

## Meyve ve Sebzelerin Mikrodalga Destekli Kurutma Sistemleri ile Kurutulması

Sevil KARAASLAN\*

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Isparta  
\*Yazışma yazarı: sevilcaraaslan@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 20.07.2010, Yayına kabul tarihi: 14.12.2012

**Özet:** Mikrodalga destekli kurutma (MD-sıcak hava; MD-vakum; MD-dondurarak; MD-ozmotik) özellikle meyve ve sebzeler gibi belirli gıdalara uygulanabilen hızlı kurutma sistemleridir. Ürün kalitesi ve ürün miktarı üzerinde artan eğilimler araştırmacıları bu kombinasyon kurutma teknolojilerini kullanarak araştırma yapmaya motive etmiştir. Mikrodalga destekli kurutma sistemlerinin avantajları, daha kısa kuruma süresi, gelişen ürün kalitesi ve geniş çeşitliliğe sahip kurutulmuş ürünlerin üretimindeki esneklik olarak sıralanabilir. Bu derlemede, mikrodalga destekli kurutma sistemlerinin son gelişmeleri geniş kapsamlı olarak sunulacak ve bu çalışma, laboratuvar çalışmaları ve endüstri uygulamaları arasında bir köprü oluşturarak gelecek çalışmalara öncü olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Mikrodalga, sıcak hava, vakum kurutma, dondurarak kurutma, ozmotik kurutma

### Microwave-related Drying of Fruits and Vegetables

**Abstract:** Microwave related drying (MW-hot air; MW-vacuum; MW-freeze; MW-osmotic) combination drying is a rapid dehydration technique that can be applied to specific foods, particularly to fruits and vegetables. Increasing concerns about product quality and production costs have motivated the researches to investigate and the industry to adopt combination drying technologies. The advantages of MW-related combination drying include shorter drying time, improved product quality, and flexibility in producing a wide variety of dried products. This paper, presents a comprehensive review of recent progresses in MW-related combined drying research and recommendations for future research to bridge the gap between laboratory research and industrial applications.

**Key words:** Microwave, hot air, vacuum drying, freeze drying, osmotic drying

### Giriş

Kurutma veya dehidrasyon, katı maddelerden su gibi buharlaşabilen maddelerin mikroorganizma gelişimini veya kimyasal reaksiyonları yavaşlatmak veya durdurmak amacıyla uzaklaştırılması işlemidir.

Bu işlem sırasında kurutulmuş ürünün şekli, gevrekliği, sertliği, rengi, aroması, tadı ve besin değeri gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerinde de bir takım değişimler meydana gelmektedir.

Geleneksel kurutma yöntemlerinde kurutma işlemi sırasında ürünün sıcak yüzeyi ile daha soğuk olan iç kısmı arasındaki sıcaklık farkından dolayı, ısı kurutulmuş materyal yüzeyinden iç kısımlara doğru kademeli olarak iletilmektedir. Böylece, ürünün önce yüzeyi daha sonra da iç kısımları kurumakta ve ürün dış yüzeyinde büzülme nedeniyle oluşan sert tabaka ısının iç kısımlara, ürün içindeki nemin ise ürün dışına transferini engellemektedir (Soysal ve ark., 2009).

Mikrodalga ile kurutma yönteminde, elektromanyetik alan materyali bir bütün olarak etkilediğinden geleneksel kurutma yöntemlerinden farklı olarak, doğrudan materyal bünyesindeki su molekülleri hedef alınarak seçici bir ısıtma yapılmaktadır. (Drouzas et al., 1999). Bu yöntemde, ısı doğrudan ürün içerisinde oluşmaktadır. Ürün içerisindeki nem çok kısa sürelerde ısınarak buharlaştırılmakta ve iç ve dış ortamda oluşan buhar basıncı farkı nedeniyle nem transferi içten dışa doğru olmaktadır. Böylece geleneksel kurutma yöntemlerinde meydana gelen ısı transferi sorunu mikrodalga ile kurutma yönteminde ortadan kalkmaktadır (Soysal ve ark., 2009).

