

Effect of Air Fryer Drying Temperature on the Quality Characteristics of Jerusalem Artichoke

Mehmet Yetişen^{1*}, Ümmügülsüm Kaplan¹, Cem Baltacıoğlu¹, Hasan Uslu¹

¹Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Niğde, Türkiye

Abstract

This study aimed to determine the quality characteristics of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) under different drying methods and temperature conditions. For this purpose, Jerusalem artichokes obtained from a local market were sliced into approximately 2 mm thickness and 3 cm diameter and dried at 60, 70, and 80°C using an air fryer and a conventional oven (hot air drying). The drying process continued until the moisture content of the samples decreased below 10%, and the samples were coded as A60, A70, A80, E60, E70, and E80 according to the applied drying method and temperature. Color parameters (L*, a*, and b*), water activity, ash content, moisture, total phenolic content, and textural properties (hardness, brittleness/flexibility, and toughness) of dried samples were analyzed. The results indicated that drying method and temperature significantly affected the physicochemical, bioactive, and textural properties of Jerusalem artichoke samples. The highest L* value was observed in sample A80 dried at 80°C using an air fryer (88.36), whereas the highest total phenolic content was determined in sample E60 dried at 60°C in the hot air (5354 mg GAE/kg). Hot air drying samples generally exhibited lower moisture content and higher mechanical resistance, while air fryer-dried samples were characterized by higher brightness and lower hardness values. The findings suggest that different drying methods may provide advantages depending on product development objectives, and air fryer technology can be considered a feasible alternative method for drying Jerusalem artichoke.

Key Words: Jerusalem artichoke, air fryer, oven drying, total phenolic content, texture, color analysis

Yer Elmasının Air Fryer ile Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmasının Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Özet

Bu çalışmada, yer elmasının (*Helianthus tuberosus* L.) farklı kurutma yöntemleri ve sıcaklık koşulları altında kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda yerel bir marketten temin edilen yer elmaları yaklaşık 2 mm kalınlığında ve 3 cm çapında dilimler halinde hazırlanmış, air fryer ve etüv (sıcak hava fırını) kullanılarak 60, 70 ve 80°C’de kurutulmuştur. Kurutma işlemi örneklerin nem içeriği %10’un altına düşene kadar sürdürülmüş ve örnekler A60, A70, A80, E60, E70 ve E80 olarak kodlanmıştır. Kurutulmuş örneklerde renk parametreleri (L*, a*, b*), su aktivitesi, kül, nem, toplam fenolik madde ve tekstürel özellikler (sertlik, kırılabilirlik ve dayanıklılık) analiz edilmiştir. Sonuçlar, kurutma yöntemi ve sıcaklığın yer elmasının fizikokimyasal, biyoaktif ve tekstürel özellikleri üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu göstermiştir. En yüksek L* değeri air fryer ile 80°C’de kurutulan A80 örneğinde belirlenirken (88,36), en yüksek toplam fenolik madde miktarı etüvde 60°C’de kurutulan E60 örneğinde saptanmıştır (5354 mg GAE/kg). Etüv ile kurutulan örnekler genel olarak daha düşük nem içeriği ve daha yüksek mekanik dayanıklılık gösterirken, air fryer örnekleri daha yüksek parlaklık ve daha düşük sertlik değerleri ile öne çıkmıştır. Bulgular, ürün geliştirme hedeflerine bağlı olarak farklı kurutma yöntemlerinin avantaj sağlayabileceğini ve air fryer teknolojisinin yer elmasının kurutulmasında uygulanabilir alternatif bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yer elması, air fryer, etüv kurutma, toplam fenolik madde, tekstür, renk analizi

Giriş

Yer elması (*Helianthus tuberosus* L.), Asteraceae (Compositae) familyasına ait, Kuzey Amerika kökenli ve dünya genelinde ticari değeri giderek artan çok yıllık bir bitkidir (Jahromi vd., 2022; Khuenpet vd., 2020; Rudy vd., 2025). Bu bitki, aşırı sıcaklık, kuraklık ve yüksek toprak tuzluluğu gibi olumsuz çevresel koşullara karşı gösterdiği yüksek tolerans ve düşük girdi gereksinimi nedeniyle marjinal tarım alanları için oldukça elverişli bir ürün olarak kabul edilmektedir (De Santis & Teresa Frangipane, 2018; Slimestad vd., 2010; Zhao vd., 2021). Besinsel açıdan yer elması, düşük kalorili ve düşük yağ içerikli bir gıda olmasına rağmen, diyet lifi ve mineraller (potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir ve çinko) açısından oldukça zengindir (Ahn vd., 2018; Shariati vd., 2021).



