

Partikül büyüklüğünün üzüm posasının kompozisyonuna ve hidrasyon, yağ tutma, termal, teknolojik özelliklerine etkisi

Duygu BAŞKAYA SEZER

Cite this article as:

Başkaya Sezer, D. (2024). Partikül büyüklüğünün üzüm posasının kompozisyonuna ve hidrasyon, yağ tutma, termal, teknolojik özelliklerine etkisi. *Food and Health*, 10(1), 52-63. <https://doi.org/10.3153/FH24005>

Amasya Üniversitesi Amasya Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Amasya, Türkiye

ORCID IDs of the authors:

D.B.S. 0000-0003-2724-1923

Submitted: 01.08.2023

Revision requested: 03.10.2023

Last revision received: 17.10.2023

Accepted: 18.10.2023

Published online: 21.12.2023

Correspondence:

Duygu BAŞKAYA SEZER

E-mail: duygu.baskaya@amasva.edu.tr



© 2023 The Author(s)

Available online at

<http://jfhns.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Üzüm posası, içecek endüstrisinin bir yan ürünüdür. Bu çalışmada 595 µm'den büyük, 298-595 µm, 150-297 µm, 149-106 µm, 75-105 µm ve 74 µm'den küçük partiküle sahip üzüm posasının kompozisyon, hidrasyon, yağ tutma, termal ve bazı teknolojik özellikleri ile renk değerlerinin farklı olduğu bulunmuştur. 595 µm'den büyük partiküllü örneklerde kül, ham yağ, karbonhidrat içeriği, suda ve yağda çökelti hacim fraksiyonu, pH, ısıl yayılma ve renkte açıklık (*L*) değeri diğer örneklerden yüksek ölçülmüştür. Su tutma kapasitesi, su absorpsiyon indeksi, yağ tutma kapasitesi, yağda şişme gücü ise 150-297 µm partikül büyüklüğüne sahip örneklerde en yüksek olarak bulunmuştur. Nem, ham protein içeriği, çözünürlük indeksi, suda şişme gücü, hacimsel ve sıkıştırılmış yoğunluk, su aktivitesi, briks, refraktif indeks, ısıl iletkenlik, özgül ısı, kırmızılık (*a*), sarılık (*b*) ve renk farklılığı (ΔE) özellikleri ise 74 µm'den küçük partiküllü örneklerde en yüksek olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Partikül, Öğütme, Boyut, Atık, Su tutma, Isıl, Briks

ABSTRACT

The effect of particle size on the composition and the hydration, oil holding, thermal, and technological properties of grape pomace

Grape pomace is a by-product of the beverage industry. In this study, composition, hydration, oil holding, thermal, and some technological properties, in addition to the colour values of grape pomace with particles larger than 595 µm, 298-595 µm, 150-297 µm, 149-106 µm, 75-105 µm and smaller than 74 µm were found to be different. In the sample with particles larger than 595 µm, ash, crude fat, carbohydrate content, sediment volume fraction in water and oil, pH, thermal diffusivity, and colour lightness (*L*) were measured higher than in the other samples. The water holding capacity, absorption index, oil holding capacity, and swelling power in oil were the highest in samples with 150-297 µm particle size. Moisture, crude protein content, solubility index, swelling power in the water, bulk and packed density, water activity, brix, refractive index, thermal conductivity, specific heat, redness (*a*), yellowness (*b*) and colour difference (ΔE) properties were determined to be the highest in samples with particle sizes smaller than 74 µm.

Keywords: Particle, Grinding, Size, Waste, Water holding, Thermal, Brix

Giriş

Dünya’da üretilen gıdaların yaklaşık üçte biri (1.3 milyar ton) atık olmaktadır (World Economic Forum, 2019). Bu miktar endüstriyel düzeyde azaltılmaya çalışılsa da atıkların büyük kısmı toprak altına gömme, kompostlama ya da evsel atık bertaraf metotları ile yok edilmeye çalışılmaktadır. Bu durum ekonomik kaybın yanı sıra dekompozisyon sırasında oksijen ihtiyacı ve dönüşüm sonucu oluşan ürünler nedeni ile ekolojik dengeye bir yük oluşturmakta bu da iklim krizini tetiklemektedir.

Yılda 74 milyon ton ile tüm dünyada en çok üretilen gıda maddelerinden biri üzümdür (Faostat, 2021). Üzüm, taze olarak tüketilse de esas olarak meyve suyu, reçel, sirke, jöle, kuru üzüm, meyve suyu, şıra, şarap ve tohum yağı üretiminde kullanılan gıda endüstrisinin önemli bir hammaddesidir. Fakat endüstriyel olarak işlenen üzümün % 20’den fazlası atığa dönüşmektedir (García-Lomillo ve González-SanJosé, 2017). Bu atığın büyük kısmını meyve eti (posa) oluşturmaktadır. Posa, meyvenin özelliklerini taşır ve yapısında meyvedeki protein, diyet lif, fenolik maddeler, antosiyaninler, flavonoidlerin yaklaşık % 60’ını bulundurur (Rockenbach ve ark., 2011; Rodríguez Montealegre ve ark., 2006). Bu biyoaktif bileşenler sayesinde ürün antioksidatif, anti-enflamatuar ve anti-kanser etkiler göstermektedir (Yang ve ark., 2022).

Üzüm posası uzun yıllardır şarap alkolü üretiminde, hayvan yemi katkısı olarak veya gübreye dönüştürülerek kullanılmaktadır (García-Lomillo ve González-SanJosé, 2017). Diğer taraftan gıda endüstrisinde sentetik maddelerin yerini alabilecek sağlıklı ve doğal gıda katkı maddelerine olan ihtiyaç devam etmektedir (Garrido ve ark., 2011). Üzüm posasının biyoteknolojik potansiyele sahip olması, bu yan ürünün gıda zenginleştirmede kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Bu sayede eklenen ürünün besin profili iyileştirilerek fonksiyonel özellikleri artırılabilir (Ianni ve ark., 2019). Yapılan çalışmalarda üzüm posası; et ürünleri (Bennato ve ark., 2020; Garrido ve ark., 2011), yoğurt (Marchiani ve ark., 2016), çay (Bekhit ve ark., 2011), içecek zenginleştirme (Gerardi ve ark., 2020), kek (Bender ve ark., 2017), bisküvi (Maner ve ark., 2017; Theagarajan ve ark., 2019), biyo rafineri (Sirohi ve ark., 2020) gibi proseslerde hammadde olarak kullanılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Öğütme işlemi ürün işlenebilirliğini artırmak, homojenliği sağlamak, ürün kalitesini belirleyebilmek ve materyalin fonksiyonelliğini artırmak için uygulanan bir ön işlemdir. Öğütme sonrasında yapılan eleme işlemi ise birbirine benzer özellik gösteren, yakın partikül büyüklüğüne sahip örneklerin elde edilmesi için uygulanmaktadır. Değişen partikül büyüklüğü

