023645	0.023134	0.015300	0.018681	0.010203	0.009986
7	Model	b	0.00004	0.00007	0.00002	0.00002	0.00007	0.00003	0.00002	0.00020
	katsayıları	a	-0.0103	-0.0143	-0.0091	-0.0084	-0.0175	-0.0132	-0.0091	0.0408
	R ²		0.9868	0.8349	0.9966	0.9482	0.8734	0.9858	0.8520	0.9181
	RMSE		0.059339	0.040485	0.008473	0.014792	0.011579	0.017324	0.054715	0.012758
	X ²		0.054096	0.023602	0.001313	0.002735	0.001676	0.004035	0.063573	0.002658

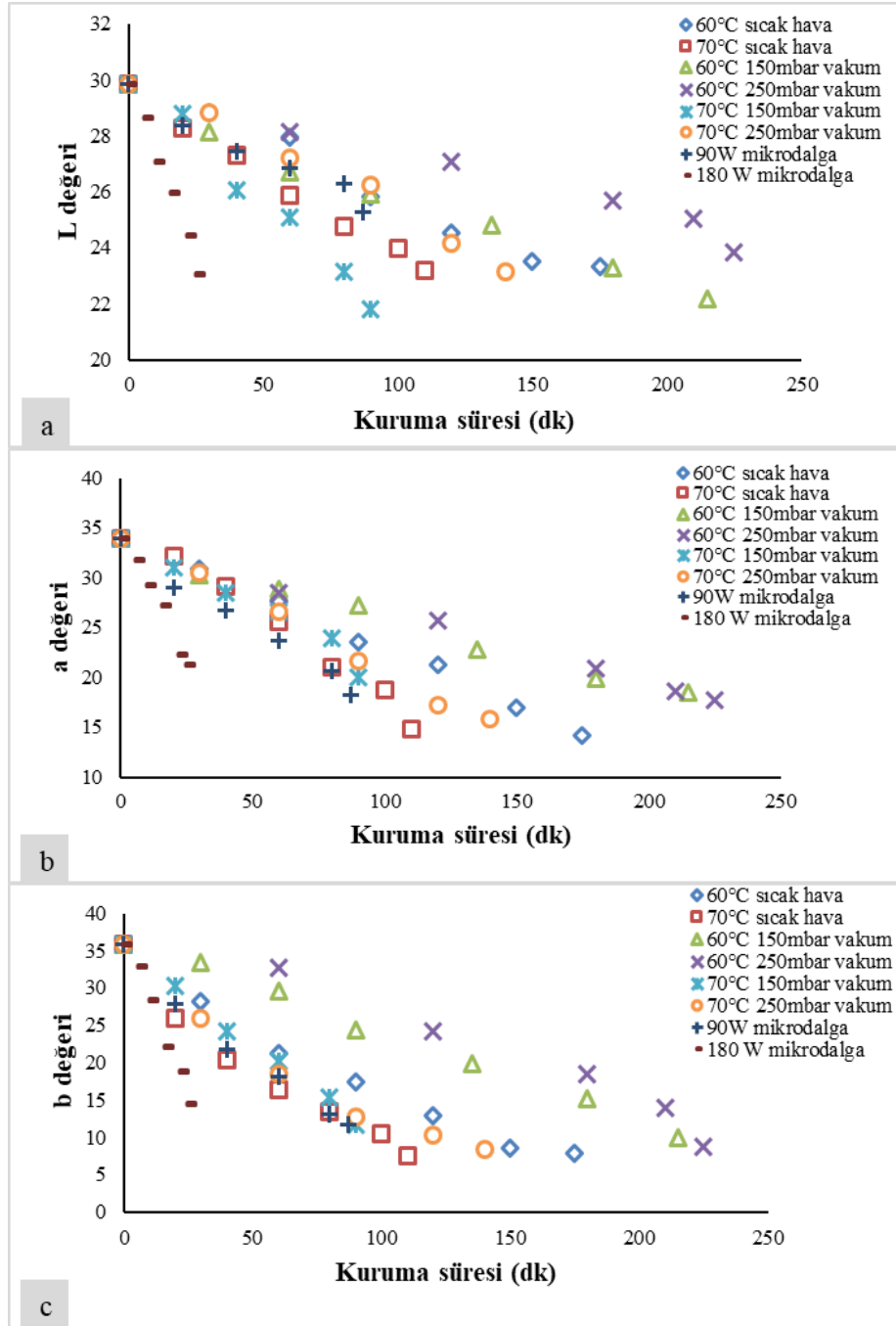


Şekil 3. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan karışık sebze pestillerine ait D_{eff} değerlerindeki değişim
 Figure 3. Change in D_{eff} values of mixed vegetable pests dried with different methods