Yer elmasının en belirgin özelliği, toplam karbonhidrat içeriğinin %70 ile %90'ını oluşturan, fruktoz ünitelerinden meydana gelen ve prebiyotik özellikler gösteren inulin deposu olmasıdır (Khuenpet vd., 2017; Meyer & Blaauwloed, 2009). Bu zengin kimyasal kompozisyon; yer elmasına antidiyabetik, anti-obezite, anti-enflamatuar ve antioksidan gibi önemli fonksiyonel özellikler kazandırmakta; obezite, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklarla mücadelede etkili bir gıda maddesi haline getirmektedir (Afoakwah, 2022; Li vd., 2022; Takur vd., 2020). Buna karşın, yer elması yumruları hasat sonrası %73-88 gibi oldukça yüksek nem içeriğine sahiptir ve bu durum ürünü mikrobiyolojik bozulmalara karşı hassas kılarak raf ömrünü kısıtlamaktadır (Chauhan vd., 2025). Ürünün stabilitesini artırmak, taşıma maliyetlerini düşürmek ve inulin gibi değerli bileşenlerini uzun süre korumak için kurutma işlemi elzem bir teknolojik basamaktır (Ramachandran vd., 2024; Santos vd., 2025; Zahoor vd., 2023).

Literatürde yaygın olarak kullanılan konvektif (sıcak hava) kurutma yöntemi, basit ve düşük maliyetli olmasına rağmen, uzun işlem süreleri ve yüksek sıcaklıklar nedeniyle termolabil bileşenlerin (inulin, fenolik maddeler ve vitaminler) bozunmasına, renk değişimlerine ve tekstürel deformasyonlara yol açabilmektedir (Rudy vd., 2025). Bu nedenle, kurutma süresini kısaltan ve kalite parametrelerini optimize eden modern kurutma teknolojilerinin etkinliği üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır (Alibas vd., 2020; Altay vd., 2019; Carrera vd., 2012; Song vd., 2011).

Son yıllarda mutfak teknolojilerinde yaygınlaşan ve hızlı sıcak hava sirkülasyonu prensibiyle çalışan air fryer (hava fritözü), geleneksel kurutma yöntemlerine göre daha hızlı ve homojen bir ısı transferi sağlama potansiyeline sahiptir. Kaynaklar, kurutma sıcaklığının (özellikle 60°C ve üzeri) yer elmasının inulin içeriği, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi üzerinde belirleyici etkileri olduğunu göstermektedir (Elmuradov vd., 2025; Rudy vd., 2025).

Bu çalışma, yer elması dilimlerinin air fryer ve geleneksel etüv (sıcak hava fırını) yöntemleri kullanılarak üç farklı sıcaklıkta (60, 70 ve 80°C) kurutulmasının; ürünün nem içeriği, su aktivitesi, renk parametreleri, toplam fenolik madde miktarı ve tekstürel özellikleri (sertlik, kırılabilirlik, dayanıklılık) üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular, air fryer teknolojisinin yer elmasının endüstriyel ve ev tipi kurutulmasında uygulanabilir alternatif bir yöntem olup olmadığını ortaya koyacaktır.

Materyal ve Metot

Materyal

Bu çalışmada kullanılan yer elma örnekleri, Türkiye'nin Niğde ilindeki yerel bir pazardan temin edilmiştir. Yer elması, deneysel işlemler öncesinde görsel olarak seçilmiş, herhangi bir fiziksel hasar veya çürüme belirtisi göstermeyen örnekler kullanılmıştır. Numuneler analiz öncesinde yıkanmış ve yüzey nemi uzaklaştırıldıktan sonra işleme alınmıştır.

Örnek Hazırlama ve Kurutma İşlemi

Yer elmaları, yaklaşık 3 mm kalınlığında ve 3 cm çapında dilimler halinde kesilmiştir. Hazırlanan elma dilimleri air fryer kurutma (Airfryer Combi 7000 Series XXL, Philips) (A) ve Etüv (sıcak hava fırını) kurutma (Isotex, Türkiye) (E) yöntemleri kullanılarak kurutulmuştur. Her iki kurutma yöntemi için de 60, 70 ve 80°C sıcaklıklar uygulanmıştır. Kurutma işlemi, örneklerin nem içeriği yaklaşık %10'un altına düşene kadar devam ettirilmiştir. Elde edilen örnekler, uygulanan yöntem ve sıcaklığa göre A60, A70, A80, E60, E70 ve E80 olarak kodlanmıştır.

