



Kurutmada Termal ve Termal Olmayan Ön İşlem Uygulamaları^A

Seda GÜNAYDIN^{1*}, Necati ÇETİN², Cevdet SAĞLAM³

Öz: Hasat edilen tarımsal ürünler depolama sürecinde solunum faaliyetlerini bir süre daha devam ettirmektedir. Bu durum, içerdikleri yoğun nemden dolayı ürünlerin kısa sürede bozularak çürümesine neden olmaktadır. Çürüyen ürünlerin renk değerlerinde, görünüşünde, besin elementi ve biyokimyasal içeriğinde önemli ölçüde kayıplar meydana gelmektedir. Kalite kayıplarını en aza indirerek ürünlerin raf ömrünü artırmak amacıyla pek çok muhafaza tekniği uygulanmaktadır. Kurutarak muhafaza yöntemi; biyoaktif bileşenler yönünden ürünler daha konsantre olması, nakliyenin kolay olması, depolamanın ekonomik olması ve ürünün uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilmesi gibi önemli avantajlara sahiptir. Kurutmada işlem süresinin uzun olması enerji tüketiminin artmasına sebep olmaktadır. Bu olumsuzlukları aşmak amacıyla kurutma işleminden önce termal ve/veya termal olmayan ön işlem uygulamaları yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı literatür araştırmaları kapsamında kurutma öncesi uygulanan termal (haşlama, ohmik ısıtma, mikrodalga, kızılötesi) ve termal olmayan (ozmotik dehidrasyon, soğuk plazma, darbeli elektriksel alan, gum arabic, şeker, bal çözeltisi, sitrik asit, ultrases) ön işlemlerinin incelenmesidir.

Anahtar Kelimeler: Ön işlem, kurutma, enerji tüketimi, tarımsal ürün.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Seda GÜNAYDIN, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, sedagunaydin07@gmail.com [OrcID 0000-0003-2510-9638](https://orcid.org/0000-0003-2510-9638)

² Necati ÇETİN, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, necati.cetin@ankara.edu.tr [OrcID 0000-0001-8524-8272](https://orcid.org/0000-0001-8524-8272)

³ Cevdet SAĞLAM, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, cevdetsaglam@erciyes.edu.tr [OrcID 0000-0002-9955-3128](https://orcid.org/0000-0002-9955-3128)

Thermal and Non-thermal Pretreatment Applications in Drying

Abstract: In agricultural products, respiratory activities maintain for a while during the storage process after the harvest. In this case, the products deteriorate in a short time due to the intense moisture content. There are significant losses in color, appearance, nutrient, and biochemical content of deteriorated products. Many preservation techniques are applied in order to increase the shelf life of the products by minimizing these quality losses. In addition to the fact that the drying preservation method has important advantages such as being more concentrated in terms of bioactive components, easy transportation, economical storage and keeping the product intact for a long time. Longer processing time in drying causes an increase in energy consumption. In order to overcome these disadvantages, thermal and non-thermal pretreatment applications are carried out before the drying process. The aim of this study is to investigate the thermal (boiling, ohmic heating, microwave, infrared) and non-thermal (osmotic dehydration, cold plasma, pulsed electrical field, gum arabic, sucrose, honey, citric acid, ultrasound) pretreatments applied in drying within the scope of literature research.

Keywords: Pretreatment, drying, energy consumption, agricultural product.

Giriş

Sebzeler ve meyveler muhafaza sürecinde solunum faaliyetlerini bir süre daha devam ettirmektedir. Bu durum ürünlerin içerdikleri yoğun nemden dolayı patojenik mantar oluşumuna sebebiyet vererek kısa süre içerisinde küflenmesine ve çürümmesine neden olarak bozulmaktadır (Deng ve ark., 2017). Çürüyen ürünlerin tat, görünüş, makro ve mikro besin elementi ve okratoksin oluşumu gibi biyokimyasal içeriğinde önemli ölçüde kayıplar meydana gelmektedir. Ayrıca tarımsal ürünlerin kalite belirteci olan, biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini temsil eden renk parametrelerinde ciddi değişimler oluşmaktadır. Dolayısıyla kalite kayıplarını en aza indirerek ürünlerin raf ömrünü artırmak amacıyla; fermantasyon, ısı uygulama, modifiye atmosferde depolama, soğuk uygulama ve kurutma gibi pek çok muhafaza tekniği kullanılmaktadır. Kurutarak muhafaza yöntemi diğer muhafaza tekniklerine göre daha ucuz olmasının yanında, mikrobiyal büyümenin azaltılmasında daha etkilidir (Araujo, 2020). Ayrıca kurutulmuş ürünler; biyoaktif bileşenler yönünden daha konsantre hale gelmekte, hacmi azalan tarımsal ürünlerin nakliye ve depolaması daha kolay ve ucuz olmakta ve daha uzun süre bozulmadan kalmaktadır. Bununla birlikte kurutma işlemi, ticari değeri olan kuru ürünlerin elde edilmesinde olanak sağlamaktadır (Kapetanakou ve ark., 2019). Kurutma işleminde aynı anda meydana gelen ısı ve kütle transferiyle, tarımsal ürünlerin içerdiği yoğun nem, mikroorganizma etkinliğinin durduğu bir değere kadar düşürülmektedir (Adeleye ve ark., 2020).

Kurutmada, işlem süresinin kısaltılarak enerji tüketiminin azaltılması ve ürünlerde kalite parametrelerinin optimum düzeyde korunması amaçlanmaktadır. Fakat ısı uygulamalar tarımsal ürünlerde yapısal ve biyokimyasal birtakım deformasyonlara sebep olmaktadır. Bu olumsuzlukları aşmak için pek çok ön işlem

uygulanmıştır. Ön işlem, kurutmanın kısa sürede tamamlanması, tat, rehidrasyon kapasitesi, büzüşme, görünüş, renk, biyoaktif bileşenlerin korunması, olası mikroorganizma faaliyetlerinin sınırlandırılması ve ürünlerin sterilasyonunun sağlanması amacıyla uygulanan kimyasal ya da fiziksel işlemlerin tamamı olarak tanımlanmaktadır (Bozkır ve Ergün, 2021). Ön işlem uygulamalarında temel amaç ürünlerin dış katmanında bulunan geçirimsiz tabakayı parçalayarak nem geçirgenliğini artırmaktır. Nem geçirgenliğinin artması durumunda kuruma oranı artmakta, bununla ilişkili olarak enerji tüketimi azalmaktadır. Kurutma öncesinde ön işlem uygulanması ile birlikte ürünlerde renk ve biyokimyasal özellikler önemli ölçüde korunmakta ve rehidrasyon kapasitesi artmaktadır. Ayrıca ön işlem uygulamaları ürünlerin enzim inaktivasyonunun ve mikroorganizma etkinliğinin durmasını hızlandıran önemli bir basamak olarak görülmektedir (Jahanbakhshi ve ark., 2021).

Bu çalışmanın amacı literatür araştırmaları doğrultusunda kurutma işlemi öncesi uygulanan ve son yıllarda popüleritesi artan termal (haşlama, mikrodalga, kızılötesi, ohmik ısıtma) ve termal olmayan (ozmotik dehidrasyon, soğuk plazma, darbeli elektriksel alan, gum arabic, sitrik asit, bal çözeltisi ve ultrases) ön işlemlerinin incelenmesidir.

Termal Ön İşlem Uygulamaları

Haşlama (Ağartma Tekniği)

Haşlama (ağartma tekniği) işlemi ısı bir uygulama olup, ürünlerin doğrudan sıcak suya daldırılması ya da sıcak suyun ürün üzerine buhar şeklinde püskürtülmesi esasına dayanmaktadır. Özellikle sebzeler için uygun bir yöntemdir. Haşlama ön işleminde temel amaç; enzim aktivitesini azaltarak tarımsal ürünlerin kurutulması sırasında meydana gelen oksidatif stresi azaltmak, ürünlerin rengini korumak ve acımsı tat oluşumunu önlemektir (Ioannou ve Ghoul, 2013; Xin ve ark., 2015). Geleneksel haşlama ön işlemi ile peroksidad, polifenol oksidaz ve pektin metilesteraz gibi ısıya karşı son derece duyarlı olan enzimlerin etkinliği azaltılarak, bu enzimlerin ürünlerde sebep olduğu tat ve renk kayıplarının önüne geçilmekte ve ürünlerin besinsel içeriği iyi düzeyde korunmaktadır (Nazlım ve Tuncel, 2018). Buna karşın, geleneksel haşlama ön işlemi uygulanan ürünlerin organik asit (malik asit, sitrik asit, asetik asit gibi), şeker (fruktoz ve glikoz), antosiyanin, toplam fenolik ve antioksidan içeriğinde önemli ölçüde kayıplar meydana gelmektedir. Burada uygulanacak olan suyun sıcaklık seviyesi ürüne göre değişmekte olup, ürün dokusuna ve içeriğine olabildiğince az zarar verecek şekilde seçilmelidir. Bu yöntemde sürecin uzun olması enerji sarfiyatının artmasına sebep olmaktadır (Tang ve ark., 2019).

