

Kuru Gıdaların Rengini Muhafaza Etmeye Yönelik Yeni bir Teknik: İndirgen Atmosferik Kurutma

Duried ALWAZEER¹

ÖZET: Bu çalışmada elma ve kayısı meyveleri; dondurarak (liyofilizasyon), vakumda, fırında ve İndirgen Atmosferik Kurutma [hava, %100 azot ve indirgen gaz içeren bir gaz karışımı (RAD (Mix); %1-4 H₂, %5 CO₂, %91-94 N₂) ile 3 farklı kurutma atmosferinde] olmak üzere farklı şekillerde kurutulmuştur. Kurutulan ürünlerin renk değerleri (L*, a*, b*) ölçülmüş ve karşılaştırılmış, sonuç olarak elmada tazeye en yakın renk değerlerine, ilk sırada liyofilizasyon, ikinci sırada ise RAD (Mix) ile ulaşılmış ve esmerleşmenin en fazla fırın ile kurutulan elmalarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kayısı örneklerinde ise en uygun kurutma yönteminin RAD (Mix) olduğu saptanmıştır. Liyofilizasyon sonrası, L* değerindeki artış ve b* değerindeki düşüş sebebiyle kuru kayısıda arzu edilen altın sarı renk elde edilememiştir. En fazla esmerleşme ve renk değişimi vakum kurutmada kurutulan kayısılarda tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kurutma, kayısı, elma, renk, indirgen atmosfer.

Reducing Atmosphere Drying as a New Technique for the Preservation of the Color of Dried Foods

ABSTRACT: In this study, apple and apricot fruits were dried with different drying techniques including Reducing Atmosphere Drying [three different drying media were used: air, 100% nitrogen and a gas mixture containing reducing gas (1-4% H₂, 5% CO₂, 91-94% N₂; RAD (Mix))], lyophilization, vacuum and oven. The color values (L*, a*, b*) of the dried products were measured and compared. Results showed that the closest color values to the fresh apple were observed for lyophilization method in the first row and RAD (Mix) in the second row, and browning phenomenon was occurred mostly in the oven dried apples. It was also determined the best drying method for apricot was for RAD (Mix). Since the increase in the L* value and decrease in the b* value after lyophilization, the desired golden color in dried apricot couldn't be obtained in this technique. The most browning and discoloration technique was observed in the apricots dried with the vacuum drying technique.

Key words: Drying, apricot, apple, color, reducing atmosphere.

¹ Duried ALWAZEER (0000-0002-2291-1628), Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Iğdır, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Duried ALWAZEER, alwazeerd@gmail.com

GİRİŞ

Gıda muhafazası alanında; kurutma, konserveleme, dondurma, tuzlama ve radyasyon uygulaması gibi çok çeşitli muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Kurutma, bunlar arasında en eski, en ucuz ve en yaygın kullanılan gıda muhafazası metodudur. Tahıllar, et ve ürünleri, meyve, sebze gibi birçok gıda kurutulmuş muhafaza edilebilmektedir (Corrêa et al., 2012). Kurutma, bir dizi değişikliğe sebep olan; ısı ve kütle transferini içeren bir işlemdir (Lutz et al., 2015). Taze gıda ürünlerinin sahip olduğu nem içeriği, tahıllarda %25-35 gibi düşük, bazı meyvelerde ise %90 gibi yüksek düzeylerde geniş bir dağılım gösterdiğinden, kurutmadaki amaç; gıdaların sahip olduğu bu nem içeriğini daha düşük değerlere çekerek, dolayısıyla ortamdaki su aktivitesini (aw) belirli bir değerin altına indirmek suretiyle; ürünü mikrobiyolojik, kimyasal ve enzimatik bozulmalara karşı dayanıklı hale getirmektir (Corrêa et al., 2012; Demiray and Tulek, 2012).

Kurutma; tarım, kimya, ahşap, tekstil, kağıt ve ilaç gibi bir çok farklı endüstride kullanılmakla birlikte gıda endüstrisinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Colak and Hepbasli, 2009a; Santos and Silva, 2009). Her ne kadar tüm gıda kurutma proseslerinin asıl amacı, gıdanın raf ömrünü uzatmak olsa da; ürününün kütle ve hacmini azaltarak paketleme, taşıma ve depolama maliyetini düşürmek de temel amaçlar arasında yer almaktadır (Santos and Silva, 2009). Bu yüzden kuru gıdaların işleme, paketleme, taşıma ve depolama maliyetinin; konserveleşmiş ve dondurulmuş gıdalarından daha düşük olduğu tespit edilmiştir (O'Neill et al., 1998).