Renk Analizi

Örneklerin renk parametreleri (L^* , a^* , b^*) bir renk ölçüm cihazı (Konica Minolta CR-400, Japan) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler CIE Lab* renk sistemine göre gerçekleştirilmiştir.

Su Aktivitesi

Su aktivitesi değerleri, uygun bir su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina, Switzerland) kullanılarak belirlenmiştir.

Nem Tayini

Nem içeriği, standart gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

Kül Tayini

Kül içeriği, numunelerin 600°C sıcaklıkta yakılması esasına dayanan standart yöntem ile analiz edilmiş ve yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.



Toplam Fenolik Madde (TFM) Tayini

Toplam fenolik madde içeriği, Folin–Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Singleton & Rossi, 1965). Fenolik bileşikler %80 metanol (%1 HCl) ile ekstrakte edildi, 40 rpm'de 4 saat boyunca çalkalandı ve 4 °C'de 4000×g'de 15 dakika boyunca santrifüjlendi. 100 µL ekstrakte 0,75 mL Folin reaktifi (%10) ve 0,75 mL Na₂CO₃ (75 g/L) ilave edildi. Karanlıkta 1 saat inkübe edildikten sonra, 725 nm'de absorbans okundu. Sonuçlar, kuru numune kilogramı başına mg galik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edildi.

Örneklerin Tekstür Analizi

Yer elması örneklerinin tekstür analizi (TA.XT plus, Stable Micro System, Great Britain) için üç noktalı bükme düzeneği probu (HDP/3PB) kullanılmıştır. Tekstür analiz cihazı, analize başlamadan önce kalibre edilmiştir. Tekstür analizi öncesi test modu: sıkıştırma, ön test: hız 3 mm/sn, test hızı: 3 mm/sn, test sonrası hız 10 mm/sn, hedef modu: mesafe seçildi ve ardından ölçümlere başlandı. Hem air fryer hem de etüv kurutma sonucu elde edilen numuneler sertlik (g), kırılabilirlik (mm) ve dayanıklılık (g/mm) parametreleri kapsamında değerlendirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Tüm analizler üç tekrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama ± standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde Minitab® 21.4.1. (ABD) programı kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farkların belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve anlamlı farklılıkların tespitinde Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (p<0,05).

Sonuçlar ve Tartışma

Yer elması örneklerinin farklı kurutma yöntemleri (air fryer ve etüv) ile farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80°C) kurutulması sonucunda elde edilen fizikokimyasal, biyoaktif ve tekstürel özellikler Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 1. Örneklerin fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri

Örnek	L*	a*	b*	Su aktivitesi	Kül (%)	Nem (%)	TFM ¹ (mg GAE/kg)
A60	84,02±3,88 ^{ab}	-2,25±0,56 ^{bc}	13,83±2,09 ^c	0,35±0,01 ^a	6,53±0,20 ^a	9,50±0,26 ^a	2511±1135 ^c
A70	80,61±5,83 ^{ab}	-3,10±0,57 ^c	17,85±1,52 ^{bc}	0,27±0,01 ^c	7,67±0,88 ^a	7,69±0,71 ^{ab}	3226±222 ^{bc}
A80	88,36±3,82 ^a	-3,25±0,70 ^c	17,48±1,94 ^{bc}	0,24±0,01 ^d	7,51±0,85 ^a	6,62±1,36 ^b	4127±150 ^{ab}
E60	76,98±3,85 ^b	-0,75±0,75 ^b	20,94±1,22 ^{abc}	0,25±0,02 ^{cd}	6,82±1,02 ^a	3,93±0,78 ^c	5354±164 ^a
E70	77,14±3,37 ^b	-1,57±0,55 ^{bc}	23,06±4,41 ^{ab}	0,31±0,01 ^b	8,49±1,11 ^a	5,71±1,17 ^{bc}	3804±693 ^{bc}
E80	77,50±1,30 ^b	1,54±0,95 ^a	27,81±4,95 ^a	0,22±0,01 ^d	7,18±0,98 ^a	5,93±1,11 ^{bc}	2840±187 ^{bc}

¹TFM: Toplam fenolik madde. Aynı sütunda yer alan ve farklı harflerle (a-d) gösterilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlılık vardır (p<0,05).