Renk değişim kinetiği

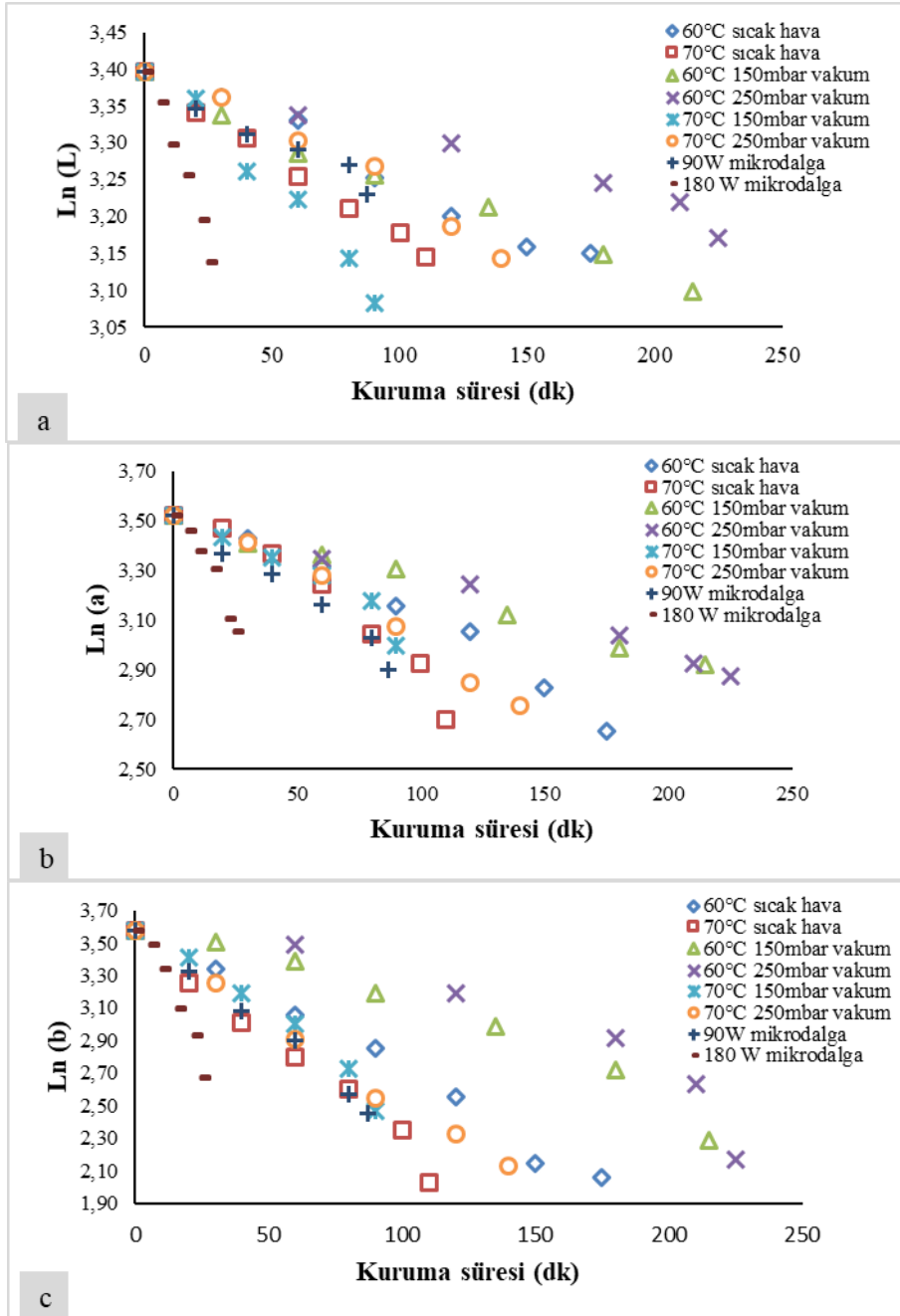
Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş karışık sebze pestilinin renk değişim kinetikleri Şekil 4' te gösterilmektedir. Şekil 4a ve 5a'da, L^* değerinin kuruma süresi ile azaldığı görülmektedir. Karışıma ait L^* değeri 29.87 iken farklı kurutma koşulları uygulandığında 21.82 (70°C 150mbar vakum kurutma) ile 25.27 (90W mikrodalga kurutma) arasında değişmiştir. L^* renk değerinin azalması, pestil örneklerinin kurutma ile daha koyu bir renk aldığı ifade etmektedir. Karışık sebze pestillerinin parlaklığındaki bu düşüş kurutma ile birlikte enzimatik olmayan Maillard renk esmerleşmesinin görülmesi ile açıklanabilir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde; benzer şekilde Maskan (2001), Dadalı vd. (2007a), Swain vd. (2014), Lixia vd. (2015) ve Song vd. (2017) kurutmada sonra L^* renk değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. a^* renk değeri ile ilgili sonuçlar Şekil 4b ve 5b' de sunulmuştur. Kurutma öncesi pestil karışımının 33.94 olan a^* değeri, kurutma sonunda azalma göstermiş olup, bu değerler kurutma koşullarına bağlı olarak 60°C sıcak havada kurutma ve 180 W mikrodalga kurutma

için sırasıyla 14.21 - 21.22 arasında değişiklik göstermiştir. Dolayısıyla, a^* renk değerinin en fazla 60°C sıcak havadan etkilenirken, en az 180 W mikrodalga ile kurutmada etkilendiği görülmektedir. Bu durum 60°C sıcak havada kurutmanın 180 W mikrodalga kurutmaya göre oldukça uzun sürmesi ile açıklanabilir. Benzer şekilde, mango püresine farklı sıcaklıklarda ısıl işlem uygulayan Ahmed vd. (2002), sıcaklığın artması ile birlikte örneklerin L^* ve a^* renk değerlerinde bir azalma olduğunu ve ürünlerin renginin kahverengiye döndüğünü gözlemlenmiştir. Farklı koşullarda kurutulan karışık sebze pestillerinin b^* renk değerleri de kurutma süresi ile azalmış ve 180 W mikrodalgada kurutulan örneklerde en yüksek b^* değeri (14.43) elde edilirken, en düşük değer 70°C' de sıcak havada kurutulan örneklerde görülmüştür (Şekil 4c ve Şekil 5c). Bu durum karotenoid pigmentlerin yüksek sıcaklıkta uzun süre kurutma sonucunda yıkıma uğraması ve ürünün sarı rengini kaybetmesi ile açıklanabilir (Singleton vd., 1961; Chen vd., 1995).



