

2-FAZLI PİRİNANIN ÖN KURUTULMASININ GEREKLİLİĞİ VE VALSLİ KURUTUCU KULLANIMI

Ulaş Baysan^{1,2}, Mehmet Koç², Ali Güngör³, Figen Kaymak-Ertekin^{1*}

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

²Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın

³Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Bornova İzmir

Geliş / Received: 23.02.2023; Kabul / Accepted: 11.04.2023; Online baskı / Published online: 05.05.2023

Baysan, U., Koç, M., Güngör, A., Kaymak Ertekin, F. (2023). 2-fazlı pirinanın ön kurutulmasının gerekliliği ve valsli kurutucu kullanımı. GIDA (2023) 48 (3) 562-574 doi: 10.15237/ gida.GD23025

Baysan, U., Koç, M., Güngör, A., Kaymak Ertekin, F. (2023). The necessity of pre-drying 2-phase olive pomace and the usage of drum dryer. GIDA (2023) 48 (3) 562-574 doi: 10.15237/ gida.GD23025

ÖZ

2-fazlı pirinanın ön kurutma işlemi; seri üretime uygun, kısa kurutma süresine sahip, yüksek miktarda pirina kurutabilmeye imkân sağlayan valsli kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Valsli kurutucu işlem değişkenlerinden farklı buhar basıncı (1, 2, 3 ve 4 bar) değerlerine karşılık, farklı vals dönme hızlarında (1, 3 ve 6 devir/dakika) 2-fazlı pirinanın kurutulması denemeleri gerçekleştirilmiştir. Valsli kurutucuda buhar basıncının artması ve/veya vals dönme hızının azaltılması ile yarı kurutulmuş 2-fazlı pirinanın % titrasyon asitliği, peroksit, serbest yağ asitliği ve K232, K270 değerlerinde artış görülürken, ürünün nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri ise azalmıştır. Valsli kurutucuda yüksek buhar basıncında ve dönme hızında (4 bar 6 dev/dak) gerçekleştirilen kurutma denemesinin diğer denemelere kıyasla daha yüksek enerji verimliliği ve etkin bir kuruma performansına sahip olduğu belirlenmiştir. Kurutucu sistemlerde etkin kurutma performansının ve yüksek enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için; maksimum özgül nem alma hızı (SMER), maksimum nem alma hızı (MER) ve minimum özgül enerji tüketimi (SEC) değerlerine sahip olması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: 2-fazlı pirina, valsli kurutucu, enerji verimliliği, atık değerlendirme, kalite

THE NECESSITY OF PRE-DRYING 2-PHASE OLIVE POMACE AND THE USAGE OF DRUM DRYER

ABSTRACT

Pre-drying of 2-phase olive pomace was carried out by parametric drying using a drum dryer supplying continuous mass production with a short drying time and obtaining the high amount of drying sample. Drying experiments of 2-phase pomace were performed at different valse rotational speeds (1, 3, and 6 rev/min) and different vapor pressure values (1, 2, 3, and 4 bar) as drum dryer process variables. Increasing the vapor pressure and decreasing the valse rotational speed increased the titratable acidity, peroxide value, free fatty acid and K232, K270 values of pre-dried 2-phase olive pomace whereas decreased the moisture content, water activity and pH value. The effective conditions of the drum dryer were determined at high vapor pressure and high valse rotational speed

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author:

✉: figen.ertekin@ege.edu.tr

☎: (+90) 232 388 2395

☎: (+90) 232 342 7592

Ulaş Baysan; ORCID no: 0000-0002-6307-9874

Mehmet Koç; ORCID no: 0000-0002-7295-7640

Ali Güngör; ORCID no: 0000-0003-0011-4192

Figen Kaymak Ertekin; ORCID no: 0000-0001-5042-3659

(4 bar and 6 rpm). Maximum specific moisture extraction rate (SMER), moisture extraction rate (MER) and minimum specific energy consumption (SEC) values were expected to determine the high performance and energy efficient dryer system.

Keywords: 2-phase olive pomace, Drum dryer, energy efficiency, waste valorization, quality

GİRİŞ

Akdeniz uygarlıklarının vazgeçilmez parçası olan zeytin; Anadolu'nun en eski kültür bitkilerinden biridir (Vural vd., 2021). Akdeniz tarzı beslenmeye olan ilginin gün geçtikçe artmasıyla insanların zeytinyağına olan taleplerinde de artış görülmektedir. Bu artış sonucunda zeytinin yağını, çekirdeğini ve etini içeren değerli bir atık olan pirina miktarının artacağı öngörülmektedir (Kılıç, 2020; Arslan vd., 2021). Zeytinyağı sürekli üretim sistemleri, açığa çıkan atık çeşidine göre; 3-faz ve 2-faz ekstraksiyon sistemleri olarak isimlendirilir. 3-faz ekstraksiyon sistemlerinde üç fazlı santrifüj sistemleri sayesinde zeytin hamurundan yağ, su ve pirina ayrı ayrı elde edilir (Ranalli ve Martinelli, 1995). Proses suyu kullanılmayan 2 faz ekstraksiyon sistemlerinde ise zeytinin tüm meyve suyu pirina içinde yer almaktadır. Üç fazlı sistemlerde kullanılan suyun çevre kirliliğine yol açması sebebiyle; proses suyunun kullanılmadan veya zeytinin nem içeriğine bağlı olarak çok az kullanılması ile yağ fazının ayrılmasını sağlayan 2 faz ekstraksiyon sistemi geliştirilmiştir. Ekolojik sistemler olarak da adlandırılan bu sistemin gün geçtikçe kullanımı yaygınlaşmakta ve önem kazanmaktadır (Ranalli ve Martinelli, 1995). Zeytinyağı üretim sistemlerindeki ekstraksiyon tekniğinin farklılığı, oluşan atık suyun miktarı ve kirlilik özelliklerinde ve pirinanın kompozisyonunda farklılıklara sebep olmaktadır.

Pirina genellikle hayvan yemi katkı maddesi olarak, bahçe bitkilerinin yetiştirilmesinde (Dermeche vd., 2013) ve toprağın güçlendirilmesinde gübre olarak (Paredes vd., 2001) ve kükürt içermeyen alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır (Çelen vd., 2015). Ayrıca, pirinadan fermantasyon yoluyla lipaz enzimi, hidroliz ile aktif karbon (Lama-Muñoz vd., 2019; Borjan vd., 2020) ve biodizel (Hernández vd., 2014) de elde edilmektedir (Temur ve Temiz, 2018; Kaya ve Demir 2020, Salık ve Çakmakçı 2021). Pirinanın direkt olarak doğaya salınımı yerine katma değeri yüksek bir yan ürün olarak değerlendirilmesi için pirinanın kurutulması