Örneklerin renk parametreleri incelendiğinde, L* değerlerinin 76,98 ile 88,36 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek L* değeri A80 örneğinde (88,36) saptanmış olup, bu durum air fryer ile 80°C'de gerçekleştirilen kurutmanın örneklerin daha açık renkli kalmasını sağladığını göstermektedir. Buna karşılık en düşük L* değeri E60 örneğinde (76,98) belirlenmiştir. Kurutma yöntemleri arasında özellikle air fryer uygulamalarının daha yüksek parlaklık değerleri sağlaması, kısa sürede nem uzaklaştırılması ve sınırlı oksidatif reaksiyonlarla ilişkilendirilebilir.

Benzer şekilde, hibrit kurutma ve ön işlem kombinasyonunun Jerusalem artichoke cipslerinin kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda, ön işlem uygulanmış örneklerde L* değerinin 79,82'ye kadar yükseldiği bildirilmiştir (Mu vd., 2025). Mevcut çalışmada A80 örneğinde daha yüksek L* değerinin elde edilmesi, air fryer uygulamasının renk korunumu açısından etkili olduğunu göstermektedir. Ancak ilgili çalışmalarda haşlama, NaCl ve maltodekstrin uygulamaları da kullanıldığından, doğrudan karşılaştırmalarda ön işlem etkisinin dikkate alınması gerekmektedir (Mu vd., 2025).

Yer elmasının a* değerleri diğer örnekler arasında anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Air fryer ile kurutulan tüm örneklerde negatif a* değerleri elde edilmiş olup, örneklerin yeşilimsi tonlarını koruduğu görülmüştür. Etüvde 80°C'de kurutulan E80 örneği ise pozitif a* değeri (1,54) göstermiştir. Bu durum yüksek sıcaklıkta uzun süreli sıcak hava uygulamasının Maillard reaksiyonları ve pigment degradasyonunu artırarak kırmızımsı/kahverengimsi ton gelişimine neden olabileceğini düşündürmektedir.

Örneklerin b* değerleri incelendiğinde sıcaklık artışıyla birlikte özellikle etüv kurutma örneklerinde sarılık değerinin arttığı gözlenmiştir. En yüksek b* değeri E80 örneğinde (27,81) belirlenirken, en düşük değer A60 örneğinde (13,83) saptanmıştır. Bu sonuçlar, etüvde yüksek sıcaklık uygulamasının enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını teşvik ettiğini göstermektedir.

Literatürde dondurarak kurutma, sıcak havada kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, sıcak havada kurutma uygulamasının en düşük parlaklık ile en yüksek sarılık ve esmerleşme



indeksine neden olduğu rapor edilmiştir (Hwang & Kim, 2024). Bu bulgu, mevcut çalışmada özellikle E80 örneğinde belirlenen yüksek b^* değeri ile uyum göstermektedir ve sıcak hava kurutmanın yüksek sıcaklıklarda renk değişimlerini hızlandırdığını desteklemektedir. Ayrıca Jerusalem artichoke çayı üretimine yönelik bir çalışmada, kurutma sonrası uygulanan ilave ısı işlemin süre uzadıkça parlaklığı azalttığı, kırmızılık, sarılık ve esmerleşme indekslerini artırdığı bildirilmiştir (Hwang & Shon, 2022). Bu sonuçlar, mevcut çalışmada sıcaklık artışıyla özellikle etüv örneklerinde gözlenen renk değişimleri ile paralellik göstermektedir.

Su aktivitesi değerleri tüm örneklerde 0,22–0,35 aralığında bulunmuştur. En yüksek su aktivitesi A60 örneğinde (0,35), en düşük ise E80 ve A80 örneklerinde sırasıyla 0,22 ve 0,24 olarak belirlenmiştir. Tüm örneklerin su aktivitesi değerlerinin mikrobiyal gelişimi sınırlandıracak düzeyde (<0,60) olması, başarılı kurutma işlemini göstermektedir.

Kül içerikleri bakımından örnekler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Kül değerleri %6,53–8,49 arasında değişmiş olup, kurutma yöntem ve sıcaklıklarının mineral madde konsantrasyonu üzerinde belirgin etkisi olmadığı söylenebilir.