Kuru gıda ürünlerine olan ilgi günümüz yaşam şartlarından dolayı oldukça artmış ve son yıllarda kuru ürün endüstrisi önemli bir konuma yerleşmiştir. Tüketicilerin kuru ürünlere olan talebinin karşılansının yanı sıra; kahvaltılık gevrekler, unlu mamuller, tatlılar ve şekerleme ürünlerinin endüstriyel boyutta hazırlanması amacıyla büyük miktarda kuru meyve üretimi söz konusudur (Vega-Gálvez et al., 2012; Megías-Pérez et al., 2014).

Literatürde teknik olarak 500'den fazla kurutucu çeşidi bildirilmiş olup, bunların yaklaşık 100 çeşidi ticari olarak kullanılmaktadır (Mujumdar and Law, 2010). Bu kapsamda, birçok farklı kurutma prosesi kullanılıyor olmasına rağmen; geleneksel kurutma yöntemleri, kolay işletilebilir ve düşük maliyetli

olduğundan en yaygın olan kurutma yöntemleridir (Megías-Pérez et al., 2014).

Tüketicinin, bir gıda ürünü satın alırken ilk olarak dikkat ettiği ve değerlendirdiği şüphesiz ki gıdanın görsel özellikleridir (Fernandes et al., 2011). Bu bağlamda; renk, gıda maddelerinin görsel açıdan en önemli duyu parametresi olup, tüketicinin kuru ürünü tercihinde oldukça etkilidir (Fernandes et al., 2011; Chong et al., 2013). Gıda üreticileri, ürünlerini daha kaliteli kılmak için, rengin fiziksel etkisini kullanmakta ve birçok araştırma, rengin gıdanın kabulü ve tercihini direkt veya dolaylı olarak etkilediğini göstermektedir (Waliszewski et al., 2000; Ihns et al., 2011). Bu sebeple rengi değişmiş veya bozulmuş bir kuru ürünün tüketici tarafından tercihi söz konusu değildir.

Gıda rengini objektif olarak belirlemek amacıyla tristimulus renk ölçerler geniş çapta kullanılmaktadır. Bu renkölçerler, bir cisimden yansıyan ışığı, insan gözünün algılayıcılarıyla aynı duyarlılığa sahip olan, üç temel renk (kırmızı, yeşil ve mavi) çeşidini kullanarak ölçerler. CIE (Uluslararası Renk Belirleme Komisyonu); Hunter L* (açıklık, parlaklık), Hunter a* (kırmızılık-yeşillik) ve Hunter b* (sarıklık-mavilik), meyve rengini ölçmede kullanılan en popüler renk parametrelerindedir. Ayrıca bu renk parametreleri kullanılarak, C* (chroma değeri), h* (hue açısı) ve BI (kahverengileşme indeksi) değerleri de hesaplanarak renk ölçümlerinde kullanılır (Pathare et al., 2013).

Gıda ürünleri kurutma koşullarına duyarlı olduğundan kurutma işlemi bazı olumsuz sonuçları da beraberinde getirmektedir (Corrêa et al., 2012; Vega-Gálvez et al., 2012). Özellikle geleneksel (konvensiyonel) kurutma yöntemleri; genellikle yüksek sıcaklık ve kurutma ortamı olarak hava kullandığından, yüksek kalitede ürün elde edilmesi oldukça güçtür (Sablani, 2006; Santos and Silva, 2009). Meyve ve sebze gibi birçok gıda; su, karbonhidrat, protein ve lipid fraksiyonlarından meydana gelmektedir ve bu bileşikler yüksek ısının uygulandığı kurutma koşullarında kolaylıkla değişip gıda kalitesinde kayıplara sebep olmaktadır (Hawladar et al., 2006). Gıdalarda meydana gelen renk değişimlerinin temel sebebi enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard) reaksiyonlarıdır. Meyve ve sebze gibi gıdalarda bulunan Polifenoloksidaz (PPO) grubu enzimler; gıda parçalandığında veya kesildiğinde kahverengi pigment oluşturmak üzere, fenolik

bileşiklerin oksidasyonunu katalizleyerek enzimatik esmerleşmeye sebep olur (Whitaker and Lee, 1995). Enzimatik esmerleşme ancak oksijen, enzim, bakır ve substrat (fenolik bileşen) olmak üzere dört bileşenin biraraya gelmesi ile gerçekleşir (Langdon, 1987; Hawlader et al., 2006). Fenol bileşenler okside olarak önce o-benzokinonlara ve ardından enzimatik olmayan ikinci aşamada kahverengi pigmentler olan melaninlere dönüşür (Whitaker and Lee, 1995).