Mikrodalga ile kurutmanın tek başına kullanımı birçok avantaja sahip olmasına rağmen dezavantajları da beraberinde getirmektedir.

Bunlar ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, üründe aroma kaybına ve fiziksel zarara neden olabilmesi, belirli boyut ve şekildeki tekdüze yapıya sahip ürünlerin kurutulabilmesi, yüksek güvenlik önlemlerinin alınmasının gerekliliği, eğitimsiz insanların kullanması ve kurutma ortamında homojen mikrodalga dağılımının sağlanmasının güçlüğü olarak sıralanabilmektedir (Soysal ve ark., 2009). Oluşan bu dezavantajlar bir takım yeni uygulamaları beraberinde getirmiştir. Mikrodalga ile kurutma yöntemi sıcak hava, vakum, dondurarak ve ozmotik kurutma yöntemleri ile kombine edilerek uygulanmaya başlanmıştır.

Bir çok araştırmacı, kombinasyon kurutma yöntemlerini içeren bu yeni teknolojiyi yaptıkları çalışmalarında ele almıştır (Nijhuis et al., 1998; Vega-Mercado et al., 2001; Zhang et al., 2006).

Bugüne kadar yapılan birçok çalışmada, mikrodalga kurutma yöntemiyle meyve ve sebzelerin başarıyla kurutulduğu belirtilmiştir.

Bu derlemenin amacı, meyve ve sebzelerde son yıllarda yapılan mikrodalga destekli kurutma çalışmalarını genel bir bakış açısıyla sunmaktır.

## **Mikrodalga Destekli Kurutma Uygulamaları**

### *Mikrodalga Destekli Sıcak Hava Kurutma*

Geçmişte çok eskilere dayanan ve birçok yerde yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemlerinden biri ürünlerin sıcak hava ile kurutulmasıdır. Sıcak hava ile kurutma aynı zamanda çabuk bozulan ürünlerin korunmasında etkili bir yöntemdir. Bu yöntemle kurutma da ürün içinde bulunan suyun buharlaştırılması için gerekli olan gizli ısı hava tarafından sağlanır ve buharlaşan su üründen hava vasıtasıyla uzaklaştırılır (Bingöl, 2010). Sıcak hava ile kurutma yönteminde ürünün uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalmasıyla kurutulan ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinde arzu edilmeyen değişimler meydana gelmektedir (Soysal ve ark., 2009). Isıl kurutma yöntemlerinde karşılaşılan problemlerden biri büzülme ve sert kabuk oluşumudur. Günümüzde yapılan son araştırmalarda üründe meydana gelen bu olumsuz durumların önüne geçilebilmesi ve istenen daha kaliteli ürünlerin elde edilebilmesi amacıyla mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Mikrodalga ısıyı üretmek için polar su moleküllerini doğrudan etkiler. Böylelikle mikrodalga sıcak hava kombinasyonu uygulaması önemli ölçüde kuruma süresini kısaltır. Ancak mikrodalga termal enerji yerine daha yüksek kalitede (ve daha pahalı) elektrik enerjisi kullanır. Mikrodalga-sıcak hava birçok endüstriyel gıda işleme uygulamalarında geleneksel sıcak hava ile kurutma yöntemi yerine kuruma süresini kısaltmak ve ürün kalitesini artırmak için kullanılır (Schiffmann,1992).

Birçok araştırmacı mikrodalga-sıcak hava kurutma yönteminin yüksek oranda nem içeren meyve ve sebzelere başarıyla uygulamışlardır. Özkan ve Işık, (2001), mikrodalga ve sıcak hava kurutma yöntemi ile kayısı ve kiraz kurutmuşlardır. Yapılan kurutma denemeleri sonunda ürünlerin renk, koku, tat gibi özelliklerini kaybetmediklerini belirtmişlerdir.