materyalin teknolojik, fonksiyonel ve bazı fiziksel özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Zhao ve ark., 2018). Hatta ürünlerin besin değerini artırmak, fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek için eklenen katkı maddeleri, partikül büyüklüğüne bağlı olarak işlem verimini ve son ürün kalitesini düşürebilir. Jacobs ve ark. (2015); Robin ve ark. (2012); Zhao ve ark. (2018)’nın yapmış oldukları çalışmalar, materyalin su ve yağ fazındaki davranışı ve eklendiği ürünün reolojik, tekstürel ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesinde partikül büyüklüğünün önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Son zamanlarda meyve-sebze posalarında partikül büyüklüğünün etkisi yaban mersini (Calabuig Jiménez ve ark., 2018; Mayer-Miebach ve ark., 2019), şeker pancarı (Huang ve ark., 2018), armut (Rocha-Parra ve ark., 2019b), elma (Rocha Parra ve ark., 2019a), havuç (Feng ve ark., 2021), narenciye (Feng ve ark., 2023), turp (Gupta ve Premavalli, 2010), üzüm (Troilo ve ark., 2022), fındık zarı (Putra ve ark., 2018), patates (Waliullah ve ark., 2021) için araştırılmıştır. Ancak bu çalışmalarda örneklerin sınırlı özelliklerine yer verilmiş ya da eklendiği ürünün özellikleri ölçülerek partikül büyüklüğünün etkileri raporlanmıştır. Üzüm ile ilgili yapılan çalışmalar da çoğunlukla elde edilen posanın potansiyel kullanım alanları üzerine gerçekleştirilmiştir (Brahim ve ark., 2014; Lachman ve ark., 2013). Üzüm posasının özellikleri üzerine yapılan çalışmalar ise toplam polifenoller, tokoferoller, antosiyaninler ve flavan-3-ollerin ekstraksiyonu gibi bazı fonksiyonel bileşenlerin geri kazanılmasına yöneliktir (Brahim ve ark., 2014; Lachman ve ark., 2013; Zhao ve ark., 2015). Söz konusu çalışmaların hiçbirinde partikül büyüklüğüne göre değişen teknolojik, fonksiyonel, termal ve fiziksel özelliklere kapsamlı şekilde yer verilmemiştir. Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak değişen partikül büyüklüğüne göre üzüm posası karakterize edilerek belirtilen özelliklerdeki değişimler birbiri ile ilişkilendirilerek tartışılmıştır. Bu açıardan literatürdeki sınırlı çalışmaların açığını kapatacağı düşünülmektedir. Ayrıca çalışmadan elde edilen bulgular endüstriyel ve laboratuvar ölçeğinde işlenen meyve posalarının işlem parametrelerinin belirlenmesine, ön denemelerin yapılmasına ya da optimum koşulların belirlenmesinde kullanılacak değişken aralıklarının seçilmesine yardımcı olacaktır. Literatürde farklı meyve posalarının kompozisyonu ve buna bağlı fiziksel veya fonksiyonel özelliklerinin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Liang ve ark., 2016; Reißner ve ark., 2019; Yan ve ark., 2023). Bu nedenle içecek endüstrisinin atıklardan birinin partikül büyüklüğüne bağlı özelliklerinin belirlenmesi diğer atıklar için de fikir verecektir. Bu çalışmanın asıl amacı, farklı partikül büyüklüklerindeki üzüm posasının 25 °C ve

70°C' deki hidrasyon özelliklerinin, yağ ortamındaki davranışlarının, örnek kompozisyonunun, termal özelliklerinin, su aktivitesinin, yoğunluğunun, pH değerinin, çözülebilir madde içeriğinin ve renk özelliklerinin karşılaştırılmasıdır. Çalışmanın ikincil amacı ise üzüm posasının özelliklerini değiştirmede hangi partikül büyüklüğünün kritik olduğunu belirlemektir. Böylece katkı maddesi potansiyeli olan bu materyalin ürün zenginleştirmede ve ikame ürün olarak kullanımında partikül boyutu seçimi kolaylaşabilir.

Materyal ve Metot

Örnek Hazırlama

Meyve suyu fabrikasından temin edilen üzüm posaları sıcak hava yardımı ile % 30 bağıl nemde çalışan tepsili kurutucuda (R5A, Harvest Saver, Oregon, ABD) 60°C'de 24 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan 50 gram örnek, tezgâh üstü öğütücüde (KG7070, Braun, Hong Kong, Çin) 30 saniye boyunca öğütülmüştür. Öğütülen örnekler 30, 50, 100, 140, 200 ve 230 mesh açıklığa sahip standart elek sisteminden (Endecotts, Londra, İngiltere) geçirilmiştir. Elde edilen farklı partikül büyüklüğüne sahip örnekler >595 µm (+30 mesh), 298-595 µm (-30 mesh; +50 mesh), 150-297 µm (-50 mesh; +100 mesh), 149-106 µm (-100 mesh; +140 mesh), 75-105 µm (-140 mesh; +200 mesh) ve <74 µm (-200 mesh; +230 mesh) olarak kodlanmıştır. Buna ek olarak öğütülen ama elenmemiş örneklerin sonuçları da tablolarda sunulmuştur. Örnekler hazırlandıktan sonra hava almayacak bir kaptan 4°C'de analizler gerçekleştirilene kadar saklanmıştır.

Kompozisyon Analizi

Üzüm posası örneklerinin kompozisyonları, AOAC (2003) prosedürü kullanılarak ölçülmüş ve nem, kül, ham protein, ham yağ ve toplam karbonhidrat miktarları belirlenmiştir.

Hidrasyon Özellikleri

Üzüm posasının su tutma kapasitesi (STK), su absorpsiyon indeksi (SAİ), suda çökelti hacim fraksiyonu (SÇHF), çözünürlük indeksi (Çİ), suda şişme gücü (SŞG) 25 °C ve 70 °C'de santrifüj tekniği kullanılarak ölçülmüştür (Raungrusmee ve Anal, 2019). Buna göre 0.5 g örnek 20 mL distile su ile 60 saniye vortekslenmiştir. Dispersiyon gün boyunca 25 °C'de bekletilmiştir. Daha sonra 2500 x g'de 30 dakika santrifüjlenmiştir (Beckman GS-6R, Kaliforniya, ABD). Üst faz, önceden ağırlığı kaydedilmiş behere aktararak 120 °C'de buharlaşana kadar tutulmuştur. Sonuçlar aşağıdaki denklemler ile hesaplanmıştır.

$$STK (\%) = \frac{\text{örneğin absorbe ettiği su miktarı (g)}}{\text{kuru örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad [1]$$

$$SAİ = \frac{\text{santrifüjlenen örnek ağırlığı (g)}}{\text{kuru örnek ağırlığı (g)}} \quad [2]$$

$$SÇHF (\%) = \frac{\text{sediment yüksekliği (cm)}}{\text{toplam dispersiyon yüksekliği (cm)}} \times 100 \quad [3]$$

$$Çİ (\%) = \frac{\text{kurutulmuş üst faz ağırlığı (g)}}{\text{kuru örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad [4]$$

$$SŞG = \frac{\text{sediment ağırlığı (g)}}{\text{kuru örnek ağırlığı (g)}} \quad [5]$$

Yağ Tutma Özellikleri

Örneklerin yağ tutma özellikleri, Raungrusmee ve Anal (2019)'de uygulanan yöntem ile belirlenmiştir. Bunun için 10 mL ayçiçek yağı, 50 mL'lik bir santrifüj tüpündeki 100 mg örnekle karıştırılarak 30 dakika boyunca 2500 x g'de santrifüjlenmiştir (Beckman GS-6R, CA, US). Yağ tutma kapasitesi (YTK); denklem [1], yağda çökelti hacim fraksiyonu (YÇHF); denklem [3], yağda şişme gücü (YŞG) ise denklem [5] kullanılarak yağ için hesaplanmıştır.