gerekmektedir. Pirinanın işlenebilirliğini ve dayanıklılığını artırmak kurutma işlemiyle mümkün kılınabilmektedir. Yüksek tonlarda ürün kurutmaya ve seri üretime uygun olması nedeniyle pirina kurutma işlemi genellikle döner kurutucularda 400 ile 800°C aralığında gerçekleştirilir. Bu tip kurutma sistemlerinde sıcak kurutma gazı farklı yöntemler ile elde edilmekte; son yağı da çekilmiş olan pirinanın ve/veya üründen ayrılan çekirdeklerin yakılması ile elde edilen sıcak gaz ve kojenerasyon sistemlerindeki türbin veya gaz motorlarından elde edilen atık gaz kullanılmaktadır (Moral ve Méndez, 2006). 2-fazlı pirinanın nem içeriğinin yüksek olması kurutma sırasında nemli bölgelerin kalmasına ve ürünün düşük ısı stabilitesinden kaynaklı olarak kurutucu duvarlarına yapışmasına neden olmaktadır. Bu durum kurutucuda alevlenme riskini de beraberinde getirmektedir (Arjona vd., 2005). Bu sebeplerden dolayı 2-faz pirina direkt olarak kurutuculara beslenmemektedir. Sanayide kalıcı olmayan çözümlerle 2-faz pirina kurutma çalışmaları sürdürülmektedir. 2-faz pirina ile 3-faz pirina karıştırılarak; karışım kurutucuya beslenmektedir. Bu yöntemde ilk olarak 3-fazlı pirina % 20-25 nem içeriğine kadar kurutulur daha sonra 2-fazlı pirinayla karıştırılarak nem içeriği % 50-55 civarına getirilir ve daha sonra kurutucuya beslenerek kuruma gerçekleştirilir (Arjona vd., 2005). Kurutma sıcaklığının çok yüksek olması, kurutma işleminde baca gazlarının ısıtıcı ortam olarak kullanılması ve pirinanın tekrar tekrar kurutma işlemine maruz bırakılmasından dolayı elde edilen kuru pirinanın katma değeri azalmaktadır.

Torrecilla vd. (2005) 2-faz pirinayı kurutmak için akışkan yatak kurutucu kullanmışlardır. 2-faz pirinayı direkt olarak kurutma işlemini gerçekleştiremeyip, çözümü 70/30 ve 90/10 yaş/kuru pirina oranlarında karıştırmada bulmuşlardır. Bu kurutma işleminde pirinanın nem içeriğini %65'den %8'e kadar düşürmeyi başarmışlardır. Akışkan yatak kurutucununun hem kurutucu maliyetinin yüksek hem de ön işlem

gereksinimi olması dezavantajları arasındadır (Torrecilla vd., 2005). Arjona vd. (2005) döner tip kurutucuda 2-faz pirinayı kurutma işlemini gerçekleştirmiştir. 2-faz pirinanın yüksek nemlilik ve şeker içeriğinden dolayı işlem süresinin çok uzadığını aynı zamanda tam etkin bir kurutmanın gerçekleştirilemediğini vurgulamışlardır (Arjona vd., 2005). Milczarek vd. (2011); mikrodalga ve geleneksel kurutma yöntemlerinin kombine çalışmasına olanak sağlayan kurutucu sistem kullanmışlar ve kurutma karakteristiğini incelemişlerdir. Çalışmada işlem süresinin uzunluğuna dikkat çekilmiştir. İnce tabaka halinde kurutma gerçekleştirildiğinde 70°C ve altındaki sıcaklık uygulamalarında pirinanın büzüşmesinin ihmal edilebilir olduğu belirtilmiştir (Milczarek vd., 2011). Mevcut kurutucu sistemler ile 3-fazlı ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen pirinanın kurutulması gerçekleştirilmesine karşın; 2-fazlı pirinanın ön işlem (3-fazlı pirina ile karıştırmak veya santrifüj ile karasuyu ayırmak gibi) gereksinimi duymaksızın %8-10 nem içeriğine kadar kurutulması etkin bir şekilde gerçekleştirilememektedir. Bu çalışmada; 2-faz pirinanın ön kurutma işlemi gerçekleştirilerek 3-fazlı pirinanın etkin kurutulmasını sağlayan kurutuculara beslenmeye uygun hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Seri üretime uygun, kısa kurutma süresine sahip ve yüksek miktarda pirina kurutabilmeye imkân sağlayan valsli kurutucuda kurutma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Valsli kurutucuda gerçekleştirilen 2-faz pirina kurutma denemelerinde buhar basıncı ve vals dönme hızı bağımsız değişkenlerinin pirinanın kalitesine ve enerji verimliliklerinin üzerine etkisi incelenmiştir.

MATERYAL YÖNTEM

Materyal

2-faz pirina Aydın ili çevresinde 2-faz zeytinyağı üretimi gerçekleştiren yerel bir firmadan temin edilmiştir. 2-faz pirina kurutma işlemine kadar -25°C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Depolanan pirinalar kurutma denemesinin 1 gün öncesinde buzdolabında (4°C) çözündürülerek denemeler için uygun sıcaklığa getirilmiştir.

Kurutma Denemeleri

2-faz pirinanın ön kurutulması çalışmaları valsli kurutucuda (drum dryer-vapor, Carter, USA)

gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Valsli kurutucu 2 adet valsten oluşmakta ve her bir valsın dış çapı 26 cm ve genişliği 20 cm'dir. 2 vals arasındaki vals açıklığı ön denemeler sonucunda pirinanın çekirdeğine zarar vermeyecek şekilde 3 mm olarak belirlenmiş ve tüm denemelerde sabit tutulmuştur. Her deneme için 2-faz pirinadan 1 kg alınarak valsli kurutucuya beslenip kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Valsli kurutucuda bağımsız değişkenler buhar basıncı ve vals dönme hızı olarak belirlenmiştir. Buhar basıncı değerlerinin (1, 2, 3 ve 4 bar) her biri için farklı vals dönme hızı değerlerinde (1,3 ve 6 dev/dak) 2-fazlı pirina kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Her kurutma denemesi 2 tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir. Kurutma prosesleri esnasında, buhar basıncı ve tüketimleri (kondenstop çıkışında yoğunlaşan su ölçümü ile), kurutmaya harcanan enerji için de başlangıç ve son pirina nem içerikleri, kütle debisi ve kurutma zamanı ölçümleri ile belirlenmiştir. Enerji ve performans göstergesi analizlerinde bu veriler kullanılmıştır.

Analizler

Pirinaya uygulanan analizler

Nem içeriği: Yaş ve kurutulmuş pirina örneklerinin nem içerikleri vakumlu etüv yöntemi ile belirlenmiştir AOAC, (1980). Nem miktarları % yaş temel olarak ifade edilmiştir.

Su aktivitesi (a_w): Pirinanın su aktivitesi, ± 0.001 hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm probu (Testo- AG 400, Germany) kullanılarak belirlenmiştir.

pH: pH değerinin elektrometrik olarak dijital pH metre (inoLab pH/Cond 720, WTW, Germany) ile ölçümü yapılmıştır (Cemeroğlu, 2007).

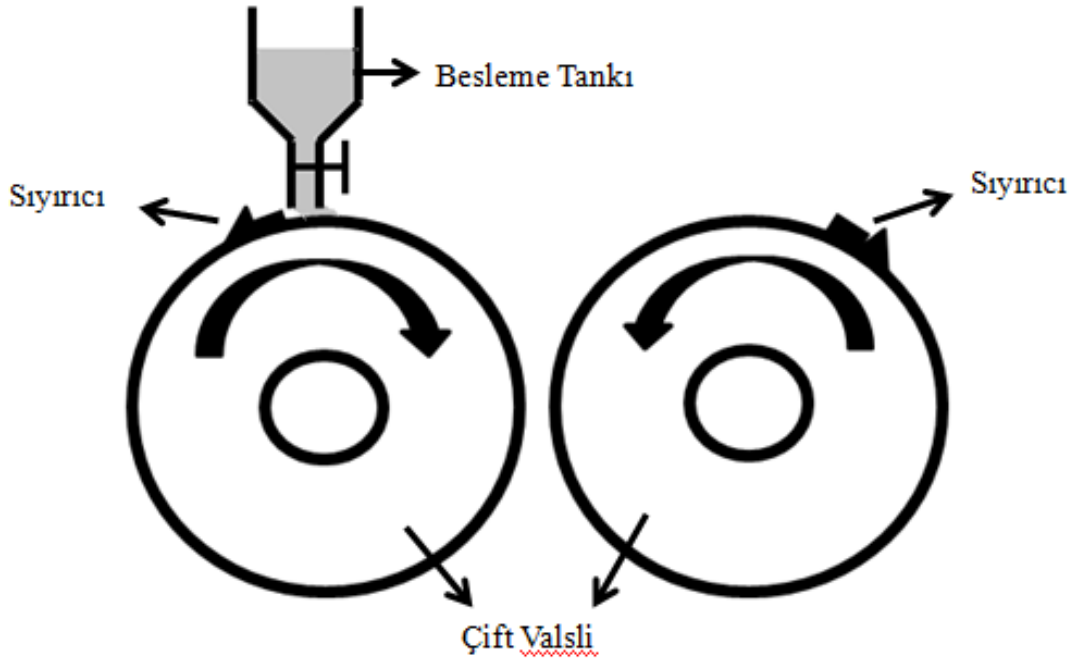
% Titrasyon asitliği: Yaş ve kuru pirinaların % titrasyon asitliği değerleri NaOH çözeltisiyle titre edilerek belirlenmiştir. Sonuç % oleik asit cinsinden belirtilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