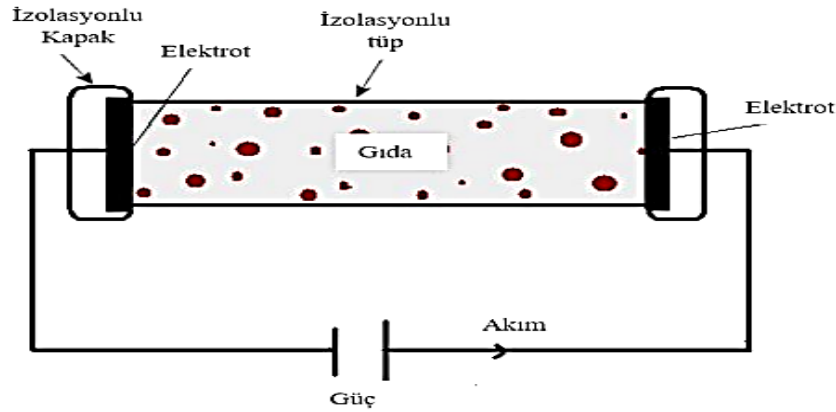
Ciurzyńska ve ark. (2021) kırmızı pancar dilimlerine 65 °C ve 85 °C'de sırasıyla 10-15 ve 1-5 dakika süre ile sıcak suda haşlama ve 5-10 dakika süre ile 40 kHz'de ultrases ön işlemi uyguladıktan sonra dondurarak kurutma tekniği ile kurutmuştur. Haşlama ön işlemi yapıldıktan sonra kurutulan ürünlerde büzülmenin azalarak gözenekliliğin arttığını tespit etmiştir. Wang ve ark. (2018) elma dilimlerini vakumlu, dondurarak ve haşlama ön işlemli vakumlu dondurarak kurutma yöntemi ile kurutmuştur. Haşlama işleminde elma dilimleri 1 dakika

boyunca 90 °C'de sıcak suda bekletilmiştir. Çalışma sonucunda haşlama ön işleminin kurutma süresini kısaltarak besin kalitesini artırdığı bildirilmiştir. Cesur (2013) nar tanelerine 80 °C'de 2 dakika süre ile haşlama ön işlemi uygulamış ve güneşte, 55 °C, 65 °C ve 75 °C sıcaklıklarda kabin ve vakumlu kurutucuda kurutmuştur. Çalışmada en kısa kurutma süresinin haşlama ön işlemlili vakumlu kurutma yönteminde ölçüldüğü belirtilmiştir. Orikasa ve ark. (2018) tarafından yürütülen bir çalışmada kırmızıbiber 200 °C'de su buharında farklı sürelerde (106, 130 ve 186 saniye) haşlama ön işlemi uygulanmış ve kızılötesi kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Çalışmada ön işlem uygulanan ürünlerin yumuşak bir yapı kazandığı ve bunun kurumayı hızlandırdığı kaydedilmiştir. Bununla birlikte ön işlem süresinin artmasıyla toplam enerji tüketiminin azaldığı belirlenmiştir. Adetoro ve ark. (2020) nar tanelerini ön işlemsiz, 30 saniye 90 °C suda ve 60 saniye 100 °C suda haşlama ön işlemi uygulayarak 60 °C'de konvektif fırında kurutmuştur. Çalışma sonucunda en yüksek antioksidan ve antosiyanin içeriğinin 30 saniye süre ile 90 °C'de haşlama ön işlemlili ürünlerde ölçüldüğünü ve bu ön işlem uygulamasının enzim aktivitesini % 76 oranında azalttığını vurgulamıştır.

Ohmik Isıtma

Elektro ısıtma ismiyle de anılan ohmik ısıtma termal bir ön işlemdir. Ohmik ısıtma sisteminde bulunan temel parçalar; ısıtma hücresi, güç ünitesi, elektrot, güç kaynağı, mikroişlemci ve bilgisayardır. Uygulamada 4-100 Hz frekans aralığı ve 0-250 V voltaj aralığı tercih edilmektedir. Bu işlemde temel prensip elektriksel iletkenliği olan kurutma materyalinin içinden alternatif akım geçirilmesi ile materyalin mukavemeti sonucunda açığa çıkan ısı ile ürünlerin homojen olarak ısıtılmasıdır (Şekil 1) (Gavahian ve ark., 2019; Kaya ve İçier, 2019). Gıda işleme; ekstraksiyon işlemleri, materyallerdeki mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek amacıyla sterilizasyon, fermantasyon, haşlama, çözdürme ve kurutma süresini kısaltması sebebiyle kurutma öncesi ön işlem olarak kullanılmaktadır. Ohmik ısıtma tekniğinde ürünlerin küresel olarak ısınması, enerji tasarrufu sağlaması, işlem süresinin kısa olması, ürünlerin yapısını ve kalite optimizasyonu sağlaması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Sistemin her ürün için farklı özelliklerde ayarlanması zorunluluğu ve sürekli kontrol gerektirmesi dezavantajlı yönlerindedir (İncedayı ve ark., 2019; Reddy ve ark., 2021).

Rokhbin ve ark. (2021) portakal dilimlerini 30, 50 ve 70 V'da 3, 5 ve 7 dakika süre ile ohmik ısıtma ön işleminden sonra 90, 360 ve 900 W gücünde mikrodalga fırında kurutmuş ve ohmik ısıtma ön işleminin kurutma süresini kısaltarak enerji tüketimini azalttığını belirtmiştir. Dağdelen (2019) fasulyeyi % 0.3 NaCl çözeltisi içerisinde 220 V ve 50 Hz uygulaması ile ohmik ısıtma ve 92 °C suda 6,5 dakika haşlama ön işlemine tabi tuttukten sonra dondurmuş ve en yüksek antioksidan içeriğinin ohmik ısıtma ön işlemlili dondurulan ürünlerde belirlendiğini rapor etmiştir. Ramazani ve ark. (2020) kivi dilimlerine 3, 5 ve 7 dakika süre ile 100 °C'de sıcak hava ve 80 V'de ohmik ısıtma ön işlemi uygulamış ve ardından 360, 600 ve 900 W'da mikrodalga fırında kurutmuştur. Çalışmada ohmik ısıtma ön işleminin ürünlerde emilimi artırdığı ve enerji verimliliği sağladığı bildirilmiştir. İncedayı (2020) kırmızıbiberi ohmik ısıtma, mikrodalga ve haşlama ön işlemine tabi tuttukten sonra 60 ve 70 °C'de sıcak hava ile kurutmuştur. Çalışmada ohmik ısıtma ön işlemlili 70 °C'de konvensiyonel kurutma ile yüksek kalitede ürünler elde edildiği vurgulanmıştır.



Şekil 1. Ohmik ısıtma sistemi şematik gösterimi (Kaya ve İçier, 2019)

Mikrodalga ile Ön İşlem

Mikrodalga, elektromanyetik tayfin 300 MHz ile 300 GHz arasında yer alan dalga boylarını ifade etmektedir. Kurutma materyallerinin içerisinde bulunan su molekülleri magnetron yardımıyla yüksek frekansta titreştirilerek, bu titreşim hareketi neticesinde meydana gelen hareket enerjisi termal enerjiye dönüşmektedir. Mikrodalga enerjisi ile ürünlerin iç kısımlarından dış kısımlarına doğru küresel olarak ısıtılması ile birlikte ürün bünyesinde bulunan nem hızlı bir şekilde uzaklaştırılır. Mikrodalga enerjisinin kurutmada üç farklı kullanım alanı söz konusu olmaktadır. Bunlar sırasıyla; kuruma oranının düştüğü azalan oranla kuruma evresinde kullanımı, kurutma işlemi boyunca kullanımı ve kurutma süresini azaltmak amacıyla kurutma işlemlerinden önce ön işlem olarak kullanılmasıdır (Günaydın, 2020; Jha ve ark., 2021). Yüksek mikrodalga çıkış güçleri kullanılarak kurutulan ürünlerde yanma, kararma, patlama gibi istenmeyen yapısal değişimlerin meydana gelmesi, mikrodalga enerjisinin kurutma öncesi ön işlem olarak kullanımına olan talebi artırmıştır. Mikrodalga sistemlerin farklı kurutma yöntemleri ile entegrasyonunun basit olması, ön işlem olarak uygulanması durumunda kurutma süresini kısaltarak enerji tüketimini azaltması, geleneksel haşlama ön işlemine göre ürünlerde kalite (renk, görünüş ve besin içeriği gibi) optimizasyonu sağlaması gibi önemli avantajları vardır. Ancak yüksek maliyet gerektirmesi gibi bir dezavantajı bulunmaktadır (Vladić ve ark., 2022).

