

ELEKTRİKSEL YÖNTEMLERİN GIDALARIN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

THE EFFECTS OF ELECTRICAL METHODS ON THE QUALITY OF FOODS

Filiz İÇİER¹, Hasan YILDIZ²

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

²Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir

ÖZET: Son yıllarda gıda ürünlerinin kalitesinin artırılması amacıyla minimum işlem tekniklerine verilen önemin giderek arttığı görülmektedir. Bu teknikler içerisinde yer alan elektriksel yöntemlerle ilgili çalışmaların yoğunluk kazandığı dikkat çekmektedir. Özellikle yüksek voltaj elektrik alan, ohmik ısıtma, elektroplazmoliz, dielektrik ısıtma ve infrared ısıtma gibi elektriksel yöntemlerin gıdaların işlenmesinde ısıtma, haşlama ve inaktivasyon gibi amaçlar için alternatif oluşturabileceği üzerinde durulmaktadır. Bu işlemlerin gıdaların kalite özelliklerinin iyileştirilmesi ve verimin artırılması üzerinde olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Elektriksel yöntemler, kalite, gıda

ABSTRACT: In recent years, it seems that the importance of the minimally processing technologies increased for the purpose of enhancing the food quality. The studies on the electrical methods, which are the minimal processing techniques, has a greater extent. Especially, pulsed electric field, ohmic heating, electroplasmolysis, dielectric heating and infrared heating were used as the alternative food processing methods such as; heating, blanching, inactivation etc. They have also some effects on the enhancement of the food quality and process yield.

Keywords: Electrical methods, quality, food

GİRİŞ

Elektriksel yöntemler gıdalara ısıtma veya diğer amaçlar olmak üzere farklı şekilde uygulanabilirler. Elektriksel yöntemler gıdaların kalite değişimlerinin minimize edilmesini sağlamak amacıyla uygulanan minimum işlem yöntemleri arasındadır (Ohlsson 1997). Elektrik enerjisinin gıdaların ısıtılması amacıyla kullanımının kontrolü ve daha iyi anlaşılması için gıdaların elektriksel ve dielektrik özelliklerinin bilinmesi önemlidir (İcier ve Baysal 2004). Bu çalışmada elektrik enerjisinin ısıtma amaçlı kullanıldığı yöntemlerden infrared, dielektrik ve ohmik ısıtma, mikrobiyal yükü düşürücü ve enzim inaktivasyonu amaçlı uygulanan yöntemlerden ise puls elektrik alan ve elektroplazmoliz anlatılacaktır. Bu işlemler hakkında detaylı bilgi Baysal, İcier ve Ilıcali (2003a)'da bulunabilir.

Dielektrik ısıtma

Mikrodalga ve radyo frekans (RF) ısıtma bu kategoride yer alır (Sandeep 1999).

Radyo frekans (RF) ısıtma:

RF ısıtma yüksek frekans (HF) ısıtma olarak da isimlendirilmektedir. 13,56 ve 27,92 MHz frekans değerleri endüstriyel ısıtma uygulamalarında kullanılmaktadır. Gıdalar iki elektrot arasına sıkıştırılarak elektromanyetik enerjinin geçirilmesiyle ısıtılması prensibine dayanmaktadır. Isıtma mekanizması, dielektrik ısıtma ve elektrik direnç ısıtmanın kombinasyonudur. (Ohlsson 1997, 2002).

RF'in gıda sanayinde kullanılmasının ana nedeni kaliteyi arttırmaktır. Hacimsel ısıtma yöntemi olarak homojen yapıya sahip olmayan ürünlerde bile tekdüze ısıtma sağlar, aşırı ısınma riskini ortadan kaldırır (Raw-

* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

1 E-posta: ficier@food.ege.edu.tr

ley 2001). RF fazlalık nemin tamamını başarılı bir şekilde uzaklaştırabildiğinden kurutma işlemlerinde son kurutma yöntemi olarak tercih edilir. RF enerji pişirme esnasında renk bozulmasına ve aroma kaybına neden olmaz, dokunun kalitesinde artış gözlenir ve merkez bölgesinde pişmemiş hamur kalmaz (Zhao, Flugstad, Kolbe, Park ve Wells 2000). RF ısıtma ve kurutma sırasında, ıslak bölgelerde kuru bölgelerden daha çok enerji çekilir. Bu dengelenme ürünün kalitesinin artmasına, yanık kısımların ve kabuk sertleşmesinin azalmasına ve daha homojen kuru ürün eldesine imkan verir (Rawley 2001). RF ile kurutulan ürünlere bakteri sayısındaki azalış 15 kat daha fazladır ve bu da enerji tüketiminde %25'e varan azalma sağlar. (Fellows 2000). RF ile paketlenmiş ekmeklerin raf ömrü 10 günden fazla uzamış, tiamin miktarında azalma olmamış ve hatta bayat ekmeğin RF ile ısıtılarak tazeleştirilmesine neden olmuştur (Zhao vd 2000).

RF enerjinin sebzelerin haşlanmasında kullanılmasının nedeni haşlama sırasında oluşan beslenme öğeleri kaybının azaltılmasıdır. Eğer ürün RF ile 77 °C'e ısıtılırsa bezelyelerde katalazın inaktive edildiği ve 88°C'e ısıtıldığında ise diğer haşlama yöntemlerine göre daha yüksek askorbik asit içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Karoten içeriklerinde fark olmamakla beraber, paketlenme sonrası yeterli soğutma sağlanamamasından dolayı RF ile haşlanan örneklerin daha düşük renk ve aroma kalitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Zhao vd 2000). Donmuş yumurta, et, balık ve meyve suyu blokları endüstride RF ile çözündürülmektedir. RF çözündürme ile rengin bozulması, aroma kaybı önlenmektedir. Çözünme kaybı çok az olur, kontaminasyon riski de azdır. Paketlenmiş haldeki blok ürünleri de kalitesi korunarak çözündürülebilir. RF ile pastörize edilen sosların ve et dilimlerinin oldukça iyi görünüşe, düzgün yüzeye sahip olduğu ve nem yada yağ kaybının gözlenmediği belirtilmektedir. RF enerjinin direkt mikroorganizmalar üzerine etkisi yoktur, tüm değişimler ısı etki ile oluşur. Yüksek hızda ısı transferi sayesinde besin öğelerinin minimum kaybı ile spesifik seviyede mikrobiyal ve enzim yok edilmesi mümkündür (Fellows 2000).

Mikrodalga(MD) ısıtma:

Gıda sanayinde ısıtma amaçlı kullanılan mikrodalga frekansları (ISM) 915 MHz ve 2450 MHz'dir. Mikrodalga gıdaya uygulandığında, sudaki dipol moleküller ve bazı iyonik bileşikler alana karşı kendilerinin yönünü değiştirirler. Salımlı elektriksel alan moleküllerin hareketine sebep olarak sürtünme ısıyı yaratır. (Icier ve Baysal 2004). Genellikle diğer ısıtma yöntemleriyle birlikte kullanılarak (örn. İnfrared) kabuk oluşumu ve yüzey renginin kahverengileşmesi sağlanabilir. Bunun yanı sıra MD ısıtma ile enzimler daha hızlı inaktive olur, nişastanın istenmeyen parçalanması önlenir ve yeterli CO₂ ve buhar üretimi sağlanarak oldukça yüksek poroziteye sahip gözenekli gıdalar elde edilebilir (Decareau 1986). Ancak bunun yanı sıra bazı ürünlerde yetersiz nişasta jelatinizasyonu, gluten değişimleri ve hızlı oluşan gaz ve buhar nedeniyle istenmeyen kalite değişimleri de gözlenebilir. Ürünün kabarması, yoğunluğu, nem dağılımı istenmeyen özellikte olabilir. Ayrıca çok sert ya da yapışkan doku özellikleri gözlenebilir. Kısa pişirme sürelerinde aroma maddeleri geleneksel pişirmedeki gibi gelişim gösteremeyebilirler, istenilen aroma profiline ulaşamayabilir (Sumnu 2001). El-Shimi (1992) et parçalarının MD ile ısıtılması sonrasında daha az sulu ve gevrek ancak daha yüksek aroma değerine sahip oldukları belirtmiştir. Uherova, Hozova ve Smirnov (1993) ise et örneklerinin MD ile pişirilmesi ile ısıya dayanıklı vitaminlerden tiaminin %85-94 oranında, vitamin B6'nın ise %64-87 oranında korunduğunu belirtmiştir. Jean, Collin ve Lord (1992) MD uygulamalarının esansiyel yağların özelliklerini değiştirmediğini belirtmişlerdir. Ramesh, Rao ve Ramadoss (1995) bitkisel yağların MD ile ısıtılmasının serbest yağ asitlerinin hidrolizini ve hidroperoksitlerin oluşumunu arttırdığını ve acılığın artışının geleneksel ısıtma yöntemlerine göre 2 kat daha fazla olduğunu, rengin koyulaştığını, protein ekstrakte edilebilirliğinin düştüğünü, ancak lipoksigenaz ve lipaz enzimlerinin aktivitesinin azaldığını rapor etmişlerdir. Portakal suyu konsantresinde MD uygulaması sonucu PME inaktivasyonu sağlanırken, kalitesinin hiç etkilenmediği belirtilmiştir. Buğday ununda da α -amilaz aktivitesi düşürülürken, hamur formasyonu dahil temel karakteristiğinin değişmediği vurgulanmıştır. Şeftali örneklerinde yüzey enzimlerinin inaktive olmadığı ve kahverengi lekelerin oluştuğu saptanmıştır. Patateslerin haşlanması sonrasında daha yumuşak ürün elde edildiği belirtilmiştir (Hill 1981). Sebzelerin MD ile haşlanması sonucu sertlik değeri ve askorbik asit değerinin diğer haşlama yöntemlerine göre daha düşük olduğu vurgulanmıştır (Ponne, Baysal ve Yüksel 1994).