Pirinadan Elde Edilen Yağa Uygulanan Analizler

Pirinadan elde edilen yağ analizleri için öncelikle pirinadan yağın ekstrakte işlemi soğuk ekstraksiyon uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

Soğuk ekstraksiyon sonucunda elde edilen çözgen-yağ karışımları 50°C'de döner buharlaştırıcıda (Heidolph, Germany) evapore

edilmiştir. Elde edilen yağlar analizlere tabii tutulmuştur.



Şekil 1. Valsli Kurutucu Şematik Gösterimi
Figure 1. Diagram of Drum Dryer

Peroksit: Yağ elde edildikten sonra peroksit analizi için 0.5 gr yağ 3 ml asetik asit/kloroform (3:2 v/v) ile çözülmüş ve üzerine 50 µl doymuş potasyum iyodür çözeltisi ilave edilip, 1 dakika karıştırıldıktan sonra 5 dakika oda sıcaklığında ve karanlıkta beletildikten sonra üzerine 3 ml su ilave edilmiştir. İndikatör olarak 0.2 ml nişasta (1 gr/100 ml) eklenip ve mavi renk elde edilerek; 0.01 N standardize sodyum tiyosülfat çözeltisi ile mavi renk kaybolana kadar titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Peroksit değerinin hesaplanabilmesi için kör deneme de yapıldıktan sonra hesaplama yapılmıştır (AOAC, 1990).

Serbest yağ asitliği: Yağın ekstrakte edilmesinin ardından serbest yağ asitliğinin belirlenebilmesi için 1.25 ml saf etanole 1-2 damla yağ ve 50 µl fenolftalein ilave edilerek nötrale alkol hazırlanmıştır. Bu karışım 60°C su banyosunda ısıtılıp ve 0.01 N KOH ile açık-sabit pembe renk

elde edilinceye kadar titre edilmiştir. Titrasyondan sonra 1.41 gr yağ örneği nötrale alkol üzerine ilave edilip ve aynı renk elde edilinceye kadar 0.01 N KOH ile tekrar titre edilmiştir. Sonuç, örneğimiz zeytinyağı olduğu için oleik asit cinsinden ifade edilmiştir (Göğüş vd., 2009).

UV Işığında özgül soğurma değerleri (K_{232} , K_{270}): 0.5 g yağ 50 ml'lik balonjojeye 0.0001 duyarlılıkta tartıldıktan sonra sikloheksanla 50 ml'ye tamamlanıp çalkalanmıştır. 1 cm kalınlığındaki kuvarz küvetler kullanarak, sikloheksana karşı 232 nm ve 270 nm'de absorpsiyon ölçümü yapılmıştır (Göğüş vd., 2009).

Kurutma Sistemlerinde Verim Tanımlamaları
Kurutucu sistemlerin etkinliğinin belirlenebilmesi için özgül nem alma hızı, nem alma hızı ve özgül enerji tüketimi kriterlerinden yararlanılmıştır.

Özgül nem alma hızı (SMER): Kurutucuların enerji verimliliği genellikle özgül nem uzaklaştırma (SMER: Specific Moisture Extraction Rate) hızı ile belirlenmektedir. 1 kg nemli havadan nemi çekmek için harcanan enerji miktarı “özgül nem çekme oranı (SMER)” olarak tanımlanır. Bu büyüklük birim kWh enerji kullanımı için, kurutulacak üründen uzaklaştırılan su kütlesini gösterir (kg_w / kWh). Eşitlik (1) kullanılarak özgül nem alma hızı hesaplanmıştır (Hawladar ve Jahangeer, 2006).

$$SMER = \frac{\text{Üründen Uzaklaştırılan Nem kütlesi}}{\text{Enerji Girişi}} \left(\frac{kg_w}{kWh} \right) \quad (1)$$

Nem alma hızı (MER): Kurutucudan birim zamanda uzaklaştırılan nemin kütlesi olarak tanımlanır (MER: Moisture Extraction Rate) ve Eşitlik (2)'ye göre hesaplanmıştır (Gürlek vd., 2015).

$$MER = \frac{\text{Üründen Uzaklaştırılan Nem}}{\text{Kuruma Süresi}} \left(\frac{kg_w}{h} \right) \quad (2)$$

Özgül enerji tüketimi (SEC: Spesific Energy Consumption): Özgül enerji tüketimi örneklerin kurutulması sırasında, örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı olarak tarif edilerek, kJ/kg olarak ifade edilmiştir ve aşağıdaki eşitlikten (Eş.(3)) hesaplanmıştır (Sadi vd., 2015).

$$SEC = \frac{\text{Sisteme Giren Toplam Enerji}}{\text{Üründen Uzaklaştırılan Suyun Kütlesi}} \left(\frac{kJ}{kg} \right) \quad (3)$$

İstatistiksel Analiz

Bağımsız işlem değişkenleri olarak belirlenen buhar basıncı ve vals dönme hızının pirinanın kalite özellikleri ve enerji verimliliği üzerine olan etkisi Design Expert Ver. 7.0.0 (Stat-Ease, 2005) paket program kullanılarak incelenmiştir. Oluşturulan modellerin deneysel veriler üzerindeki etkisi varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Her bir bağımsız değişkenin tüm deneysel veriler için lineer, quadratik ve interaksiyon etkileri incelenmiş ve her yanıt için regresyon katsayıları bulunmuştur. İstatistiksel analizler SPSS, 2006 (15.0 for Windows) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Model uygunluklarının kontrol edilmesi için de R² ve adj-R² terimlerinden yararlanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Nem İçeriği

Başlangıç nem içeriği % 66.4 olan 2-faz pirina Çizelge 1’de verilen farklı işlem koşullarında valsli kurutucuda kurutulmuştur. Yarı kurutulmuş 2-faz pirinaların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1’de ve bu analizlerin ANOVA sonuçları da Çizelge 2 de verilmiştir.