Bu araştırmalara ürün bazında örnek olarak elma (Ahrne et al., 2003), patates (Ahrne et al., 2003; Bouraoui et al., 1994; Khraisheh et al., 1997; Prabhanjan et al.,

1995), kivi (Maskan, 2001) ve üzüm (Tulasidas et al., 1993) verilebilir.

#### *Mikrodalga Destekli Vakum Kurutma*

Alternatif kurutma yöntemlerinden biri olan vakum kurutma özellikle meyveler gibi uzun sürelerde kuruyan gıda ürünleri için kullanılmakta olan bir yöntemdir. Bu yöntemle yapılan çalışmalar, kurutma süresinin diğer yöntemlere kıyasla çok kısaltıldığını göstermiştir. Vakum, üründe bulunan suyun düşük sıcaklıklarda atmosferik koşullardan daha kolay buharlaşmasını sağlamaktadır. Suyun uzaklaştırılması sırasında ortamda hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonlarını azaltmaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Vakum kurutucularda üründen buharlaşacak suyun evaporasyon gizli ısı, ürünün ya bir radyasyonla ya da kondüksiyonla ısıtılmasıyla sağlanır. Örneğin kurutulacak ürün raf veya bant içerisinden sıcak bir sıvı dolaştırılmak suretiyle veya doğrudan elektrikli ısıtıcılarla ısıtılabilir (Cemeroğlu, 2004).

Konvansiyonel sıcak hava ile kurutma yerine üründeki bozulmayı engelleyerek kaliteyi yükseltmek ve mikrodalga uygulama süresini kısaltarak enerji ekonomisini sağlamak amacıyla vakum altında mikrodalga ile kurutma çalışmaları yapılmaktadır. Mikrodalga ürünün derinliklerine sızar ve böylelikle suyun ürünün içerisinde kaynamasına neden olur. Oluşan bu durumla ürünün içi ile yüzeyindeki buhar basıncı farkı yükselir ve böylelikle nem hızla dışarıya transfer olur (Sham et al., 2001; Cemeroğlu, 2004). Vakumlu kurutma yönteminde kurutma işleminde düşük sıcaklıklarda kurutma işlemleri gerçekleştiği için daha kaliteli kurutulmuş ürünler elde edilmektedir. Buna rağmen vakumlu kurutma yönteminin kesikli olması ve ilk yatırım ve işletme giderlerinin yüksek olmasından dolayı yapılan uygulamalar sınırlı düzeyde kalmıştır (Soysal ve ark, 2009). Vakumla kurutma yönteminin tek başına kullanımının yarattığı olumsuzluklardan dolayı, mikrodalga destekli vakum kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Mikrodalga-vakum kurutma yöntemi meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılmaktadır.