Yi ve ark. (2016) pitaya dilimlerini 1.0, 2.0 ve 4.0 Wg⁻¹ güç yoğunluklarında mikrodalga ön işleminin ardından 65 °C'de konvektif ve puf kurutma kombinasyonu ile kurutmuştur. Mikrodalga ön işleminin ürünlerde gözenekliliği artırdığını, anhidro üronik asit içeriğini % 8-16 oranında artırdığını tespit etmiştir. Özkan Karabacak ve ark. (2020) portakal dilimlerini 90 W gücünde 30 saniye mikrodalga fırında ön işleme tabi tuttukten sonra 60, 70 ve 80°C ile 15 kPa ve 30 kPa basınç uygulamasında vakumlu kurutma yöntemi ile kurutmuştur. Çalışmada mikrodalga ön işlem uygulamasının kurutma süresini kısaltarak enerji tüketimini azalttığını ve yüksek kalitede ürünlerin elde edilmesinde önemli bir rol üstlendiğini bildirmiştir. Karimi ve ark. (2021) kenger bitkisine 450, 600 ve 700 W için sırasıyla; 4, 3.5 ve 3 dakika süre ile mikrodalga ön işlemi uygulamış ve ardından 180, 300 ve 450 W ile 60, 70 ve 80 °C kombinasyonu ile kurutmuştur. Çalışmada enerji

tüketiminin en az olduğu yöntemin 600 W gücünde mikrodalga ön işlemleri 80 °C-600 W kombinasyonu olduğu ve bu yöntemin % 69 oranında enerji tasarrufu sağladığı bildirilmiştir.

Kızılötesi ile Ön İşlem

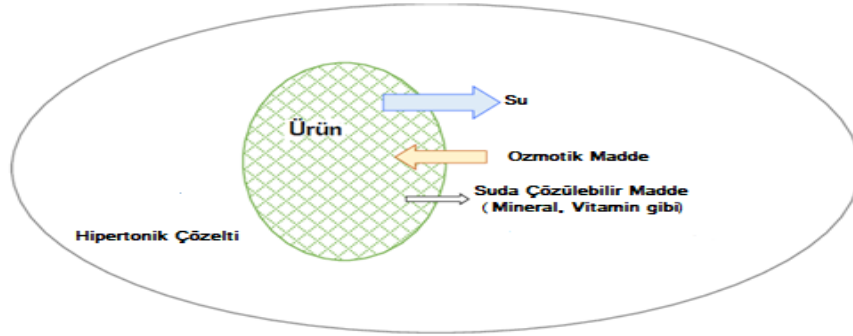
Kızılötesi ışınlar, mikrodalga ile görünür ışık arasındaki dalga boylarına sahip elektromanyetik ışınlar olarak tanımlanmaktadır. Isıtma amacıyla 0.5-100 µm dalga boyu tercih edilmekte olup, ürün yüzeyinde bulunan hastalık yapıcı mikropların giderilmesinde ve gıda kurutmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Kızılötesi ışınlar ile tarımsal ürünlerden yoğun nemin uzaklaştırılması işlemi; ışımların ürünlerin merkezine ulaşmadan yüzeysel olarak ısıtılması esasına dayanmaktadır. Dolayısıyla uygulamada ince tabaka ürünler tercih edilmektedir. Kızılötesi ile kurutma öncesi ön ısıtmada ürünlerin iç kısımları ısıtılamadığından tam kuruma sağlayamamaktadır. Bununla birlikte ürün yüzeyine nüfuz eden kızılötesi ışınların kömürleşme ve yanma gibi olumsuzluklara yol açması sebebiyle kurutma öncesi ön işlem olarak kullanımı tercih edilmektedir. Kurutma işlemi öncesinde kızılötesi ışınım ile iyi bir ön ısıtmanın sağlanmasında kurutma materyalinin ışınları soğurma yeteneği, kızılötesi kaynağın sıcaklık seviyesi ve etkinliği önemlidir (Nozad ve ark., 2016; Taşkın ve İzli, 2017; Salehi ve Kashaninejad, 2018).

Guimba ve ark. (2015) mango dilimlerini 2 dakika 90 °C'de, 10 dakika 65 °C'de sıcak suda haşlama ve kızılötesi haşlama ile ön işlem uygulamıştır. Ardından 70 °C sıcak hava ile kurutmuştur. Çalışmada kızılötesi haşlama ön işlemi görmüş ürünlerde askorbik asit içeriğinin optimal düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Chen ve ark. (2018) havuç dilimlerini 60, 70 ve 80 °C'de sıcaklık seviyelerinde kızılötesi ön işlem uyguladıktan yine aynı sıcaklıklarda konveksiyonel fırında kurutmuş olup, kızılötesi ön işlemin kurutma süresini kısalttığını ve karoten içeriğinin kızılötesi ile muamele edilmiş ürünlerde daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Termal Olmayan Ön İşlem Uygulamaları

Ozmotik Dehidrasyon

Ozmotik dehidrasyon termal olmayan ve ürünlerin yüksek derişimli çözeltilerde uzun süre bırakılması ile fazla nemin uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır (Şekil 2). Ürünlerden fazla nem kütle transferi yoluyla uzaklaştırılmakta olup, genellikle meyve gibi şekerli ürünlerde sakkaroz solüsyonu, sebzelerde sakkaroz sodyum klorür veya sodyum klorür çözeltileri olumlu sonuçlar vermektedir. Ozmotik dehidrasyon işleminde ürünlerde tam kuruma sağlanmadığı için kurutma öncesi bir ön işlem olarak uygulanması uygun görülmektedir (Çetin, 2021; Pavkov ve ark., 2021; Uğuz ve Gezici, 2021).



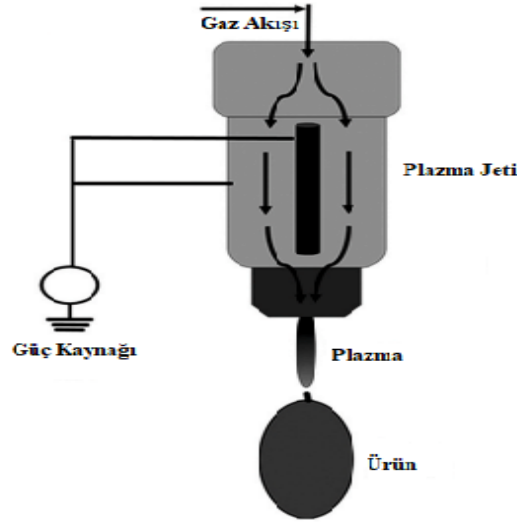
Şekil 2. Ozmotik dehidrasyon (Guiamba, 2016)

Roy ve ark. (2021) yabancı portakal dilimlerinin % 10 sükröz, % 10 fruktoz ve % 2 NaCl çözeltilerinde 30 dakika boyunca ön işleme tabi tutulduktan sonra konvektif fırında 45, 50 ve 55°C’de kurutulmasında % 10 sükröz ön işlemlili 55 °C’de kurutulmuş örneklerde renk, C vitamini, toplam fenolik, flavonoid ve antioksidan içeriğinin yüksek olduğunu ve kurutma süresini kısalttığını tespit etmişlerdir. Toğrul ve ark. (2018) yabancı armudunu ön işlemsiz ve on farklı ön işlem; 65° brixlik sakkaroz, glikoz, sorbitol, maltoz, maltodekstrin şeker çözeltileri ve % 55 sükröz-% 10 NaCl’de 1 saat, % 5 Na₂SO₅, % 2 EO-% 5 Na₂SO₅, % 5 K₂SO₅, % 2 EO-% 5 K₂SO₅ çözeltilerinde 20 dakika beklendikten sonra 45, 55, 65 ve 75 °C’de konvektif kurutucuda kurutmuştur. Çalışma sonucunda şeker çözeltileri ile muamele edilmiş ürünlerin lezzet bakımından çok daha iyi sonuçlar verdiği vurgulanmıştır. Tunde Akıntunde (2010) kırmızıbiberi ön işlemsiz ve 3 dakika süre ile kaynar suda haşlama ve 60 ve 70° brix’lik sakkaroz çözeltilerine bandırma ön işlemleri uyguladıktan sonra güneşte, güneş enerjili kurutucuda ve kabinli kurutma fırını ile kurutulmasında en kısa kurutma süresinin 70° brix’lik sakkaroz çözeltilisine daldırılan numunelerde ölçüldüğü tespit edilmiştir. Chua ve ark. (2021) okaliptüs meyvesine kombine % 30-% 50 w v⁻¹ sükröz çözeltilisi ve 80 kHz’de 20-60 °C’de ultrases ön işlemi uyguladıktan sonra konvektif kurutma yöntemi ile kurutmuş olup, p-simen ve antioksidan kapasitesinin ultrases ve sükröz kombine ön işlemlili ürünlerde çok iyi korunduğunu bildirmişlerdir.