Fizikokimyasal Özellikler

Örneklerin su aktivitesi (a_w) bir masaüstü su aktivitesi ölçer (AquaLab, Decagon, ABD) ile belirlenmiştir. Hacimsel yoğunluk (ρ) 100 mL dereceli bir silindire örneğin doldurulması ile ölçülmüştür. Sıkıştırılmış yoğunluk (ρ_s) ise 100 mL dereceli bir silindire dökülen örneğin sıkıştırılmasından sonra hesaplanmış ve sonuçlar $g \cdot mL^{-1}$ olarak sunulmuştur. Örneklerin pH değerleri, % 10 (w:v) örnek:distile su dispersiyonunun 30 saniye vortekslenip 30 dakika bekletilmesinden sonra ayrılan üst fazda ölçülmüştür (7110, Thermo Scientific, Ohio, ABD). Örneklerin çözünür madde içerikleri, refraktometre (Anton Paar, Virginia, ABD) yardımı ile refraktif indeks (kırılma indisi) ve briks olarak belirlenmiştir.

Termal Özellikler

Örneklerin ısı iletkenlik ($k [W \cdot mK^{-1}]$), özgül ısı ($C_p [J \cdot kgK^{-1}]$) ve ısı yayılma ($\alpha [m^2 \cdot s^{-1}]$) özellikleri geçici düzlem kaynağı (transient plane source) yöntemi ile termal iletkenlik analiz cihazı (HotDisk TPS 500, Göteborg, İsveç) kullanılarak ölçülmüştür.

Renk

Örneklerin renk değerleri kolorimetre (Color Flex, Hunter, Reston, ABD) ile belirlenmiştir. Cihaz, standart karolarla kalibre edilerek beyaz karonun renk değerleri ($L_o = 93.45$, $a_o = -1.03$, $b_o = -0.48$) renk değişimi için referans alınmış ve denklem [6] ile hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L_o - L)^2 + (a_o - a)^2 + (b_o - b)^2} \quad [6]$$

İstatistiksel Analiz

Bulguların istatistiksel analizi SPSS programı (versiyon 23, 2018, IBM Corp., New York, ABD) ile hesaplanmıştır. Örnekler arasındaki karşılaştırmalar için ANOVA ve Tukey HSD aracı kullanılmıştır. Üç paralelli olarak gerçekleştirilen ölçüm sonuçları ortalama \pm SD olarak sunulmuş, istatistiksel harflendirme $p < 0.05$ koşuluna göre yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tablo 1’de görüldüğü gibi posaların majör bileşen içerikleri, partikül büyüklüğüne göre değişmiştir ($p < 0.05$). En yüksek nem ve protein içeriği $74 \mu\text{m}$ ’den küçük partikül büyüklüğüne sahip örnekte bulunurken en düşük değerler $595 \mu\text{m}$ ’den büyük partiküllü örnekte bulunmuştur. En yüksek kül, yağ ve karbonhidrat miktarı $595 \mu\text{m}$ ’den büyük partikül büyüklüğüne sahip örnekte ölçülmüştür.

Bu farklılık, görsel değerlendirmede de belirlendiği gibi $595 \mu\text{m}$ ’den büyük partikül büyüklüğüne sahip örneklerin çekirdek oranının fazla olmasından kaynaklanabilir. Bu durum, kül ve yağ miktarının yüksek olması ve nem miktarının düşük olması ile desteklenmektedir. Partikül boyutu ile nem değeri arasındaki ilişki ise küçük partiküllerin aglomerasyon nedeni ile kümelenerek daha fazla nem tutması ile açıklanabilir. Beckett (2008) partiküllerin sınırlı miktarda su bulunan ortamdaki davranışını benzer şekilde açıklamıştır. Jozinović ve ark. (2012) ise küçük partiküllerin yüksek nem içeriğine sahip olduğunu belirlemiştir. Tablo 2’deki $595 \mu\text{m}$ ’den büyük partiküllü örneklerin su tutma kapasitelerinin düşük olması da bu sonucu desteklemektedir.

Tablo 2 verilerine göre posaların oda sıcaklığındaki hidrasyon özellikleri partikül büyüklüğüne göre değişiklik göstermiştir ($p < 0.05$). En düşük değerler çökelti hacim fraksiyonu (SCHF) hariç $595 \mu\text{m}$ ’den büyük partiküle sahip örnekte bulunmuştur. Su tutma kapasitesi, su absorpsiyon indeksi için en yüksek değerler; $150\text{-}297 \mu\text{m}$ örneğinde, en yüksek çökelti hacim fraksiyonu ise $595 \mu\text{m}$ ’den büyük partiküle sahip örnekte ölçülmüştür. $74 \mu\text{m}$ ’den düşük partiküle sahip örneğin ise çözünürlük özelliğinin (Çİ) ve suda şişme gücünün en iyi olduğu belirlenmiştir. Auffret ve ark. (1994); Suksomboon ve ark. (2011); Zhang ve Moore (1997) büyük partiküllerin daha fazla su tutma eğilimi gösterdiğini raporlamıştır. Zhao ve ark. (2015) ise ince öğütmenin gıdanın (zencefil posası) su tutma özelliğini % 41 azalttığını bildirmiştir. Büyük partiküllerde

öne çıkan etken, öğütme nedeni ile bozulmamış mikropor ve kapiler düzeyindeki yapılar olabilir. Çünkü suyun kılcal yapılara çekilebilmesi ve mikro boşluklarda hapsolmesi materyalin su bağlama özelliklerini doğrudan etkiler. Chaplin (2003); Jacobs ve ark. (2015) de büyük partiküllerin su ile olan etkileşimini benzer mekanizma ile açıklamıştır. Tablo 2’de bu kritere uymayan $297 \mu\text{m}$ ’den büyük partiküllerin ise su tutabilecek özellikte bileşen konsantrasyonu az olan çekirdek kalıntılarından oluştuğu söylenebilir. $297 \mu\text{m}$ ’den büyük partiküllü örnekler arasındaki partikül boyutundaki azalmaya bağlı su tutma özelliklerindeki artış ise De la Hera ve ark. (2013)’nin ifade ettiği gibi yüzey alanındaki artışa bağlı gerçekleşmiş olabilir. Benzer şekilde Raghavendra ve ark. (2006) da hindistan cevizi posasının parçacık boyutundaki azalmanın ($1127 \mu\text{m}$ ’den $550 \mu\text{m}$ ’ye) artan hidrasyon özellikleriyle sonuçlandığını, $550 \mu\text{m}$ ’den daha düşük partikül büyüklüğüne ait örneklerde ise hidrasyon özelliklerinin zayıfladığını gözlemlemiştir. $297 \mu\text{m}$ ’den düşük partiküllü örneklerde partikül boyutu azaldıkça hidrasyon özelliklerinin zayıflaması su tutma kabiliyeti olan yapıların ve hidrojen, van der Waals gibi kovalent olmayan zayıf yapıdaki ama su bağlamada aktör olan bağların zarar görmesi ile açıklanabilir. Raghavendra ve ark. (2004) küçük parçacıklarda öğütmeye bağlı lif matrisinin zarar görmesi nedeni ile hidrasyon özelliklerinin zayıfladığını belirlemiştir. Grover ve ark. (2003) da boyut küçültme işlemlerinin yüzey özelliklerini değiştirdiğini ve bunun hidrasyon özelliklerine belirgin etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle öğütme süresinin hidrasyon özelliklerinin bir belirleyicisi olduğu düşünülmektedir. Proseslerde kullanılacak materyalin öğütme süresinin optimize edilmesi güçlü hidrasyon özellikleri elde etmek için önemli olacaktır.