Yongsawatdigul et al. (1996), çalışmalarında mikrodalgalı vakumla kurutulmuş yabanmersinlerinin renk ve su aktivitelerini belirlemişler ve sıcak hava ile kurutulanlar ile karşılaştırmışlardır. Mikrodalgalı vakumla kurutulmuş yabanmersinlerinin renklerinin sıcak havayla kurutulanlara göre daha kırmızı olduğunu ayrıca daha yumuşak bir yapıya sahip olduklarını belirtmişlerdir. Cui et al. (2003), sarımsak dilimlerini mikrodalga-vakum kombinasyonu ve sıcak hava kurutma yöntemleriyle kurutmuşlardır. Örnekler, nem içerikleri %10 (y.b) olana kadar mikrodalga-vakum kurutma yöntemi ile ve daha sonra son nem içeriği %5 (y.b) olana kadar da sıcak hava kurutma yöntemiyle kurutulmuşlardır. Sarımsak dilimlerinin sertliği, rengi, yapısı ve yeniden su alma oranı bu yöntem ile değerlendirilmiş ve dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Mikrodalga-vakum kurutma yöntemi ile kurutulan sarımsak dilimleri, dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulanlarla birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Sıcak hava kurutma yöntemiyle karşılaştırıldığında ise mikrodalga-vakum kurutma yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Lin et al. (1998) yeniden su alma, renk, yoğunluk, besin değeri ve yapı özellikleri bakımından, mikrodalga-vakum kurutma yöntemi ile kurutulmuş havuç dilimlerini, sıcak havayla ve dondurarak kurutulmuş havuç dilimleri ile karşılaştırmışlardır. Mikrodalga-vakum yöntemi ile kurutulmuş havuç dilimlerinin, sıcak hava ile kurutulmuş örnekler göre daha yüksek su alma kapasitesine,  $\alpha$ -karoten ve C vitamini içeriğine, daha düşük yoğunluğa ve daha yumuşak bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. En az renk kaybı mikrodalga-vakum kurutma yönteminde meydana gelmiştir. Bu yöntem aynı zamanda haşlanarak ön işlem görmüş pirinç ve karides gibi farklı ürünlerin kurutulmasında da kullanılmıştır (Lin et al., 1998). Drouzas et al. (1999), yaptıkları bir çalışmada meyve jelinin mikrodalga-vakum yöntemiyle kurutulması üzerine bir deneme yapmışlardır. Mikrodalga-vakum kurutma yönteminin meyve kalitesi bakımından yüksek nitelikli ürünler verdiği bildirilmiştir. Mikrodalga-vakum kurutma yönteminin etkisiyle kurutma hızının arttığı

sonucunu gözlemlemişlerdir. Alibas, 2007, ısırgan otu yapraklarını mikrodalga, sıcak hava ve vakumla kurutmuştur. Enerji tüketim ve renk parametrelerini karşılaştırmıştır. Mikrodalga gücü olarak 500, 650, 750 ve 850W, hava sıcaklığını 50, 75, 100 ve 125°C, vakum basıncı olarak da 20 ve 50 mmHg değerlerini almıştır. Deney sonuçlarına göre, en uygun yöntemin 850W mikrodalga kurutma yöntemi olduğunu belirtmiştir.

Özellikle bu yöntem, üzüm (Clary et al., 2005), havuç (Cui et al., 2005), kivi, elma ve armut (Kiranoudis et al., 1997) gibi meyvelerin kurutulmasında başarıyla uygulanmıştır.

#### *Mikrodalga Destekli Dondurarak Kurutma*

Dondurarak kurutma yöntemi genel olarak iki basamaktan oluşur: Dondurarak kurutma, ürün sıcaklığının düşürülerek nemin çok önemli bir kısmının katı hale getirilmesi ve sonrasında ürün etrafındaki basıncın da düşürülmesi ile yapıdaki buzun süblimleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. İlk olarak ürün dondurulur, ikinci basamak olarak ürün indirgenmiş basınç altında direkt süblimasyon ile kurutulur. Süblimasyonu sağlamak için sistem basıncı kritik noktanın altına indirilirken sıcaklık artırılır (Bingöl, 2010).

Ürün kalitesinin tüketici için çok önemli bir faktör olduğu durumlarda, dondurarak kurutma yöntemi, nem uzaklaştırmada önemli bir alternatif haline gelmektedir. Dondurarak kurutma diğer yöntemlere göre yüksek yatırım maliyeti gerektirmekte ve işletme masrafları daha yüksek bulunmaktadır. Ayrıca dondurarak kurutma yönteminde suyun buharlaştırılması için yapılan harcamalar geleneksel kurutma yöntemlerinde yapılan masraflardan daha fazladır. Aynı zamanda kurutulan ürünlerin kalitelerini koruyabilecek şekilde kuruyabilmeleri için küçük parçalar halinde doğranmış olmaları gerekmektedir. Büyük parçalı ürünlerin bu yöntemle kurutulmasında en büyük güçlük ısının dıştaki kuru tabaka üzerinden içteki buz fazına ulaştırılamamasıdır. Dondurarak kurutma yönteminin düşük sıcaklıkta süblimasyon ile sağlanan üstün ürün kalitesi

ve kurutma sırasında yapının korunması gibi olumlu özellikleri de bulunmaktadır.