Meyve sektöründeki kayıpların %50'den daha fazlasının enzimatik esmerleşme sonucu meydana geldiği tahmin edilmektedir (Holderbaum, 2010). Bu yüzden enzimatik esmerleşmenin önlenmesi bu kapsamda önemli bir yere sahiptir. PPO aktivitesi; enzimin ısı ile inaktivasyonu, substratlardan (oksijen ve fenoller) bir veya her ikisinin uzaklaştırılması, pH'nın 2 veya optimum enzim pH'sının altına düşürülmesi, PPO'yu inhibe eden veya melanin oluşumunu engelleyen bileşiklerin eklenmesi ile önlenmektedir (Whitaker and Lee, 1995). Enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard) reaksiyonu ise genellikle glukoz, früktoz, sükröz ve karbonhidratlar gibi yüksek düzeyde indirgen şeker içeren meyvelerde meydana gelir (Chong et al., 2013). Nem miktarı eğer %2'nin altında olursa, esmerleşme tepkimesi gerçekleşmez. Şayet nem miktarı %15-20 arasında olursa Maillard tepkimesi olur. Maillard tepkimesi, hızlı gerçekleşen esmerleşme tepkimesi olup, bu reaksiyonun gerçekleşmesinde şekerlerin aldehit grupları ile proteinlerin amino grupları rol oynamaktadır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, kurutma işlemi esnasında ve depolamada ise şartlara göre belirli bir hızla devam eden sürekli olaylardır (Özkan et al., 2003).

Gıda endüstrisinde; sodyum bisülfid, sülfür dioksit gibi kimyasallar ve sitrik, askorbik, malik ve asetik asit gibi organik asitlerin kullanımı ile enzimatik esmerleşme engellenebilmektedir (O'Neill et al., 1998). Sülfür dioksit ve sülfidler; çoğunlukla sodyum sülfat, sodyum bisülfat ve sodyum metabisülfat, uzun yıllardır gıda endüstrisinde fenolazın kimyasal inhibitörleri olarak kullanılmaktadır. Sülfürdioksit, gaz halinde ya da sülfidler, seyreltik sulu çözeltileri olarak uygulanabilmektedir. Buna rağmen, gıda maddelerinde kullanımları hoş olmayan tat ve kokuya sebep olabilmekte ya da gıdanın doğal rengini açabilmektedir. Bunun da ötesinde bu bileşikler, yüksek seviyede toksiktir ve B vitamini üzerine de

olumsuz etki etmektedir. Bu kadar çok olumsuz etkisine rağmen; etkinliği ve düşük maliyeti sebebiyle çok geniş kullanım alanına sahiptir (Wedzicha, 1984). Askorbik asitin (AA) alternatif olarak esmerleşmeyi azalttığına dair birçok çalışma bulunmakla birlikte, bu asitin kendisi de kurutma işlemi esnasında okside olduğundan kuru ürünlerde kullanımı uygun değildir (Hawlader et al., 2006).

Günümüzde koruyucu ve katkı maddesi içeriği minimum düzeyde olan ürünlere talep arttığından; kurutma esnasında gıda maddelerindeki koruyucuların nasıl en aza indirilebileceği üzerinde durulmuş, yüksek kalitede ürün elde edilebilmesinin ekipman ve teknoloji ile ilgili hususlara bağlı olduğu sonucuna varılmıştır (Hawlader et al., 2006). Daha yüksek kalitede ürün elde etmek amacıyla, liyofilizasyon işlemi en iyi teknik olarak öne sürülse de yüksek işletim maliyeti sebebiyle tercih edilmemektedir (Ramesh et al., 1999). PPO aktivitesini sınırlandırmak amacıyla farklı bir yol olarak; düşük oksijen koşulları altında, inört bir atmosferde uygulanan işlemlerle meyve ve sebze gibi gıdaların besinsel değerlerinin sürdürülebileceği ve oksidatif etkilerin azaltılabileceği belirtilmiştir. Bu kapsamda; ısı pompalı kurutma (HPD) tekniği geliştirilmiş, birçok farklı gıda çeşidinde başarıyla uygulanmıştır (Jangam, 2011). HPD, soğutma ve kurutma sistemleri olmak üzere; iki alt sistemden meydana gelmektedir. Bu teknik, sistemden çıkan havanın tekrar kullanılmasını olanaklı hale getiren kapalı bir sistem olduğundan; geleneksel yöntemlerle aynı sıcaklıkta kullanıldığında % 60-70 daha az enerji harcamaktadır (Colak and Hepbasli, 2009b; Kivevele and Huan, 2014). Bazı araştırmacılar, HPD ile farklı gıda ürünlerini modifiye atmosfer şartlarında kurutarak çalışmalar yapmıştır. Fakat bu çalışmalar genellikle; ortam atmosferi olan havanın CO₂ ve N₂ gazlarıyla modifiye edilmesiyle sınırlı kalmış ve herhangi bir indirgen gaz (H₂) kullanımı söz konusu olmamıştır. Hawlader et al. (2006); çalışmamıza en yakın sistem olan HPD sistemi ile azot (N₂), karbondioksit (CO₂) ve havayı kullanarak kurutma yapmıştır.

