

**KIRINIM PENCERELİ KURUTMA VE SICAK HAVA AKIMINDA KURUTMA
İŞLEM ŞARTLARININ KUŞBURNU TOZLARININ FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Ismail Tontul^{1*}, Emrah Eroğlu², Ayhan Topuz²

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

² Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

Geliş / *Received*: 03.09.2018; Kabul / *Accepted*: 29.11.2018; Online baskı / *Published online*: 19.12.2018

Tontul, İ., Eroğlu, E., Topuz, A. (2018). Kırınım pencereless kurutma ve sıcak hava akımında kurutma işlem şartlarının kuşburnu tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi. *GIDA* (2019) 44 (1): 1-9 doi: 10.15237/gida.GD18092

Tontul, İ., Eroğlu, E., Topuz, A. (2018). Influence of refractance window drying and hot air drying process conditions on the physicochemical properties of rosehip powder. GIDA (2019) 44 (1): 1-9 doi: 10.15237/gida.GD18092

ÖZ

Kuşburnu doğal olarak en yüksek miktarda askorbik asit içeren meyvelerden birisidir. Bu nedenle birçok fonksiyonel özelliğe sahiptir. Ancak kuşburnu meyvelerinin gıda olarak tüketimi oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle, bu çalışmada kuşburnunun gıda olarak tüketimini arttırmak amacıyla kuşburnu pürelerinin kurutulması amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı şartlarda sıcak hava akımında kurutma ve kırınım pencereless kurutma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre kırınım pencereless kurutma yöntemi ile üretilen kuşburnu tozlarının tüm fizikokimyasal özellikleri sıcak hava akımında kurutma ile üretilen örneklerle göre daha iyi olarak belirlenmiştir. Kırınım pencereless kurutma yönteminde farklı sıcaklık uygulanması kuşburnu tozlarının fizikokimyasal özellikleri açısından önemli farklılıklara neden olmamıştır. Sıcak hava akımında kurutma yönteminde ise hem kurutma sıcaklığı hem de hava hızı özellikle renkte önemli değişimlere neden olmuştur. Ayrıca kurutma sıcaklığı HMF miktarı üzerine de etkili bulunmuştur. Sonuç olarak kuşburnu püresinin kırınım pencereless kurutma yöntemi ile 90°C sıcaklıkta kurutulması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Kuşburnu püresi, kırınım pencereless kurutma, askorbik asit, renk

**INFLUENCE OF REFRACTANCE WINDOW DRYING AND HOT AIR DRYING
PROCESS CONDITIONS ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF
ROSEHIP POWDER**

ABSTRACT

Rosehip is one of the fruits that naturally contains the highest amount of ascorbic acid. For this reason, it has many functional features. However, consumption of rosehip fruit as food is very limited. For this reason, in this study, it was aimed to dry the rosehip pulp in order to increase the consumption of the rosehip as food. Therefore, hot air drying (HAD) and refractance window drying (RWD) were compared under different conditions. According to the results, all physicochemical properties of rosehip powder produced by RWD were better than those produced by HAD. Drying temperatures in RWD did not cause significant differences in the physicochemical properties of rosehip powder. In HAD, both the drying temperature and the air velocity have caused significant changes in color. In addition, the drying temperature was found to be effective on the HMF content. Overall, drying of rosehip pulp by RWD at 90°C is suggested.

Keywords: rosehip pulp, refractance window drying, ascorbic acid, color

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ itontul@konya.edu.tr ,

☎ (+90) 555 708 3634

☎ (+90) 332 221 0500

GİRİŞ

Kuşburnu (*Rosa canina*), gülgiller (Rosaceae) familyasına ait çok yıllık bir bitkidir. Kuşburnu bitkisi ülkemizde 2000 metreye kadar yüksekliklerdeki dağ yamaçlarında, fundalıklarda, yol kenarlarında, bol güneşli veya yarı gölge yerlerde ve kuru-humuslu topraklarda doğal olarak yetişmektedir (Kılıçgün ve Altınar, 2010). Kuşburnu haziran ayında çiçek açmakta ve yılda bir kez (Ağustos-Eylül) meyve vermektedir. Kuşburnu doğadaki diğer tüm meyvelerden daha fazla askorbik asit içermektedir. Meyvenin tür ve olgunluk durumuna göre değişmekle beraber 2122-3158 mg/100 g askorbik asit içerdiği belirtilmiştir (Özdemir vd., 1998).