Üzüm posasının oda sıcaklığındaki ve yüksek sıcaklıktaki hidrasyon özellikleri benzer şekilde değişmiştir. Tablo 3 ve Tablo 2’deki değerlerin ortalamalarına göre örneklerin 70°C ’deki sonuçları 25°C verilerine göre su tutma kapasitesi için % 21, su absorpsiyon indeksi % 46, suda çökelti hacim fraksiyonu % 15, çözünürlük indeksi % 15, suda şişme gücü % 39 artmıştır. Buna göre sıcaklık artışının en çok su absorpsiyon indeksini arttırdığı en az ise suda çökelti hacim fraksiyonu ve çözünürlük indeksinde artış meydana getirdiği görülmektedir. Yüzey yapısı materyalin ıslanabilirlik ve yüzey gerilimini doğrudan etkilemektedir (Bledzki ve ark. 2010). Dolayısıyla su absorpsiyonunun yüzey özellikleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Sıcaklık artışının oluşturduğu deformasyon sonucu yüzey alanındaki genişleme ve materyal morfolojisinde poröz bir yapı oluşturması ile su absorpsiyonunun diğer özelliklerden daha çok artış gösterdiği ifade edilebilir.

Tablo 1. Kompozisyon profilleri (%)**Table 1.** Composition profiles (%)

Parçacık boyutu (μm) <i>Particle size (μm)</i>	Nem <i>Moisture</i>	Kül <i>Ash</i>	Ham protein <i>Crude Protein</i>	Ham yağ <i>Crude fat</i>	Karbonhidrat <i>Carbohydrate</i>
>595	2.49±0.21 ^e	3.37±0.12 ^a	4.63±0.17 ^c	7.59±0.04 ^a	81.92±0.53 ^a
298-595	3.24±0.27 ^d	3.06±0.08 ^b	7.62±0.18 ^d	5.30±0.04 ^b	80.79±0.21 ^{ab}
150-297	5.05±0.04 ^c	2.48±0.04 ^c	9.70±0.25 ^c	4.54±0.12 ^c	78.24±0.34 ^d
106-149	5.66±0.28 ^b	2.02±0.15 ^d	9.53±0.20 ^c	2.93±0.04 ^d	79.86±0.57 ^{bc}
75-105	5.72±0.16 ^b	0.46±0.02 ^e	10.91±0.57 ^b	1.84±0.12 ^e	81.06±0.61 ^{ab}
<74	6.75±0.10 ^a	0.11±0.04 ^f	11.79±0.30 ^a	0.86±0.11 ^f	80.50±0.30 ^b
Elenmemiş örnek <i>Unsieved sample</i>	4.70±0.23 ^c	2.12±0.07 ^d	9.40±0.17 ^c	4.76±0.10 ^c	79.02±0.34 ^{cd}

Tablo 2. Hidrasyon özellikleri (25°C)**Table 2.** Hydration properties (25°C)

Parçacık boyutu (μm) <i>Particle size (μm)</i>	STK (%) <i>WHC (%)</i>	SAİ <i>WAI</i>	SÇHF (%) <i>SVFW (%)</i>	Çİ (%) <i>SI (%)</i>	SŞG <i>SPW</i>
>595	147.52±4.08 ^f	1.79±0.11 ^f	45.94±4.58 ^a	16.20±0.40 ^d	2.42±0.22 ^f
298-595	186.82±9.85 ^e	2.23±0.06 ^c	41.08±2.28 ^{ab}	18.31±0.19 ^c	3.30±0.09 ^e
150-297	440.54±3.55 ^a	4.46±0.16 ^a	36.90±0.65 ^{bc}	24.16±0.57 ^b	5.48±0.25 ^d
106-149	391.77±7.04 ^b	3.82±0.17 ^b	34.31±0.11 ^c	25.21±0.36 ^{ab}	6.56±0.45 ^c
75-105	350.24±3.65 ^c	3.40±0.07 ^{cd}	17.93±0.70 ^d	26.56±0.29 ^a	8.50±0.12 ^b
<74	275.35±2.59 ^d	3.19±0.07 ^d	13.80±2.29 ^d	26.70±0.91 ^a	10.54±0.16 ^a
Elenmemiş örnek <i>Unsieved sample</i>	426.56±7.48 ^a	3.62±0.03 ^{bc}	36.12±0.69 ^{bc}	24.98±0.69 ^b	5.99±0.38 ^{cd}

STK: Su tutma kapasitesi, SAİ: Su absorpsiyon indeksi, SÇHF: Suda çökelti hacim fraksiyonu, Çİ: Çözünürlük indeksi, SŞG: Suda şişme gücü

WHC: Water holding capacity, WAI: Water absorption index, SVFW: Sediment volume fraction in water, SI: Solubility index, SPW: Swelling power in water

Tablo 3. Hidrasyon özellikleri (70°C)**Table 3.** Hydration properties (70°C)

Parçacık boyutu (μm) <i>Particle size (μm)</i>	STK (%) <i>WHC (%)</i>	SAİ <i>WAI</i>	SÇHF (%) <i>SVFW (%)</i>	Çİ (%) <i>SI (%)</i>	SŞG <i>SPW</i>
>595	171.57±7.22 ^f	1.63±0.13 ^d	49.05±0.86 ^a	15.33±0.21 ^f	3.86±0.09 ^e
298-595	228.34±9.41 ^e	2.36±0.27 ^d	42.14±0.20 ^b	17.56±0.28 ^e	4.77±0.13 ^e
150-297	548.38±2.31 ^a	6.58±0.23 ^a	40.25±1.33 ^c	25.06±0.66 ^d	7.75±0.38 ^d
106-149	480.41±3.74 ^b	6.43±0.25 ^a	36.53±0.27 ^d	28.82±0.30 ^c	9.59±0.28 ^c
75-105	412.90±4.05 ^c	5.62±0.30 ^b	29.44±1.35 ^e	31.96±0.55 ^b	11.54±0.44 ^b
<74	350.72±2.77 ^d	4.59±0.51 ^c	24.32±0.12 ^f	38.67±0.45 ^a	12.55±0.77 ^a
Elenmemiş örnek <i>Unsieved sample</i>	486.28±4.07 ^b	5.57±0.13 ^b	38.47±0.14 ^c	29.47±0.92 ^c	9.53±0.17 ^c

STK: Su tutma kapasitesi, SAİ: Su absorpsiyon indeksi, SÇHF: Suda çökelti hacim fraksiyonu, Çİ: Çözünürlük indeksi, SŞG: Suda şişme gücü

WHC: Water holding capacity, WAI: Water absorption index, SVFW: Sediment volume fraction in water, SI: Solubility index, SPW: Swelling power in water

Örneklerin hidrasyon kabiliyetlerindeki bu iyileşme, posaların yüksek sıcaklık ile oluşan yüzey alanı ve buna bağlı hacimsel genişlemenin yanı sıra nem geçirgenliğindeki artıştan kaynaklanabilir. Khazaei ve Mohammadi (2009); Sharanagat ve ark. (2018) da sıcaklık ile hidrasyon özelliklerinin güçlendiğini gözlemlemiştir. Hatta Sharanagat ve ark. (2018) sıcaklığın 55°C'ye yükselmesi ile hidrasyon özelliklerinin % 54 artış gösterdiğini belirlemiştir. Chen ve ark. (2014) ön işlem sıcaklığının artması ile soya fasulyesi atıklarının yüzey bütünlüğünün bozulduğunu, bütünden ayrılan parçaların hidrogen bağı ve/veya dipol oluşumuna zemin hazırladığını bu sayede de daha fazla su molekülünün etkileşimine olanak tanıdığını belirtmiştir. Etkileşim sonucunda materyalin suda çözünürlük, su tutma kapasitesi ve şişme gücü gibi özelliklerinin gelişebileceği ifade edilmiştir. Benzer şekilde Ullah ve ark. (2018) da ısıtma işlemi ile soya fasulyesi atığının yüzeyinde parçalanmaların oluştuğunu ve bunun düzensiz yapı meydana getirdiğini tespit etmiştir. Bulgular değerlendirildiğinde hidrasyon özelliklerinin sıcaklık ile iyileşebileceği ön görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre 25°C – 70°C aralığındaki işlem sıcaklıklarında posa materyalinin hidrasyon özellikleri

güçlendiği için bu ılımlı sıcaklıklarda çalışılarak posa ve kompozisyon olarak benzer materyallerin düşük sıcaklıklara göre iyileşmiş özelliklerinden yararlanılabilmektedir. 70°C'nin üzerindeki ısıtma işlemlerinde beklenenden farklı olarak gerçekleşen hidrasyon özelliklerinin zayıflama olasılığına karşı ölçümlerin yenilenmesi önerilir. Çünkü yüksek sıcaklıklarda hücre duvarının aşırı büzülmesine bağlı meyve posasının hidrasyon özelliklerinin azaldığı bilinmektedir (Rana ve ark., 2015).