Şekil 4. Farklı kurutma koşullarında kurutulan karışık sebze pestillerinin sıfırncı dereceden reaksiyon modeline göre renk değişim kinetikleri

Figure 4. Kinetics of colour value changes according to zero order reaction model in mixed vegetable pestils dried with different methods



Şekil 5. Farklı kurutma koşullarında kurutulan karışık sebze pestillerinin renk değişim kinetikleri: birinci dereceden reaksiyon modeli

Figure 5. Kinetics of colour value changes according to first order reaction model in mixed vegetable pestils dried with different methods

Karışık sebze pestillerinin renk değişim kinetiklerini belirlemek için sıfırncı ve birinci dereceden reaksiyon modelleri uygulanmıştır ve bu modellere ait kinetik parametreler Çizelge 3' te

gösterilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde L^* renk değerinin hem sıfırncı hem de birinci dereceden reaksiyon modeline uyum sağladığı ve a^* değerinin renk değişim kinetiğini en iyi sıfırncı

dereceden reaksiyon modelinin ortaya koyduğu görülmektedir. L^* renk değeri için, her iki modelin de R^2 değerleri birbirinden önemli ölçüde farklı olmadığından dolayı birinin diğerinden daha iyi sonuç verdiğini söyleyebilmek olanaksızdır. b^* renk değerini en iyi tanımlayan reaksiyon modelleri, uygulanan kurutma koşullarına göre değişiklik göstermiş olup, sıcak hava kurutma yöntemi ve 70°C 250mbar vakum uygulaması için en iyi reaksiyon modeli sıfırıncı derecen ve diğer vakum kurutma koşulları (70°C 250mbar vakum uygulaması dışındaki) ile mikrodalga kurutma

yöntemi için birinci dereceden reaksiyon modeli en iyi sonuçları vermiştir. Farklı tarımsal ürünlerin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Maskan (2001) ve Akar ve Mazı (2019) kivi meyvesinin L^* değerini, sıfırıncı ve birinci dereceden, Jaiswal ve Abu-Ghannam (2013) kabağın a^* ve b^* renk değerlerini sıfırıncı dereceden, Swain vd. (2014) sarı tatlı biberin a^* renk değerini sıfırıncı dereceden, L^* ve b^* renk değerini birinci dereceden reaksiyon modellerinin en iyi tanımladığını bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Farklı kurutma koşullarında kurutulmuş karışık sebze pestilinin renk parametrelerine ait kinetik veriler

Table 3. The kinetic parameters for colour values of mixed vegetable pestils dried with different methods

Renk parametreleri Colour parameters	Kurutma koşulları Drying conditions	Sıfırıncı dereceden reaksiyon modeli Zero order reaction model			Birinci dereceden reaksiyon modeli First order reaction model		
		$k_0(\text{dk}^{-1})$ $k_0(\text{min}^{-1})$	C_0	R^2	$k_1(\text{dk}^{-1})$ $k_1(\text{min}^{-1})$	C_0	R^2
L^*	60°C sıcak hava	0.0408	29.9200	0.9744	0.0016	3.4028	0.9762
	70°C sıcak hava	0.0586	29.6150	0.9935	0.0022	3.3919	0.9962
	60°C 150mbar vakum	0.0337	29.2760	0.9821	0.0013	3.3810	0.9896
	60°C 250mbar vakum	0.0244	29.8500	0.9795	0.0009	3.3991	0.9728
	70°C 150mbar vakum	0.0890	30.0990	0.9855	0.0035	3.4110	0.9814
	70°C 250mbar vakum	0.0483	30.1250	0.9894	0.0018	3.4102	0.9827
	90W mikrodalga	0.0465	29.5800	0.9616	0.0017	3.3883	0.9625
	180 W mikrodalga	0.2649	29.9900	0.9893	0.0100	3.4054	0.9846
a^*	60°C sıcak hava	0.1134	34.1870	0.9971	0.0049	3.5795	0.9775
	70°C sıcak hava	0.1726	35.1610	0.9819	0.0072	3.6061	0.9464
	60°C 150mbar vakum	0.0717	33.1960	0.9856	0.0029	3.5233	0.9796
	60°C 250mbar vakum	0.0704	33.5430	0.9937	0.0028	3.5364	0.9886
	70°C 150mbar vakum	0.1406	34.1400	0.9676	0.0052	3.5475	0.9372
	70°C 250mbar vakum	0.1358	34.2410	0.9949	0.0057	3.5714	0.9851
	90W mikrodalga	0.1673	33.3820	0.9867	0.0066	3.5285	0.9775
	180 W mikrodalga	0.5255	34.5560	0.9823	0.0194	3.5602	0.9670
b^*	60°C sıcak hava	0.1603	33.1550	0.9635	0.0090	3.6050	0.9913
	70°C sıcak hava	0.2324	32.1810	0.9482	0.0129	3.5575	0.9833
	60°C 150mbar vakum	0.1217	36.3550	0.9954	0.0058	3.6823	0.9625
	60°C 250mbar vakum	0.1173	37.8820	0.9667	0.0056	3.7422	0.8718
	70°C 150mbar vakum	0.2611	35.5660	0.9966	0.0119	3.6368	0.9742
	70°C 250mbar vakum	0.1918	32.6500	0.9408	0.0104	3.5560	0.9952
	90W mikrodalga	0.2679	34.2080	0.9934	0.0127	3.5905	0.9827
	180 W mikrodalga	0.8639	36.7710	0.9861	0.0358	3.6565	0.9619

Mineral madde analizi

Karışık sebze pestili örneklerine ve kurutma öncesi karışıma ait mineral madde değerleri Çizelge 4’ te sunulmuştur. Çizelgeden görüldüğü gibi pestil örnekleri iyi bir mineral kaynağı olarak düşünülmektedir. Tüm pestil örneklerinin mineral madde değerleri kurutma öncesi karışımın mineral madde değerlerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum kurutma sonucunda örneklerin kuru maddesindeki artış ile birlikte element konsantrasyonlarındaki artışa dayandırılmaktadır. Bu sonuçlara benzer olarak Suna vd. (2014) güneşte, vakumda ve mikrodalgada kuruttukları kayısı örneklerinin K, Ca, Mg ve Zn mineral madde değerlerini, kurutulmamış taze örneklerle göre daha yüksek bulmuşlardır. Sebze pestillerinde Na değerleri incelendiğinde en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla 70°C 150mbar vakum (1111.75±57.17 mg/kg) ve 90W mikrodalga (1000.78±40.69 mg/kg) kurutma yöntemlerinden elde edilmiştir. Tüm pestil örneklerinin Na değerleri organik mango, şeftali, enginar püresi içeren ev yapımı meyve pestili (180 mg/kg) örneğinden (USDA, 2019a) yüksek, ticari meyve pestilinden (3170 mg/kg) düşük bulunmuştur (USDA, 2019b).