Bugüne kadar, gıda endüstrisinde hidrojen kullanımı margarin imalat endüstrisi için belirtilmiştir. Gıda endüstrisinde hidrojen gazının bu şekilde uygulanması, gıda standartları organizasyonları tarafından, E 949 kodu ile itici gaz kategorisinde, gıda katkı maddesi olarak da onaylanmıştır. Yayınlanmış

bazı makaleler, portakal suyunda bulunan C vitamini içeriğinin muhafaza edilmesi (Alwazeer et al., 2003) ve çoklu doymamış yağ asitleri ile zenginleştirilmiş olan süt ürünlerinin depolama esnasında renk ve antioksidan özelliklerinin korunması için; %4'ten daha az orandaki hidrojenin, azot ile birlikte kullanımını öne sürmüştür (Iroux et al., 2008). Hidrojenin havada alev alabilirlik düzeyinin, %4 ile %75 (v/v) oranları arasında (Crowl and Jo, 2007) normal sıcaklık ve atmosfer ortamında patlayabilme sınırlarının ise % 18.3 ile %59 (v/v) arasında olduğu belirtilmiştir (Najjar, 2013). Hidrojenin belirtilen son oranlarının, hidrojen ve hava karışımı için hesaplandığını söylemek oldukça önemlidir ve yapılmış olan bir çalışma; azot ile seyreltilmiş hidrojenin, normalleştirilmiş kütle yanma oranını ve alev alma indeksini; dolayısıyla hidrojenin patlama riskini düşürdüğünü göstermektedir (Tang et al., 2009). Çalışmamızda uygulandığı gibi hidrojenin azot ile seyreltilmesi patlama riskini azaltmaktadır. Najjar (2013), bu kapsamda hidrojenin özellikleri, güvenilirliği ve tehlikeleri hakkında oldukça faydalı bilgiler vermiştir.

Bu çalışmanın amacı; kurutma atmosferi olarak indirgen gaz içeren bir gaz karışımının (CO₂, N₂, H₂) kullanımını temel alan, yeni bir teknik ve sistem olan İndirgen Atmosferik Kurutma (Reducing Atmosphere

Drying-RAD) ile gıda ürünlerinin rengini muhafaza etmek suretiyle yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde etmektir.