Tablo 4'teki verilere göre 297 µm'den daha büyük partiküllü örneklerde yağ tutma kapasitesi, yağda şişme gücü değerleri diğer örneklerle göre düşüktür. Yağda çökelti hacim fraksiyonu ise partikül boyutu ile azalmış ve en düşük değerler 297 µm'den küçük partiküllü örneklerde ölçülmüştür. Benzer değişim trendi su tutma özelliğinde de meydana geldiği için bu durumun muhtemel nedeni aşırı boyut küçülmesine bağlı hücre yapılarının zarar görmesinden kaynaklı yağı tutma kabiliyetinde zayıflama meydana gelmesidir.

Tablo 4. Yağ tutma özellikleri (25°C)

Table 4. Oil holding properties (25°C)

Parçacık boyutu (µm) <i>Particle size (µm)</i>	YTK (%) <i>OHC (%)</i>	YÇHF (%) <i>SVFO (%)</i>	YŞG <i>SPO</i>
>595	259.60±33.14 ^a	26.28±1.22 ^a	3.41±0.34 ^a
298-595	279.55±34.41 ^a	25.58±0.04 ^{ab}	3.61±0.34 ^a
150-297	308.22±15.77 ^a	24.19±1.20 ^{abc}	3.97±0.22 ^a
106-149	309.45±18.74 ^a	22.12±1.18 ^{bcd}	3.91±0.15 ^a
75-105	292.72±25.58 ^a	20.73±1.22 ^d	3.74±0.25 ^a
<74	286.17±16.92 ^a	21.39±2.07 ^{cd}	3.68±0.23 ^a
Elenmemiş örnek <i>Unsieved sample</i>	290.98±14.32 ^a	24.84±1.23 ^{abc}	3.85±0.12 ^a

YTK: Yağ tutma kapasitesi, YÇHF: Yağda çökelti hacim fraksiyonu, YŞG: Yağda şişme gücü
WHC: Oil holding capacity, SVFO: Sediment volume fraction in oil, SPO: Swelling power in oil

Tablo 5. Fizikokimyasal özellikler

Table 5. Physicochemical properties

Parçacık boyutu (µm)	a_w	ρ (g·mL ⁻¹)	ρ_s (g·mL ⁻¹)	pH	°Briks °Brix	Refraktif indeks <i>Refractive index</i>
>595	0.32±0.00 ^d	1.02±0.00 ^d	1.10±0.02 ^d	4.56 ^a	4.70±0.03 ^d	1.75±0.01 ^c
298-595	0.32±0.00 ^d	1.01±0.02 ^d	1.17±0.01 ^c	4.43 ^b	4.82±0.02 ^c	1.83±0.01 ^b
150-297	0.34±0.01 ^c	1.09±0.01 ^c	1.19±0.02 ^c	4.44 ^b	4.91±0.01 ^b	1.86±0.01 ^a
106-149	0.35±0.00 ^{bc}	1.10±0.01 ^c	1.26±0.01 ^b	4.44 ^b	4.94±0.03 ^{ab}	1.87±0.00 ^a
75-105	0.37±0.01 ^a	1.16±0.01 ^b	1.32±0.00 ^a	4.43 ^b	4.98±0.03 ^a	1.87±0.01 ^a
<74	0.37±0.00 ^a	1.24±0.01 ^a	1.35±0.02 ^a	4.44 ^b	4.99±0.04 ^a	1.88±0.00 ^a
Elenmemiş örnek <i>Unsieved sample</i>	0.36±0.00 ^b	1.19±0.03 ^{ab}	1.24±0.00 ^b	4.42 ^b	4.92±0.01 ^{ab}	1.88±0.02 ^a

a_w : Su aktivitesi, ρ : Hacimsel yoğunluk, ρ_s : Sıkıştırılmış yoğunluk, °Brix: Çözülebilir madde içeriği
 a_w : Water activity, ρ : Bulk density, ρ_s : Packed density, °Brix: Soluble solid content

Huang ve ark. (2020); Qiu ve ark. (2022) çalışmasında da fazla öğütmenin, materyalin su ve yağ ile olan ilişkilerine zarar verdiğini gözlemlenmiştir. Elleuch ve ark. (2012) çalışmasında da partikül boyutunun azalması ile yağ tutma kapasitesi arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. Örneklerin yağ tutma özelliklerinin su tutma özelliklerine göre daha zayıf olduğu belirlenmiştir. Tablo 2 ve Tablo 4'deki değerlerin ortalamaları karşılaştırıldığında örneklerin yağ tutma kapasitesi su tutma kapasitesine göre % 9, yağda şişme özelliği suda şişme özelliğine göre % 39, yağda çökelti hacim fraksiyonu suda çökelti hacim fraksiyonuna göre % 27 oranında daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlara göre posaların lipofilikten ziyade hidrofilik olduğu söylenebilir.

Örneklerin bazı fizikokimyasal özellikleri Tablo 5'te sunulmuştur. Buna göre, su aktivitesi değerleri nem oranları ile benzer şekilde değişiklik göstermiştir. Hacimsel yoğunluk ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri partikül küçüldükçe artmıştır. Bunun nedeni, partikül arasındaki boşlukların daha az olmasından dolayı küçük partiküllü örneklerin aynı hacimde bulunabilecek miktarının daha fazla olmasındandır. Sıkıştırılmış yoğunluk değeri de aynı nedenden dolayı partikül küçüldükçe artmış ve sıkıştırmanın etkisi ile birim hacimde yer alan kütlelerin artması ile hacimsel yoğunluktan daha yüksek ölçülmüştür.

Örnekler arasında 595 μm 'den büyük partiküllü örneklerin pH değeri (4.56) diğer posalardan daha yüksek bulunmuş fakat diğer örneklerin pH değerleri istatistiksel olarak aynı bulunmuştur ($p > 0.05$). Bunun nedeni, örneklerin çekirdek içerisinden kaynaklı meyve etinin asiditesini düşürmesi olabilir. Tablo 5'te ayrıca örneklerin çözülebilir madde miktarı briks ve refraktif indeks olarak sunulmuştur. İki değerde de partikül büyüklüğüne göre benzer değişiklikler gözlemlen-

miştir. Çözülebilir madde içeriğinin küçük partiküller sayesinde artış göstermesi beklenen bir sonuçtur. Çünkü, yüzey alanının artması ile ekstakte olan madde miktarı artış göstermiş olabilir. Ayrıca öğütmeye daha fazla maruz kalmasından dolayı küçük partiküllerin hücreleri (duvarları) zarar görerek çözülebilir maddelerin hücre dışına daha çok salınımı gerçekleşmiş olabilir.