Karışık sebze pestili örneklerinin K değerleri 3427.95±222.17 – 4959.38±140.53 mg/kg arasında bulunmuştur. Pestil örneklerinin K, P, Mn, Fe, Zn ve Cu mineral madde değerleri en yüksek 180 W mikrodalga uygulaması sonucunda elde edilmiştir. Bu örneklerin Ca ve Mg değerlerinde en düşük ve en yüksek kayıplar sırasıyla 70°C 150mbar vakum ve 60°C 150mbar vakum kurutma yöntemleri sonucunda ortaya konmuştur. Ayrıca pestil örneklerinde Na değerleri Cagindi ve Otles (2005)’ in kayısı pestili örnekleri ile uyum içerisinde olup üzüm ve dut pestili örneklerinden yüksek bulunmuştur.

100 g karışık sebze pestilleri (her bir mineral maddenin tüm kurutma parametrelerindeki ortalama değerleri alındığında) tavsiye edilen diyet referans alımı (DRIs) için Na’ un % 69.33’ ünü; K’ un % 91.09’ unu; Ca’ un % 113.28’ ini; Mg’ un % 76.07’ sini; P’ un % 82.92’ sini; Mn’ in % 98.69’ unu; Fe’ in % 99.00’ unu; Zn’ nun % 43.45’ ini; Cu’ ın % 223.33’ ünü karşılamaktadır (National Institutes of Health, 2019).

Çizelge 4. Havuç + kırmızı biber pestili örneklerine ait mineral madde değerleri (mg/kg)

Table 4. The mineral contents of mixed vegetable pestils (mg/kg)

Kurutma parametreleri Drying condition	Na	K	Ca	Mg	P	Mn	Fe	Zn	Cu
Kurutulmamış karışım Non-dried mixture	318.41±27.04 c	1080.60±128.87 g	214.41±9.24 g	89.07±1.76 e	167.43±6.62 g	0.91±0.04 e	2.78±0.13 i	1.80±0.06 g	0.59±0.06 c
60°C sıcak hava 60°C hot air	1048.16±95.52 ab	3427.95±222.17 f	645.19±51.63 d	277.14±6.57 cd	511.15±8.51 f	2.60±0.15 a	3.68±0.17 h	3.53±0.38 f	2.06±0.27 b
70°C sıcak hava 70°C hot air	1017.05±36.10 b	4198.58±127.94 c	596.16±6.78 ef	274.10±11.04 cd	553.62±34.25 d	2.08±0.13 b	8.16±0.08 d	4.06±0.23 e	1.82±0.13 b
60°C 150mbar vakum 60°C 150mbar vacuum	987.84±70.33 b	3910.82±31.86 d	569.52±8.35 f	270.20±10.61 d	519.50±11.71 ef	2.14±0.10 b	4.85±0.10 g	3.61±0.12 ef	2.02±0.26 b
60°C 250mbar vakum 60°C 250mbar vacuum	1011.06±12.04 b	4713.42±147.13 b	620.85±11.71 de	315.68±3.60 b	647.55±6.22 b	2.23±0.11 b	9.38±0.07 c	4.65±0.33 d	1.94±0.06 b
70°C 150mbar vakum 70°C 150mbar vacuum	1111.75±57.17 a	4756.10±114.01 ab	4302.94±13.92 a	353.80±3.99 a	605.02±5.28 c	2.18±0.17 b	7.16±0.40 f	5.38±0.46 bc	1.94±0.14 b
70°C 250mbar vakum 70°C 250mbar vacuum	1021.50±26.23 b	4601.23±71.67 b	959.60±19.80 b	303.59±7.00 b	574.26±33.02 cd	2.16±0.15 b	10.13±0.19 b	5.81±0.18 ab	1.89±0.07 b
90W mikrodalga 90W microwave	1000.78±40.69 b	3682.77±88.88 e	644.67±5.89 d	286.78±9.48 c	551.28±12.68 de	2.10±0.07 b	7.61±0.05 e	5.10±0.47 cd	1.80±0.10 b
180W mikrodalga 180W microwave	1121.65±17.02 a	4959.38±140.53 a	723.47±28.71 c	352.84±13.89 a	681.17±21.05 a	2.65±0.08 a	12.37±0.25 a	6.13±0.26 a	2.60±0.13 a
DRIs	1500	4700	1000	400	700	2.3	8	11	0.9

^{a-1} Aynı sütunda kurutma parametreleri arasındaki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$)

*Diyet referans alımı-DRIs: 19-30 yaş aralığındaki erkek grubu referans alınmıştır.

^{a-1} Different letters between drying parameters are statistically significant in the same column ($P < 0.05$)

*Dietary reference intake-DRIs: The men between the age of 19-30 were taken as reference

Tekstür analizi

Karışık pestili örneklerinin tekstürel özellikleri üzerine kurutma parametrelerinin etkileri Çizelge 5' te gösterilmektedir. Bu çizelge incelendiğinde

sertlik, dış yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik bakımından pestil örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ($P < 0.05$).