Soğuk Plazma

Soğuk plazma, oda sıcaklığında ve 10 mbar basınç altındaki gazların elektromanyetik dalgalarla ya da DC ve AC akımı sonucunda meydana gelen durum olarak ifade edilmektedir. Elektron enerjisi 1-5 eV olan düz hatlar boyunca uygulanmaktadır. Burada sıcaklıklar elektron için 104-105 K iken gaz için 300-400 °K’dir. İyonların sıcaklık değeri ise oda sıcaklığına eş değerdir. Soğuk plazma, korona deşarjı, mikrodalga plazma sistemi, dielektrik bariyer deşarjı, radyo frekans ya da atmosferik basınçlı plazma jeti ile üretilebilmektedir (Şekil 3). Tıp alanında kullanılan alet ve ekipmanların dezenfeksiyonu, ürün yüzeyinin işlenmesi kullanım alanlarındandır. Gıda alanında ise yağ ekstraksiyonu ve ürünlerin hastalık yapıcı mikroorganizmalardan arındırılması amacıyla uygulanan ve son yıllarda yaygınlaşmaya başlayan ısı olmayan ön işlem uygulamasıdır. Soğuk plazmanın

verimini gaz tipi, işlem süresi, giriş voltajı ve frekansı gibi parametreler etkilemektedir. Basit yapılı ve masrafının az olması, enerji tüketimini azaltması, sistem dekontaminasyonunun kolay olması bu işleme ilgiyi artıran sebeplerdir (Aktop ve ark., 2015; Bao ve ark., 2021; Bassey ve ark., 2021).

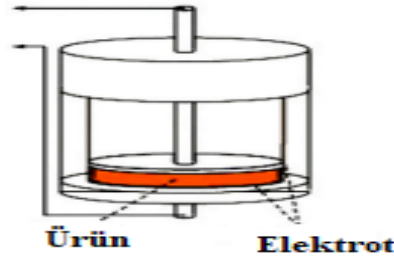


Şekil 3. Plazma jeti ile soğuk plazma üretimi şematik gösterimi (Bassey ve ark., 2021)

Tabibian ve ark. (2020) safran bitkisini 15, 30, 45 ve 60 saniye süre ile soğuk plazma ön işleminin ardından 60 °C'de konvensiyonel kurutucu ile kurutmuştur. Çalışmada ön işlem süresinin artması ile kuruma oranının artarak enerji tüketiminin azaldığı, ürünlerin biyoaktif bileşenlerinde kayıpların meydana geldiği tespit edilmiştir. Ön işlem uygulanan ürünlerde krosin, pikrokrosin, toplam fenolik ve antioksidan içeriğinin ön işlemsiz numunelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bao ve ark. (2021) hünnap dilimlerini 15, 30 ve 60 saniye boyunca soğuk plazma ile ön işleme tabi tutmuş ve ardından 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda konvektif kurutma yöntemi ile kurutulmasında ön işlem süresinin artmasıyla kuruma oranının da arttığı kaydedilmiştir. Ayrıca çalışmada soğuk plazma ön işleminin prosiyanidin, flavonoid, toplam fenolik ve antioksidan içeriğini artırdığını vurgulanmıştır. Huang ve ark. (2019) üzüm tanelerini 500 W'da 25 kHz'de soğuk plazma ön işleminin ardından etüvde kurutmuş ve ön işlemin kurutma oranını % 20 oranında artırdığını tespit etmişlerdir.

Darbeli Elektrik Alan Uygulaması

Gıda işlemede en çok araştırılan konulardan birisi ısılmayan darbeli elektrik alan uygulamasıdır. Çoğunlukla ekstraksiyon işleminde veya kurutma öncesi ön işlem olarak uygulanmaktadır. Darbeli elektrik alan uygulamasında, 1-100 μ s'de, 200-1000 V cm⁻¹ elektrik alanlarında ve yüksek voltaj seviyelerinde (2-80 kV cm⁻¹) kısa darbeler kullanılarak iki elektrot arasında yerleştirilen ürünlerin üzerinde potansiyel bir fark oluşturularak elektropermabilizasyon yoluyla hücre geçirgenliği artırılması esasına dayanmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Elektriksel ön işlem uygulamasının şematik gösterimi (Bassey ve ark., 2021)

Hücre zarına uygulanan darbeler gıdalarda bulunan patojenlerin giderilmesinde etkin rol oynamaktadır. Hücre zarı bozunmaya uğrayan ürünlerin yapısında bulunan nem kolay bir şekilde uzaklaşmaktadır. Elektriksel alan şiddeti ile hücre membranında oluşan bozunma oranı arasında doğrusal bir ilişki söz konusu olmaktadır. Uygulanan elektrik alan kuvveti arttıkça hücre zarında oluşan bozunma oranı da artmaktadır. Bununla ilişkili olarak hücre zarında meydana gelen bozulma oranı ne kadar fazla ise ürünlerdeki nemin buharlaşması da o kadar hızlı olmaktadır. Dolayısıyla hücresel bozulma oranının hesaplanması, kurutma sürecinin değerlendirilmesinde oldukça önemli bir rol üstlenmektedir. Özellikle meyve suyu ve sütte patojenlerin inaktive edilmesinde oldukça etkilidir. Mikroorganizmaların etkisini sınırlandırmada elektrik alan şiddeti, vurgu çeşidi (üstel ya da kare vurgu), işlem süresi ve vurgu sayısı etkili olmaktadır. Elektriksel ön işlem kurutma süresini kısaltarak enerji tüketimini azaltmakta, aynı zamanda renk, görünüş ve biyoaktif bileşen yönünden yüksek kalitede ürünler elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Seçkin ve Özgören, 2011; Çiftçi ve Fincan, 2021).

Yu ve ark. (2009) süte 30 kV cm^{-1} elektrik alanı, 120 vurgu sayısı ve $50 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta darbeli elektrisel alan işlemi uygulamış ve patojen miktarında önemli ölçüde azalma meydana geldiğini tespit etmiştir. Wu ve Guo (2010) elmanın darbeli elektrik alanı ön işlemlili ve ön işlemsiz vakumlu dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmasında uygulanan ön işlemin kurutma süresini % 22.50 oranında kısalttığını bildirmişlerdir. Yamakage ve ark. (2021) ıspanak yapraklarını 1 dakika süre ile $90 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de haşlama, 2.8 kV cm^{-1} 'de darbeli elektrik alanı ile ön işlem uyguladıktan sonra konvektif $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurutmuş olup, darbeli elektrik alanı ön işleminin kuruma oranını artırdığını ve renk parametrelerinin iyi düzeyde korunduğunu bildirmişlerdir. Yu ve ark. (2017) yaban mersini tanelerini 2 kV cm^{-1} 'de 200 vurgu sayısında ön işlem uygulamış ve $45, 60$ ve $75 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de konvektif ve vakumlu kurutma tekniği ile kurutarak darbeli elektrik alanı ön işleminin kurutma süresini azaltmış ve bununla ilişkili olarak da enerji tüketimini azalttığını belirtmişlerdir.

Ultrases

Frekans aralığı 20.000 Hz ile 1 GHz arasında olan ultrases, akustik dalga olarak tanımlanmaktadır. Ultrases enerjisi poligalakturonaz ve pektin metilesteraz gibi enzimlerin faaliyetini sınırlandıran ve termal olmayan önemli bir ön işlem uygulamasıdır. Ultrasonik işlemlerin pH, basınç ve sıcaklık uygulamaları ile entegre edilerek

kullanımı bu yöntemin etkinliğini artırmaktadır. Ultrases verimini belirleyen unsurlar; frekans aralığı, sonikatör probunun genliği ve uygulama süresidir. Isı ile entegre edilerek kullanılması termosonikasyon olarak adlandırılmaktadır. Ultrasesin gıda işlemede kullanım alanları; enzim aktivitesini azaltmak amacıyla kurutma öncesi ön işlem, dondurma, çözdürme, filtrasyon, seperasyon, fermentasyon, ekstraksiyon, kristalizasyon ve emülsifikasyon uygulamalarıdır. Ultrases, ısı hassasiyeti olan ürünlerin yapısındaki yoğun suyun azaltılmasında oldukça etkin bir işlemdir. Masrafının az olması, kurutma süresini kısaltması, geleneksel termal ön işlemlere göre ürünlerin yapısında ve besin içeriğinde çok daha az değişikliğe neden olması, görünüş, aroma gibi özellikleri çok fazla etkilememesi kurutma öncesi ultrases ön işlemin gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır (Tüfekçi ve Özkal, 2015; Bozkır, 2020; Aydar ve ark., 2021).