Kuşburnu içerdiği bileşikler sayesinde bağışıklık sistemini güçlendirmekte, enfeksiyonlara ve soğuk algınlıklarına karşı direnç sağlamaktadır. Kısmen müshil ve idrar söktürücü özellikleri ile kabızlık, böbrek ve mesane rahatsızlıklarında rahatlama sağlamaktadır. Bunlara ilave olarak böbreküstü bezlerini olumlu etkileyerek önemli hormonların üretimine katkıda bulunduğu bildirilmektedir (Karasakal, 2007; Ercisli, 2008; Ilbay, 2013; Roman vd., 2013). Ayrıca kuşburnu meyvesinin yara iyileştirici ve kan temizleyici özellikleri olduğu, vücuttaki taş ve kum kaynaklı rahatsızlıklar gibi pek çok rahatsızlığın giderilmesine katkı sağladığı yönünde bilgiler derlenmiştir (Karasakal, 2007; Ercisli, 2008; Ilbay, 2013; Roman vd., 2013).

Geleneksel olarak kuşburnu püre ve marmelata işlenmekte ayrıca bütün meyveler kurutulduktan sonra demlenerek çay olarak tüketilmektedir. Bütün meyvenin kurutulması sırasında kuşburnu meyvesinin askorbik asit içeriğinde %70-75 oranında kayıp meydana geldiği ancak geriye kalan askorbik asit miktarının bile beslenme açısından son derece önemli olduğu bildirilmektedir (Gonzales vd., 1989). Farklı yöntemlerle kurutulan kuşburnu meyveleri askorbik asit kaybı açısından karşılaştırılmış ve bu karşılaştırmada güneşte kurutmada %40, tünelde sıcak hava ile kurutmada %50, dondurarak kurutmada ise %10 oranında askorbik asit kaybı meydana geldiği bildirilmiştir (Kadakal vd., 2007). Askorbik asidin termal yolla degradasyonunun özellikle 60°C'den

sonra başladığı bilinmektedir (Vieira vd., 2000). Nitekim kuşburnu püresine uygulanan 50 dakikalık ısı işlem sonucunda askorbik asitte ise 70°C'de %30, 80°C'de %37 ve 90°C'de %56'lık bir degradasyon saptanmıştır (Aksu, 2002). Bütün meyvelerin kurutulduğu bu çalışmalarda elde edilen ürünlerin kullanım alanları oldukça sınırlıdır.

Kurutma işlemi geleneksel olarak açık alana serilen ürünlerin doğal konveksiyonla ya da rüzgar etkisi ile zorlanmış konveksiyonla kurutulması ile gerçeleştirilirken, zaman içerisinde teknolojik gelişmeler ile birlikte bu yöntemin yerini; daha hızlı, hijyenik ve homojen kurutma sağlayan sıcak havada kurutma uygulaması almıştır (Tunde vd., 2005). Geleneksel kurutma, işçiliğin yoğun, yatırımın az, üretim maliyetinin düşük ve ürün kalitesinin zayıf olduğu bir uygulamadır. Sıcak havada kurutma ise, ürünleri dış etkilerden koruyan, daha hızlı ve hijyenik bir kurutma yöntemidir. Buna karşın, gıda sanayinde yaygın olarak kullanılan bu yöntemin üründe büzülme, esmerleşme, renk, besin ve aroma kaybı gibi dezavantajları olduğu da bilinmektedir (Voda vd., 2012).

Tüketiciler açısından kurutulmuş meyve ve sebzelerin ekonomik olmasının yanında, kaliteli, lezzetli ve besleyici olması da önem taşımaktadır. Bu ürünlerin vitaminler, antioksidan maddeler, lezzet ve aroma maddeleri ile renk bileşenleri açısından zengin olması arzu edilmektedir. Endüstride kurutma işlemi, hammaddeye ve üretim kapasitesine göre yaygın olarak; kabin, tünel, bantlı, akışkan yatak ve sandık tipi kurutucularda gerçeleştirilmektedir. Son yıllarda kurutma hızını arttırmak ve enerji verimliliğini yükseltmek amacıyla bu sistemler mikrodalga ve kızılötesi (infrared) ışınlarla desteklenmeye başlanmıştır (Ratti, 2001). Konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde fırın, tünel, püskürtmeli kurutucuların mikrodalga (MW) ve radyo frekansı (RF) ile desteklendiği; mikrodalga ile kızılötesi yöntemlerinin bir arada kullanıldığı araştırmaların sayısında artış gözlenmektedir (Kayisoglu ve Ertekin, 2011; Chandrasekaran vd., 2013). Ancak kurutma işleminin asıl amacının daha hızlı kurutmak değil, daha kaliteli bir ürün elde etmek

olduğu dikkate alınmalıdır (Esper ve Mühlbauer, 1998). Son yıllarda akışkan ve yarı akışkan formdaki meyve suları ve pürelerinin kurutulması için geliştirilmiş bir kurutma yöntemi olan kırınım pencereci kurutma hem kurutma süresinin kısa olması hem de biyoaktif bileşen kayıplarının az olması nedeniyle öne çıkmaktadır.