Çizelge 1. Valsli kurutucuda yarı kurutulmuş 2-faz pirinanın fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Table 1. Results of the physical and chemical analysis of semi-dried 2-phase pomace by drum dryer

No	Pirinada Yapılan Analizler			Yağda Yapılan Analizler						
	β_1	β_2	Nem İçeriği (%)	a_w	pH	% Titrasyon Asitliği	Peroksit Değeri (meqO ₂ /kg yağ)	Serb. Yağ Asit. (% Oleik Asit)	K ₂₃₂	K ₂₇₀
1	1	1	45.68±0.72	0.964±0.003	5.21±0.01	0.38±0.01	8.40±0.20	0.17±0.01	0.35±0.02	0.19±0.01
2	1	3	56.21±0.79	0.981±0.003	5.26±0.01	0.36±0.02	7.26±0.73	0.16±0.01	0.30±0.01	0.18±0.01
3	1	6	59.94±1.16	0.990±0.000	5.30±0.02	0.32±0.01	5.02±0.03	0.13±0.01	0.28±0.01	0.17±0.01
4	2	1	39.83±0.73	0.945±0.005	5.19±0.03	0.39±0.04	9.15±0.51	0.23±0.01	0.42±0.01	0.22±0.01
5	2	3	49.12±1.52	0.969±0.003	5.29±0.01	0.38±0.01	7.86±0.34	0.22±0.01	0.39±0.01	0.20±0.01
6	2	6	56.70±0.30	0.973±0.002	5.32±0.01	0.32±0.01	5.47±0.01	0.20±0.01	0.33±0.01	0.19±0.01
7	3	1	27.92±0.76	0.930±0.002	5.16±0.02	0.40±0.06	9.81±0.74	0.29±0.01	0.49±0.01	0.25±0.01
8	3	3	41.54±0.11	0.947±0.002	5.24±0.01	0.38±0.03	8.58±0.10	0.28±0.01	0.40±0.01	0.23±0.01
9	3	6	52.82±1.10	0.964±0.003	5.25±0.01	0.33±0.03	6.00±0.17	0.24±0.01	0.36±0.01	0.22±0.01
10	4	1	22.88±1.41	0.877±0.004	5.12±0.01	0.44±0.02	10.73±0.74	0.37±0.01	0.53±0.01	0.33±0.02
11	4	3	37.35±0.61	0.924±0.004	5.20±0.01	0.40±0.06	9.55±0.44	0.32±0.01	0.48±0.02	0.29±0.02
12	4	6	45.97±0.52	0.944±0.003	5.22±0.01	0.35±0.07	6.43±0.14	0.29±0.01	0.38±0.02	0.25±0.02

β_1 : Buhar basıncı (bar); β_2 : Dönme hızı (dev/dak)

β_1 : vapor pressure (bar); β_2 : Valse rotational speed (rpm)

Çizelge 2. Valsli kurutucuda yarı kurutulmuş 2-fazlı pirinanın fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına ait ANOVA sonuçları

Table 2. ANOVA results of the physical and chemical analysis results of semi-dried 2-phase pomace by drum dryer

Varyasyon Kaynağı	Pirinada Yapılan Analizler				Yağda Yapılan Analizler			
	Nem İçeriği (%)	a_w	pH	% Titrasyon Asitliği	Peroksit Değeri (meq O ₂ /kg yağ)	Serbest Yağ Asitliği (% Oleik Asit)	K ₂₃₂	K ₂₇₀
Model	<0.0001	0.0001*	0.0006*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*
β_1	<0.0001	<0.0001*	0.0007*	0.0002*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*
β_2	<0.0001	0.0002*	0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	0.0004*	<0.0001*	0.0007*
$\beta_1 \beta_2$	0.0139	0.0251*	0.8909	0.0890	0.0041*	0.0491*	0.0120*	0.0135*
β_1^2	0.9874	0.0947	0.0598	0.0496*	0.2011	0.8881	0.1901	0.0298*
β_2^2	0.0060	0.0375*	0.0154*	0.2686	0.0034*	0.6804	0.2400	0.2053
R ²	0.9895	0.9739	0.9552	0.9838	0.9982	0.9896	0.9843	0.9790
Adj-R ²	0.9808	0.9522	0.9179	0.9703	0.9966	0.9808	0.9712	0.9614

β_1 : Buhar basıncı (bar); β_2 : Dönme hızı (dev/dak)

β_1 : *vapor pressure (bar)*; β_2 : *Valse rotational speed (rpm)*

* $P < 0.05$ düzeyinde önemli

**significant at $P < 0.05$*

Denemeler sonucunda kurutulmuş pirinanın nem içeriği %22.88-59.94 aralığında değişmektedir (Çizelge 1). Düşük buhar basıncında ve yüksek vals dönme hızında (1 bar, 6 dev/dak) kurutulmuş pirina en yüksek nem içeriğine sahipken, yüksek buhar basıncı ve düşük vals dönme hızında (4 bar, 1 dev/dak) ise en düşük nem içeriğine sahiptir. Kuruma denemelerinde ürünün sıcak yüzeye temas etme süresi valslerin dönme hızına bağlı olup, vals dönme hızının yükselmesiyle birlikte kurutma işleminin süresi azalmaktadır. Bu nedenle valsın dönme hızı arttıkça ürünün nem içeriği daha yüksek değerlerde kalmaktadır. Buhar basıncı ise kurutucu yüzey sıcaklığını artırması nedeniyle buhar basıncı arttıkça 2-faz pirinanın kuruması hızlanmakta ve nem içeriği daha düşük ürün elde edilmektedir (Şekil 2). Valsli kurutucuda gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde; buhar basıncı ve vals dönme hızının pirinanın nem içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ANOVA analizi (Çizelge 2) ile belirlenmiştir ($P < 0.05$).

Su Aktivitesi

Kurutma işleminin birincil amaçlarından biri de ürünün su aktivitesi değerini azaltarak mikroorganizma gelişimini engellemektir (Seçkin

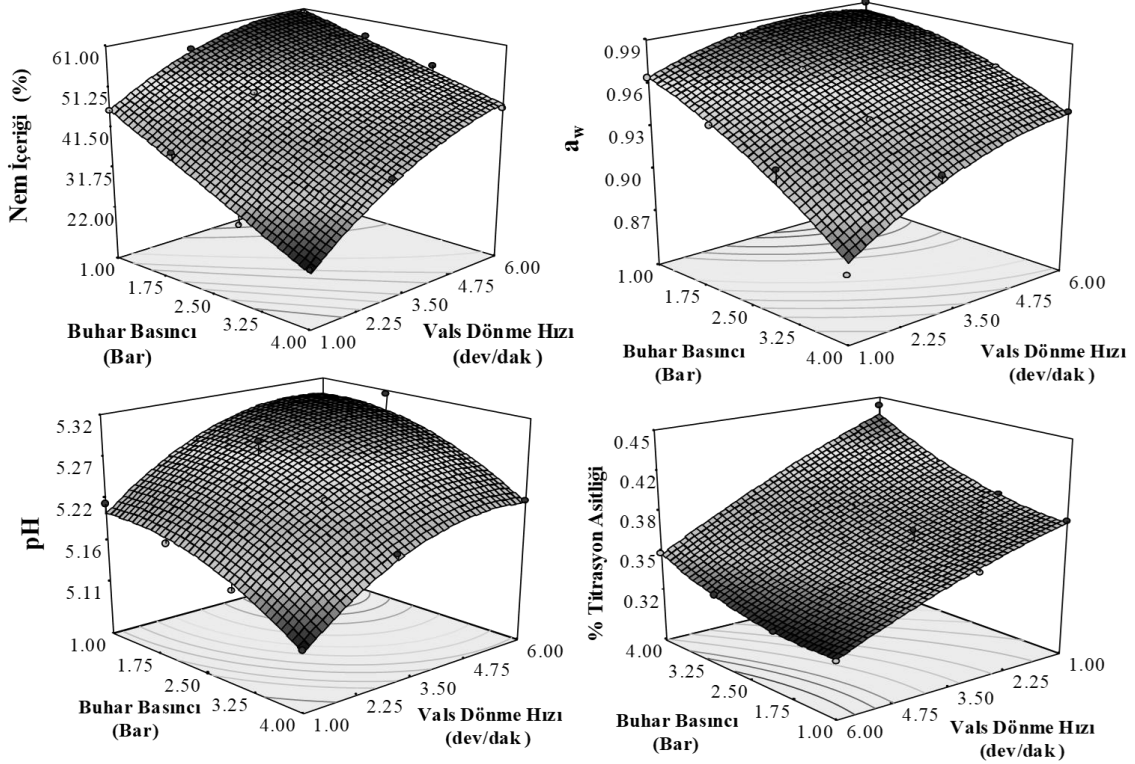
ve Taşeri, 2015). 2-faz pirinaların ön kurutma işlemi uygulanmasıyla su aktivitesi (a_w) değerlerinin değişimi büyük önem arz etmektedir. Farklı işlem koşullarında valsli kurutucuda kurutulmuş 2-faz pirinaların su aktivitesi değerleri 0.877-0.990 arasında değişim göstermektedir (Çizelge 1). Bu aralıktaki değerler mikroorganizmaların faaliyetinin durdurulması için yeterli değildir. Fakat 2-fazlı pirinaya uygulanan kurutma işleminin ön kurutma işlemi olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Yarı kurutulmuş 2-fazlı pirinanın a_w değerleri buhar basıncının artmasıyla artış gösterirken; vals dönme hızının artmasıyla azalmaktadır (Şekil 2). Kurutulmuş pirinanın su aktivitesinin buhar basıncı ve vals dönme hızına bağlı olarak değişimi nem içeriği ile oldukça benzerdir. ANOVA sonuçlarına göre buhar basıncının ve vals dönme hızının 2-fazlı pirinanın su aktivitesi değerleri üzerine de etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 2, $P < 0.05$).