Nem içerikleri incelendiğinde, sıcaklık artışına bağlı olarak hem air fryer hem de etüv uygulamalarında nem oranının azaldığı görülmüştür. En yüksek nem içeriği A60 örneğinde (%9,50), en düşük ise E60 örneğinde (%3,93) belirlenmiştir. Etüv kurutmanın daha düşük nem seviyelerine ulaşması, daha uzun süreli ve kontrollü sıcak hava akışı ile açıklanabilir.

Jerusalem artichoke üzerinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada, konvektif kurutmanın 60°C’de uygulanmasının kalite korunumu açısından optimum koşul olduğu ve ürünün %12,6 nem içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Elmuradov vd., 2025). Bu sonuç, mevcut çalışmada özellikle 60°C uygulamalarında kalite parametrelerinin öne çıkmasıyla paralellik göstermektedir.

Toplam fenolik madde (TFM) sonuçlarına göre örnekler arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir ($p<0,05$). En yüksek TFM değeri E60 örneğinde (5354 mg GAE/kg), en düşük değer ise A60 örneğinde (2511 mg GAE/kg) saptanmıştır. Düşük sıcaklıkta etüv kurutmanın fenolik bileşiklerin korunmasında daha avantajlı olduğu görülmektedir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte özellikle E80 örneğinde TFM miktarının azaldığı belirlenmiştir. Bu durum fenolik bileşiklerin ısıya duyarlı yapıları nedeniyle yüksek sıcaklıklarda degradasyona uğraması ile ilişkilendirilebilir.

Benzer şekilde konvektif kurutma ve konvektif–mikrodalga kurutma yöntemlerini karşılaştıran bir çalışmada, 80°C’de gerçekleştirilen kurutmalarda daha belirgin renk değişimi ve önemli polifenol kayıpları gözlenirken, düşük sıcaklıklarda polifenol korunumu daha yüksek bulunmuştur (Rudy vd., 2025). Bu durum mevcut çalışmada E60 örneğinin E70 ve E80’e göre daha yüksek toplam fenolik madde içermesiyle uyumludur.

Düşük sıcaklıkların fenolik bileşiklerin korunmasındaki avantajı başka bir çalışmada da bildirilmiştir. Dondurularak kurutulan Jerusalem artichoke tozlarında fenolik bileşiklerin havada kurutulmuş örneklerle kıyasla iki kat daha yüksek düzeyde korunduğu belirtilmiştir (Diez vd., 2025). Araştırmacılar bu sonucu düşük işlem sıcaklıklarının fenolik degradasyonu sınırlandırmasına bağlamıştır (Diez vd., 2025). Bu bulgu, mevcut çalışmada düşük sıcaklıkta kurutulan E60 örneğinin en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olmasıyla desteklenmektedir.

Benzer şekilde dondurarak kurutma öncesi farklı kaplama materyallerinin uygulandığı bir çalışmada, sitrik asit ve karboksimetilselüloz uygulamalarının polifenol retansiyonunu artırdığı ve biyolojik aktif bileşik kayıplarını azalttığı bildirilmiştir (Wrzodak vd., 2026). Bu sonuç, kurutma öncesi uygulamaların ve düşük sıcaklıklı proseslerin Jerusalem artichoke örneklerinde biyoaktif bileşik korunumu açısından önemli olduğunu göstermiştir.

Tablo 2. Örneklerin tekstür özellikleri

Örnekler	Sertlik (g)	Kırılgenlik (mm)	Dayanıklılık (g/mm)
A60	424±103 ^a	2,42±1,05 ^a	208±123 ^c
A70	483±224 ^a	1,33±0,81 ^{ab}	572±580 ^{bc}
A80	456±167 ^a	0,76±0,16 ^b	598±220 ^{bc}
E60	1047±600 ^a	0,65±0,16 ^b	1563±650 ^a
E70	591±338 ^a	1,12±1,07 ^b	671±356 ^{abc}
E80	790±615 ^a	0,53±0,20 ^b	1337±847 ^{ab}

Aynı sütunda yer alan ve farklı harflerle (a-c) gösterilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlılık vardır ($p<0,05$).