Bu yöntem, ısıya duyarlı ürün, ilaç ve biyolojik materyallerin kurutulmasında ticari boyutlarda uygulanmaktadır. Dondurarak kurutma yöntemiyle kurutulan ürünlerin ilk görünüşünü, tadını, rengini, lezzetini ve yapısını koruması bu yöntemi en iyi kurutma yöntemi yapmaktadır. Aynı zamanda ürün ilk şeklini ve boyutlarını koruduğu için rehidrasyon özellikleri de iyi olmaktadır (Bingöl, 2010).

Litvin et al. (1998), havuç dilimlerini dondurarak, mikrodalga, sıcak hava ve vakumlu kurutma kombinasyonu ile kurutmuşlardır. Dondurarak kurutulan ürünlerin mikrodalga uygulamasının ardından sıcak havayla kurutma yöntemiyle birleştirilmesi, dondurarak kurutma zamanında önemli bir kazanç sağlamıştır. 3,5-3,75 saatlik dondurarak kurutmanın ardından kısa bir mikrodalga uygulaması ve 3,5 saatlik sıcak havayla kurutma yöntemi olmak üzere toplam da 7,25-7,50 saat sürerken sadece dondurarak kurutmada toplam kurutma süresi 30 °C de 9,5 saat olmuştur. Shishegarha et al. (2002), 5 mm, 10 mm dilimlenmiş ve tüm haldeki çileklerin dondurarak kurutma işlemindeki kurutma kinetikleri, renk ve hacim değişiklikleri, farklı raf sıcaklıklarda (30, 40, 50, 60 ve 70 °C) deneysel olarak incelenmişlerdir. Dondurarak kurutma işlemi sonucunda çileklerin kurutma süreleri, 5 mm için 5 saat, 10 mm için 10,7 saat ve tüm halindeki çilekler için ise 50 saattir. Yapılan analizler sonucunda, 50 °C'den daha düşük sıcaklıklarda çileklerin iyi kaliteye sahip olduğunu ve 50 °C'den yüksek sıcaklıklarda ise çileklerin yapısında çökme olduğunu belirlemişlerdir. Krokida et al. (2001), elma, muz, havuç ve patatesi 5 farklı yöntemle kurutmuş ve kurutmanın renk üzerine etkisini incelemişlerdir. Sıcak hava ile kurutmada, kurutma sıcaklığı 70 ± 0,2°C ve havanın nispi nemi % 7 ve basınç 1 ± 0,03 bar'dır. Vakumlu kurutmada, sıcaklık 70 ± 0,2°C ve basınç 33 ± 0,03 mbar'dır. Mikrodalga ile kurutma atmosfer basıncında, 810 W mikrodalga gücünde yapılmıştır. Sıcak hava, mikrodalga ve vakum yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerde önemli derecede esmerleşme meydana gelmiştir.

Dondurarak kurutmada ise ürün renginde esmerleşme olmamıştır.

#### *Mikrodalga Destekli Ozmotik Kurutma*

Ozmotik kurutma, meyve ve sebzelerin ozmotik bir çözelti içinde bekletilmesiyle su oranının düşürülmesi uygulamasıdır. Ozmotik kurutmada üründen uzaklaştırılan su miktarı ile suyun uzaklaştırılma hızı üzerine farklı faktörler etkili olmaktadır. Ozmoz uygulanan bir meyvenin ağırlık kaybının; ozmotik çözeltinin konsantrasyonu, uygulama süre ve sıcaklığı, çözelti/meyve oranı ve meyvelerin özgül yüzey alanı gibi değerlerin yükselmesiyle birlikte arttığı belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2004).

Osmotik kurutma, diğer kurutma yöntemlerine göre işlemin düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi nedeniyle üründeki renk ve aroma maddeleri kaybını en aza indirir, kurutma süresini kısaltır ve enerji sarfiyatını azaltır.