Çizelge 5. Karışık sebze pestillerine ait tekstür değerleri
Table 5. The texture values of mixed vegetable pestils

Kurutma parametreleri Drying condition	Sertlik (g) Hardness (g)	Dış yapışkanlık (g×s) Adhesiveness (g×s)	Elastikiyet (mm) Springiness (mm)	Sakızimsılık (g) Gumminess (g)	Çiğnenebilirlik (g×mm) Chewiness (g×mm)
60°C sıcak hava 60°C hot air	18099.18±25.67 e	-161.23±9.76 e	0.45±0.01 b	15791.15±707.78 d	6914.83±106.27 d
70°C sıcak hava 70°C hot air	25883.18±702.13 c	-142.98±7.62 f	0.49±0.01 b	21848.26±782.92 c	11070.47±892.15 c
60°C 150mbar vakum 60°C 150mbar vacuum	20503.35±928.62 d	-264.98±11.81 c	0.52±0.01 ab	15998.50±585.46 d	7463.61±122.91 d
60°C 250mbar vakum 60°C 250mbar vacuum	18066.31±63.21 e	-288.70±8.08 b	0.48±0.01 b	13706.72±444.86 e	6984.03±70.82 d
70°C 150mbar vakum 70°C 150mbar vacuum	37607.84±509.07 a	-178.55±8.82 d	0.59±0.01 a	31681.03±905.49 a	18826.49±684.11 a
70°C 250mbar vakum 70°C 250mbar vacuum	26489.01±1354.32 c	-193.04±3.20 d	0.46±0.14 b	22661.22±1055.07 c	12052.53±372.69 c
90W mikrodalga 90W microwave	34476.60±1169.98 b	-409.30±15.22 a	0.49±0.01 b	28109.84±704.81 b	14537.53±1357.51 b
180W mikrodalga 180W microwave	38724.43±1085.42 a	-275.89±6.14 bc	0.58±0.01 a	30475.22±591.78 a	18826.49±684.11 a

^{a-f} Aynı sütunda kurutma parametreleri arasındaki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$)

^{a-f} Different letters between drying parameters are statistically significant in the same column ($P < 0.05$)

Pestil örneklerinin sertlik değerleri 18066.31 - 38724.43 g arasında bulunmuştur. En yüksek sertlik değeri 180 W mikrodalga kurutmada elde edilirken en düşük 60°C 250 mbar vakum kurutma koşulunda bulunmuştur. Sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerinde yüksek kurutma sıcaklığı, vakum kurutma yönteminde düşük mutlak basınç ve mikrodalga kurutma yönteminde yüksek mikrodalga gücü örneklerin sertlik değerlerinde artışa neden olmuştur. Bu sonuçlara paralel olarak Göksel vd. (2013) üzüm pekmezinden hazırladıkları köfter örneklerinde yüksek sıcaklıkta kurutmanın daha sert ürün elde edilmesine sebebiyet verdiğini bildirmiştir. Ayrıca, Suna ve Özkan-Karabacak (2019) yaptıkları çalışmada; dut pestili örneklerinde yüksek sıcaklıkta sıcak hava ve vakumda kurutmanın ve yüksek mikrodalga gücünde mikrodalgada kurutmanın ürünün sertliğinde artışa sebep olduğunu belirtmiştir.

Negatif bir kuvvet olan dış yapışkanlık yemek sırasında dişlere tutunan gıdanın ayrılması için gerekli olan gücü göstermektedir. Göksel vd.

(2013) pestillerin dış yapışkanlık değerinin, iç ve dış yapışkanlık gücünden, viskozite ve viskoelastisite özelliklerinden etkilendiğini bildirmiştir. Karışık sebze pestili örnekleri için en yüksek dış yapışkanlık değeri, 90 W mikrodalga (409.30 g.s) kurutma koşulundan elde edilmiştir. Sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerinde yüksek kurutma sıcaklığı, vakum kurutma yönteminde düşük mutlak basınç ve mikrodalga kurutma yönteminde yüksek mikrodalga gücü pestil örneklerinin dış yapışkanlık değerlerinde azalma ile sonuçlanmıştır.

Elastikiyet değeri, gıda materyalinin ilk sıkıştırma sırasında deforme olduktan sonra orijinal durumuna geri dönme hızını ve derecesini temsil etmektedir (Huang vd., 2007; Szczesniak, 2002).

Pestil örneklerinin sıcak hava ile kurutulmasında kurutma sıcaklığının artması ürünün elastikiyetini istatistiksel olarak değiştirmemiştir ($P > 0.05$). Göksel vd. (2013) nişasta konsantrasyonu ve kurutma sıcaklığındaki artışın köfter örneklerinin elastikiyetini artırdığını bildirmiştir. Karışık sebze

pestillerinde elastikiyet değerleri 0.45-0.59 aralığında bulunmuştur. Bu sonuçlar Boz (2014)' un dut pestili ve Tontul ve Topuz (2017)' un nar pestili için bildirdikleri elastikiyet sonuçları ile uyum göstermektedir.

Çiğnenebilirlik yarı katı bir gıdayı çiğneyip yutmaya hazır hale getirmek için gerekli olan enerjiyi kapsamaktadır. Ayrıca çiğnenebilirlik sertlik, kohesivlik ve elastikiyetin çarpımı ile hesaplanmaktadır. Bu nedenle sertliği etkileyen parametreler bu özelliğin belirlenmesinde önemlidir. Bu durumu destekleyecek şekilde çiğnenebilirlik ve sakızimsılık kurutma yöntem ve koşulları bakımından sertlik sonuçları ile uyum göstermektedir (Çizelge 5). Elde edilen sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında, Tontul ve Topuz (2017) sıcak havada kurutulan nar pestillerinin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin kurutma sıcaklığı ile artış gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca, Suna ve Özkan Karabacak (2019) sıcak hava ve vakumda kurutma yöntemlerinde artan kurutma sıcaklığının ve mikrodalga kurutmada artan mikrodalga gücünün dut pestillerinin sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızimsılık değerlerini artırdığı sonucuna varmışlardır. Buna ek olarak Teng vd. (2011) yaptıkları çalışmada, kurutma sırasında nişasta konsantrasyonundaki ve kurutma sıcaklığındaki artışın nişasta-şeker katkılı jel numunelerini daha sakızimsı hale getirdiğini bildirmiştir.