Titre Edilebilir Asitlik ve pH

Titre edilebilir asitlik ve pH mikrobiyal gelişmeyi ve oluşan son ürünlerdeki kimyasal ve fiziksel değişimleri etkileyen önemli faktörlerden biridir (Erbay vd., 2010). Valsli kurutucuda yarı kurutulmuş 2-fazlı pirina için pH değerleri ile %

titrasyon asitliği değerleri paralellik göstermektedir. Yüksek buhar basıncında ve düşük vals dönme hızında yapılan kurutma işlemi sonucunda elde edilen ürün en düşük pH değerine (5.12) ve en yüksek % titre edilebilir asitlik değerine (% 0.443) sahiptir. En yüksek pH değeri (5.30) ve en düşük % asitlik değeri (% 0.322) ise 1 bar ve 6 dev/dak kurutma uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 1). Yarı kurutulmuş 2-fazlı pirinanın pH değerleri ve % titrasyon asitliği değerlerinin bu koşullar altında dar bir aralıkta

değişim gösterdiği gözlenmiştir. Kurutma işleminde bağımsız değişkenlerden buhar basıncının artması ile pH değerinin azaldığı ve % titrasyon asitliği değerinin arttığı; vals dönme hızının artması ile pH değerinin arttığı ve % titrasyon asitliği değerinin azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 2). İstatistiksel olarak da buhar basıncının ve vals dönme hızının hem pH değerleri hem de % titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğu bulgulanmıştır (Çizelge 2).



Şekil 2. Valsli kurutucuda yarı kurutulmuş 2-fazlı pirinanın nem içeriği (%), a_w , pH, % titrasyon asitliği değerlerinin değişiminin 3 boyutlu gösterimi

Figure 2. 3-D representation of the change in moisture content (%), a_w , pH, % titration acidity values of semi-dried 2-phase pomace in drum dryer

Peroksit

Peroksit değeri kurutma işlemi sırasında yağın oksidasyon derecesini belirlemeyi sağlayan bir göstergedir (Sun-Waterhouse vd., 2011). Valsli kurutucu işlem değişkenlerinden buhar basıncının artması kurutucu yüzey sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda yüksek kurutucu yüzey sıcaklığı uygulamasıyla yarı kurutulmuş 2-fazlı pirinalardan elde edilen yağların peroksit değerleri artmaktadır. Genellikle

ısıl işlemin artmasıyla peroksit değeri artış göstermektedir (Zungur vd., 2014). Vals dönme hızının yükselmesi ise vals kuruma yüzeyi ile 2-fazlı pirinanın temas süresinin azalmasını sağlayarak yarı kurutulmuş ürünlerin peroksit değerlerinin azalmasına neden olmaktadır (Çizelge 1 ve Şekil 3). Buhar basıncı ve vals dönme hızının peroksit değerleri üzerine istatistiksel olarak etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 2, $P<0.05$). Vals dönme hızının ise buhar basıncına

göre daha etkin bir parametre olduğu belirlenmiştir.

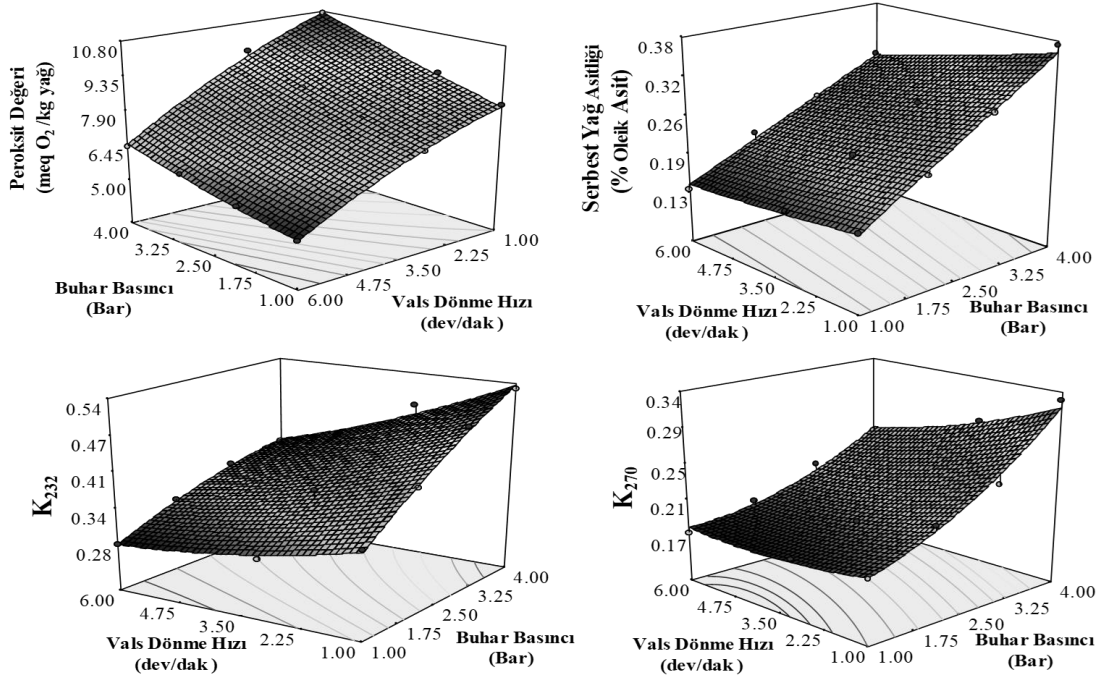
Serbest Yağ Asitliği

Serbest yağ asidi genellikle yağ bozunmalarının göstergesi olarak kabul edilmektedir (Kıvrak vd., 2016). Genellikle yüksek sıcaklıklarda yağda gerçekleşen hidroliz sonucunda trigliseridlerin parçalanması ile oluşmaktadır (Bensmira vd., 2007). Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği'ne göre (TGK, 2014); pirina yağının serbest asitliğinin (oleik asit cinsinden) % 1'in altında olması istenmektedir. Valsli kurutucuda kurutulmuş pirinadan elde edilen yağların serbest yağ asitliği değerleri % 0.135 ile % 0.373 değerleri arasındadır (Çizelge 1). Bu değer % 1 in altında olması tam kuruma işleminin gerçekleştirilmemesinin yanı sıra pirinanın kalite kayıplarının minimumda tutulduğunu göstermektedir. Serbest yağ asitliği değerleri buhar basıncının artmasıyla artış göstermekte ve vals dönme hızının artmasıyla ise azalış göstermektedir (Şekil 3). Buhar basıncının serbest yağ asitliği üzerine daha etkin bir parametre olduğu

belirlenmesine rağmen; istatistiksel olarak her iki parametre buhar basıncı ve vals dönme hızının serbest yağ asitliği üzerine etkili olduğu bulgulanmıştır (Çizelge 2, $P<0,05$).