Tereyağı, balık, meyveler ve et parçaları için MD çözündürme zamanı dakikalara düşer, çözündürme kaybı çok azdır. Gıdayı çevreleyen hava da ısınmadığı için mikrobiyal yük de düşmektedir (Regier ve Schubert

2001). MD ile kurutmada kuruma hızı çok yüksektir. Bu nedenle beslenme kaybı, duyuşsal kalitede azalış, yüksek yüzey sıcaklığı kayıpları önlenmektedir. Daha homojen kurutma sağlanır ve kabuk oluşumu önlenir (Raghavan, Alvo ve Shivhare 1993). MD ile hava kombinasyonu ile daha homojen kuruyan, daha iyi renk özelliklerine sahip, daha gözenekli yapıda ve daha yüksek rehidrasyona sahip ürünler elde edilebilir (Funebo ve Ohlsson 1998, Baysal, İcier, Ersus ve Yıldız 2003b). Vakum ile birleştğinde ise daha hızlı kurutma, daha az büzülme ve suda çözünmeyen aroma kaybı sağlanır (Krokida ve Maroulis 1999).

İnfrared (IR) ısıtma

İnfrared dalga boyları elektromanyetik spektrumda üç ayrı bölgede incelenir; 0,7 µm- 1,4 µm kısa dalga (NIR) , 1,4 µm - 3 µm orta dalga, 3 µm – 1 mm uzun dalga (FIR) (Sakai ve Hanzawa 1994). Kurutma fırınlarında temel ısı transfer mekanizmalarından biri uzun dalgalardır. Kısa dalgalar ise gıda sanayinde yeni uygulama alanlarına sahiptir. Radyasyon materyal tarafından absorplandığında enerjisini ısıya dönüştürür. (Skjöldebrand 2001).