Kırınım pencereci kurutma ile meyve, sebze ve baharat gibi birçok ürün oldukça kısa sürede ve mükemmel renk, vitamin ve antioksidan özellik ile kurutulabilmektedir. Bu yöntemde kırıcı özelliğe sahip bir plastik membran kullanılmaktadır. Bu plastik membran ile alttan ısıtılan su yüzeyi kaplandığında ısı kaybı engellenmekte ve ısı transferi sadece kondüksiyon ile gerçekleşmektedir. Bu durumda kızılötesi enerjisi suya yansıtılmaktadır. Ancak membran üzerine nemli bir gıda konulduğunda, gıdada bulunan nem plastik membranın radyasyonu geçiren bir pencere gibi açılmasını sağlamaktadır. Bu durumda ısı herhangi bir membran yokmuş gibi sudan gıdaya doğru transfer edilmektedir. Kısa süre içerisinde gıdada bulunan nemin buharlaşması ile membran pencere gibi davranamaz ve radyasyon enerjisini tekrar suya yansıtmaya başlamaktadır.

Kırınım pencereci kurutma başta çeşitli meyve ve sebze ürünleri (Abonyi vd., 2002; Topuz vd., 2009; Caparino vd., 2012; Baeghbalı vd., 2016;

Hernandez-Santos vd., 2016; Jafari vd., 2016; Azizi vd., 2017) olmak üzere, et ürünleri (Rostami vd., 2018), protein izolatları (Tontul vd., 2018) ve tıbbi bitkiler (Aghaei vd., 2018) gibi birçok ürünün kurutulmasında denenmiştir. Ancak, bu teknik ile kuşburnu püresinin kurutulduğu herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada kuşburnu püresi üretiminde kırınım pencereci kurutma, sıcak hava akımında kurutma yöntemi ile karşılaştırılmalı olarak test edilmiştir. Ayrıca her iki kurutma yönteminin işlem şartları da araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında kullanılan kuşburnu püreleri Nesil Gıda İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti (Merzifon, Amasya)'den temin edilmiştir. Temin edilen pürelerin suda çözünür kuru maddesi 12 g/100g olarak belirlenmiştir.

Konvektif kurutma

Konvektif kurutma için sıcaklık ve hava hızı ayarlanabilen tepsili kurutucu kullanılmıştır. Örnekler cam plakalar üzerine serme aparatı ile 1 mm kalınlıkta serilerek farklı sıcaklık (50, 60 ve 70°C) ve hava hızlarında (1, 2 ve 3 m/s) faktöriyel deneme desenine göre 8 g/100g nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Toplam 9 farklı kurutma denemesinin her birinde yaklaşık olarak 200 g püre kurutulmuştur. Kurutma süreleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kurutma koşulları ve süreleri

Table 1. *Drying conditions and durations*

Kurutma Tekniği <i>Drying technique</i>	Kurutma sıcaklığı (°C) Temperature (°C)	Hava hızı (m/s) Air velocity (m/s)	Kuruma süresi (dk) Duration (min)
Sıcak hava akımında kurutma <i>Hot air drying</i>	50	1	70
		2	40
		3	35
	60	1	60
		2	35
		3	30
	70	1	45
		2	35
		3	30
Kırınım pencereci kurutma <i>Refractance window drying</i>	90	NA*	15
	95	NA	13
	98	NA	12

NA: uygulanamaz

NA: not applicable

Kırınım pencereleli kurutma

Kırınım pencereleli kurutma Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü tarafından tasarlanmış ve imal ettirilmiştir. Kurutma 90, 95 ve 98°C'de bulunan su havuzu üzerinde gerçekleştirilmiştir. KPK kurutucuda 0.25 mm kalınlıkta Mylar film kullanılmıştır. Kurutma süreleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Her iki kurutma ile elde edilen ürünler bir öğütücü (Waring, ABD) yardımıyla toz forma dönüştürüldükten sonra düşük yoğunluklu polietilen ambalajlarda ambalajlanarak analizlere kadar -18°C'de depolanmıştır.

Nem miktarı ve su aktivitesi

Kurutulmuş meyve tozlarının nem miktarları gravimetrik 70°C'de kurularak, su aktivitesi ise su aktivitesi ölçme cihazı (Aqualab 4TE) kullanılarak 25°C'de belirlenmiştir.