Tablo 6, örneklerin termal özelliklerini sunmaktadır. Buna göre, posaların ısı iletkenlik ve özgül ısı değerleri partikül büyüklüğü azaldıkça artmaktadır. Burada yine 297 μm 'den büyük partiküller için diğer özelliklerde de görülen çekirdek içeriğine bağlı sonuç sapmaları söz konusu olup çekirdeklerin bulunduğu >595 ve 298-595 μm grupları arasında istatistiksel farklılık mevcuttur. Örneklerin ısı yayılma özelliklerini ısı iletkenlik, özgül ısı ve yoğunluk parametreleri doğrudan etkilediği için ısı yayılmadaki değişim trendi diğer termal özelliklerin tam tersi yönde bulunmuş; partikül büyüklüğü azaldıkça ısı yayılma değerleri azalmıştır. Özgül ısıdaki artış ise parçacık boyutunun küçülmesinden kaynaklı ısının depolanabileceği yüzey alanının genişlemesi ile açıklanabilir. Yüzey alanına bağlı özgül ısı değişimini Raigar ve Mishra (2015) da gözlemlenmiştir. Diğer taraftan, termal özelliklerdeki değişimin başka bir nedeninin, partikül büyüklüğünden ziyade partikül boyutuna bağlı nem içeriklerine bağlı olduğunu söylemek mümkündür. Aviara ve Haque (2001); Raigar ve Mishra (2015) da partikül boyutunun azalması ile artan nem içeriğine bağlı termal özelliklerin arttığını belirtmiştir. Lewicki (2004) de donma noktasının üstündeki sıcaklıklarda, ısı iletkenliğinin nem içeriği ile arttığını ifade etmiştir. Buna göre nem içeriği yüksek olan örneklerin ısı iletkenlik ve özgül ısılarının yüksek ölçüldüğü, ısı yayılma özelliklerinin ise nem artışı ile zayıfladığı belirlenmiştir. Sonuçlar Greiby ve ark. (2014)'de öne sürülen etki mekanizmaları ile uyumludur.

Tablo 6. Termal özellikler

Table 6. Thermal properties

Parçacık boyutu (μm) <i>Particle size (μm)</i>	k ($\text{W}\cdot\text{mK}^{-1}$)	C_p ($\text{J}\cdot\text{kgK}^{-1}$)	α ($\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)
>595	4.08±0.15 ^c	2.12±0.02 ^f	1.88±0.01 ^a
298-595	4.09±0.12 ^c	2.73±0.08 ^e	1.45±0.02 ^b
150-297	4.37±0.19 ^{bc}	2.91±0.06 ^d	1.36±0.01 ^c
106-149	4.54±0.19 ^b	3.59±0.08 ^b	0.63±0.01 ^f
75-105	4.68±0.11 ^b	3.74±0.07 ^{ab}	0.62±0.00 ^f
<74	5.73±0.01 ^a	3.85±0.04 ^a	1.17±0.00 ^d
Elenmemiş örnek <i>Unsieved sample</i>	4.49±0.05 ^b	3.36±0.04 ^c	1.11±0.01 ^e

k : Isıl iletkenlik, C_p : Özgül ısı, α : Isıl yayılma

k : Thermal conductivity, C_p : Specific heat, α : Thermal diffusivity

Tablo 7. Renk değerleri

Table 7. Color values

Parçacık boyutu (μm) <i>Particle size (μm)</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	ΔE
>595	56.64±0.90 ^a	14.94±0.10 ^f	13.45±0.20 ^f	42.47±0.87 ^f
298-595	50.58±0.49 ^b	16.50±0.29 ^e	14.25±0.24 ^e	48.61±0.46 ^e
150-297	47.69±0.14 ^c	17.94±0.17 ^d	15.42±0.39 ^d	52.02±0.16 ^d
106-149	44.72±0.09 ^d	19.74±0.55 ^c	16.76±0.21 ^c	55.71±0.22 ^c
75-105	42.64±0.30 ^e	22.50±0.36 ^a	19.41±0.20 ^b	59.43±0.17 ^b
<74	40.64±0.38 ^f	23.25±0.23 ^a	20.66±0.26 ^a	61.85±0.37 ^a
Elenmemiş örnek <i>Unsieved sample</i>	48.31±0.24 ^c	21.20±0.15 ^b	15.31±0.25 ^d	52.74±0.34 ^d

L: Açıklık/parlaklık indeksi, *a*: Kırmızılık (+)-yeşillik (-) indeksi, *b*: Sarılık (+)-mavilik (-) indeksi, ΔE : Renk farklılığı
L: Lightness/brightness index, *a*: Redness (+)-greenness (-) index, *b*: Yellowness (+)-blueness (-) index, ΔE : Color difference

Örneklerin renk değerleri Tablo 7’de gösterilmiştir. Partikül küçüldükçe kırmızılık (*a*) ve sarılık (*b*) değerlerinde artış parlaklık indeksinde (*L*) ise düşüş meydana gelmiştir. Bunun nedeni renk pigmentlerinin öğütme gücü ile hücre dışına çıkışının kolaylaşması olabilir. Diğer taraftan, parlaklık (*L*) değerindeki düşüş ile sarılık (*a*) değerindeki yükselişin nedeninin, partikül boyutunun azalması ile yüzey alanının genişlemesi ve dolayısıyla oksidasyon maruziyeti ile rengin koyulaşması olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Rocha Parra ve ark. (2019a) da küçük partiküllü elma posası eklenen bisküvilerin daha kırmızı renkte olduğunu belirlemiştir.

Sonuç

Çalışmanın önemi, yeniden işlenerek değerlendirilen ve ürün zenginleştirmede kullanılan bir atık ürünün kompozisyonunun, hidrasyon, termal ve fizikokimyasal özelliklerinin partikül büyüklüğüne göre değiştiğinin tespit edilmesidir. Başka bir ifade ile; materyale uygulanacak işlemlerde, yapılacak proses hesaplamalarında ve ürün formülasyonlarına eklenecek materyal seçiminde partikül büyüklüğünün önemli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 297 μm ve 74 μm partikül boyutu kritik bulunmuştur. Su tutma kapasitesi, su absorpsiyon indeksi, yağ tutma kapasitesi, yağda şişme gücü 150-297 μm partikül büyüklüğüne sahip örneklerde en yüksek bulunmuştur. Nem, protein içeriği, çözünürlük indeksi, suda şişme gücü, su aktivitesi, hacimsel ve sıkıştırılmış yoğunluk, briks, refraktif indeks, ısı iletkenlik, özgül ısı, kırmızılık, sarılık ve renk farklılığı özellikleri ise 74 μm ’den küçük partiküllü örneklerde en yüksektir. Çalışma verileri, materyalin ürün katkısı olarak kullanılacağı çalışmalarda zenginleştirme oranlarının belirlenmesine ve zenginleştirilmiş ürün özelliklerinin açıklanmasına yardımcı olabilir. Gelecek çalışmalarda farklı partikül büyüklüğünün ekstraksiyon sonrası saflaştırma aşamalarının verimine etkisi araştırılabilir. Farklı boyutlardaki posalara uygulanan yüksek basınç, çok

düşük veya çok yüksek sıcaklık ile bu materyalin basınç-sıcaklık kombinasyonlarına verdiği yanıt incelenebilir. Ayrıca bu ve benzer materyallerin partikül büyüklüğüne bağlı değişen antioksidan aktivitelerinde, eklendiği ürünün raf ömrüne etkisinde, mikrobiyal yükünde ve duyuşsal özelliklerinde meydana getirdiği değişim belirlenebilir.

Etik Standartlar ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar, bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Araştırma etik izin gerektirmemektedir.