IR ısıtmanın en yaygın kullanımı düşük nemli gıdaların kurutulmasıdır (ekmek, kakao, un, tahıllar, malt, çay vb.). Özellikle kısa dalga IR radyasyonu kullanmanın, yüksek ve etkin ısı transferi, kısa işlem süresi, kullanılan ısıtma ekipmanı içindeki ortamın ısıtma zorunluluğu olmaması ve kontrolünün ayarlanmasının pratik olması gibi avantajları vardır (Ohlsson 2002). Gıda sanayinde meyve sebze, balık, makarna, pirincin kurutulmasında, unun ve deniz ürünlerinin, yumurtanın ısıtılmasında, etin kızartılmasında, tahılların, kahvenin ve kakao'nun kavrulmasında, pizza, bisküvi ve ekmeğin pişirilmesinde, çözündürme ve yüzey pastörizasyonunda kullanılmaktadır (Sakai ve Hanzawa 1994, Skjöldebrand 2001). Radyant enerji vakum bant kurutucularda, dondurarak kurutma ünitelerinde yüzeyi esmerleştirmek için kullanılır (Fellows 2000). Elde edilen ürünün yüzey sıcaklığı 100-150°C arasında ve son nem içeriğinin 2-6% olması istenir (Fasina, Tyler ve Pickard 1998). FIR ısıtıcılar daha çabuk yüzey sıcaklığı artışına neden olduğundan yüzeydeki renk oluşumunun hızının daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Sakai ve Hanzawa 1994). Kahve ve çay gibi gıdaların duyuşsal özelliklerini etkileyen kavurma işleminin IR ısıtma ile daha iyi kontrol edilebildiği ve daha kabuledilebilir aroma ve kokunun oluşabileceği belirtilmektedir. Aynı şekilde tatlı patates yerfıstığının FIR ile kavulmasının diğer yöntemlere göre daha iyi lezzete sahip olduğu bildirilmektedir. Tatlı patatesteki lezzete etki eden maltoz içeriği, merkez sıcaklığının 65°C'den 80°C'e en kısa sürede çıkmasına bağlıdır. IR kavurma ile bu süre 8 dak'a düşmektedir (Sakai ve Hanzawa 1994). Sürekli IR fırın kullanılarak ön pişirme uygulanan et ürünlerinin tadının direkt kızartılanlara göre daha iyi olduğu vurgulanmıştır (Skjöldebrand 2001). Yumurta FIR ısıtma ile suya daldırmaya gerek kalmadan haşlanarak, sarısının ve beyazının parlak renklerini koruduğu, mikroorganizmaların kabuktan içeri geçişinin engellendiği, kırılmanın önlenildiği belirtilmektedir (Sakai ve Hanzawa 1994).

FIR ısıtma ile çözündürülen deniz ürünlerinde çözünme kaybının ve suda çözünen besin öğelerinin kaybının çok az olduğu rapor edilmiştir. FIR çözündürme ile yüzey sıcaklığı sabit tutulabilir, renk değişimi ve çözünme kaybı olmadan gıda çözündürülebilir (Sakai ve Hanzawa 1994). FIR kurutma işlemlerinin sebze ürünlerinin ve balık ürünlerinin kalitesini arttırdığı, maliyetinin düşük olduğu vurgulanmaktadır. Meyve ve sebze kurutmada kurutma verimliliğinin artırılmasının yanı sıra, renk ve beslenme değerinin korunmasında ve rehidrasyon hızında artışa neden olmaktadır (Baysal vd 2003b). Kurutma zamanındaki azalış, β-karoten ve klorofil kaybındaki azalmaya neden olmaktadır. Yapraklı sebzelerin IR kurutulmasında C vitamininin kaybındaki azalmanın yanı sıra koku ve renk özelliklerinin de oldukça iyi olduğu saptanmıştır (Sakai ve Hanzawa 1994). FIR enerji gıdaların yüzeyinde mikroorganizmaların inaktivasyonu için etkin bir yöntemdir. Aynı zamanda paketlenmiş sos gibi ürünlerin pastörizasyonu için de kullanılır.

Ohmik ısıtma

Direnç ısıtma ve elektroısıtma olarak da bilinmektedir. Gıdanın içerisinden direkt elektrik akımı geçirme prensibine dayanmaktadır (İcier 2003).

Ohmik ısıtmanın meyve suyu ve konsantreleri, uzun ömürlü süt, puding, çorba, sos, sıvı yumurta ürünleri, bira ve şarapa ürünün organoleptik özelliklerini bozmadan uygulanabilecek hızlı, homojen ve etkin bir işlem olduğu vurgulanmaktadır (Reznick 2000; Mermelstein 2001). Halden, Alwis ve Fryer (1990), Palaniappan ve Sastry (1991) et ve sebze örneklerinin ohmik ısıtılması sonucunda elektriksel işlemin yapısal değişikliklere sebep olduğu ve doku içi sıvıların hareketinde artışın gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Ohmik ısıtma ile oluşan katı

madde kaybının suda haşlamaya oranla daha düşük olduğu, pancar dokusunun elektriksel iletkenliğinin geleneksel yöntemle ısıtılan örneklerle göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Lima ve ark 2001).