K_{232} ve K_{270} değerleri

Yağ örneklerinin K_{232} ve K_{270} değerleri, konjuge dien ve trien niceliklerinin ve oksidasyon seviyelerinin göstergesi olarak kullanılmaktadır (Köseoğlu, 2006). 2-faz pirinanın valsli kurutucuda gerçekleştirilen ön kurutma işleminde yarı kurutulmuş pirinadan elde edilen yağların K_{232} değerlerinin 0.281-0.531 ve K_{270} değerlerinin ise 0.173-0.288 aralığında oldukları belirlenmiştir (Çizelge 1). Buhar basıncının artması ve vals dönme hızının azalması ile K_{232} ve K_{270} değerlerinin arttığı bulgulanmıştır (Şekil 3). En az süre kurutma yüzeyine maruz kalmış ve en düşük buhar basıncında yapılan deneme (1 bar, 6 dev/dak) sonucunda kurutulan pirinaların K_{232} ve K_{270} değerleri daha düşüktür. İki bağımsız değişkenin de K değerleri üzerine istatistiksel olarak etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2, $P<0,05$).



Şekil 3. Valsli kurutucuda yarı kurutulmuş 2-faz pirinadan elde edilen yağın peroksit değeri, serbest yağ asitliği, K_{232} ve K_{270} değerlerinin değişiminin 3 boyutlu gösterimi

Figure 3. 3-D representation of the change in peroxide value, free fatty acidity, K_{232} and K_{270} values of oil obtained from semi-dried 2-phase pomace in drum dryer

Valsli Kurutucu Sistemin Enerji Verimliliğinin İncelenmesi

Yarı kurutulmuş 2-faz pirinanın valsli kurutucu sistem etkinliğinin belirlenmesi için Eşitlik (1), (2)

ve (3)'te verilen özgül nem alma hızı (SMER), nem alma hızı (MER) ve özgül enerji tüketimi (SEC) sonuçları Çizelge 3'de ve bu sonuçlara ait ANOVA değerlendirmesi Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Valsli kurutucu sistem verimliliği sonuçları

Table 3. Drum dryer system efficiency results

No	Bağımsız Değişkenler		Kurutma Sistemlerinde Verim Tanımlamaları		
	β_1	β_2	SMER (kg_w/kWh)	MER (kg_w/h)	SEC (kJ/kg)
1	1	1	0.102 ±0.001	6.22 ±0.51	9.77 ±0.71
2	1	3	0.092 ±0.001	6.90 ±0.21	10.90 ±0.12
3	1	6	0.247 ±0.001	5.94 ±0.18	4.04 ±0.32
4	2	1	0.079 ±0.002	7.23 ±0.36	12.58 ±0.63
5	2	3	0.091 ±0.001	10.24 ±0.12	11.00 ±0.67
6	2	6	0.235 ±0.001	8.43 ±0.09	4.26 ±0.11
7	3	1	0.073 ±0.001	8.78 ±0.04	13.64 ±0.45
8	3	3	0.087 ±0.001	12.91 ±0.43	11.48 ±0.77
9	3	6	0.232 ±0.002	10.97 ±0.29	4.31 ±0.34
10	4	1	0.062 ±0.001	9.29 ±0.31	16.06 ±0.61
11	4	3	0.076 ±0.002	14.11 ±0.14	13.09 ±0.58
12	4	6	0.247 ±0.001	14.56 ±0.16	4.04 ±0.13

Çizelge 4. Valsli kurutucu sistem verimliliği sonuçlarına ait ANOVA analiz sonuçları

Table 4. ANOVA results of drum dryer system efficiency values

Varyasyon Kaynağı	Kurutma Sistemlerinde Verim Tanımlamaları		
	SMER (kg_w/kWh)	MER (kg_w/h)	SEC (kJ/kg)
Model	< 0.0001*	0.0002*	< 0.0001*
β_1	0.0131*	< 0.0001*	0.0013*
β_2	< 0.0001*	0.0053*	< 0.0001*
$\beta_1 \beta_2$	0.0218*	0.0086*	0.0017*
β_1^2	0.2180	0.5471	0.7512
β_2^2	< 0.0001*	0.0016*	0.0009*
R ²	0.9966	0.9704	0.9905
Adj-R ²	0.9938	0.9457	0.9826

β_1 : Buhar basıncı (bar); β_2 : Dönme hızı (dev/dak)

β_1 : vapor pressure (bar); β_2 : Valse rotational speed (rpm)

*P<0.05 düzeyinde önemli

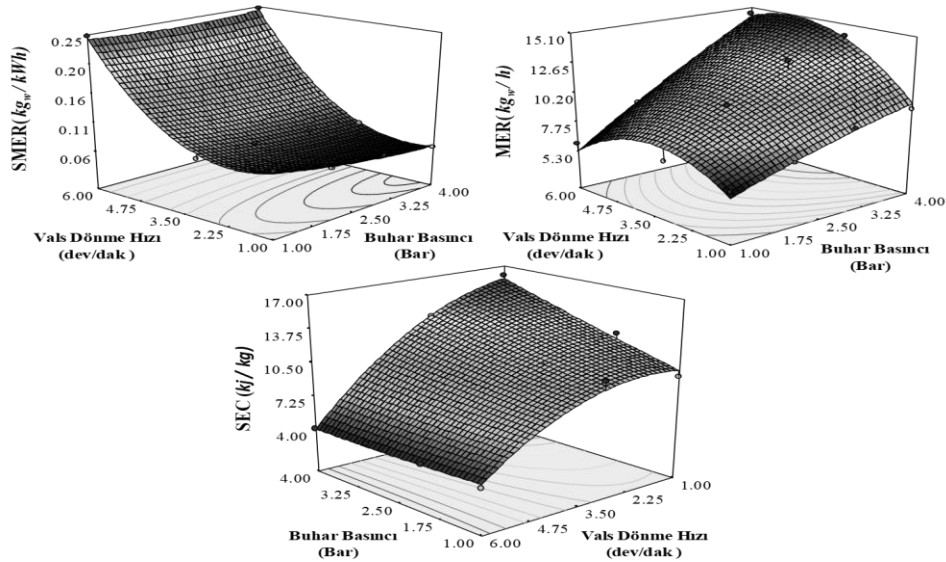
*significant at P<0.05

Toplam endüstriyel enerji tüketiminin % 10-25'ini, gıdalarda kurutma işlemi sırasında harcanan enerji oluşturmaktadır (Eroğlu ve Yıldız, 2011). Gıdaların kurutulmasının yoğun bir enerji tüketimine yol açması; etkin enerji kullanımına sahip kurutma süreçlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir (Chua vd., 2002). Kurutucuların performansını tanımlamak ve karşılaştırmak için özgül nem alma hızı (SMER), nem alma hızı (MER) ve özgül enerji tüketimi (SEC)