Renk

Örneklerin renk analizi Konica-Minolta CR-400 (Osaka, Japonya) renk ölçer cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler öncesinde cihaz kendi kalibrasyon plakası kullanılarak kalibre edilmiştir. Daha sonra sıvı örnekleyiciye doldurulan örneklerin L* (koyuluk-açıklık), a* (yeşillik-kırmızılık), b* (mavilik-sarılık) parametreleri 3 farklı noktadan ölçülmüş ve bu değerlerden ton açısı (Hue angle) ve doyunluk (Chroma) aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Ton açısı} = \frac{180}{\pi} \times \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (1)$$

$$\text{Doygunluk} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

Radikal süpürme aktivitesi

DPPH radikalinin inhibisyonuna dayalı radikal süpürme aktivitesi Fernández-León vd. (2013) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla ekstraktlar Kamiloglu ve Capanoglu (2015) tarafından bildirilen yöntemle göre hazırlanmıştır. 50 µL uygun oranda seyreltilmiş ekstrakt üzerine 950 µL taze hazırlanmış DPPH çözeltisi (metanolde hazırlanmış 60 µM) ilave

edilerek karanlıkta 30 dk bekletilmiştir. DPPH çözeltisinin absorpsansı bekleme süresinin başında saf metanole karşı 517 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. 30 dk inkübasyon sonrası absorpsans ölçümü yapılmış ve DPPH çözeltisine göre absorpsans farkları hesaplanmıştır. Örneklerin radikal süpürme aktivitesi bu absorpsans farkları kullanılarak, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eğri yardımıyla g troloks eşdeğeri radikal süpürme aktivitesi (TEAA)/kg kuru örnek ağırlığı cinsinden hesaplanmıştır.

Askorbik asit miktarı

Örneklerin askorbik asit içerikleri Asami vd. (2003) tarafından uygulanan metoda göre HPLC ile tespit edilmiştir. Kurutulmuş toz örnekler uygun oranda metafosforik asit çözeltisi (%4.5) ile seyreltikten sonra 0.45 µm membran filtreden geçirilmiş ve HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Örneklerdeki askorbik asit miktarı farklı konsantrasyonlarda hazırlanan askorbik asit çözeltisinden hazırlanan kalibrasyon eğrisi yardımı ile hesaplanmıştır. Mobil faz olarak 0.8 mL/dk akış hızında pH'sı sülfürik asit kullanılarak 2.2'ye ayarlanmış saf su kullanılmıştır. Enjeksiyon miktarı 20 µL olup, ayırım LiChroSpher (250×4.6 mm, 5µm) kolonda gerçekleştirilmiş ve 245 nm dalga boyunda çalışılmıştır. Pikler 245 nm'de dalga boyunda kaydedilmiş ve askorbik asit miktarı dış standart yöntemi hesaplanmıştır.

5-Hidroksimetilfurfural (HMF) miktarı

HMF miktarının belirlenmesi amacıyla 2 g kuru örnek 98 mL su içinde homojenize edilmiştir. Bu homojenat 10000 g'de 10 dk santrifüj edildikten sonra 10 mL berrak kısımdan alınarak başka bir santrifüj tüpüne aktarılmış ve üzerine 1'er mL Carrez I ve Carrez II çözeltileri eklenmiştir. Aynı şartlarda santrifüj edilen karışımın berrak kısmı 0.45 µm membran filtreden süzöldükten sonra HPLC sistemiyle analiz edilmiştir. HPLC analizinde 32°C'de tutulan Nucleosil 5 C18 kolonda, 0.6 mL/dk hızla izokratik akan mobil faz (asetonitril çözeltisi %5) ile ayırım sağlanmıştır. Pikler 280 nm'de dalga boyunda kaydedilmiş ve HMF miktarı dış standart yöntemi hesaplanmıştır (Tontul ve Topuz, 2017).

İstatistiksel analizler

Kurutma işlemleri ön denemelerde belirlenen koşullarda üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Meyve püreleriyle birlikte elde edilen meyve tozlarının analizleri paralelli olarak yürütülmüştür. Sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma testi ile sınıflandırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı şartlarda sıcak hava akımında kurutma ve kırınım pencereleli kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kuşburnu tozlarının fizikokimyasal özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Konvektif kurutma şartlarının kuşburnu tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi
Table 2. Effect of hot air drying conditions on physicochemical properties of rosehip powders