Park, Lin ve Yongsawatdigul (1997) ohmik ısıtmanın endüstriyel çapta surimi yapımında kullanıldığını ve surimi jellerinin 55°C'ye ohmik yöntemle ısıtılmasının iyi jel fonksiyonu sağlayan etkin bir metod olduğunu belirtmiştir. Imai, Uemura ve Noguchi (1998) ise yumurta albumin çözeltisinin ohmik ısıtılmasının doğrusal sıcaklık artışına sahip homojen ve hızlı bir metod olduğunu, daha iyi ve pürüzsüz bir dokuya sahip jel oluşturduğunu bildirmiştir. Uemura, Toyoshima ve Okadome (1998) yüksek basınç ile ohmik ısıtma işlemini birleştirerek pirincin pişirilmesine etkilerini incelemiştir. Bu kombine işlemin yüksek amiloz içeriğine sahip Hindistan pirincinin yapısal kalitesine olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir. Ohmik çözündürmenin, daha az çözünme kaybına ve daha yüksek su tutma kapasitesine neden olduğunu bildirilmiştir (Yun, Lee ve Park 1998).

Puls Elektrik Alan

Puls elektrik alan (pulsed electric field, PEF) tekniği; iki elektrot arasında bulunan gıda maddesinin çok kısa süreyle (1-100 µs) yüksek voltaj elektrik alan (genellikle 10-80 kV/cm) etkisi altında bırakıldığı bir işlemdir (Ross, Griffiths, Mittal ve Deeth 2003).

PEF süt, yoğurt, sıvı yumurta ve meyve suyu gibi sıvı gıdaların pastörizasyonu amacıyla uygulanmaktadır (Devlieghere, Vermeiren ve Debevere 2004). PEF uygulaması gıda kaynaklı vejetatif mikroorganizmaların ve bazı enzimlerin inaktivasyonunda etkili olmakla birlikte (Barbosa-Canovas, Pierson, Zhang ve Schaffer 2001; Van Loey, Verachtert ve Hendrickx 2002; Heinz, Toepfl ve Knorr 2003) bakteri sporlarının inaktivasyonunda tek başına yeterli değildir (Bendicho, Barbosa-Canovas ve Martin 2002). Yapılan çalışmalar PEF işlemiyle ürünün sıcaklığında önemli bir artış meydana gelmediği için mikroorganizma inaktivasyonu sağlanırken gıda maddesinin renk, tat, koku, protein ve C vitamini gibi besin öğelerinin geleneksel ısıtma yöntemlerine göre daha iyi korunduğunu göstermektedir (Yeom, Streaker, Zhang ve Min 2000; Heinz vd 2003).

PEF uygulamasının portakal ve elma suyunda C vitamini ve duyuşsal olarak önemli bir kayba neden olmadığı, bununla birlikte ısı işlem görmüş ürüne göre C vitamini, renk ve aroma maddelerinin daha iyi korunmasını sağladığı belirtilmiştir (Jia, Zhang ve Min 1999, Barbosa-Canovas vd 2001). Gıdaların kurutulmasında ön işlem olarak uygulandığında ise, kuruma oranını artırdığı, kuruma zamanı ve ürünlerdeki kalite kaybını azalttığı bildirilmiştir (Ade-Omowaye, Rastogi, Angersbach ve Knorr 2003).

Pastörize süt üretiminde ısı işlem ve PEF uygulamasıyla elde edilen örnekler arasında, riboflavin, tiamin, cholecalciferol tokoferol içerikleri ve duyuşsal olarak önemli bir fark olmadığı, ancak PEF uygulamayla C vitamini (Bendicho vd 2002) ve lezzet kaybının daha az olduğu (Barbosa-Canovas vd 2001), bu süttten elde edilen cheddar peynirinin daha sert ve elastik olduğu, yapışkanlığının ise önemli bir farklılık göstermediği bildirilmiştir (Sepulveda-Ahumada, Ortega-Rivas ve Barbosa-Canovas 2000).