tanımlamaları kullanılmaktadır (Phahom vd., 2017). Bu çalışmada da belirtilen performans göstergeleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. SMER değerleri valsli kurutucuda gerçekleştirilen kurutma denemelerinde 0.062 ile 0.247 kg_w/kWh aralığında değişim göstermektedir (Çizelge 3). Buhar basıncının artmasıyla SMER değerlerinde belirgin bir fark tespit edilmemiştir. Fakat vals dönme hızının artmasıyla SMER değerleri artış göstermektedir (Şekil 4). Düşük buhar basıncı (1

bar) uygulamalarında 3 dev/dak koşullarında gerçekleştirilen denemelerin SMER değerlerinin 1 dev/dak olan denemeden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi; sistemde uygulanan kuruma süresinin, vals dönme hızına bağlı toplam enerji girdisine olan etkisidir. SMER değerinin maksimum değerde olması kurutucu sistemin performansının artması için istenmektedir. SMER değerinin maksimum değere ulaştığı denemeler; 1 bar, 6 dev/dak ve 4 bar, 6 dev/dak koşullarında olmuştur. Sonuçlara göre SMER değerleri açısından buhar basıncına kıyasla vals dönme hızının daha etkin bir parametre olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4, $P < 0.05$). Valsli kurutucuda 2-faz pirinanın ön kurutulması denemelerinde nem alma hızı (MER) değerlerinin 5.94 ile 14.56 kg_w/h değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). MER değerinin en düşük olduğu nokta 1 bar, 6 dev/dak koşullarında gerçekleştirilen kurutma denemesi ve en yüksek olduğu nokta ise 4 bar, 6 dev/dak koşulundaki denemedir. Buhar basıncının artmasıyla kurutma MER değerleri artış göstermektedir. Yüksek buhar basıncı (4 bar) hariç diğer buhar basıncı uygulamalarında vals dönme hızı 3 dev/dak koşuluna kadar MER değerleri artış gösterirken; 3 dev/dak koşulundan 6 dev/dak koşuluna kadar ise düşüş göstermektedir. 4 bar'da gerçekleştirilen

denemelerde ise kuruma sürelerindeki farklılıklar yüksek enerji girdisiyle birlikte; vals dönme hızının artmasıyla MER değerinin artmasına yol açmıştır (Şekil 4). Yüksek kurutucu performansı için MER değerinin maksimum değerde olması istenmektedir ve bu koşullar altında 4 bar 6 dev/dak denemesi maksimum değere sahiptir. Ayrıca valsli kurutucu bağımsız değişkenlerinden buhar basıncı ve vals dönme hızının MER değerleri üzerine istatistiksel olarak da etkisinin önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4, $p < 0.05$). Özgül enerji tüketimi (SEC) değerlerinin ise minimum değeri ($4.04 kJ/kg$) 1 bar, 6 dev/dak ve 4 bar 6 dev/dak koşullarındaki kurutma denemelerinde ortaya çıkarken, maksimum SEC değerine ($16.06 kJ/kg$) ise 4 bar, 1 dev/dak koşulundaki kurutma denemelerinde ulaşılmıştır (Çizelge 3). Yüksek enerji verimiyle valsli kurutucuda kurutma işleminin gerçekleştirilmesi için SEC değerinin minimum olması beklenmektedir. Şekil 4'de görüldüğü üzere bağımsız işlem değişkenlerinden buhar basıncının artmasıyla SEC değerinde artış; vals dönme hızının artması ise SEC değerinde bir azalışa sebep olmaktadır. Valsli kurutucu bağımsız işlem değişkenlerinin SEC değerleri üzerine etkisinin de istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4, $P < 0.05$).



Şekil 4. Valsli kurutucuda 2-faz pirinanın ön kurutulması aşamasında SMER, MER, SEC değerlerinin değişiminin 3 boyutlu gösterimi

Figure 4. 3D representation of the change of SMER, MER, SEC values during the pre-drying phase of 2-phase pomace in drum dryer

SONUÇ

Bu çalışmada, Valsli kurutucu bağımsız değişkenlerinden buhar basıncı ve vals dönme hızının pirinanın kalitesi ve enerji verimliliği üzerine etkisi incelenmiştir. Yarı kurutulmuş pirinanın fiziksel ve kimyasal kalitesini belirlemek için yapılan; % titrasyon asitliği, peroksit değeri, serbest yağ asitliği ve UV ışığında özgül soğurma değerleri (K232, K270) buhar basıncının artmasıyla artmakta; vals dönme hızının arttırılması ile azalmaktadır. Yarı kurutulmuş ürünün nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri ise buhar basıncının artmasıyla azalış; vals dönme hızının artması ile de artış eğilimindedir. Yüksek buhar basıncı ve düşük vals dönme hızı uygulamasının pirinada kalite kayıplarına yol açtığı belirlenmiştir. Valsli kurutucunun yüksek kurutma performansı ve enerji verimliliğini sağlayabilmesi için maksimum değerlere ulaşması istenen SMER ve MER değerleri ile minimum SEC değerlerinin deneme planına göre; yüksek barda ve yüksek devirde (4 bar, 6 devir/ dakika) gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Bu çalışma ışığında; 2-faz pirinanın ön kurutma işleminde valsli kurutucunun etkin bir şekilde kullanılabilir olduğu görülmektedir. Pirina kurutmak için kullanılan hali hazırdaki kurutucu sistemlerde 2-faz pirina yüksek şeker ve nem içeriğinden dolayı direkt olarak kurutulmamaktadır. 2-faz pirinanın kurutma sorunlarını ortadan kaldırmak için ön kurutma işleminin uygulanması büyük önem arz etmektedir. Gıda kurutma çalışmalarında da gıdaların kalitesinin incelenmesinin yanı sıra kurutucu sistemlerin enerji verimliliklerinin incelenmesinin gerekliliği de bu çalışma ile ortaya konmuştur. 2-fazlı pirinanın değerlendirilmesinde ön kurutma işleminin etkin bir şekilde sağlanması ile birlikte ön kurutulmuş pirinanın; hayvan yemi katkı maddesi, bahçe bitkilerinin yetiştirilmesi, toprağın güçlendirilmesinde gübre gibi alanlarda kullanımının araştırılması ve yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarların makale ile ilgili herhangi bir kişi veya kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKISI

Bu çalışmada Ulaş BAYSAN, çalışmada gerçekleştirilen üretim, analizler, sonuçların düzenlenerek yorumlanması ve makalenin yazımında görev almıştır. Ali GÜNGÖR çalışmanın kurgulanması ve sonuçların yorumlanmasında katkıda bulunmuşlardır. Mehmet KOÇ ve Figen KAYMAK-ERTEKİN, çalışmanın planlanması ve yürütülmesi süreci ile sonuçların değerlendirilmesi ve makalenin yazımında katkıda bulunmuşlardır.

Teşekkür: Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (proje numarası 16-MUH-024).