Parametreler <i>Parameters</i>	Nem miktarı <i>Moisture content (g/100g)</i>	Su aktivitesi <i>Water activity</i>	L* <i>L*</i>	Ton açısı <i>Hue angle</i>	Doğgunluk <i>Chroma</i>	Askorbik asit miktarı <i>Ascorbic acid content (g/kg dm)</i>	Radikal süpürme aktivitesi <i>Radical scavenging activity (g TEAA/kg dm)</i>	HMF miktarı <i>HMF content (mg/L)</i>	
Kurutma Sıcaklığı <i>Drying temperature (°C)</i>	50	8.24±0.07a	0.371±0.001b	35.49±0.10a	62.80±0.04a	31.48±0.15ab	32.03±0.62a	9.90±0.41a	3.26±0.17b
	60	8.16±0.09a	0.373±0.001b	35.68±0.12a	62.80±0.12a	31.79±0.17a	31.28±0.44a	10.58±0.64a	5.97±0.22a
	70	8.13±0.04a	0.376±0.001a	35.29±0.02b	62.48±0.08b	31.19±0.03b	31.21±0.96a	10.88±0.68a	3.34±0.19b
Hava hızı <i>Air velocity (m/s)</i>	1	8.19±0.07a	0.373±0.001a	35.35±0.05b	62.75±0.09a	31.30±0.15b	31.39±0.80a	9.80±0.51a	4.37±0.40a
	2	8.16±0.05a	0.373±0.002a	35.68±0.14a	62.81±0.11a	31.70±0.20a	32.24±0.62a	10.67±0.43a	4.03±0.60a
	3	8.17±0.09a	0.374±0.001a	35.42±0.08b	62.52±0.08b	31.45±0.10ab	30.89±0.61a	10.88±0.75a	4.16±0.74a

Sonuçlar 6 gözlemin ortalaması ± standard hata olarak hesaplanmıştır. Her bir parameter için aynı sütundaki farklı harfler istatistiki açıdan önemli (P < 0.05) farklılığı ifade etmektedir.

Results are means of 6 observations ± standard error; values within a column with different letters are significantly (P < 0.05) different for each parameter.

Çizelge 3. Kırınım pencereleli kurutma şartlarının kuşburnu tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi
Table 3. Effect of RW drying temperature on physicochemical properties of rosehip powders

Kurutma Sıcaklığı <i>Drying temperature (°C)</i>	Nem miktarı <i>Moisture content (g/100g)</i>	Su aktivitesi <i>Water activity</i>	L* <i>L*</i>	Ton açısı <i>Hue angle</i>	Doğgunluk <i>Chroma</i>	Askorbik asit miktarı <i>Ascorbic acid content (g/kg dm)</i>	Radikal süpürme aktivitesi <i>Radical scavenging activity (g TEAA/kg dm)</i>	HMF miktarı <i>HMF content (mg/L)</i>
90	8.09±0.07a	0.374±0.002a	35.45±0.25a	62.90±0.10a	31.25±0.35a	35.50±0.46a	12.55±0.05a	2.05±0.05a
95	8.08±0.09a	0.373±0.000a	35.40±0.10a	62.65±0.05a	31.45±0.25a	34.79±0.74a	12.55±0.15a	2.05±0.15a
98	8.04±0.02a	0.373±0.003a	35.60±0.10a	62.75±0.35a	31.75±0.15a	35.29±0.23a	12.45±0.15a	2.01±0.00a

Sonuçlar 2 gözlemin ortalaması ± standard hata olarak hesaplanmıştır. Her bir parameter için aynı sütundaki farklı harfler istatistiki açıdan önemli (P < 0.05) farklılığı ifade etmektedir.

Results are means of 2 observations for RW drying ± standard error; values within a column with different letters are significantly (P < 0.05) different for each parameter.

Nem miktarı ve su aktivitesi

Kuşburnu tozlarının kurutma işlemleri nem içeriği yaklaşık 8 g/100g olana kadar gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle ürünlerin nem içerikleri kurutma sıcaklıkları ve kurutma hava hızına bağlı olarak önemli değişim göstermemiştir.

Sıcak hava akımında kurutulmuş kuşburnu tozlarının su aktiviteleri kurutma sıcaklığına bağlı

olarak önemli değişim göstermiştir. Nitekim 70°C'de kurutulan kuşburnu tozlarının su aktivitesi 50 ve 60°C'de üretilen ürünlere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Nem içeriği benzer olmasına rağmen su aktivitesinde görülen bu farklılığın 70°C'de büyük moleküllerde gerçekleşen (polisakkaritler, protein vs.) değişimlerden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Kurutma hava hızı ürünlerin su aktivitesi üzerinde

önemli farklılıklara neden olmamıştır. Kırınım pencerelessi kurutma tekniği ile farklı sıcaklıklarda üretilen kuşburnu tozlarının su aktiviteleri benzer olarak belirlenmiştir.