Aydar ve ark. (2021) zeytin dilimlerini ön işlemsiz ve 5-10 dakika 32 kHz'de ultrases ön işleminin ardından 180, 450 ve 800 W gücünde mikrodalga tekniği ile kurutmuş ve ultrases süresinin artmasıyla kuruma süresinin kıaldığı, bununla birlikte ultrases ön işlemlili ürünlerin renk, toplam fenolik içeriğinin ön işlemsiz ürünlere göre daha yüksek olduğunu saptamıştır. Jin ve ark. (2019) kavun dilimlerini ön işlemsiz ve ultrases ön işlemlili sıcak hava ile kurutma ve sıcak hava destekli radyo frekanslı kurutma tekniği ile kurutarak, ön işlemlili ürünlere ölçülen toplam fenolik içeriğinin ve rehidrasyon kapasitesinin daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Polat (2019) havuç ve patates dilimlerini ön işlemsiz ve 20-40 dakika ultrases ön işlemlili uygulamış ve 60-70 °C sıcaklıklarda kurutmuştur. Çalışma sonucunda ultrases uygulama süresinin artmasıyla kuruma süresinin kıaldığı, buna bağlı olarak enerji tüketiminin azaldığı kaydedilmiştir. Ayrıca çalışmada ultrases ön işlemin gıdalarda kalite parametrelerini olumlu etkilediğini belirtmişlerdir. Bozkır ve ark. (2019) sarımsak dilimlerini ön işlemsiz ve 30 °C'de ultrasonik banyoda 35 kHz ile 30 dakika süre ile ön işlem uyguladıktan sonra 540 W'da mikrodalga ve 60 °C'de sıcak hava ile kurutmuştur. Çalışma sonucunda ön işlemin kuruma oranı ve rehidrasyon kapasitesini artırdığı belirlenmiştir. Abbaspour-Gilandeh ve ark. (2021) menengiç tohumlarını 28 kHz ve 70 W'de ultrases, 80 °C'de 2 dakika süre ile haşlama ve 180, 360 ve 540 W'da mikrodalga ön işlemlili uyguladıktan sonra konvektif ve kızılötesi kurutma tekniği ile kurutmuştur. Çalışmada ultrases ön işlemlili ürünlerin biyoaktif bileşenlerinin optimal düzeyde olduğu vurgulanmıştır.

Sitrik Asit (Limon Tuzu)

Limon tuzu olarak da adlandırılan sitrik asit kristalize, kokusuz, renksiz, karboksil grubu organik bir bileşik olarak ifade edilmektedir. Gıda işlemede yaygın olarak kullanılan sitrik asit aroma verici ve antioksidan içeriğini artırıcı bir özelliğe sahip olması sebebiyle kurutma öncesi ön işlem olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca sitrik asit ürünlere meydana gelen kararmaları önlemektedir. Bununla birlikte asitliği düzenleyerek ürünlerin dayanıklılığını artırmakta ve oksitlenmeyi önlemektedir. Suda çok iyi çözünmektedir (20 °C suda 59.2 g 100 mL⁻¹) (Kuyu ve ark., 2018; Öztürk ve Erbaş, 2021).

Kuyu ve ark. (2018) tatlı patatese % 1 ve % 3 oranında sitrik asit çözeltisi ile ön işlem uygulayarak 55 ve 65 °C sıcaklıklarda kurutmuştur. Çalışma sonucunda 55 °C kurutma sıcaklığı ve % 3 sitrik asit çözeltisi ön işlemlili

numunelerin antioksidan kapasitesi ve biyoaktif bileşen yönünden zengin olduğu bulunmuştur. Sarabo ve ark. (2021) ananas dilimlerini 10 dakika süre ile 80 °C’de haşlama, % 1 ve % 2 askorbik asit ve sitrik asit çözeltileri ile ön işlem uyguladıktan sonra -40 °C’de dondurarak kurutma yöntemi ile kurutmuşlardır. Taze ürüne en yakın renk parametrelerinin sitrik asit ön işlemi uygulanan ürünlerde ölçüldüğünü kaydetmişlerdir. Ayrıca çalışmada sitrik asit ile muamele edilen ürünlerin nem içeriğinin daha az olduğu bulunmuştur. Doymaz (2010) kırmızı amasya elmasını ön işlemsiz, oda sıcaklığında % 0.5 sitrik asit çözeltine daldırma ve 70 °C’de sıcak suda 2 dakika haşlama ön işlemi uygulamıştır. Ardından hava sirkülasyonlu fırında 55, 65 ve 75 °C sıcaklık seviyelerinde kurutmuştur. Çalışmada en kısa kuruma süresinin sitrik asit ile muamele edilmiş ürünlerde ölçüldüğü belirtilmiştir. Yıldız (2021) muz dilimlerini ön işlemsiz ve 10 dakika süre ile % 5 sitrik asit, % 5 şeker çözeltisi ve 80 °C sıcak suda haşlama ön işlemlerini uyguladıktan sonra güneşte enerjili kurutma düzeneğinde kurutmuştur. Çalışmada muz için en uygun kurutma koşulunun sitrik asit ön işlemlili kurutma tekniği olduğu belirlenmiştir. Devresen ve ark. (2018) çilek ve mandalina dilimlerini 2 saat boyunca % 50 ve % 40 sakkaroz çözeltisinde ve 15 dakika süre ile % 1’lik sitrik asit çözeltisine daldırma ön işleminden sonra -18°C ve -24°C’de dondurulmuşlardır. Sitrik asit ön işlemlili dondurulan ürünlerin askorbik asit içeriğinin diğerine göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Doymaz ve Aktaş (2018) patlıcan dilimlerini % 0.5 sitrik asit çözeltisi ve 80 °C’deki suda 1 dakika boyunca haşlama ön işlemi uyguladıktan sonra 40, 50, 60 ve 70 °C’de konvensiyonel yöntemle kurutmuşlardır. Çalışma sonucunda ön işlemlilerin kurutma süresi üzerinde avantaj sağladığı ve sitrik asit ön işlemlili ürünlerin rengini daha iyi koruduğutespit edilmiştir. Bakry ve ark. (2021) domates dilimlerini % 2 sitrik asit ön işlemlili ve ön işlemlisiz olmak üzere güneşte ve güneş enerjili kurutucuda kurutmuşlardır. ve Sitrik asit ön işlemlili ürünlerin likopen, şeker ve kül içeriğinin ön işlemlisiz ürünlere göre daha yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir.

Bal Çözeltisi

Şekerler, sebze ve meyvelerin suda çözünür katı madde içeriğinin (°Brix) büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Glikoz, fruktoz, sakkaroz, maltoz gibi şekerler çözelti içerisindeki yoğunluğuna bağlı olarak ürünlerin nem içeriğini azaltarak uzun süre dayanıklılığını sağlamaktadır. Şekerli çözeltiye daldırma ön işlemi özellikle meyvelerin raf ömrünü artırmada oldukça etkili bir yöntemdir. Yaklaşık % 80’i şeker olan bal ile ön işlem uygulamaları giderek yaygınlık kazanmaya başlamıştır. Bal çözeltisi ile ön işlem uygulanan ürünlerde lezzet çok daha iyi korunmaktadır. Aynı zamanda bal çözeltisi ile ön işlem uygulamaları ürünlerin tat, renk ve aroma gibi duyuşsal özelliklerini ve rehidrasyon kapasitesini iyileştirmektedir (Abano ve ark., 2013; Adepoju ve ark., 2021).

Elangovan ve Natarajan (2021) sarmaşık kabak meyvesine 10 dakika süre ile askorbik asit, şeker çözeltisi, bal çözeltisi ve limon suyuna daldırma ön işlemi uygulandıktan sonra güneşte, gölgede ve güneş enerjili yöntemlerle kurutulmuştur. Aroma, renk ve tat bakımından en iyi sonuçlar bal ile ön işlem uygulanan numunelerde elde edildiği bildirilmiştir. Adepoju ve ark. (2017) mango dilimlerini 2 dakika süre ile 120 °C’de sıcak suda haşlama, 4 dakika boyunca % 31 askorbik asit çözeltisi ve % 20 bal çözeltisinde bekletmiş ve 65

°C'de hava sirkülasyonlu fırında, güneşte ve güneş enerjili kurutucuda kurutulmuşlardır. Bal çözeltisi ile ön işlemlenmiş kurutulmuş ürünlerde β-karoten ve C vitamini içeriğinin diğer ön işlemlere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Abano ve ark. (2013) mango dilimlerini 10 dakika boyunca 4.17 mg ml⁻¹ askorbik asit, 0.011 g ml⁻¹ tuz çözeltisi, 0.5 v v⁻¹ limon suyu ve 0.3 v v⁻¹ bal çözeltileri içerisinde beklettikten sonra 70°C'de kabin kurutucuda kurutulmuşlardır. , Ön işlemlerin kurutma süresini kısalttığını bildirilmişlerdir. Ayrıca çalışmada renk, tat, tekstür ve aroma açısından en yüksek değerlerin bal ile ön işlem uygulanan ürünlerde elde edildiği saptanmıştır. Adepoju ve ark. (2021) papaya dilimlerini 100 °C suda 2 dakika haşlama, % 0.45 askorbik asit ve % 0.25 bal çözeltisinde 4 dakika süre ile daldırma ön işlemlerin ardından 65 °C'de hava sirkülasyonlu fırında kurutulmuşlardır. Çalışmada bal solüsyonu ön işlemi uygulanan ürünlerin C vitamini yönünden diğerlerine göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Gum Arabic (Akasya Sakızı)