KAYNAKLAR

- Arjona, R., Ollero, P. (2005). Automation of an olive waste industrial rotary dryer. *Journal of Food Engineering* 68(2): 239–247, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.049>.
- Arslan, E. E., Karademir, G., Berktaş, S., Çam, M. (2021). Zeytin yaprağı ekstraktı içeren soğuk çay üretimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 9(3): 843-849, DOI: 10.21923/jesd.904344.
- AOAC. (1980). Official Methods of Analysis, AOAC INTERNATIONAL. 13th Edition, Washington DC, the USA.
- AOAC. (1990). Official Methods for Analysis, AOAC INTERNATIONAL. 15th Edition, Washington DC, the USA.
- Bensmira, M., Jiang, B., Nsabimana, C., Jian, T. (2007). Effect of lavender and thyme incorporation in sunflower seed oil on its resistance to frying temperatures. *Food Research International* 40(3): 341–346, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.004>.
- Borjan, D., Leitgeb, M., Knez, Ž., Hrnčić, M. K. (2020). Microbiological and antioxidant activity of phenolic compounds in olive leaf extract. *Molecules* 25(24): 5946, doi: 10.3390/molecules25245946.
- Cemeroğlu, B., 2007. *Gıda Analizleri*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, Türkiye, 535 s.
- Chua, K.J., Chou, S.K., Ho, J.C., Hawlader, M.N.A. (2002). Heat pump drying: recent

- developments and future trends. *Drying Technology* 20(8):1579-1610, DOI: 10.1081/DRT-120014053.
- Çelen, S., Aktaş, T., Karabeyoğlu, S.S., Akyıldız, A. (2015). Zeytin Pirinasının Mikrodalga Enerjisi Kullanılarak Kurutulması ve Uygun İnce Tabaka Modelinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 12(2): 21-31.
- Dermeche, S., Nadour, M., Larroche, C., Moulti-Mati, F., Michaud, P. (2013). Olive mill wastes: biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry* 48(10):1532-1552, DOI: 10.1016/j.procbio.2013.07.010.
- Erbay, B., Küçükşayan, S., Küçüköner, E. (2010). Renklendirilmiş Fermente “Memecik” Çeşidi Zeytinlerin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri. *Akademik Gıda* 8(6):13–18.
- Eroğlu, E., Yıldız, H. (2011). Gıdaların ozmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 6(2): 41–48.
- Göğüş, F., Özkaya, M., Ötleş, S. (2009). Zeytinyağı. Eflatun Yayınevi, Ankara, Türkiye.
- Gürlek, G., Akdemir, Ö., Güngör, A. (2015). Gıda Kurutulmasında Isı Pompalı Kurutucuların Kullanımı ve Elma Kurutmada Uygulanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 21: 398–403, doi: 10.5505/pajes.2015.35761.
- Hawladar, M.N.A., Jahangeer, K.A. (2006). Solar heat pump drying and water heating in the tropics. *Solar Energy* 80(5): 492–499, https://doi.org/10.1016/j.solener.2005.04.012.
- Hernández, V., Romero-García, J.M., Dávila, J.A., Castro, E., Cardona, C.A. (2014). Techno-economic and environmental assessment of an olive stone based biorefinery. *Resources, Conservation and Recycling* 92: 145–150, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.09.008
- Kaya, S., Demir, N. (2020). Zeytin (*Olea europaea*) yaprağı ekstraktının model organizma *Galleria mellonella* hemosit aracılı bağışıklık tepkileri üzerine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 7(3): 646-653, https://doi.org/10.30910/turkjans.691138.
- Kılıç, S. (2020). Kazdağları bölgesine ait zeytin, zeytin yaprağı ve zeytinyağlarının element tayini ve metot validasyonu. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences* 3(1): 48-54, https://doi.org/10.46239/ejbcsc.739834.
- Kıvrak, M., Yorulmaz, A., Erinç, H. (2016). Ak Delice Yabani Zeytini (*Olea Europal L. Subsp. Oleaster*) ve Zeytinyağının Karakterizasyonu. *GIDA* 41(5): 367-372, doi: 10.15237/gida.GD16038.
- Köseoğlu, O. (2006). Zeytinden Yağ Elde Etme Sistemlerinin Zeytinyağının Kalitesi ile Açılığı Üzerine Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Lama-Muñoz, A., del Mar Contreras, M., Espínola, F., Moya, M., de Torres, A., Romero, I., Castro, E. (2019). Extraction of oleuropein and luteolin-7-O-glucoside from olive leaves: Optimization of technique and operating conditions. *Food Chemistry*, 293(30): 161-168, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.075.
- Milczarek, R.R., Dai, A.A., Otoni, C.G., McHugh, T.H. (2011). Effect of shrinkage on isothermal drying behavior of 2-phase olive mill waste. *Journal of Food Engineering* 103(4): 434–441, https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.11.013.
- Minkova, V., Razvigorova, M., Bjornbom, E., Zanzi, R., Budinova, T., Petrov, N. (2001). Effect of water vapour and biomass nature on the yield and quality of the pyrolysis products from biomass. *Fuel Processing Technology* 70(1): 53–61, https://doi.org/10.1016/S0378-3820(00)00153-3.
- Moral, P.S., Méndez, M.V.R. (2006). Production of pomace olive oil. *Grasas Aceites* 57(1): 47–55, ISSN: 0017-3495.
- Paredes, C., Bernal, M.P., Roig, A., Cegarra, J. (2001). Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes. *Biodegradation* 12: 225–234, DOI:10.1023/A:101737442156.
- Phahom, T., Phoungchandang, S., Kerr, W.L. (2017). Effects of steam-microwave blanching

and different drying processes on drying characteristics and quality attributes of *Thunbergia laurifolia* Linn. leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(10): 3211-3219, doi: 10.1002/jsfa.8167.

Ranalli, A., Martinelli, N. (1995). Integral centrifuges for olive oil extraction, at the third millenium threshold. Transformation yields. *Grasas y Aceites* 46: 255–263.

Sadi, T., Meziane, S. (2015). Mathematical modelling, moisture diffusion and specific energy consumption of thin layer microwave drying of olive pomace. *International Food Research Journal* 22(2):494-501,

Salık, M. A., Çakmakçı, S. (2021). Zeytin (*Olea Europaea* L.) yaprağının fonksiyonel özellikleri ve gıdalarda kullanım potansiyeli. *Gıda* 46(6): 1481-1493, doi.org/10.15237/gida.GD21133.

Seçkin, G.U., Taşeri, L. (2015). Yarı-kurutulmuş meyve ve sebzeler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 21(9): 414-420, doi: 10.5505/pajes.2015.47560.

Sun-Waterhouse, D., Zhou, J., Miskelly, G.M., Wibisono, R., Wadhwa, S.S. (2011). Stability of encapsulated olive oil in the presence of caffeic acid. *Food Chemistry* 126 (3): 1049–1056, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.124.

Temur, A., Temiz, M. A. (2018). Zeytin yaprağının (*Olea europaea* L.) diyabetik sıçanlarda bazı biyokimyasal ve hematolojik parametreler üzerine etkisi. *Alinteri Journal Of Agriculture Science*, 33(1): 13-19, https://doi.org/10.28955/alinterizbd.341465

TGK. (2014). Türk Gıda Kodeksi ve Prina Yağı Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği.

Torrecilla, J.S., Aragón, J.M., Palancar, M.C. (2005). Modeling the drying of a high-moisture solid with an artificial neural network. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 44: 8057–8066, DOI: 10.1021/ie0490435

Vural, N., Cavuldak, Ö. A., Akay, M. A. (2021). D-Optimal design and multi-objective optimization for green extraction conditions developed with ultrasonic probe for oleuropein. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 20:100279, https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100279.

Zungur, A., Koç, M., Yalçın, B., Kaymak-Ertekin, F., Ötleş, S. (2014). Storage stability of microencapsulated extra virgin olive oil powder, in: 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being.” p. 257.