Renk

Kuşburnu tozlarının renk değeri L^* (aydınlık), ton açısı ve doğunluk olarak değeriendirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde sıcak hava akımında kurutma işleminde 70°C kurutma sıcaklığında üretilen ürünün en düşük L^* , ton açısı ve doğunluk değeriilerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun yüksek kurutma sıcaklığında daha hızlı gerçekteşen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ile kuşburnu renk maddeleri olan karotenoidlerin degradasyonundan kaynaklandığı düşünölmektedir. Kurutma hava hızının düşük ya da yüksek olması renk değerilerinde azalmalara neden olmuştur. Düşük hava hızında gerçekteşen renk kayıplarının uzayan kuruma süresinden, yüksek hava hızında gerçekteşen renk kayıplarının ise kuru ürüne temas eden oksijen miktarının artmasından kaynaklandığı değeriendirilmiştir.

Kırınım pencerelessi kurutma ile üretilen kuşburnu tozlarının renk değeriileri sıcak hava akımında kurutulmuş örneklelerle benzer olarak bulunmuştur. Ancak kırınım pencerelessi kurutma işleminde kurutma sıcaklığı ürün rengi üzerine önemli etki göstermemiştir.

Askorbik asit miktarı

Kuşburnu meyvesinin en önemli biyoaktif bileşeni askorbik asittir. Bu nedenle kuşburnu tozlarının askorbik asit miktarları analiz edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kırınım pencerelessi kurutma ile üretilen örneklelerin askorbik asit içeriği sıcak hava akımında kurutulmalara göre %10 ile 15 daha yüksek olarak belirlenmiştir. Literatürde kırınım pencerelessi kurutma tekniği ile üretilen çeşitli ürünlerin biyoaktif bileşenlerinin alternatif kurutma tekniklerine göre daha fazla korunduğunu bildiren birçok çalışma mevcuttur. Abonyi vd. (2002) dondurarak kurutma ve kırınım pencerelessi kurutma ile üretilen çilek ve havuç tozlarının toplam karoten, α -karoten, β -karoten ve askorbik asit içeriğinin püskürterek kurutma ve tambur kurutma ile üretilen örneklelere göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Püskürterek

kurutma, donuk kurutma ve kırınım pencerelessi kurutma yöntemleri ile nar tozu üretildiği bir çalışmada toplam antosiyanin miktarı açısından en iyi korunumu kırınım pencerelessi kurutma sağlamıştır (Baeghbalı vd., 2016). Kırınım pencerelessi kurutma ile *Lonicera caerulea* tozu üretilen bir çalışmada antosiyanin korunumunun %90'ın üzerinde olduğu bildirilmiştir (Celli vd., 2016). Hem sıcak hava akımında kurutma hem de kırınım pencerelessi kurutma tekniklerinde farklı işlem parametreleri kuşburnu tozlarının askorbik asit içeriğinde istatistiki açıdan önemli bir farklılığa neden olmamıştır.

Hem kırınım pencerelessi kurutma hem de sıcak hava akımında kurutma yöntemlerinde işlem parametreleri kuşburnu tozlarının askorbik asit miktarları üzerinde istatistiki açıdan önemli farklılığa neden olmamıştır.

Radikal süpürme aktivitesi

Örneklelerin radikal süpürme aktivitesi DPPH radikali süpürme aktivitesi cinsinden belirlenmiştir. Askorbik asit miktarı sonuçlarına benzer şekilde kırınım pencerelessi kurutma tekniği ile üretilen kuşburnu tozlarının radikal süpürme etkileri sıcak hava akımında kurutulmalara göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmaya benzer şekilde üç farklı kurutma yönteminin nar tozu üretiminde kullanıldığı bir çalışmada kırınım pencerelessi kurutma ile üretilen örneklelerin radikal süpürme aktivitesi püskürterek kurutulmuş örneklelerden daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Baeghbalı vd., 2016).

Kırınım pencerelessi kurutma tekniğinde farklı sıcaklık uygulamaları örneklelerin radikal süpürme aktivitesinde farklılığa neden olmamıştır. Benzer şekilde farklı sıcaklık ve hava hızları uygulaması sıcak hava akımında kurutulmuş örneklelerin radikal süpürme aktivitesi istatistiki açıdan benzer olarak bulunmuştur. Nobrega vd. (2015) tarafından gerçekteştirilen ve barbados kirazı posası kurutulmasını konu alan bir çalışmada farklı sıcaklık ve hava hızı uygulamaları radikal süpürme aktivitesinde istatistiki açıdan farklılığa neden olmamıştır. Dolayısıyla mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur. Radikal süpürme aktivitesi oldukça yüksek olan

bir bileşen olan askorbik asitin tüm örneklerde benzer miktarda bulunması nedeniyle örneklerin radikal süpürme etkilerinin benzer olduğu değerlendirilmiştir.