Tekstürel analiz sonuçlarına göre sertlik değerleri 424–1047 g arasında değişmiştir. En yüksek sertlik E60 örneğinde, en düşük ise A60 örneğinde belirlenmiştir. Her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmasa da ($p>0,05$), etüv kurutulan örneklerin genel olarak daha yüksek sertlik değerleri gösterdiği dikkat çekmektedir. Bu durum sıcak hava kurutma sırasında daha yoğun yapı oluşumu ve hücre büzülmesi ile açıklanabilir.

Hibrit kurutma yönteminin incelendiği çalışmalarda sertlik değerinin 1240 g düzeyine ulaştığı bildirilmiştir (Mu vd., 2025). Mevcut çalışmada etüv ile kurutulan örneklerin daha yüksek sertlik göstermesi, sıcak hava bazlı kurutma yöntemlerinin daha kompakt yapı oluşturduğunu desteklemektedir.



Jerusalem artichoke üzerinde gerçekleştirilen termal işlem çalışmasında da işlem süresi arttıkça sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin azaldığı, buna karşılık yapısal bütünlükte değişimler meydana geldiği bildirilmiştir (Blicharz-Kania vd., 2017). Isıl işlem koşullarının tekstür üzerinde belirleyici etkisi, mevcut çalışmada farklı kurutma yöntemleri arasında gözlenen sertlik ve dayanıklılık farklılıkları ile uyumludur.

Kırılabilirlik değerleri açısından A60 örneği 2,42 mm ile en yüksek değere sahipken, E80 örneği 0,53 mm ile en düşük değeri göstermiştir. Air fryer ile düşük sıcaklıkta kurutulan örneklerin daha esnek ve kırılmaya karşı daha dirençli yapı sergilediği söylenebilir.

Dayanıklılık değerleri incelendiğinde en yüksek değer E60 örneğinde (1563 g/mm), en düşük ise A60 örneğinde (208 g/mm) belirlenmiştir ve örnekler arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p < 0,05$). Etüv kurutma ile elde edilen örneklerin daha kompakt ve yoğun tekstürel yapı geliştirdiği görülmektedir.

Jerusalem artichoke tozunun kraker formülasyonlarında kullanımını inceleyen bir çalışmada, ürünlerin TFM ve antioksidan kapasitesinin arttığı, buna karşın renk parametrelerinde özellikle L^* değerinde azalma gözlemlendiği bildirilmiştir (Ozgoren vd., 2019). Bu durum, Jerusalem artichoke bileşenlerinin işleme koşullarına bağlı olarak hem fonksiyonel özellikleri hem de renk parametrelerini etkileyebildiğini göstermiştir.

Sonuç

Bu çalışmada yer elmasının farklı kurutma yöntemleri (air fryer ve etüv) ile farklı sıcaklıklarda kurutulmasının ürün kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, kurutma yöntemi ve sıcaklığın yer elmasının renk, nem, toplam fenolik madde ve tekstürel özellikleri üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Air fryer ile kurutulan örnekler daha yüksek L^* değerleri ve daha düşük sertlik göstermiş, bu durum ürünün daha açık renkli ve daha az sert bir yapı kazanmasını sağlamıştır. Buna karşılık etüv ile kurutulan örneklerde daha düşük nem içeriği, daha yüksek toplam fenolik madde miktarı ve daha yüksek mekanik dayanıklılık belirlenmiştir. Özellikle E60 örneği fenolik bileşiklerin korunumu açısından en uygun sonuçları verirken, A80 örneği renk korunumu bakımından öne çıkmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, düşük sıcaklık uygulamalarının fenolik bileşiklerin korunumu açısından avantaj sağladığı, yüksek sıcaklık uygulamalarının ise renk değişimleri ve yapısal farklılıkları artırdığı görülmüştür. Air fryer teknolojisi, daha kısa işlem süresi, renk korunumu ve kabul edilebilir tekstürel özellikler sağlama nedeniyle yer elmasının kurutulmasında alternatif bir yöntem olarak değerlendirilebilir. Elde edilen sonuçların yer elmasının fonksiyonel atıştırılabilir veya kurutulmuş gıda ürünleri geliştirilmesinde kullanılabilecek uygun proses koşullarının belirlenmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Referanslar