PEF uygulaması sıvı yumurtanın viskozitesinde azalmaya, renginde (β-karoten olarak) ise artışa neden olduğu belirtilmiştir (Barbosa-Canovas vd 2001).

Elektroplazmoliz

Elektroplazmoliz (EP); iki elektrot arasına yerleştirilen gıda maddesinden birkaç saniye süreyle elektrik akımı (50-60 Hz frekansta, 220 V ya da 380 V) geçirilerek gerçekleştirilen bir elektriksel gıda işleme yöntemidir. EP işleminde esas olarak gıda maddesinin ısıtılması değil hücre zarının parçalanması hedeflenmektedir. Ancak oluşan elektriksel alan ve sıcaklık artışına bağlı olarak kısmen mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu da sağlanmaktadır (McLellan, Kime ve Lind 1991; Okilov 1995).

EP uygulaması meyve suyu, marmelat, şeker ve salça üretiminde uygulanmaktadır. EP işleminin en önemli etkisi hücre zarını parçalaması nedeniyle şıra ve pulp verimi üzerinedir. Meyve suyu ve pulpu üretiminde EP uygulamasıyla %0,5-19 verim artışı sağlandığı bildirilmiştir (Okilov 1995; Hepçimen 1996). Meyve suyu üretiminde kuru madde, toplam şeker, toplam polifenol miktarı ve titrasyon asitliğinde artış, pH derecesi ve posa neminde azalmaya, buna karşılık rengin daha açık olmasını sağladığı, duyuşsal olarak ise önemli bir değişikliğe neden olmadığı gibi presleme, separasyon, durultma ve filtrasyon işlemlerini de kolaylaştırdığı, bildirilmiştir EP uygulamasıyla üretilen şarapların duyuşsal özelliklerinde ise önemli bir değişiklik meydana gelmediği belirtilmiştir (McLellan vd 1991, Okilov 1995).

Salçası üretiminde EP uygulamasının verim artışı yanında, palperleme ve evaporasyonu kolaylaştırdığı, asit içeriği, pH ve ısı iletkenlik katsayısının arttığı, pulp viskozitesi, posa nemi, çözünen pektin ve B vitamini miktarı azalttığı, elektriksel direnç, pulp yoğunluğu, kuru madde, organik asit, C vitamini ve karbonhidrat içeriklerini, etkilemediği belirtilmiştir (Shcheglov, Yu, Rudkovskaya ve Rozhko 1983).

Ayva marmeladı üretiminde EP uygulamasıyla elde edilen şeker, toplam kuru madde, refraktometrik kuru madde, suda ve alkolde çözünmeyen kuru madde, kül ve askorbik asit miktarının geleneksel yöntemle göre daha yüksek olduğu, pH derecesinin ise daha düşük olduğu belirtilmiştir (Hepçimen 1996).