SONUÇ

Bu çalışma ile üç farklı yöntem (sıcak hava, vakum ve mikrodalga kurutma) kullanılarak kurutulan karışık sebze pestillerinin kurutma karakteristikleri matematiksel olarak modellenerek, renk değişim kinetikleri, mineral madde içerikleri ve tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Kuruma hızı en yüksek ve kuruma süresi en kısa olan koşul, 180 W gücünde uygulanan mikrodalga kurutma olarak belirlenmiştir. Uygulanan yedi farklı kurutma modeli arasında Page ve Modifiye Page sebze pestillerinin kuruma davranışlarını en iyi açıklayan modeller olarak seçilmiştir. Fick' in ikinci difüzyon yasasına göre hesaplanan D_{eff} değerleri 2.45×10^{-8} ile 9.93×10^{-8} m^2/s arasında bulunmuştur. Bu değerler sıcaklık (sıcak hava ve vakum kurutmada) ile mikrodalga gücündeki

(mikrodalga kurutmada) artma ve mutlak basıncıdaki (vakum kurutmada) azalma ile birlikte artış göstermiştir. Örneklerin renk değişim kinetiğini belirlemek amacıyla uygulanan sıfıncı ve birinci dereceden reaksiyon modellerinin her ikisine de L^* değeri uyum sağlamıştır. a^* renk değerini sıfıncı dereceden reaksiyon modeli daha iyi tanımlarken, b^* değerinin uyum gösterdiği kinetik model kurutma koşullarına göre değişmiştir. Pestil örneklerinin tekstürel özellikleri uygulanan kurutma yöntemlerindeki sıcaklık, mutlak basınç ve mikrodalga gücü gibi parametrelerden etkilenmiştir. Sonuç olarak, havuç ve kırmızı biber sebzelerinin karışımı ile hazırlanan pestiller analiz edilen makro ve mikro elementlerin günlük diyet referans alımlarını (DRI) karşılayan sağlıklı bir atıştırılabilir gıda olarak kabul edilebilir. Farklı parametrelerde kullanılan üç farklı kurutma yöntemi arasında, daha kısa sürede kurutma sağlayan ve ürün kalitesi, mineral madde ve tekstür özellikleri bakımından iyi sonuçlar veren mikrodalga kurutma yöntemi en uygulanabilir yöntem olarak belirtilebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Azime ÖZKAN KARABACAK, analizlerin takibi, değerlendirilmesi ve yazımını sağlamıştır. Ömer Utku ÇOPUR, araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesini sağlamıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamışlardır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından DDP(Z)-2018/7 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Ahmed, J., Shivhare, U.S., Kaur, M. (2002). Thermal colour degradation kinetics of mango puree. *Int J Food Prop*, 5(2): 359-366, <https://doi.org/10.1081/JFP-120005791>

- Akar, G., Mazı, I.B. (2019). Color change, ascorbic acid degradation kinetics, and rehydration behavior of kiwifruit as affected by different drying methods, *J Food Process Eng*, 42(3): e13011, <https://doi.org/10.1111/jfpe.13011>
- Alasalvar, C., Al-Farsi, M., Quantick, P.C., Shahidi, F., Wiktorowicz, R. (2005). Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. *Food Chem*, 89(1): 69-76, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.013>
- Arpacı, B.B. (2009). Phytophthora Capsici'ye dayanıklı biber hatlarının ve melezlerinin Kahramanmaraş koşullarındaki arazi dayanıklılıkları ile verim ve kaliteleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, Türkiye, 203 s.
- Avhad, M.R., Marchetti, J.M. (2016). Mathematical modelling of drying kinetics of Hass avocado seeds. *Ind Crops Prod*, 91: 76-87, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.06.035>
- Batu, A., Kaya, C., Çatak, J., Şahin, C. (2007). Pestil üretim tekniği. *GTED*, 1: 71-81.
- Bhattacharya, M., Srivastav, P.P., Mishra, H.N. (2015). Thin-layer modeling of convective and microwave-convective drying of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*), *J Food Sci Technol*, 52(4): 2013-2022, <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1209-2>
- Boz, H. (2014). Dut pestilinin kimyasal, dokusal ve duyuşal özelliklerine buğday unu, sakkaroz şurubu, glikoz şurubu ve pişirme süresinin etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Erzurum, Türkiye, 194 s.
- Boz, H., Karaoğlu, M.M., Kaban, G. (2016). The effects of cooking time and sugar on total phenols, hydroxymethylfurfural and acrylamide content of mulberry leather (pestil). *Qual Assur Saf Crop*, 8(4): 493-500, <https://doi.org/10.3920/QAS20.14.0558>
- Cagindi, O., Otles, S. (2005). Comparison of some properties on the different types of pestil: a traditional product in Turkey. *Int J Food Sci Tech*, 40: 897-901, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00962.x>
- Chen, H.E., Peng, H.Y., Chen, B.H. (1995). Changes of carotenoids, color and vitamin A contents during processing of carrot juice. *J Agric Food Chem*, 43(7): 1912-1918., <https://doi.org/10.1021/jf00055a029>
- Chowdhury, M.M.I., Bala, B.K., Haque, M.A. (2011). Energy and exergy analysis of the solar drying of jackfruit leather, *Biosyst Eng*, 110(2): 222-229, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.08.011>
- Compaore, A., Putranto, A., Dissa, A.O., Ouoba, S., Remond, R., Rogauame, Y., Zoulalian, A., Bere, A., Koulidiati, J. (2019). Convective drying of onion: modelling of drying kinetics parameters, *J Food Sci Technol*, 56 (7): 3347-3354, <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03817-3>
- Crank, J. (1975). *The mathematics of diffusion*. 2nd Edition, Oxford University Press, London, U.K.
- Dadalı, G., Demirhan, E., Özbek, B. (2007a). Color change kinetics of spinach undergoing microwave drying. *Drying Technol*, 25: 1713-1723, <https://doi.org/10.1080/07373930701590988>
- Dadalı, G., Kılıç Apar, D., Özbek, B. (2007b). Microwave drying kinetics of okra. *Drying Technol*, 5: 917-924, <https://doi.org/10.1080/07373930701372254>
- Darvishi, H., Asl, A.R., Asghari, A., Azadbakht, M., Najafi, G., Khodaei, J. (2014a). Study of the drying kinetics of pepper, *J Saudi Soc Agric Sci*, 13(2): 130-138, <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.03.002>
- Darvishi, H., Khoshtaghaza, M.H., Minaei, S. (2014b). Drying kinetics and color change of lemon slices. *Int Agrophys*, 28:1-6, <https://doi.org/10.2478/intag-2013-0021>
- Doymaz, I. (2004). Effect of pre-treatments using potassium metabisulphite and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots, *Biosyst Eng*, 89(3): 281-287, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.07.009>