- Afoakwah, N. A. (2022). Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) dietary-fiber powder functionality. *Heliyon*, 8(12).
- Ahn, H. Y., Kim, M., Seo, C. R., Yoo, H. J., Lee, S. H., & Lee, J. H. (2018). The effects of Jerusalem artichoke and fermented soybean powder mixture supplementation on blood glucose and oxidative stress in subjects with prediabetes or newly diagnosed type 2 diabetes. *Nutrition & Diabetes* 2018 8:1, 8(1), 42-. <https://doi.org/10.1038/s41387-018-0052-y>
- Alibas, I., Zia, M. P., Yilmaz, A., & Asik, B. B. (2020). Drying kinetics and quality characteristics of green apple peel (*Mallus communis* L. var. "Granny Smith") used in herbal tea production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(2), e14332. <https://doi.org/10.1111/JFPP.14332>
- Altay, K., Hayaloglu, A. A., & Dirim, S. N. (2019). Determination of the drying kinetics and energy efficiency of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves using different drying methods. *Heat and Mass Transfer* 2019 55:8, 55(8), 2173–2184. <https://doi.org/10.1007/S00231-019-02570-9>
- Blicharz-Kania, A., Andrejko, D., Kubik-Komar, A., Ślaska-Grzywna, B., & Starek, A. (2017). Modification of the textural properties of Jerusalem Artichoke tubers using different thermal treatments. *ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes*, Vol. 6, No 4(4), 41–45.
- Carrera, C., Ruiz-Rodríguez, A., Palma, M., & Barroso, C. G. (2012). Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes. *Analytica Chimica Acta*, 732, 100–104. <https://doi.org/10.1016/J.ACA.2011.11.032>
- Chauhan, D. S., Vashisht, P., Bebartta, R. P., Thakur, D., & Chaudhary, V. (2025). Jerusalem artichoke: A comprehensive review of nutritional composition, health benefits and emerging trends in food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(1), e70114. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70114>;ISSUE:ISSUE:DOI
- De Santis, D., & Teresa Frangipane, M. (2018). Evaluation of chemical composition and sensory profile in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers: The effect of clones and cooking conditions. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 11, 25–30. <https://doi.org/10.1016/J.IJGFS.2017.11.001>
- Diez, S., Tarifa, M. C., Salvatori, D. M., & Franceschinis, L. (2025). Functional Ingredients Based on Jerusalem Artichoke: Technological Properties, Antioxidant Activity, and Prebiotic Capacity. *Biology and Life Sciences Forum 2024*, Vol. 40, 40(1), 24. <https://doi.org/10.3390/BLSF2024040024>
- Elmuradov, A. A., Jamoliddinova, V. J., & Davronova, F. P. (2025). Biochemical composition of Jerusalem artichoke tubers dried at different temperatures and in different forms. *BIO Web of Conferences*, 181, 01039. <https://doi.org/10.1051/BIOCONF/202518101039>
- Hwang, E. S., & Kim, S. (2024). Quality Characteristics, Antioxidant Activity, and Acrylamide Content of Jerusalem Artichokes according to the Drying Method Used. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 53(8), 824–831. <https://doi.org/10.3746/JKFN.2024.53.8.824>