SONUÇ

Elektriksel yöntemler minimum işlem teknikleri olarak uygulanmaktadır. Gıdaların kalitesine olumlu etkilerinin olduğu belirlenmesinin yanı sıra, halen araştırma safhasındadırlar. Özellikle etki mekanizmaları ve gıdaya etkileri konusunda yapılan çalışmalara ağırlık verilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ade-Omowaye B.I.O., Rastogi N.K., Angersbach A ve Knorr D. 2003. Combined effects of pulsed electric field pre-treatment and partial osmotic dehydration on air drying behaviour of red bell pepper. *J Food Eng.*, 60: 89-98.
- Barbosa-Canovas G.V., Pierson M.D., Zhang Q.H. ve Schaffer D.W. 2001. Pulsed electric fields. *Journal of Food Science-Special Supplement: Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies*: 65-79.
- Baysal T, İçier F ve Ilıcalı C. 2003a. Gıda sanayinde güncel elektriksel yöntemler. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi Kitapçığı, Eylül 2003, Ankara.
- Baysal T, İçier F, Ersus S ve Yıldız H. 2003b. *European Food Research and Technology*, 218: 68-73
- Bendicho S, Barbosa-Canovas G ve Martin O. 2002. Milk processing by high intensity pulsed electric fields. *Trends Food Sci. and Technol.*, 13: 195-204.
- Decereau R.V. 1986. Microwave food processing equipment throughout the world. *Food Technol.*, June: 99-105.
- Devlieghere F, Vermeiren L ve Debevere J. 2004. New preservation Technologies: possibilities and limitations. *Int. Dairy J.*, 14: 273-285.
- El-Shimi N. M. 1992. Influence of microwave and conventional cooking and reheating on sensory and chemical characteristics of roast beef. *Food Chem.*, 45: 11-14.
- Fasina O.O., Tyler R.T. ve Pickard M.D. 1998. Modeling the infrared radiative heating of agricultural crops. *Drying Technol.*, 16 (9&10): 2065-2082.
- Fellows P. 2000. *Food Processing Technology*. 2nd Edition. Woodhead Publication Limited, CRC Press, Cambridge.
- Funebo T ve Ohlsson T. 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *J. Food Eng.*, 38: 353-367.
- Halden K, de Alwis A.A.P ve Fryer P.J. 1990. Changes in the electrical conductivity of foods during Ohmic heating. *International Journal of Food Science and Technology*, 25: 9-25.
- Heinz V, Toepfl S ve Knorr D. 2003. Impact of temperature on lethality and energy efficiency of apple juice pasteurization by pulsed electric fields treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4, 167-175.
- Hepçimen A.Z. 1996. Geleneksel ve Elektrolizasyon Yöntemleriyle İşlenmiş Ayva Pulplarının Marmelata İşlenmesi Sırasında Kaliteye Etkiyen Unsurların Araştırılması. Y. L. Tezi, Ege Ün. Fen Bil. Enst., İzmir.
- Hill M.A. 1981. The effect of microwave processing on the chemical, physical and organoleptic properties of some foods. In *Developments in Food*, Vol.1., S. Thorne (Ed.). Applied Science Publishers, London and New Jersey.
- Imai T, Uemura K ve Noguchi A. 1998. Heating rate of egg albumin solution and its change during ohmic heating. In *Advances in Experimental Medicine & Biology*, Vol. 4, Process-Induced Chemical Changes in Food (Eds) F., Shadidi, C.T. Ho and N.V. Chayen, Plenum Press, New York, 101-108.
- İçier F ve Baysal T. 2004. Dielectric properties of food materials-1. Industrial uses, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, in press .
- İçier F. 2003. Gıdaların Ohmik Isıtma Yöntemiyle Isıtılmasının Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, 245 s.
- Jean F.I., Collin G.J. ve Lord D. 1992. Essential oils and microwave extracts of cultivated plants. *Perfumer & Flavorist*, 17, May/June: 35-41.
- Jia M, Zhang Q.H. ve Min D.B. 1999. Pulsed electric field processing effects on flavor compounds and microorganisms of orange juice. *Food Chem.*, 65: 445-451.
- Krokida M.K. ve Maroulis Z.B. 1999. Effect of microwave drying on some quality properties of dehydrated products. *Drying Technol.*, 17 (3): 449-466.
- Lima M., Heskitt B.F. ve Sastry S.K. 2001. Diffusion of beet dye during electrical and conventional heating at steady state temperature. *Journal of Food Process Engineering*, 24 (5): 331-340.