Renksiz ya da kırmızı sarımsı renklerde olan ve akasya ağacı özsuunun zamanla sertleşmesi sonucu açığa çıkan gum arabic yenebilen, suda çözünme oranı yüksek bir zamktır. Akasya sakızı olarak da bilinen gum arabic, L-arabinoz, D-galaktoz, L-ramnoz ve D-glukronik asit açısından zengin bir biyopolimer olup, yapısında % 2 oranında protein bulduran doğal bir kıvam artırıcı, aroma verici, nemlendirici ve şekerin kristalize yapı kazanmasını önleyen madde olarak tanımlanır. P, Na, Ca, K ve eser miktarda Pb, Co, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr minerallerini içermektedir. Oldukça geniş bir kullanım yelpazesi olan ve doğal, ucuz, yenilebilir mi? yenilenebilir mi?, biyolojik olarak parçalanabilen gum arabic mikroenkapsülasyon uygulamalarında, dondurma, lokum, puding gibi ürünlerde kıvam artırmada, çikolata ve draje şekerlere parlak bir görünüm kazandırılmasında başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Adiamo ve ark., 2017). Suda çözünme oranı % 50-55 civarında iken, asetat esterleri, etilen glikol ve sulu etanol solüsyonlarında çok daha az miktarda çözünebilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda dahi viskozitesi düşük ve emülsifikasyon yeteneği kuvvetli bir maddedir. Dolayısıyla enkapsülasyon uygulamalarında yüzey kaplayıcı olarak sıklıkla tercih edilmektedir. İçeriğindeki protein bileşiminin yüksek olmasından ötürü özellikle yağ emülsiyonlarını stabilize etme yeteneği kuvvetli olan gum arabic yağların enkapsüle edilmesinde tercih edilir. Aynı zamanda kurutma süresini kısaltmak ve ürünlerde kaliteyi korumak adına kurutma öncesi ön işlem olarak da yararlanılmaktadır (Nguyen ve ark., 2018).

García-Martínez ve ark. (2018) greylift dilimlerini dondurarak kurutma ve % 1.27 gum arabic ve % 76 bambu lifi ile ön işlemlenmiş olarak dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuşlardır. Gum arabic ön işlem uygulanan ürünlerde biyoaktif bileşenlerin ve toplam fenolik içeriğinin diğer örneklerle göre önemli düzeyde korunduğunu tespit etmişlerdir. Adiamo ve ark. (2017) domates dilimlerini gum arabic çözeltisinin farklı konsantrasyonlarında (% 1, 5 ve 10) 3 dakika boyunca bekletmiş ve güneşte kurutma yöntemi ile kurutulmuşlardır. Çalışma sonucunda gum arabic uygulamasının domatesin raf ömrünü artırdığını, gum arabic konsantrasyonunun artmasıyla kahverengileşme indeksinin azaldığını bildirmişlerdir. Krishnan ve ark. (2005) tarafından enkapsüle kakule elde edilmesine yönelik yürütülen çalışmada gum arabic maddesinin diğer kaplama materyallerine göre hangi konuda

(kapsülleşme başarısı mı?) daha etkili olduğunu vurgulanmışlardır. Suhag ve ark. (2016) sprey kurutma tekniği ile bal tozu elde etmeye yönelik yürüttükleri çalışmada 160, 170 ve 180 °C giriş hava sıcaklıklarında 35, 40 ve % 45 gum arabic ön işlemi uygulamışlardır. En iyi sonuçların 170°C'de % 45 gum arabic konsantrasyonda elde edildiğini, gum arabic konsantrasyonunun artmasıyla antioksidan kapasitesi, toplam fenolik içeriği ve C vitamini içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 1. Çalışmada bazı ürünlere uygulanan ön işlemler

Ürün	Ön İşlem	Uygulama	Kaynakça
Nar	Haşlama	80 °C; 90 °C ve 100 °C	Cesur, 2013; Adetoro ve ark., 2020
Yaban Mersini	Darbeli Elektriksel Alan	2 kV cm ⁻¹ ; 200 vurgu	Yu ve ark., 2017
Pitaya	Mikrodalga	1.0, 2.0 ve 4.0 Wg ⁻¹	Yi ve ark., 2016
Safran	Soğuk plazma	15, 30, 45 ve 60 s	Tabibian ve ark., 2020
Zeytin	Ultras	32 kHz	Ayder, 2021
Kırmızı Pancar	Haşlama; Ultras	65 °C ve 85 °C; 40 kHz	Ciurzyńska ve ark., 2021
Elma	Haşlama	90 °C	Wang ve ark., 2018
Hünnap	Soğuk plazma	15, 30 ve 60 s	Bao ve ark., 2021
Kırmızı Biber	Haşlama; Ozmotik Dehidrasyon	200 °C; sakkaroz	Orikasa ve ark., 2018; Tunde ve Akıntunde, 2010
Portakal	Ohmik Isıtma; Mikrodalga; Ozmotik Dehidrasyon	30, 50 ve 70 V; 90 W; % 10 sükroz, % 10 fruktoz ve % 2 NaCl	Rokhbin ve ark., 2021; Özkan Karabacak ve ark., 2020; Roy ve ark., 2021
Fasulye	Ohmik Isıtma	220 V ve 50 Hz	Dağdelen, 2019
Kivi	Ohmik Isıtma	80 V	Ramazani ve ark., 2020
Kenger Bitkisi	Mikrodalga	450, 600 ve 700 W	Karimi ve ark., 2021
Mango	Kızılötesi; Bal Çözeltilisi	65 °C ve 90 °C; % 20 v v ⁻¹ ; % 30 v v ⁻¹	Guimba ve ark., 2015; Adepoju ve ark., 2017; Abano ve ark., 2013
Havuç	Kızılötesi	60, 70 ve 80 °C	Chen ve ark., 2018
Armut	Ozmotik Dehidrasyon	sükroz, glikoz, sorbitol, maltoz, maltodekstrin	Toğrul ve ark., 2018
Süt	Darbeli Elektriksel Alan	30 kV cm ⁻¹ ; 120 vurgu; 50 °C	Yu ve ark., 2009
İspanak	Darbeli Elektriksel Alan	2.8 kV cm ⁻¹	Yamakage ve ark., 2021
Zeytin	Ultras	32 kHz	Ayder ve ark., 2021
Sarımsak	Ultras	30 °C; 35 kHz	Bozkir ve ark., 2019
Sarmaşık Kabak	Bal Çözeltilisi	-	Elangovan ve Natarajan, 2021
Papaya	Bal Çözeltilisi; Askorbik Asit; Haşlama	% 0.25 v v ⁻¹ ; % 0.45 w v ⁻¹ ; 100 °C	Adepoju ve ark., 2021
Ananas	Haşlama; Askorbik asit; Sitrik asit	80 °C; % 1 ve % 2	Sarabo ve ark., 2021
Elma	Haşlama; Sitrik asit	70 °C; % 0.5	Doymaz, 2010
Muz	Haşlama; Sitrik Asit; Şeker Çözeltilisi	80 °C; % 5; % 5	Yıldız, 2021
Çilek	Sakkaroz; Sitrik Asit	% 50 ve % 40; % 1	Devresen ve ark., 2018
Patlıcan	Haşlama; Sitrik Asit	80 °C; % 0.5	Doymaz ve Aktaş, 2018
Domates	Sitrik Asit; Gum Arabic	% 2; % 1, % 5 ve % 10	Bakry ve ark., 2021; Adiamo ve ark., 2017
Greyfurt	Gum Arabic; Bambu Lifi	% 1.27; % 76	García-Martínez ve ark., 2018
Bal	Gum Arabic	% 35, % 40 ve % 45	Suhag ve ark., 2016
Üzüm	Soğuk plazma	500 W, 25 kHz	Huang ve ark., 2019
Menengiç	Haşlama; Ultras; Mikrodalga	80 °C; 28 kHz ve 70 W; 180, 360 ve 540 W	Abbaspour-Gilandeh ve ark., 2021
Okaliptüs	Ultras+Sükroz	80 kHz; 20 ve 60 °C; % 30 ve % 50 wv ⁻¹	Chua ve ark., 2021