- Doymaz, I. (2005). Drying characteristics and kinetics of okra. *J Food Eng*, 69(3): 275–279, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.019>
- Doymaz, I. (2006). Drying kinetics of black grapes treated with different solutions, *J Food Eng*, 76(2): 212–217, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.009>
- Erdoğan, B. (2013). Kırmızı biber salçası üretimi süresince antioksidan özelliklerdeki değişim. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Samsun, Türkiye, 128 s.
- Ertekin, C., Yaldiz, O. (2014). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model, *J Food Eng*, 63(3): 349–359, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.08.007>
- Evin, D. (2011). Microwave drying and moisture diffusivity of White mulberry: experimental and mathematical modelling, *J Mech Sci Technol*, 25: 2711–2718. <https://doi.org/10.1007/s12206-011-0744-x>
- Göksel, M., Dogan, M., Toker, O.S., Ozgen, S., Sarioglu, K., Oral, R.A. (2013). The effect of starch concentration and temperature on grape molasses: Rheological and textural properties. *Food Bioprocess Tech*, 6: 259–271, <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0705-5>
- Gupta, K., Alam, M.S. (2014). Modeling of thin layer drying kinetics of grape juice concentrate and quality assessment of developed grape leather, *E-j. – CIGR*, 16(2): 196–207.
- Gupta, S., Gupta, S.N., Gupta, N., Jaggi, S. (2016). Economic analysis of pumpkin and papaya as fruit leathers and their utilization as protective cover against cancer in the medical science, *Int J Food Sci Nutr*, 4(1): 35–50, DOI: 10.21088/ijfnd.2322.0775.4116.5
- Günhan, T., Demir, V., Hancioglu, E., Hepbasli, A. (2005). Mathematical modelling of drying of bay leaves, *Energ Convers Manage*, 46(11–12): 1667–1679, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.10.001>
- Huang, M., Kennedy, J.F., Li, B., Xu, X., Xie, B.J. (2007). Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan, and glucomannan: A texture profile analysis study. *Carbohydr Polym*, 69: 411–418, DOI: 10.1016/j.carbpol.2006.12.025
- Jaiswal, A.K., Abu-Ghannam, N. (2013). Degradation kinetic modelling of color, texture, polyphenols and antioxidant capacity of York cabbage after microwave processing, *Food Res Int*, 53: 125–133, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.007>
- Kaçar, B. (2010). *Bitki Analizleri*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye.
- Kamiloglu, S., Capanoglu, E. (2014). In vitro gastrointestinal digestion of polyphenols from different molasses (pekmez) and leather (pestil) varieties. *Int J Food Sci Tech*, 49, 1027–1039. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12396>
- Kingsly, R.P., Singh, D.B. (2007). Drying kinetics of pomegranate arils, *J Food Eng*, 79(2): 741–744, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.033>
- Kumar, D.G.P., Hebbar, H.U., Ramesh, M.N. 2006. Suitability of thin layer models for infrared-hot air-drying of onion slices. *Lwt-Food Sci Technol*, 39(6): 700–705, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.021>
- Liu, X., Qiu, Z., Wang, L., Cheng, Y., Qu, H., Chen, Y. (2009). Mathematical modelling for thin layer vacuum belt drying of Panax notoginseng extract, *Energ Convers Manage*, 50(4): 928–932, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.12.032>
- Lixia, H., Bo, L., Shaojin, W. (2015). Kinetics of color degradation of chestnut kernel during thermal treatment and storage, *Int J Agric Biol Eng*, 8(4): 106–115.
- Lee, J.H., Zuo, L. (2013). Mathematical modeling on vacuum drying of Zizyphus jujube Miller slices, *J Food Sci Technol*, 50(1): 115–121, <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0312-5>
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *J Food Eng*, 48(2): 169–175, [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0)
- Materska, M., Perucka, I. (2005). Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annum* L.). *J*