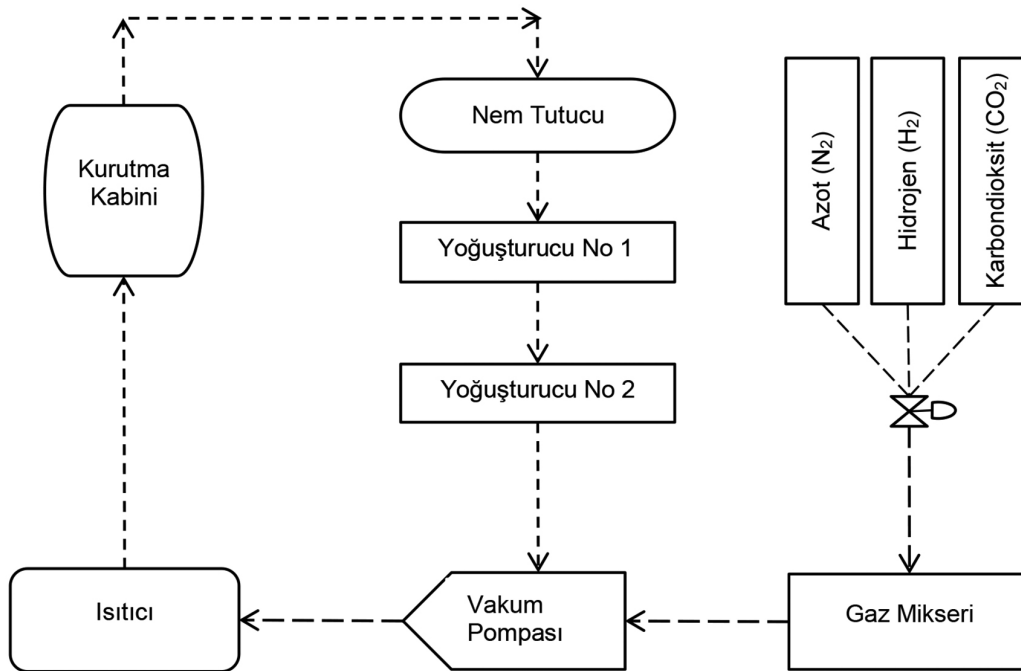
MATERYAL VE METOT

Kurutma materyali olarak, elma (*Malus domestica*) ve kayısı (*Prunus armeniaca*) Iğdır ilindeki yerel bir üreticiye ait bahçeden temin edilmiş ve kullanılacağı süreye kadar 4 °C de depolanmıştır.

Elma 3 mm kalınlığındaki disk şeklinde, kayısı ise 8 mm X 8 mm'lik küpler şeklinde dilimlenmiş ve meyvelerde herhangi bir kararma meydana gelmemesi için dilimleme sonrası hemen suya daldırılmıştır. Bu ön hazırlık aşamasının 10 dakikayı geçmemesine dikkat edilmiştir.

Kurutma İşlemi

Yeni bir teknik olan İndirgen Atmosferik Kurutma işlemi, Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıdalarda Redoks Uygulamaları Araştırma Merkezi'nde (RCRAF) dizayn edilmiş ve geliştirilmiş olan laboratuvar tipi kurutucuda (Reducing Atmosphere Dryer - RAD) gerçekleştirilmiştir. Bu yeni kurutucu sistem; kurutma kabini, yoğuşurucu no 1, yoğuşurucu no 2, nem tutucu, gaz akış indikatörü, gaz sağlayıcı ve gaz ısıtıcı sistemi bölümlerinden oluşan kapalı bir kurutma sistemidir (şekil 1).



Şekil 1: İndirgen atmosferik kurutma sisteminin şematik diyagramı

RAD ile sırasıyla; hava, %100 N₂ ve indirgen gaz içeren karışım (%1-4 H₂, %5 CO₂, %91-94 N₂) olmak üzere 3 farklı atmosferde kurutulan örnekler; vakum, fırın ve liyofilizasyon olmak üzere üç farklı kurutma yöntemiyle kurutulmuş olan örneklerle kıyaslanmıştır. Kurutma işlemi, tüm kurutma yöntemleri için 70 ± 1°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiş ve nem değeri %10'un altına düşecek şekilde uygulanmıştır. Kurutma süresi elma ve kayısı için farklılık göstermiş olup şu şekildedir:

Elma için RAD sisteminde 6 saat, liyofilizatörde 23 saat, fırın ve vakumda ise 7 saat; kayısı için ise, RAD sisteminde 6 saat, liyofilizatörde 22 saat, fırında 24 saat ve vakumda ise 18 saat.

Renk Analizi

Renk değerleri ölçülürken; CIE parametreleri (L*, a* ve b*) dikkate alınarak kolorimetre cihazı (Minolta, CR 210, Osaka, Japonya) kullanılmış ve cihaz her ölçüm öncesi beyaz renkteki kalibrasyon aparatı ile

kalibre edilmiştir. Kullanılan parametrelerden; L* değeri parlaklığı; a* değeri kırmızı - yeşil renk tonunu; b* değeri ise sarı - mavi renk tonunu ifade etmektedir (Ihns et al., 2011; Vega-Gálvez et al., 2012).

İstatistik Analiz

İstatistik analizler, Minitab 17 versiyonu ile yürütülmüş olup; sonuçlar, %95 hassasiyette (P ≤ 0.05) Anova analizi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar ortalama ± standart sapma şeklinde belirtilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı kurutma işlemleri sonunda elma ve kayısının renk parametrelerinde, taze ürüne kıyasla meydana gelen değişiklikler Tablo 1'de verilmiştir.

Taze elmaya ait L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 78.409, -2.086, 30.257; taze kayısıya ait değerler ise 62.219, 15.682 ve 52.263 şeklindedir.