Veri erişilebilirliği: Veriler talep üzerine sağlanacaktır.

Finansal destek: Bu çalışma herhangi bir fon tarafından desteklenmemiştir.

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

AOAC (2003). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (17th Edition., C. 2). Arlington, Virginia, ABD.

Auffret, A., Ralet, M.C., Guillon, F., Barry, J.L., Thibault, J.F. (1994). Effect of grinding and experimental conditions on the measurement of hydration properties of dietary fibres. *LWT - Food Science and Technology*, 27(2), 166-172. <https://doi.org/10.1006/fstl.1994.1033>

Aviara, N.A., Haque, M.A. (2001). Moisture dependence of thermal properties of sheanut kernel. *Journal of Food Engineering*, 47(2), 109-113.

[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00105-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00105-9)

Beckett, S.T. (2008). Traditional Chocolate Making. Industrial Chocolate Manufacture and Use içinde (ss. 1-9). John Wiley & Sons, Ltd.

<https://doi.org/10.1002/9781444301588.ch1>

Bekhit, A.E.D.A., Cheng, V.J., McConnell, M., Zhao, J. H., Sedcole, R., Harrison, R. (2011). Antioxidant activities, sensory and anti-influenza activity of grape skin tea infusion. *Food Chemistry*, 129(3), 837-845.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.032>

Bledzki, A.K., Mamun, A.A., Volk, J. (2010). Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties. *Composites Science and Technology*, 70(5), 840-846.

<https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2010.01.022>

Bender, A.B.B., Speroni, C.S., Salvador, P.R., Loureiro, B.B., Lovatto, N.M., Goulart, F.R., Penna, N.G. (2017). Grape pomace skins and the effects of its inclusion in the technological properties of muffins. *Journal of Culinary Science & Technology*, 15(2), 143-157.

<https://doi.org/10.1080/15428052.2016.1225535>

Bennato, F., Di Luca, A., Martino, C., Ianni, A., Marone, E., Grotta, L., Martino, G. (2020). Influence of grape pomace intake on nutritional value, lipid oxidation and volatile profile of poultry meat. *Foods*, 9(4), 508.

<https://doi.org/10.3390/foods9040508>

Brahim, M., Gambier, F., Brosse, N. (2014). Optimization of polyphenols extraction from grape residues in water medium. *Industrial Crops and Products*, 52, 18-22.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.030>

Calabuig Jiménez, L., Barrera Puigdollers, M.C., Seguí Gil, L., Betoret Valls, N. (2018). Effect of particle size of blueberry pomace powder on its properties (ss. 1131-1138). IDS (2018). 21st International Drying Symposium Proceedings, Editorial Universitat Politècnica de València.

<https://doi.org/10.4995/IDS2018.2018.7879>

Chaplin, M.F. (2003). Fibre and water binding. Proceedings of the Nutrition Society, 62(1), 223-227.

<https://doi.org/10.1079/PNS2002203>

Chen, Y., Ye, R., Yin, L., Zhang, N. (2014). Novel blasting extrusion processing improved the physicochemical properties of soluble dietary fiber from soybean residue and in vivo evaluation. *Journal of Food Engineering*, 120, 1-8.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.07.011>

De la Hera, E., Gomez, M., Rosell, C.M. (2013). Particle size distribution of rice flour affecting the starch enzymatic hydrolysis and hydration properties. *Carbohydrate Polymers*, 98(1), 421-427.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.06.002>

Elleuch, M., Bedigian, D., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. (2012). Dietary fibre characteristics and antioxidant activity of sesame seed coats (Testae). *International Journal of Food Properties*, 15(1), 25-37.

<https://doi.org/10.1080/10942911003687231>

FAOSTAT (2021). Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 24.06.2023).

Feng, L., Wu, J., Song, J., Li, D., Zhang, Z., Xu, Y., Zhang, M. (2021). Effect of particle size distribution on the carotenoids release, physicochemical properties and 3D printing characteristics of carrot pulp. *LWT - Food Science and Technology*, 139, 110576.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110576>

Feng, X., Yu, B., Regenstein, J.M., Wang, L. (2023). Effect of particle size on composition, physicochemical, functional, and structural properties of insoluble dietary fiber concentrate from citrus peel. *Food Science and Technology International*, 29(3), 195-203.

<https://doi.org/10.1177/10820132211063973>

García-Lomillo, J., González-SanJosé, M.L. (2017). Applications of wine pomace in the food industry: Approaches and functions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 3-22.

<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12238>

Garrido, M. D., Auqui, M., Martí, N., Linares, M. B. (2011). Effect of two different red grape pomace extracts obtained under different extraction systems on meat quality of pork burgers. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2238-2243.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.003>

Gerardi, C., D'amico, L., Migoni, D., Santino, A., Salomone, A., Carluccio, M.A., Giovinazzo, G. (2020). Strategies for reuse of skins separated from grape pomace as ingredient of functional beverages. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8.

<https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00645>

Greiby, I., Mishra, D.K. ve Dolan, K.D. (2014). Inverse method to sequentially estimate temperature-dependent thermal conductivity of cherry pomace during nonisothermal heating. *Journal of Food Engineering*, 127, 16-23.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.039>

Grover, S.S., Chauhan, G.S. ve Masoodi, F.A. (2003). Effect of particle size on surface properties of apple pomace. *International Journal of Food Properties*, 6(1), 1-7.

<https://doi.org/10.1081/JFP-120016620>

Gupta, P., Premavalli, K.S. (2010). Effect of particle size reduction on physicochemical properties of ashgourd (*Benincasa hispida*) and radish (*Raphanus sativus*) fibres. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(1), 18-28.

<https://doi.org/10.3109/09637480903222186>

Huang, X., Li, D., Wang, L. (2018). Effect of particle size of sugar beet pulp on the extraction and property of pectin. *Journal of Food Engineering*, 218, 44-49.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.09.001>

Huang, X., Liang, K., Liu, Q., Qiu, J., Wang, J., Zhu, H. (2020). Superfine grinding affects physicochemical, thermal and structural properties of Moringa Oleifera leaf powders. *Industrial Crops and Products*, 151, 112472.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112472>

Ianni, A., Di Maio, G., Pittia, P., Grotta, L., Perpetuini, G., Tofalo, R., Martino, G. (2019). Chemical–nutritional quality and oxidative stability of milk and dairy products obtained from Friesian cows fed with a dietary supplementation of dried grape pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7), 3635-3643.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.9584>

Jacobs, P.J., Hemdane, S., Dornez, E., Delcour, J.A., Courtin, C.M. (2015). Study of hydration properties of wheat bran as a function of particle size. *Food Chemistry*, 179, 296-304.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.117>

Jozinović, A., Šubarić, D., Ačkar, Đ., Babić, J., Planinić, M., Pavoković, M., Blažić, M. (2012). Effect of screw configuration, moisture content and particle size of corn grits on properties of extrudates. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 4(2), 95-101.

Khazaei, J., Mohammadi, N. (2009). Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Food Engineering*, 91(4), 542-552.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.010>

Lachman, J., Hejtmánková, A., Hejtmánková, K., Horníčková, Š., Pivec, V., Skala, O., Přibyl, J. (2013). Towards complex utilisation of winemaking residues: Characterisation of grape seeds by total phenols, tocopherols and essential elements content as a by-product of winemaking. *Industrial Crops and Products*, 49, 445-453.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.022>

Lewicki, P.P. (2004). Water as the determinant of food engineering properties. A review. *Journal of Food Engineering*, 61(4), 483-495.

[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00219-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00219-X)

Liang, X., Sun, J., Ma, H. (2016). Effect of superfine grinding on physicochemical properties of apple pomace. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 38(02), 192.