- Agric Food Chem*, 53(5), 1750-1756, <https://doi.org/10.1021/jf035331k>
- National Institutes of Health (2020). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56068/table/summarytables.t3/?report=objectonly> (Erişim Tarihi: 2 Ocak 2020).
- Nicolle, C., Gueux, E., Lab, C., Jaffrelo, L., Rock, E., Mazur, A., Amouroux, P., Rémésy, C. (2004). Lyophilized carrot ingestion lowers lipemia and beneficially affects cholesterol metabolism in cholesterol-fed C57BL/6J mice. *Eur J Nutr*, 43(4): 237-245, DOI:10.1007/s00394-004-0465-3
- Oberoi, D.P.S., Sogi, D.S. (2015). Drying kinetics, moisture diffusivity and lycopene retention of watermelon pomace in different dryers. *J Food Sci Technol*, 52(11): 7377-7384, <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1863-7>
- Panchariya, P.C., Popovic, D., Sharma, A.L. (2002). Thin layer modeling of black tea drying process, *J Food Eng*, 52(4): 349-357, [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00126-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00126-1)
- Riboli, E., Kaaks, R., Esteve, J. (1996). Nutrition and laryngeal cancer. *Cancer Cause Control*, 7: 147-156, <https://doi.org/10.1007/BF00115645>
- Santos, M.S., Meydani, S.N., Leka, L., Wu, D.Y., Fotouhi, N.N., Meydani, M., Hennekens, C.H., Gaziano, J.M. (1996). Natural killer cell activity in elderly men is enhanced by beta-carotene supplementation. *Am J Clin Nutr*, 64: 772-777, <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.5.772>
- Sim, K.H., Sil, H.Y. (2008). Antioxidant activities of red pepper (*Capsicum annuum*) pericarp and seed extracts. *Int J Food Sci*, 43(10), 1813-1823, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01715.x>
- Singleton, V.L., Gortner, W.A., Young, H.Y. (1961). Carotenoid pigments of pineapple fruit. I. Acidcatalyzed isomerization of the pigments. *J Food Sci*, 26 (1): 49-52, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1961.tb00039.x>
- Sobukola, O. (2009). Effect of pre-treatment on the drying characteristics and kinetics of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) slices. *Int J Food Eng*, 5(2): 234-247, <https://doi.org/10.2202/1556-3758.1191>
- Song, J., Wang, X., Li, D., Liu, C. (2017). Degradation kinetics of carotenoids and visual colour in pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) slices during microwave-vacuum drying. *Int J Food Prop*, 20(1), 632-643, <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1306553>
- Soysal, Y., Öztekin, S., Eren, Ö. (2006). Microwave drying of parsley: modelling, kinetics, and energy aspects, *Biosyst Eng*, 93(4): 403-413, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.01.017>
- Suna, S., Özkan-Karabacak, A. (2019). Investigation of drying kinetics and physicochemical properties of mulberry leather (pestil) dried with different methods, *J Food Process Preserv*, 43(8): e14051, <https://doi.org/10.1111/jfpp.14051>
- Suna, S., Tamer, C.E., Incedayi, B., Ozcan Sinir, G., Copur, Ö.U. (2014). Impact of drying methods on physicochemical and sensory properties of apricot pestil. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 13(1): 47-55, <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/26016>
- Surendhar, A., Sivasubramanian, V., Vidhyeswari, D., Deepanraj, B. (2018). Energy and exergy analysis, drying kinetics, modeling and quality parameters of microwave-dried turmeric slices, *J Therm Anal Calorim*, 136(1): 185-197, <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7791-9>
- Süfer, Ö., Palazoğlu, T.P. (2019). A study on hot-air drying of pomegranate, *J Therm Anal Calorim*, 137(6): 1981-1990, <https://doi.org/10.1007/s10973-019-08102-1>
- Szczesniak, A.S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Qual Prefer*, 13(4): 215-225, [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Swain, S., Samuel, D.V.K., Bal, L.M., Kar, A. (2014). Thermal kinetics of colour degradation of yellow sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) undergoing microwave assisted drying, *Int J Food*

- Prop*, 17(9): 1946-1964, <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.775150>
- Tekin, Z.H., Baslar, M. (2018). The effect of ultrasound-assisted vacuum drying on the drying rate and quality of red peppers, *J Therm Anal Calorim*, 132(2): 1131-1143, <https://doi.org/10.1007/s10973-018-6991-7>
- Teng, L.Y., Chin, N.L., Yusof, Y.A. (2011). Rheological and textural studies of fresh and freeze-thawed native sago starch–sugar gels. I. Optimisation using response surface methodology. *Food Hydrocoll*, 25(6): 1530-1537, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.005>
- Tontul, I., Topuz, A. (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *Lwt-Food Sci Technol*, 80: 294–303, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.035>
- Toğrul, İ.T. (2006). Suitable drying model for infrared drying of carrot, *J Food Eng*, 77(3): 610-619, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.07.020>
- Tüfekçi, S., Özkal, S.G. (2017). Enhancement of drying and rehydration characteristics of okra by ultrasound pre-treatment application, *Heat Mass Transfer*, 53(7): 2279-2286, <https://doi.org/10.1007/s00231-017-1983-x>
- USDA (2019a). United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, USDA Food Composition Databases. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/401314/nutrients> (Erişim tarihi: 31 Aralık 2019).
- USDA (2019b). United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, USDA Food Composition Databases. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/167541/nutrients> (Erişim tarihi: 31 Aralık 2019).
- USDA (2020a). Nutrient Data Laboratory, ARS, National Food and Nutrient Analysis Program Wave 5n, Beltsville MD. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/787522/nutrients>
- USDA (2020b). Nutrient Data Laboratory, ARS, National Food and Nutrient Analysis Program Wave 5n, Beltsville MD. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/787812/nutrients>
- Vatthanakul, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdtai, N., Wilkinson, B. (2010). Gold kiwifruit leather product development using quality function deployment approach, *Food Qual Prefer*, 21: 339-345, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.06.002>
- Yalçın, D. (2008). Kırmızı pul biber üretiminde kritik kontrol noktaları ve tehlike analizleri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(2), 129-137.
- Yoğurtçu, H. (2014). Mikrodalga fırında limon kurutma: kinetiği ve modellenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1): 27-33.
- Zhang, D., Hamauzu, Y. (2004). Phenolics compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *J Food Agric Environ*, 2(1): 95-100, <https://doi.org/10.1234/4.2004.102>
- Wang, C.Y., Singh, R.P. (1978). Use of variable equilibrium moisture content in modelling rice drying, *Trans ASAE*, 11: 668–672.