Sonuç

Bu çalışmada kurutma öncesi uygulanan termal ve termal olmayan ön işlemler literatür araştırmaları doğrultusunda incelenmiştir. Termal ön işlemler haşlama, mikrodalga, kızılötesi ve ohmik ısıtma olmak üzere dört grupta incelenmektedir. Geleneksel ön işlem uygulaması olan haşlama tekniği ürün dokusuna zarar vererek besin içeriğinde bir takım kayıplara neden olmaktadır. Dolayısıyla haşlama tekniğine alternatif olarak mikrodalga, kızılötesi ve ohmik ısıtma ön işlemleri yaygınlaşmaya başlamıştır. Kurutma öncesi ohmik ısıtma, mikrodalga ve kızılötesi ön işlem uygulamalarının ürünlerin yapısını koruması, kalite optimizasyonu sağlaması ve kurutma süresini kısaltması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Ancak ohmik ısıtmada sistemin her ürün için farklı özelliklerde ayarlanması zorunluluğu ve sürekli kontrol gerektirmesi gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan termal olmayan ön işlem uygulamaları ozmotik dehidrasyon, soğuk plazma, darbeli elektriksel alan, gum arabic, bal çözeltisi, sitrik asit ve ultrasestir. Termal olmayan ön işlem uygulamaları kurutma süresini kısaltarak enerji tüketimini azaltmakta, ısıl işlem olmaması yönüyle ürünlerin biyoaktif bileşenlerini ve duyuşal özelliklerini diğer ön işlem grubuna göre daha iyi seviyede korumaktadır. Termal ön işlemlerin ürün dokusuna ve besin içeriğine önemli ölçüde zarar vermesi termal olmayan ön işlem uygulamalarının gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Tüm yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olup, yazarlar herhangi bir çıkar çatışması içinde olmadıklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Abano, E.E., Sam-Amoah, L.K., Owusu, J., and Engmann, F.N. 2013. Effects of ascorbic acid, salt, lemon juice, and honey on drying kinetics and sensory characteristic of dried mango. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 5 (1): 1-10.
- Abbaspour-Gilandeh, Y., Kaveh, M., Fatemi, H., Khalife, E., Witrowa-Rajchert, D. and Nowacka, M. 2021. Effect of pretreatments on convective and infrared drying kinetics, energy consumption and quality of terebinth. *Applied Sciences*, 11: 7672.
- Adeleye, S.A., Salami, J., Oluwaleye, I.O., Oni, T.O., Akindele, D.O. and Olukayode, N.E. 2020. Evaluation of the convective drying of banana. international research journal of modernization in engineering. *Technology and Science*, 2(8): 1017-1026.

- Adepoju, L.A. and Osunde, Z.D. 2017. Effect of pretreatments and drying methods on some qualities of dried mango (*mangifera indica*) fruit. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(1):187–194.
- Adepoju, L.A., Osunde, Z.D. and Falua, K.J. 2021. Changes in proximate composition, vitamin c and β -carotene contents of oven dried pawpaw (*carica papaya*) fruit as influenced by pre-treatment methods. *FUOYE Journal of Engineering and Technology (FUOYEJET)*, 6(1): 2579-0617.
- Adetoro, A.O., Opara, U.L. and Fawole, O.A. 2020. Effect of blanching on enzyme inactivation, physicochemical attributes and antioxidant capacity of hot-air dried pome-granate (*punica granatum l.*) Arils (cv. Wonderful). *Processes*, 9:25.
- Adiamo, O.Q., Eltoun, Y.A.I. and Babiker, E.E. 2017. Effects of gum arabic edible coatings and sun-drying on the storage life and quality of raw and blanched tomato slices, *Journal of Culinary Science and Technology*, 17(1): 45-58.
- Aktop, S., Gök, V., Özkan, M. ve Kara, R. 2015. Et ve et ürünlerinde soğuk plazma uygulamaları. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 8(2): 79-86.
- Araujo, M.E.V., Barbosa, E.G., Oliveira, A.C.L., Milagres, R.S., Pinto, F.A.C. and Corrêa, P.C. 2020. Physical properties of yellow passion fruit seeds (*passiflora edulis*) during the drying process. *Scientia Horticulturae*, 261:109032.
- Aydar, A.Y. 2021. Investigation of ultrasound pretreatment time and microwave power level on drying and rehydration kinetics of green olives. *Food Science and Technology*, 41(1): 238-244.
- Aydar, A.Y., Yılmaz, T., Mataracı, C.E. ve Sağlam, T.B. 2021. Gıdaların kurutulmasında ultrason ön işleminin kullanımı. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 1165-1175.
- Bakry, R.S., Khater El-Sayed, G., Bahnasawy, A.H. and Ali, S.A. 2021. Effect of drying methods on the quality of dried tomatoes. *Processing Engineering of Agricultural Products*, 38(2): 155-180.
- Bao, T., Hao, X., Shishir, M.R.I., Karim, N. and Chen, W. 2021. Cold plasma: an emerging pretreatment technology for the drying of jujube slices. *Food Chemistry*, 337: 127783.
- Bassey, E.J., Cheng, J.H. and Sun, D.W. 2021. Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 112: 137-148.
- Bozkır, H. 2020. Mikrodalga ve termosonikasyon haşlama yöntemleri ile patatesin haşlanması ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA*, 45(5): 917-928.
- Bozkır, H. ve Rayman Ergün, A. 2021. Influence of ultrasonic and electrical pretreatments on the drying and quality characteristics of kiwi fruit slices. *GIDA*, 46 (4): 817-829.
- Bozkır, H., Ergün, A.R., Tekgöl, Y. and Baysal, T. 2019. Ultrasound as pretreatment for drying garlic slices in microwave and convective dryer. *Food Science Biotechnology*, 28(2):347-354.
- Cesur, Ö. 2013. Kurutma metodları ve şartlarının nar tanesinin kurutma kinetiği ve kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

- Chen, J., Venkitasamy, C., Shen, Q., McHugh, T.H., Zhang, R. and Pan, Z. 2018. Development of healthy crispy carrot snacks using sequential infrared blanching and hot air drying method. *LWT-Food Science and Technology*, 97: 469-475.
- Chua, B.L., Khor, Y.C., Ali, A. and Ravikumar, H. 2021. Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration pre-treatment on total phenolic content, antioxidant capacity and p-cymene content of eucalyptus deglupta. *Journal of Tropical Forest Science*, 33(2):149-159.
- Ciurzyńska, A., Falacińska, J., Kowalska, H., Kowalska, J., Galus, S., Marzec, A. and Domian, E. 2021. The effect of pre-treatment (blanching, ultrasound and freezing) on quality of freeze-dried red beets. *Foods*, 10:132.
- Çetin, N. 2021. Elma çeşitlerinin kurutulmasında farklı kurutma yöntemlerinin etkisinin belirlenmesi ve yapay zekâ algoritmalarıyla karşılaştırılması. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Çiftçi, Y. ve Fincan, M. 2021. Meyve ve sebzelerin kurutulmasında ön işlem olarak vurgulu elektrik alan kullanımı. *GIDA*, 46(4): 830-847.
- Dağdelen, C. 2019. Dondurulmuş sebze üretiminde ohmik ısıtma ön işleminin kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Deng, L.Z., Mujumdar, A.S., Zhang, Q., Yang, X.H., Wang, J., Zheng, Z., Gao, Z.J. and Xiao, H.W. 2017. Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes – a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9): 1408-1432.
- Doymaz, İ., 2010. Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of amasya red apples. *Food and Bioproducts Processing*, 88: 124-132.
- Doymaz, İ. ve Aktaş, C. 2018. Patlıcan dilimlerinin kurutma ve rehidrasyon karakteristiklerinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(3): 833-841.
- Elangovan, E. and Natarajan, S.K. 2021. Effects of pretreatments on quality attributes, moisture diffusivity and activation energy of solar dried ivy gourd. *Journal of Food Process Engineering*, 44(4): 13653.
- García Martínez, E.M., Andújar Pérez, I., Yuste Del Carmen, A., Prohens Tomás, J. and Martínez Navarrete, N. 2018. Antioxidant and anti-inflammatory activities of freeze-dried grapefruit phenolics as affected by gum arabic and bamboo fibre addition and microwave pretreatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(8): 3076-3083.
- Gavahian, M., Chu, Y. and Farahnaky, A. 2019. Effects of ohmic and microwave cooking on textural softening and physical properties of rice. *Journal of Food Engineering*, 243: 114-124.
- Guiamba, I.R. 2016. Nutritional value and quality of processed mango fruits. Doctora Thesis, Chalmers University of Technology Department of Biology and Biological Engineering, Food and Nutrition Science.
- Guiamba, I.R.F., Svanberg, U. and Ahrné, L. 2015. Effect of infrared blanching on enzyme activity and retention of β -carotene and vitamin c in dried mango. *Journal of Food Science*, 80(6): E1235-E1242.