Maner, S., Sharma, A.K., Banerjee, K. (2017). Wheat flour replacement by wine grape pomace powder positively affects physical, functional and sensory properties of cookies. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87(1), 109-113.

<https://doi.org/10.1007/s40011-015-0570-5>

Marchiani, R., Bertolino, M., Belviso, S., Giordano, M., Ghirardello, D., Torri, L., Zeppa, G. (2016). Yogurt enrichment with grape pomace: effect of grape cultivar on physicochemical, microbiological and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 39(2), 77-89.

<https://doi.org/10.1111/jfq.12181>

Mayer-Miebach, E., Briviba, K., Schiffer, C., Geiger, L., Behnlian, D., Greiner, R. (2019). Particle size of milled chokeberry pomace did not influence in vitro cellular absorption and transport efficiencies of anthocyanins, phenolic acids and flavonols. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 70(8), 932-940.

<https://doi.org/10.1080/09637486.2019.1595542>

- Putra, N.R., Rizkiyah, D.N., Zaini, A.S., Yunus, M.A.C., Machmudah, S., Idham, Z. Binti Hazwan Ruslan, M.S. (2018). Effect of particle size on yield extract and antioxidant activity of peanut skin using modified supercritical carbon dioxide and soxhlet extraction. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(8), e13689. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13689>
- Qiu, L., Zhang, M., Xu, B., Wang, B. (2022). Effects of superfine grinding on the physicochemical properties, antioxidant capacity, and hygroscopicity of *Rosa rugosa* cv. Plena powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(10), 4192-4199. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11768>
- Raghavendra, S.N., Ramachandra Swamy, S.R., Rastogi, N. K., Raghavarao, K.S.M.S., Kumar, S., Tharanathan, R.N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*, 72(3), 281-286. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.008>
- Raghavendra, S.N., Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Tharanathan, R.N. (2004). Dietary fiber from coconut residue: effects of different treatments and particle size on the hydration properties. *European Food Research and Technology*, 218, 563-567. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0889-2>
- Raigar, R.K., Mishra, H.N. (2015). Effect of moisture content and particle sizes on physical and thermal properties of roasted bengal gram flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1839-1844. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12419>
- Rana, S., Gupta, S., Rana, A., Bhushan, S. (2015). Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient. *Food Science and Human Wellness*, 4(4), 180-187. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.10.001>
- Raungrusmee, S., Anal, A.K. (2019). Effects of lintnerization, autoclaving, and freeze-thaw treatments on resistant starch formation and functional properties of pathumthani 80 rice starch. *Foods*, 8(11), 558. <https://doi.org/10.3390/foods8110558>
- Reißner, A.-M., Al-Hamimi, S., Quiles, A., Schmidt, C., Struck, S., Hernando, I., Turner, C., Rohm, H. (2019). Composition and physicochemical properties of dried berry pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), 1284-1293. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9302>
- Robin, F., Schuchmann, H.P., Palzer, S. (2012). Dietary fiber in extruded cereals: Limitations and opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 28(1), 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.008>
- Rocha Parra, A.F., Sahagún, M., Ribotta, P.D., Ferrero, C., Gómez, M. (2019a). Particle size and hydration properties of dried apple pomace: effect on dough viscoelasticity and quality of sugar-snap cookies. *Food and Bioprocess Technology*, 12(7), 1083-1092. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02273-3>
- Rocha-Parra, A.F., Belorio, M., Ribotta, P.D., Ferrero, C., Gomez, M. (2019b). Effect of the particle size of pear pomace on the quality of enriched layer and sponge cakes. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 1265-1275. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14078>
- Rockenbach, I.I., Gonzaga, L.V., Rizelio, V.M., Gonçalves, A.E. de S.S., Genovese, M.I., Fett, R. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. *Food Research International*, 44(4), 897-901. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.049>
- Rodríguez Montealegre, R., Romero Peces, R., Chacón Vozmediano, J. L., Martínez Gascuña, J., García Romero, E. (2006). Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape *Vitis vinifera* varieties grown in a warm climate. *Journal of Food Composition and Analysis, Biodiversity and Nutrition: A Common Path*, 19(6), 687-693. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.05.003>
- Sharanagat, V. S., Kansal, V. Kumar, K. (2018). Modeling the effect of temperature on the hydration kinetic whole mung grain. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(3), 268-274. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.005>
- Sirohi, R., Tarafdar, A., Singh, S., Negi, T., Gaur, V.K., Gnansounou, E., Bharathiraja, B. (2020). Green processing and biotechnological potential of grape pomace: Current

trends and opportunities for sustainable biorefinery. *Bioresour. Technology*, 314, 123771.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123771>

Suksomboon, A., Limroongreungrat, K., Sangnark, A., Thititumjariya, K., Noomhorm, A. (2011). Effect of extrusion conditions on the physicochemical properties of a snack made from purple rice (Hom Nil) and soybean flour blend. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(1), 201-208.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02471.x>

Theagarajan, R., Malur Narayanaswamy, L., Dutta, S., Moses, J.A., Chinnaswamy, A. (2019). Valorisation of grape pomace (cv. Muscat) for development of functional cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 1299-1305.

<https://doi.org/10.1111/ijfs.14119>

Troilo, M., Difonzo, G., Paradiso, V.M., Pasqualone, A., Caponio, F. (2022). Grape pomace as innovative flour for the formulation of functional muffins: How particle size affects the nutritional, textural and sensory properties. *Foods*, 11(12), 1799.

<https://doi.org/10.3390/foods11121799>

Ullah, I., Yin, T., Xiong, S., Huang, Q., Zhang, J., Javaid, A. B. (2018). Effects of thermal pre-treatment on physicochemical properties of nano-sized okara (soybean residue) insoluble dietary fiber prepared by wet media milling. *Journal of Food Engineering*, 237, 18-26.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.017>

Waliullah, Md. H., Mu, T., Ma, M., Chen, J. (2021). Effects of particle size on structural, physicochemical, and functional properties of potato residue from starch isolation and quality characteristics of residue-based starch noodles. *Food Science and Technology International*, 27(5), 392-403.

<https://doi.org/10.1177/1082013220954606>

World Economic Forum (2019). Innovation with a Purpose: Improving Traceability in Food Value Chains through Technology Innovations. World Economic Forum Geneva, Switzerland. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Traceability_in_food_value_chains_Digital.pdf (Erişim tarihi: 20.06.2023).

Yan, T., Liu, R., Shi, L., Wang, Y., Meng, X., Shen, Y. (2023). Superfine grinding improves the physicochemical, sensory and functional characteristics of Hanfu apple pomace. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(4), 2077-2084.

<https://doi.org/10.1111/ijfs.15934>

Yang, C., Han, Y., Tian, X., Sajid, M., Mehmood, S., Wang, H., Li, H. (2022). Phenolic composition of grape pomace and its metabolism. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1-17.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2146048>

Zhang, D., Moore, W. R. (1997). Effect of wheat bran particle size on dough rheological properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(4), 490-496.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199708\)74:4<490::AID-JSFA822>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199708)74:4<490::AID-JSFA822>3.0.CO;2-0)

Zhao, G., Zhang, R., Dong, L., Huang, F., Tang, X., Wei, Z., Zhang, M. (2018). Particle size of insoluble dietary fiber from rice bran affects its phenolic profile, bioaccessibility and functional properties. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 450-456.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.016>

Zhao, X., Zhu, H., Zhang, G., Tang, W. (2015). Effect of superfine grinding on the physicochemical properties and antioxidant activity of red grape pomace powders. *Powder Technology*, 286, 838-844.

<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.09.025>