- Hwang, E. S., & Shon, E. M. (2022). Effect of heating time on the quality and antioxidant activity of Jerusalem artichoke tea. *Food Science and Preservation*, 29(6), 989–999. <https://doi.org/10.11002/KJFP.2022.29.6.989>
- Jahromi, M. S. B., Iranmanesh, M., & Akhijahani, H. S. (2022). Thermo-economic analysis of solar drying of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) integrated with evacuated tube solar collector and phase change material. *Journal of Energy Storage*, 52, 104688. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2022.104688>
- Khuenpet, K., Jittanit, W., Sirisansaneeyakul, S., & Srichamnon, W. (2017). Inulin Powder Production from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tuber Powder and Its Application to Commercial Food Products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e13097. <https://doi.org/10.1111/JFPP.13097>
- Khuenpet, K., Truong, N. D. P., Polpued, R., Ward, L. T., District, T. D., Chi, H., City, M., Khuenpet, V., Truong, K., & Polpued, N. D. P. (2020). Inulin extraction from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tuber powder and its application to yoghurt snack. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(2), 271–282. <https://li04.tci-thaijo.org/index.php/IJAT/article/view/6508>
- Li, J., Jia, S., Yuan, C., Yu, B., Zhang, Z., Zhao, M., Liu, P., Li, X., & Cui, B. (2022). Jerusalem artichoke inulin supplementation ameliorates hepatic lipid metabolism in type 2 diabetes mellitus mice by modulating the gut microbiota and fecal metabolome. *Food & Function*, 13(22), 11503–11517.
- Meyer, D., & Blaauwheod, J. P. (2009). Inulin. *Handbook of Hydrocolloids: Second Edition*, 829–848. <https://doi.org/10.1533/9781845695873.829>
- Mu, Y., Gao, W., Lv, S., Zhu, T., & Zhao, C. (2025). Enhanced quality and optimized volatile profile of Jerusalem artichoke chips: A combined approach of pretreatment optimization and hybrid vacuum freeze-hot air drying. *Journal of Agriculture and Food Research*, 22, 102121. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2025.102121>
- Ozgoren, E., Isik, F., & Yapar, A. (2019). Effect of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) supplementation on chemical and nutritional properties of crackers. *Journal of Food Measurement and Characterization* 2019 13:4, 13(4), 2812–2821. <https://doi.org/10.1007/S11694-019-00201-9>
- Ramachandran, R. P., Nadimi, M., Cenkowski, S., & Paliwal, J. (2024). Advancement and Innovations in Drying of Biopharmaceuticals, Nutraceuticals, and Functional Foods. *Food Engineering Reviews* 2024 16:4, 16(4), 540–566. <https://doi.org/10.1007/S12393-024-09381-7>
- Rudy, S., Dziki, D., Biernacka, B., Polak, R., Krzykowski, A., Domin, M., Rudzki, G., & Kachel-Górecka, M. (2025). Drying Kinetics and Physicochemical Characteristics of Dehydrated Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Processes* 2025, Vol. 13, 13(8). <https://doi.org/10.3390/PR13082553>
- Santos, A. A. de L., Leal, G. F., Marques, M. R., Reis, L. C. C., Junqueira, J. R. de J., Macedo, L. L., & Corrêa, J. L. G. (2025). Emerging Drying Technologies and Their Impact on Bioactive Compounds: A Systematic and Bibliometric Review. *Applied Sciences* 2025, Vol. 15, 15(12). <https://doi.org/10.3390/APP15126653>
- Shariati, M. A., Khan, M. U., Hleba, L., de Souza, C. K., Tokhtarov, Z., Terentev, S., Konovalov, S., Arduvanova, F., Batishcheva, N., Shigapov, I., Ekaterina, S., & Kantimerova, M. (2021). Topinambur (The Jerusalem Artichoke): Nutritional Value and Its Application In Food Products: An Updated Treatise. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(6), e4737–e4737. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.4737>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
- Slimestad, R., Seljaasen, R., Meijer, K., & Skar, S. L. (2010). Norwegian-grown Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): Morphology and content of sugars and fructo-oligosaccharides in stems and tubers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(6), 956–964. <https://doi.org/10.1002/JSFA.3903>
- Song, J., Li, D., Liu, C., & Zhang, Y. (2011). Optimized microwave-assisted extraction of total phenolics (TP) from Ipomoea batatas leaves and its antioxidant activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(3), 282–287. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2011.03.001>
- Takur, S., Khan, A. A., & Azmi, W. (2020). Potential of oligosaccharides from inulin in human nutrition and health. *Ann. Phytomedicine*, 9, 141–146.
- Wrzodak, A., Szwejd-Grzybowska, J., Ropelewska, E., Dickinson, N. J., Zdulski, J. A., Sekrecka, M., Husieva, A. S., Skwiercz, A., & Mieszczakowska-Frąć, M. (2026). Impact of Protein- and Polysaccharide-Based Edible Coatings and Citric Acid as a Natural Antioxidant on the Quality Parameters, and Image Analysis, of Freeze-Dried Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*). *Applied Sciences* 2026, Vol. 16, 16(4). <https://doi.org/10.3390/APP16041951>
- Zahoor, I., Mir, T. A., Ayoub, W. S., Farooq, S., & Ganaie, T. A. (2023). Recent applications of microwave technology as novel drying of food – Review. *Food and Humanity*, 1, 92–103. <https://doi.org/10.1016/J.FOOHUM.2023.05.001>
- Zhao, M., Ren, Y., Wei, W., Yang, J., Zhong, Q., & Li, Z. (2021). Metabolite Analysis of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Seedlings in Response to Polyethylene Glycol-Simulated Drought Stress. *International Journal of Molecular Sciences* 2021, Vol. 22, 22(7). <https://doi.org/10.3390/IJMS22073294>