Genelde, osmotik olarak dehidre edildikten sonra kurutulan örneklerin rehidrasyon özelliği gelişmiş; renk, doku ve görünüş bakımından oldukça kaliteli ürünler oldukları, aroma ve tat açısından da kabul edilebilir düzeyde oldukları belirtilmektedir.

Venkatachalapathy and Raghavan (1999), %2 etil oleat ve %0,5 NaOH solusyonuna daldırarak önışlem uygulanan çilek örneklerini, osmotik olarak kurutmuşlar ve önışlem uygulanmayan örneklerle karşılaştırmışlardır. Önışlem uygulanıp kurutulan örnekler önışlem uygulanmayanlara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Osmotik olarak kurutulan çilek örnekleri sıcak hava, mikrodalga ve dondurarak kurutma yöntemleri ile kurutulmuşlardır. Yeniden su alma oranı, yapı, renk gibi kriterlerle kalite değerlendirmeleri yapılmıştır. Mikrodalga ile kurutulan örnekler daha kısa sürede kurumuşlar, kalite parametreleri ise dondurarak kurutulan çilek örnekleriyle benzer sonuçlar vermiştir. Beaudry et al. (2004), ozmotik olarak kısmen kurutulmuş olan kırmızı yabanmersinini düşük miktarda su içerene kadar sıcak hava, mikrodalga-konveksiyonel kurutma, dondurarak kurutma ve vakum kurutma yöntemleri ile kurutulmuşlardır. Bütün ürünlerde yapı, renk,

su aktivitesi, görünüş, tat ve yeniden su alma oranı gibi kriterlerle kalite değerlendirmeleri yapılmıştır. Sıcak hava yöntemi ile kurutulan yabanmersinleri en iyi görünüşe, dondurarak kurutulan yabanmersinleri de en yüksek yeniden su alma oranına sahip olmuşlardır. Renk ölçümleri ve su aktivitesinde önemli bir farklılık bulunmamıştır.

#### **Sonuç**

Bütün bu bilgiler ışığında mikrodalga ile kurutma yönteminin tek başına kullanılması yerine mikrodalga destekli kurutma yöntemlerinin kullanılması çalışmalarda önemli ölçüde zaman ve enerji tasarrufu sağlamıştır. Aynı zamanda bu yöntemlerin ticari değeri yüksek olan, renk korunumunun ve diğer kalite parametrelerinin önemli olduğu sebze ve meyvelerin kurutulması için uygulanabilecek yöntemler olduğu söylenebilir.

#### **Kaynaklar**

- Ahrne, L., Prothon, F. and Funebo, T. 2003. Comparison of drying kinetics and texture effects of two calcium pretreatments before microwave-assisted dehydration of apple and potato. *International Journal of Food Science and technology*, 38, 411-420.
- Alibas, I. 2007. Energy Consumption and Colour Characteristics of Nettle Leaves During Microwave, Vacuum and Convective Drying. *Biosystems Engineering*, 96, 4, 495-502.
- Beaudry, C., Raghavan, G.S.V., Ratti, C. and Rennie, T.J. 2004. Effect of four drying methods on the quality of osmotically dehydrated cranberries. *Drying Technology*, 22 (3):521-539.
- Bingöl G. 2010. Gıda işlemede kurutma teknolojilerinin temel ilkeleri. Kısaltılmış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü. İstanbul.
- Bouraoui, M., Richard, P. and Durance, T. 1994. Microwave and convective drying of potato slices. *Journal of Food Process Engineering*, 17, 353-363.