- Günaydın, S. 2020. Mikrodalga, konvektif ve gölgede kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş kuşburnu meyvesinin kurutma kinetiği, renk ve besin elementi içeriği açısından incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Huang, C., Wu, J.S., Wu, J. and Ting, Y. 2019. Novel atmospheric-pressure air plasma jet pretreatment on the drying kinetics and quality of white grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 9(11): 5102-5111.
- Ioannou, I. and Ghoul, M. 2013. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal*, 9(30): 310-341.
- İncedayı, B. 2020. Assessment of pretreatments on drying kinetics and quality characteristics of thin-layer dried red pepper. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44: 543-556.
- İncedayı, B., Seyhan, B. ve Çopur, Ö.U. 2019. Ohmik ısıtma destekli işlemlerin gıdalarda kullanımı ve kalite üzerine etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 33(2): 341-354.
- Jahanbakhshi, A., Kaveh, M., Taghinezhad, E. and Sharabiani, V.R. 2021. Assessment of kinetics, effective moisture diffusivity, specific energy consumption, shrinkage, and color in the pistachio kernel drying process in microwave drying with ultrasonic pretreatment. *Journal of Food Process Preserve*, e14449: 2-15.
- Jha, P., Meghwal, M. and Prabhakar, P.K. 2021. Microwave drying of banana blossoms (*musa acuminata*): mathematical modeling and drying energetics. *Journal of Food Process Preservation*, 45:e15717.
- Jin, W., Zhang, M. and Shi, W. 2019. Evaluation of ultrasound pretreatment and drying methods on selected quality attributes of bitter melon (*momordica charantia* L.). *Drying Technology*, 37(3): 387-396.
- Kapetanakou, A.E., Nestora, S., Evageliou, V. and Skandamis, N. 2019. Sodium alginate–cinnamon essential oil coated apples and pears: variability of aspergillus carbonarius growth and ochratoxin a production. *Food Research International*, 119: 876–885.
- Karimi, S., Layeghinia, N. and Abbasi, H. 2021. Microwave pretreatment followed by associated microwave-hot air drying of gundelia tournefortii L.: drying kinetics, energy consumption and quality characteristics. *Heat and Mass Transfer*, 57:133–146.
- Kaya, O. ve İçier, F. 2019. İndüksiyon ve ohmik ısıtma işlemlerinin gıdalara uygulanabilirliğinin karşılaştırılması. *Akademik Gıda*, 17(1): 111-120.
- Kuyu, C.G., Tola, Y.B., Mohammed, A. and Ramaswamy, H.S. 2018. Determination of citric acid pretreatment effect on nutrient content, bioactive components, and total antioxidant capacity of dried sweet potato flour. *Food Science Nutrition*, 2018: 1-10.
- Nazlım, B.A. ve Tuncel, N.B. 2018. Isıl işlem uygulamasının dehidre patates ve patates ununun fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi. *Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1): 88-98.

- Nguyen, D.Q., Mounir, S. and Allaf, K. 2018. Comparative study of methods for producing gum arabic powder and the impact of die treatment (instant controlled pressure drop) on the properties of the product, *Drying Technology*, 37(9): 1068-1080.
- Nozad, M., Khojastehpour, M., Tabasizadeh, M., Azizi, M., Miraei Ashtiani, S.H. and Salarikia, A. 2016. Characterization of hot-air drying and infrared drying of spearmint (*mentha spicata* L.) leaves. *Food Measure*, 10: 466-473.
- Orikasa, T., Ono, N., Watanabe, T., Ando, Y., Shiina, T. and Kojde, S. 2018. Impact of blanching pretreatment on the drying rate and energy consumption during far-infrared drying of paprika (*capsicum annum* L.). *Food Quality and Safety*, 2:97-103.
- Öztürk, M. ve Erbaş, M. 2021. Sitrik asit üretimi ve saflaştırılması. *GIDA*, 46(2): 296-310.
- Özkan Karabacak, A., Acoglu, B., Yolci Ömeroglu, P. and Çopur, Ö.U. 2020. Microwave pre-treatment for vacuum drying of orange slices: drying characteristics, rehydration capacity and quality properties. *Journal of Food Process Engineering*, 43:e13511.
- Pavkov, I., Radojćin, M., Stamenković, Z., Kešelj, K., Tylewicz, U., Sipos, P., Ponjićan, O. and Sedlar, A. 2021. Effects of osmotic dehydration on the hot air drying of apricot halves: drying kinetics, mass transfer and shrinkage. *Processes*, 9:202.
- Polat, A. 2019. Havuç ve patatesin kurutulmasında ultrases ön işlem uygulamasının etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Ramazani, A., Azadbakht, M., Arabkhazaeli, R., Zamani, S. and Torshizi, M.V. 2020. Pre-treatment (ohmic and oven) effect on thermodynamic parameters of kiwi drying in microwave dryer. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 12(3): 60-80.
- Reddy, M., Warad, K. and Manokaran, S. 2021. Food processing and preservation using ohmic heating. *SPAST Abstracts*, 1:01.
- Rokhbin, A., Azadbakht, M. 2021. The shrinkage of orange slices during microwave drying and ohmic pretreatment. *Journal of Food Process Preserve*, 45:e15400.
- Roy, M., Bulbul, M.A.I., Hossain, M.A., Shourove, J.H., Ahmed, S., Sarkar, A. and Biswas, R. 2021. Study on the drying kinetics and quality parameters of osmotic pre-treated dried satkara (*citrus macroptera*) fruits. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-15.
- Salehi, F. and Kashaninejad, M. 2018. Modeling of moisture loss kinetics and color changes in the surface of lemon slice during the combined infrared-vacuum drying. *Information Processing in Agriculture*, 5: 516-523.
- Sarabo, Z., Hanafi, N., Rosli, M.A., Rashid, S.N.A., Ropi, N.A.M., Hasham, R., Sarmidi, M.R., Cheng, K.K. and Othman, N.Z. 2021. Effect of different pre-treatments on the physicochemical properties of freeze-dried (*Ananas comosus* L.). *Materials Today Proceedings*, 42: 229-233.

- Seçkin, A.K. ve Özgören, E. 2011. Gıda endüstrisinde darbeli elektrik alan uygulamaları. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 11:39-48.
- Suhag, Y., Nayik, G.A. and Nanda, V. 2016. Effect of gum arabic concentration and inlet temperature during spray drying on physical and antioxidant properties of honey powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10: 350-356.
- Tabibian, S.A., Labbafi, M., Askari, G.H., Rezaeinezhad, A.R. and Ghomi, H. 2020. Effect of gliding arc discharge plasma pretreatment on drying kinetic, energy consumption and physico-chemical properties of saffron (*crocus sativus* L.). *Journal of Food Engineering*, 300: 110535.
- Tang, M., Sun, H., Zhang, Z., Zhao, J., Cao, J., Thakur, K. and He, S. 2019. Evaluation of hot water and microwave blanching on qualities and sensory characteristics of water dropwort (*Oenanthe javanica* dc.). *Journal of Food Processing Preservation*, 43:e14104.
- Taşkın, O. ve İzli, N. 2017. Kızılötesi kurutucu ile hurmanın kurutulması ve matematiksel modellenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (Ek Sayı): 10-15.
- Toğrul, İ.T., Çelebi, R.S. ve Toğrul, T. 2018. Farklı ön işlem uygulanan ahlatın kuruma ve büzülme davranışının modellenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 33(4): 1231-1245.
- Tunde Akintunde, T.Y. 2010. Effect of pretreatment on drying time and quality of chilli pepper. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34: 595-608.
- Tüfekçi, S. ve Özkal, S.G. 2015. Ultrases ön işleminin havuç dilimlerinin kuruma karakteristikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 16(1): 11-19.
- Uğuz, M.T. ve Gezici, A. 2021. Ejder meyvesinin ozmotik dehidrasyonu ve kuruma özelliklerinin değerlendirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2): 149-157.
- Vladić, J., Duarte, A.R.C., Radman, S., Simić, S. and Jerković, I. 2022. Enzymatic and microwave pretreatments and supercritical CO₂ extraction for improving extraction efficiency and quality of origanum *vulgare* l. Spp. *Hirtum* extracts. *Plants*, 11: 54.
- Wang, H., Fu, Q., Chen, S., Hu, Z. and Xie, H. 2018. Effect of hot-water blanching pretreatment on drying characteristics and product qualities for the novel integrated freeze-drying of apple slices. *Journal of Food Quality*, 1347513:12.
- Wu, Y. and Guo, Y. 2010. Experimental study of the parameters of high pulsed electrical field pretreatment to fruits and vegetables in vacuum freeze-drying. 4th Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture (CCTA), Oct 2010, Nanchang, China, p: 691-697.
- Xin, Y., Zhang, M., Yang, H. and Adhikari, B. 2015. Kinetics of argy wormwood (*Artemisia argyi*) leaf peroxidase and chlorophyll content changes due to thermal and thermosonication treatment. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1): 249-257.
- Yamakagea, K., Yamadaa, T., Takahashib, K., Takakib, K., Komurod, M., Sasakid, K., Aokie, H., Kamagatae, J., Koidef, S. and Orikasaa, T. 2021. Impact of pre-treatment with pulsed electric field on drying rate and

- changes in spinach quality during hot air drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 68 (2021): 10261.
- Yıldız, Z. 2021. Termal ön işlemin güneş enerjili raflı bir kurutucuda muz cipsi üretimine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Dergisi*, 18(1):1-6.
- Yi, J., Zhou, L., Bi, J., Liu, X., Quinqin, C. and Wu, X. 2016. Influences of microwave pre-drying and explosion puffing drying-induced cell wall polysaccharide modification on physicochemical properties, texture, microstructure and rehydration of pitaya fruit chips. *LWT - Food Science and Technology*, 70: 271e279272.
- Yu, Y., Jin, T.Z. and Xiao, G. 2017. Effects of pulsed electric fields pretreatment and drying method on drying characteristics and nutritive quality of blueberries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6): e13303.
- Yu, L.J, Ngadi, M., Raghavan, G.S.V. 2009. Effect of temperature and pulsed electric field treatment on rennet coagulation properties of milk. *Journal of Food Engineering*, 95:115-118.