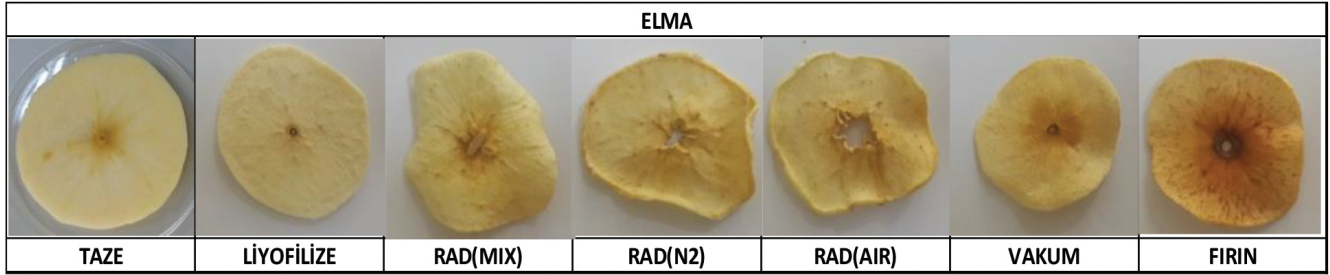
Tablo 1: Farklı kurutma çeşitlerinin elma ve kayısının rengi üzerine etkileri

Numune	Kurutma Çeşidi	Renk Parametreleri		
		L*	a*	b*
Elma	Taze	78.409 ± 1.980 ^b	-2.086 ± 0.709 ^c	30.257 ± 2.232 ^{bc}
	Liyofilize	85.460 ± 1.694 ^a	-2.580 ± 0.384 ^c	27.98 ± 2.78 ^c
	RAD (Mix)	79.44 ± 1.71 ^b	-1.205 ± 0.629 ^{bc}	37.4750 ± 0.1061 ^a
	RAD (N ₂)	76.613 ± 0.994 ^b	1.307 ± 0.310 ^b	34.197 ± 1.117 ^{ab}
	RAD (Hava)	76.923 ± 1.421 ^b	0.443 ± 0.596 ^b	35.737 ± 0.820 ^a
	Vakum	68.707 ± 0.696 ^c	1.183 ± 0.578 ^b	34.407 ± 1.051 ^a
	Fırın	64.000 ± 1.259 ^d	10.03 ± 4.14 ^a	38.41 ± 3.19 ^a
Kayısı	Taze	62.219 ± 2.097 ^b	15.682 ± 2.044 ^{bc}	52.263 ± 1.328 ^a
	Liyofilize	69.883 ± 0.523 ^a	13.293 ± 0.387 ^c	45.157 ± 0.970 ^b
	RAD (Mix)	59.675 ± 0.106 ^b	18.7600 ± 0.099 ^{ab}	51.410 ± 0.834 ^a
	RAD (N ₂)	58.680 ± 0.552 ^{bc}	19.455 ± 1.082 ^{ab}	41.290 ± 0.354 ^b
	RAD (Hava)	53.700 ± 0.325 ^c	18.945 ± 0.587 ^{ab}	43.78 ± 3.78 ^b
	Vakum	41.705 ± 0.304 ^d	17.425 ± 0.276 ^{abc}	28.580 ± 1.018 ^c
	Fırın	47.140 ± 0.217 ^e	19.617 ± 0.344 ^a	33.703 ± 1.081 ^d

Elma ve kayısı kendi aralarında değerlendirilmek üzere; her bir parametre için aynı sütunda aynı harflendirmeye (a, b ve c) sahip değerler arasında %95 güvenirlilik düzeyinde belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. RAD (Mix): %1-4 H₂, %5 CO₂, %91-94 N₂; RAD (N₂): %100 N₂; RAD (Hava): hava (n=3)

Elmada liyofilizasyon sonunda L^* değerinde artış olmuş; taze elma ile RAD (Mix), RAD (N₂) ve RAD (Hava) arasında belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) tespit edilmemiştir. Vakumda ve fırında kurutma sonucunda ise L^* değerinde ciddi bir azalma olmuştur. Tazeye en yakın a^* değerlerine liyofilizasyon ve RAD (Mix) ile ulaşılmış olup; fırında kurutma ile a^* değerinde