- Cemeroğlu, B. 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. İkinci Baskı, 2 cilt, Ankara.
- Clary, C.D., Wang, S.J., Petrucci, V.E. 2005. Fixed and incremental levels of microwave power application on drying grapes under vacuum. *Journal of Food Science*, 70(5), 344-349.
- Cui, Z.W., Xu, S.Y. and Sun, D.W. 2003. Dehydration Of Garlic Slices By Combined Microwave-Vacuum And Air Drying. *Drying Technology*, 21, 7, 1173-1185.
- Cui, Z.W., Xu, S.Y. and Sun, D.W. 2005. Temperature changes during microwave-vacuum drying of sliced carrots. *Drying Technology*, 23, 1057-1074.
- Drouzas, E., Tsami, E. and Saravacos, G.D. 1999. Microwave/vacuum drying of model fruit gels. *Journal of Food Engineering*, 28, 203-209.
- Erbay, B. ve Küçüköner, E. 2008. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 1045-1048. Atatürk Ü. Erzurum.
- Khraisheh, M.A.M., Cooper, T.J.R. and Magee, T.R.A. 1997. Shrinkage characteristics of potatoes dehydrated under combined microwave and convective air conditions. *Drying Technology*, 15, 1003-1022.
- Kiranoudis, C.T., Tsami, E. and Maroulis, Z.B. 1997. Microwave vacuum drying kinetics of some fruits. *Drying Technology*, 15, 2421-2440.
- Krokida, M.K., Maroulis, Z.B. and Saravacos, G.D, 2001. The Effect of the Method of Drying on the Colour of Dehydrated Products. *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 53-59.
- Lin, T.M., Durance, T. D. and Scaman, C.H. 1998. Characterization of Vacuum Microwave, Air and Freeze Dried Carrot Slices. *Food Research International*, 31 (2):111-117.
- Litvin, S., Mannheim, C.H. and Miltz, J. 1998. Dehydration of Carrots by a Combination of Freeze Drying, Microwave Heating and Air or Vacuum Drying. *Journal of Food Engineering*, 36: 103-111.
- Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 169-175.
- Nijhuis, H.H., Torringa, H.M., Muresan S., Yuksel, D., Leguijt, C. and Kloek, W. 1998. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 13-20.
- Özkan, İ.A. and Işık, E. 2001. Kayısı ve kirazın mikrodalga ışınlarla kurutulmasındaki kurutma parametrelerinin belirlenmesi, I. Sert Çekirdekli Meyveler Sempozyumu Bildirisi, Yalova, 317-327.
- Prabhanjan, D.G., Ramaswamy, H.S. and Raghavan, G. 1995. Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 25, 283-293.
- Schiffmann, R.F. 1992. Microwave processing in the US food industry. *Food Technology*, 56, 50-52.
- Sham, P.W.Y., Scaman, C.H. and Durance, T.D. 2001. Texture of Vacuum Microwave Dehydrated Apple Chips as Affected by Calcium Pretreatment, Vacuum Level, and Apple Variety. *Journal of Food Science*, 66 (9):1341-1347.
- Shishegharha, F., Makhlof, J. and Ratti C. 2002. Freeze-drying characteristics of strawberries, *Drying Technology*, 20 (1): 131-145.
- Soysal, Y., Ayhan, Z. and Eştürk, O. 2009. Mikrodalga ile Meyve ve Sebze Kurutmada Enerji kullanım Verimliliği ve Ürün Kalitesinin Arttırılmasında İleri Kurutma Tekniklerinin Uygulanması Üzerine Araştırmalar. TÜBİTAK Proje No:105 O 547, 136 sayfa, Antakya, HATAY.
- Tulasidas, T.N., Raghavan, G.S.V. and Norris, E.R. 1993. Microwave and convective drying of grapes. *Transactions of the ASAE*, 36(6), 1861-1865.
- Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M.M. and Barbosa-Canovas, G.V. 2001.

- Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49, 271-289.
- Venkatachalapathy, K. and Raghavan, G.S.V. 1999. Combined osmotic and microwave drying of Strawberries. *Drying Technology: An International Journal*, 17:4-5, 837-853.
- Yongsawatdigul, J. and Gunasekaran, S. 1996. Microwave-vacuum drying of cranberries: Part I. Energy use and efficiency, *Journal of Food Processing and Preservation*, 20: 121-143 .
- Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A.S. and Wang, S. 2006. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 17 (10), 524-534.