HMF miktarı

HMF miktarı kurutulmuş meyve ve sebze ürünleri üretiminde meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının indikatörü olarak değerlendirilmekte ve üretim sırasında oluşumunun mümkün olduğunca engellenmesi arzu edilmektedir. Kurutma teknikleri karşılaştırıldığında kırımın pencerelessi kurutma tekniği ile üretilen örneklerin HMF miktarının sıcak hava akımında kurutulan örneklere göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle kırımın pencerelessi kurutma tekniğinde yüksek sıcaklıklar uygulanmasına rağmen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının daha düşük seviyede gerçekleşmesinden kaynaklandığı düşünölmektedir. Nitekim, bu kurutma tekniğinde kurutma süresinin kısa olması ve sürekli nem buharlaşması nedeniyle ürün sıcaklığının kurutma sıcaklığından daha düşük olması nedeniyle HMF miktarı daha düşük seviyelerde kalmıştır. Kırımın pencerelessi kurutma yönteminde kurutma sıcaklığı HMF miktarı üzerine etkili olmamıştır. Ancak sıcak hava akımında kurutma yönteminde 60°C sıcaklıkta kurutulan örneklerin HMF miktarı 50 veya 70°C’de üretilen örneklere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bu durumun sıcaklık ve süre kombinasyonunun enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını teşvik etmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

SONUÇ

Kuşburnu doğal olarak yüksek miktarda askorbik asit içermesi nedeniyle birçok fonksiyonel özelliğe sahiptir. Bu nedenle kuşburnu meyveleri pulp ve marmelata işlenmekte ve ayrıca bütün meyveler kurutulduktan sonra çay olarak tüketilmektedir. Ancak bu tür ürünlerin kullanım alanları oldukça sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında, doğrudan kuşburnu pulpunun kurutulması ve öğütölerek toz forma dönüştürölmesi ile fonksiyonel özelliklere sahip bir katkı maddesi üretimi amaçlanmıştır. Bu amaca erişmek için sıcak hava akımında kurutma ve kırımın pencerelessi

kurutma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki kurutma yönteminde farklı işlem parametrelerinin de ürün özellikleri üzerine etkisi de araştırılmıştır. Çalışma sonuçları kırımın pencerelessi kurutma yönteminin kuşburnu tozu üretiminde oldukça etkili bir yöntem olduğunu açıkça göstermiştir. Nitekim bu yöntem ile üretilen tozların renk özellikleri daha iyi, askorbik asit miktarı ve radikal süpürme aktivitesi daha yüksek ve HMF düzeyi ise daha düşük olarak belirlenmiştir. Bu avantajların yanında yöntemin sürekli çalışması, ölçek büyötmeye uygun olması ve standart kalitede ürün üretimine imkan vermesi nedeniyle de öne çıkmaktadır. Çalışmada uygulanan kurutma sıcaklıklarının önemli farklılıklara neden olmaması nedeniyle kuşburnu tozu üretimi için 90°C’de kırımın pencerelessi kurutma yöntemi önerilmektedir. Çalışma sonucunda çeşitli gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılabilcek kuşburnu tozu üretilmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya verdiği finansal destekten ötürü Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz (Proje Numarası: FBA-2015-638).

KAYNAKLAR

- Abonyi, B., Feng, H., Tang, J., Edwards, C., Chew, B., Mattinson, D., Fellman, J. (2002). Quality retention in strawberry and carrot purees dried with Refractance Window™ system. *J Food Sci*, 67(3): 1051-1056.
- Aksu, M. (2002). Kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesinin işlenmesi sırasında askorbik asit degradasyonunun kinetiği. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Azizi, D., Jafari, S. M., Mirzaei, H., Dehnad, D. (2017). The influence of Refractance Window drying on qualitative properties of kiwifruit slices. *Int J Food Eng*, 13(2) doi:10.1515/ijfe-2016-0201
- Baeghbali, V., Niakousari, M., Farahnaky, A. (2016). Refractance Window drying of pomegranate juice: Quality retention and energy efficiency. *LWT - Food Sci Tech*, 66: 34-40.
- Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S., Powers, J.R., Fellman, J.K. (2012). Effect of

- drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *J Food Eng*, 111(1), 135-148.
- Celli, G. B., Khattab, R., Ghanem, A., Brooks, M. S.-L. (2016). Refractance Window™ drying of haskap berry—preliminary results on anthocyanin retention and physicochemical properties. *Food Chem*, 194: 218-221.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Basak, T. (2013). Microwave food processing—A review. *Food Res Int*, 52(1): 243-261.
- Ercisli, S. (2007). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. *Food Chem*, 104(4): 1379-1384.
- Esper, A., Mühlbauer, W. (1998). Solar drying—an effective means of food preservation. *Renewable Energy*, 15(1-4): 95-100.
- Fernández-León, M., Fernández-León, A., Lozano, M., Ayuso, M., Amodio, M., Colelli, G., González-Gómez, D. (2013). Retention of quality and functional values of broccoli 'Parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 31(2): 302-313.
- González, I., Celedon, G., Montalar, Y., Lutz, M. (1989). Dietary rose hip and corn oils effects on biliary and plasma lipid patterns, and hepatocyte membranes fluidity in rats. *Nutr Rep Int*, 40(2): 271-279.
- Hernandez-Santos, B., Martinez-Sanchez, C.E., Torruco-Uco, J.G., Rodriguez-Miranda, J., Ruiz-Lopez, I.I., Vajando-Anaya, E.S., Carmona-Garcia, R., Herman-Lara, E. (2016). Evaluation of physical and chemical properties of carrots dried by Refractance Window drying. *Dry Tech*, 34(12), 1414-1422.
- İlbbay, Z., Şahin, S., Kırbaşlar, Ş.İ. (2013). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of rosehip (*Rosa canina* L.) with response surface methodology. *J Sci Food Agric*, 93(11): 2804-2809.
- Jafari, S.M., Azizi, D., Mirzaei, H., Dehnad, D. (2016). Comparing quality characteristics of oven-dried and refractance window-dried kiwifruits. *J Food Process Preserv*, 40(3): 362-372.
- Kadakal, Ç., Nas, S., Artık, N. (2002). Kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyve ve çekirdeğinin bileşimi ve insan beslenmesi açısından önemi. *Dünya Gıda*, 7: 111-117.
- Kamiloglu, S., Capanoglu, E. (2015). Polyphenol content in figs (*Ficus carica* L.): Effect of sun-drying. *Int J Food Prop*, 18(3): 521-535.
- Karasakal, A. (2007). Kuşburnu bitkisinde spektrofotometrik yöntemle askorbik asit tayini. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kayisoglu, S., Ertekin, C. (2011). Vacuum drying kinetics of barbunya bean (*Phaseolus vulgaris* L. *elipticus* Mart.). *Philipp Agric Sci*, 94(3): 285-291.
- Kılıçgün, H., Altner, D. (2010). Correlation between antioxidant effect mechanisms and polyphenol content of *Rosa canina*. *Pharmacog Mag*, 6(23): 238.
- Nobrega, E.M., Oliveira, E.L., Genovese, M.I., Correia, R.T.P. (2015). The impact of hot air drying on the physical-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata*) residue. *J Food Process Preserv*, 39(2): 131-141
- Özdemir, F., Topuz, A., Karkacier, M. (1998). Kuşburnu pulpunun marmelata işlenmesinde pişirme yöntemi ve formülasyonun marmelat kalitesine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(2): 577-580.
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *J Food Eng*, 49(4): 311-319.
- Roman, I., Stănilă, A., Stănilă, S. (2013). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Rosa canina* L. biotypes from spontaneous flora of Transylvania. *Chem Cent J*, 7(1): 73.
- Tontul, I., Topuz, A. (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *LWT - Food Sci Tech*, 80(Supplement C): 294-303
- Tontul, İ., Kasimoglu, Z., Asik, S., Atbakan, T., Topuz, A. (2018). Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying. *Int J Biol Macromol*, 109: 1253-1259.

Topuz, A., Feng, H., Kushad, M. (2009). The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *LWT - Food Sci Tech*, 42(10): 1667-1673.

Tunde-Akintunde, T., Afolabi, T., Akintunde, B. (2005). Influence of drying methods on drying of bell-pepper (*Capsicum annum*). *J Food Eng*, 68(4): 439-442.

Vieira, M. C., Teixeira, A., Silva, C. (2000). Mathematical modeling of the thermal degradation kinetics of vitamin C in cupuaçu

(*Theobroma grandiflorum*) nectar. *J Food Eng*, 43(1): 1-7.

Voda, A., Homan, N., Witek, M., Duijster, A., van Dalen, G., van der Sman, R., Nijssse, J., van Vliet, L., As, H.V., van Duynhoven, J. (2012). The impact of freeze-drying on microstructure and rehydration properties of carrot. *Food Res Int*, 49(2): 687-693.