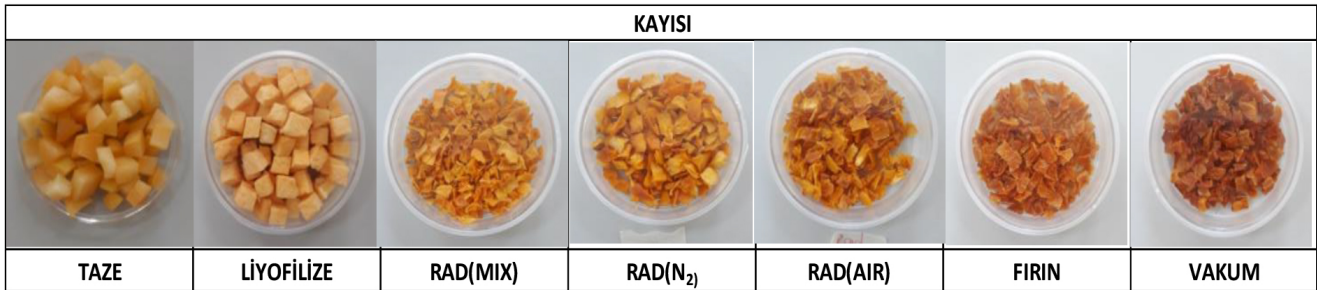
belirgin bir düşüş meydana gelmiştir. Liyofilizasyon hariç tüm kurutma işlemleri sonunda b^* değeri artmıştır. Bu bağlamda elma görsel olarak (Şekil 2) değerlendirildiğinde liyofilizasyon ve RAD (Mix), renk muhafazasında en etkili teknik olarak ön plana çıkmış; fırında kurutma ise renkte oldukça ciddi kayıplara sebep olmuştur.



Şekil 2: Taze elmada farklı kurutmalar sonucu meydana gelen renk değişimi

Kayısıda; taze ile RAD (Mix)'e ait L^* ve b^* değerleri arasında ($P \leq 0.05$) belirgin bir fark tespit edilmemiş olup; en düşük L^* ve b^* değerlerine vakum kurutma sonundaki kayısılarda rastlanmıştır. Şekil 3'te de görüldüğü üzere; liyofilizasyon kayısının renginde açılmaya sebep olmuş sonuçta L^* değeri artmış, vakum kurutma sonucunda ise kayısı altın sarı rengini

kaybetmiş ve koyulaşmıştır. Vakum kurutma esnasında ortamda oksijen bulunmadığından kayısıda meydana gelen koyulaşmanın enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard reaksiyonu) sonucu meydana gelen melanoidinlerden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Sultana et al., 2012).



Şekil 3: Taze kayısıda farklı kurutmalar sonucu meydana gelen renk değişimi

SONUÇ

Elma ve kayısı meyveleri, RAD (Mix), RAD (N₂), RAD (Hava), liyofilizasyon, vakum ve fırın olmak üzere 6 farklı şekilde kurutulmuş; indirgen atmosferik kurutmanın renk üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak elmada tazeye en yakın renk değerlerine, ilk sırada liyofilizasyon, ikinci sırada ise RAD (Mix) ile ulaşılmış ve en fazla esmerleşmenin fırın ile kurutulan elmalarda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Kayısıda ise özellikle önemli olan L^* ve b^* değerleri açısından tazeye en yakın sonuçları vermesi sebebiyle en uygun kurutma yönteminin RAD (Mix) olduğu saptanmıştır. Liyofilizasyon sonrası L^* değerindeki artış ve b^* değerindeki düşüş ile kayısının altın sarısı renginde açılma meydana geldiği ve orijinal renginden uzaklaştığı için ikinci sırada değerlendirilmiştir. En fazla esmerleşme ve renk değişimi vakum kurutmada kurutulan kayısılarda tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Alwazeer, D., Delbeau, C., Divies, C., Cachon, R., 2003. Use of redox potential modification by gas improves microbial quality, color retention, and ascorbic acid stability of pasteurized orange juice. *Int. J. Food Microbiol.* 89, 21–29. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00125-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00125-9)
- Chong, C.H., Law, C.L., Figiel, A., Wojdylo, A., Oziemblowski, M., 2013. Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. *Food Chem.* 141, 3889–3896. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.042>
- Colak, N., Hepbasli, A., 2009a. A review of heat pump drying: Part 1 - Systems, models and studies. *Energy Convers. Manag.* 50, 2180–2186. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.04.031>
- Colak, N., Hepbasli, A., 2009b. A review of heat-pump drying (HPD): Part 2 - Applications and performance assessments. *Energy Convers. Manag.* 50, 2187–2199. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.04.037>
- Corrêa, J.L.G., Braga, A.M.P., Hochheim, M., Silva, M.A., 2012. The Influence of Ethanol on the Convective Drying of Unripe, Ripe, and Overripe Bananas. *Dry. Technol.* 30, 817–826. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.667469>
- Crowl, D.A., Jo, Y. Do, 2007. The hazards and risks of hydrogen. *J. Loss Prev. Process Ind.* 20, 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2007.02.002>
- Demiray, E., Tulek, Y., 2012. Thin-layer drying of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Rio Grande) slices in a convective hot air dryer. *Heat Mass Transf.* 48, 841–847. <https://doi.org/10.1007/s00231-011-0942-1>
- Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S., Law, C.L., Mujumdar, A.S., 2011. Drying of Exotic Tropical Fruits: A Comprehensive Review. *Food Bioprocess Technol.* 4, 163–185. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0323-7>
- Hawlder, M.N.A., Perera, C.O., Tian, M., 2006. Properties of modified atmosphere heat pump dried foods 74, 392–401. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.028>
- Holderbaum, D.F., 2010. Enzymatic Browning , Polyphenol Oxidase Activity , and Polyphenols in Four Apple Cultivars : Dynamics during Fruit Development 45, 1150–1154.
- Ihns, R., Diamante, L.M., Savage, G.P., Vanhanen, L., 2011. Effect of temperature on the drying characteristics, colour, antioxidant and beta-carotene contents of two apricot varieties. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46, 275–283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02506.x>
- Iroux, J.G., Eve, G.E., Cteau, A., Abik, H.A.S., El, H., Ritten, M.I.B., 2008. Influence of Dissolved Gases and Heat Treatments on the Oxidative Degradation of Polyunsaturated AND 5710–5716.
- Jangam, S. V., 2011. An overview of recent developments and some R&D challenges related to drying of foods. *Dry. Technol.* 29, 1343–1357. <https://doi.org/10.1080/07373937.2011.594378>
- Kivevele, T., Huan, Z., 2014. A review on opportunities for the development of heat pump drying systems in South Africa. *S. Afr. J. Sci.* 110, 1–11. <https://doi.org/10.1590/sajs.2014/20130236>
- Langdon, T. T., 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. *Food Technol.* 41, 64–67.
- Lutz, M., Hernández, J., Henríquez, C., 2015. Phenolic content and antioxidant capacity in fresh and dry fruits and vegetables grown in Chile. *CyTA-Journal Food* 13, 541–547.
- Megías-Pérez, R., Gamboa-Santos, J., Soria, A.C., Villamiel, M., Montilla, A., 2014. Survey of quality indicators in commercial dehydrated fruits. *Food Chem.* 150, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.141>
- Mujumdar, A.S., Law, C.L., 2010. Drying Technology : Trends and Applications in Postharvest Processing 843–852. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0353-1>
- Najjar, Y.S.H., 2013. Hydrogen safety: The road toward green technology. *Int. J. Hydrogen Energy* 38, 10716–10728. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.05.126>
- O’Neill, M.B., Rahman, M.S., Perera, C.O., Smith, B., Melton, L.D., 1998. Color and density of apple cubes dried in air and modified atmosphere. *Int. J. Food Prop.* 1, 197–205. <https://doi.org/10.1080/10942919809524577>
- Özkan, M., Kirca, A., Cemeroğlu, B., 2003. Effect of moisture content on CIE color values in dried apricots. *Eur. Food Res. Technol.* 216, 217–219. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0627-6>
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.-J., 2013. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol.* 6, 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Ramesh, M.N., Wolf, W., Tevini, D., Jung, G., 1999. Studies on inert gas processing of vegetables. *J. Food Eng.* 40, 199–205. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00056-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00056-4)
- Sablani, S.S., 2006. Drying of Fruits and Vegetables: Retention of Nutritional/Functional Quality. *Dry. Technol.* 24, 123–135. <https://doi.org/10.1080/07373930600558904>
- Santos, P.H.S., Silva, M.A., 2009. Kinetics of L-ascorbic acid degradation in pineapple drying under ethanolic atmosphere. *Dry. Technol.* 27, 947–954. <https://doi.org/10.1080/07373930902901950>
- 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, 161–167.
- Tang, C., Huang, Z., Jin, C., He, J., Wang, J., Wang, X., Miao, H., 2009. Explosion characteristics of hydrogen-nitrogen-air mixtures at elevated pressures and temperatures. *Int. J. Hydrogen Energy* 34, 554–561. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.10.028>
- Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., Lemus-Mondaca, R., Di Scala, K., 2012. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food Chem.* 132, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.029>
- Waliszewski, K.N., Garcia, R.H., Ramirez, M., Garcia, M.A., 2000. Polyphenol oxidase activity in banana chips during osmotic dehydration. *Dry. Technol.* 18, 1327–1337. <https://doi.org/10.1080/07373930008917779>
- Wedzicha, B.L., 1984. Chemistry of sulphur dioxide in foods. Elsevier Applied Science Publishers.
- Whitaker, J.R., Lee, C.Y., 1995. Recent Advances in Chemistry of Enzymatic Browning. *Am. Chem. Soc.* 45, 2–7. <https://doi.org/10.1021/bk-1995-0600.ch001>