- McLellan M.R., Kime R.L. ve Lind L.R. 1991, Electropasmolysis and other treatment to improve apple juice yield. *J.Sci. Food and Agr.*, 57: 303-306.
- Mermelstein N.H. 2001. High temperature, short time processing. *Food Technology*, 55(6): 65, 66, 68, 70, 78.
- Ohlsson T. 1997. New thermal processing methods, *The European Food & Drink Review*, Summer, 35-41.
- Ohlsson T. 2002. Minimal processing of foods with thermal methods. In *Minimal Processing Technologies in the Food Industry*, Ch.2, T. Ohlsson, N. Bengtsson (Eds). Woodhead Publication Limited, CRC Press, Cambridge.
- Okilov Ş. 1995. Klasik ve Elektropasmoliz Yöntemleri İle Elde Edilen Golden Delicious Elmalarının Pres Suyuna İşlenmesi Sırasında Kimi Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması. Y.L. Tezi, Ege Ün. Fen Bil. Enst., İzmir, 69 s.
- Palaniappan S. ve Sastry S.K. 1991. Electrical conductivity of selected juices: influences of temperature, solids content, applied voltage, and particle size. *Journal of Food Process Engineering*, 14: 247-260.
- Park J.W., Lin T.M. ve Yongsawatdigul J. 1997. New developments in manufacturing of surimi and surimi seafood. *Food Reviews International*, 13(4): 577-610.
- Ponne C.T., Baysal T ve Yüksel D. 1994. Blanching leafy vegetables with electromagnetic energy. *J. Food Sci.*, 59(5): 1037-1041, 1059.
- Raghavan G.S.V., Alvo P. ve Shivhare U.S. 1993. Microwave drying of cereal grain: advantages and limitations. *Postharvest News and Information*, 4(3): 79N-83N.
- Ramesh M., Rao P.H. ve Ramadoss C.S. 1995. Microwave treatment of groundnut extractability and quality of oil and its relation to lipase and lipoxygenase activity. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 28: 96-99.
- Rawley A.T. 2001. Radio frequency heating. In *Thermal Technologies in Food Processing*, Ch. 9, P.Richarson (Ed). Woodhead Publication Limited, CRC Press, Cambridge.
- Regier M. ve Schubert H. 2001. Microwave processing. In *Thermal Technologies in Food Processing*, Ch. 10, P.Richarson (Ed). Woodhead Publication Limited, CRC Press, Cambridge.
- Reznick D. 2000. Electroheating. <http://www.raztek.com/electroheating.html>
- Ross A.I.V., Griffiths M.W., Mittal G.S. ve Deeth H.C. 2003. Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms. *Int. J.Food Mic.*, 89: 125-138.
- Sakai N. ve Hanzawa T. 1994. Applications and advances in far-infrared heating in Japan. *Trends in Food Science & Technology*, November, 5(11): 357-362.
- Sandeep K.P. 1999. An overview of conventional and alternative processing Technologies used in the food industry. ASAE Paper No. 996032, 1999 ASAE Annual International Meeting, Toronto, Canada.
- Sapulveda-Ahumada D.R., Ortega-Rivas E. Ve Barbosa-Canovas G.V. 2000. Quality aspects of Cheddar cheese obtained with milk pasteurized by pulsed electric fields. *Food and Bioproducts Processing*, 78(C2): 65-71.
- Shcheglov A. Yu., Rudkovskaya G.V. ve Rozhko V.S. 1983. Use of electropasmolysis in the manufacture of tomato paste. *Konservnaya i Ovoshchesushil'naya Promyshlennost'*, No.5: 8-10.
- Skjöldebrand C. 2001. Infrared heating. In *Thermal Technologies in Food Processing*, Ch. 11, P.Richarson (Ed). Woodhead Publication Limited, CRC Press, Cambridge.
- Sumnu G. 2000. A review on microwave baking of foods. *Int. J. Food Sci.Technol.*, 36: 117-127.
- Uemura K., Toyoshima H. ve Okadome H. 1998. High pressure Ohmic heating process for cooking rice. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi (from English summary)*, 45(9): 533-538.
- Uherova R., Hozova B. ve Smirnov V. 1993. The effect of microwave on retention of some B vitamins. *Food Chem.*, 46: 293-295.
- Van Loey A., Verachtert B. ve Hendrickx M. 2002. Effect of high electric field pulses on enzymes. *Trends in Food Science and Technology*, 12: 94-102.
- Yeom H.W., Streaker C.B., Zhang Q.H. ve Min D.B. 2000. Effects of pulsed electric fields on the quality orange juice and comparison with heat pasteurization. *J. Food Chem.*, 48: 4597-4605.
- Yun C.G., Lee D.H. ve Park J. 1998. Ohmic thawing of a frozen meat chunk. *Korean Journal of. Food Science and Technology*, 30(4): 842-847.
- Zhao Y., Flugstad B., Kolbe E., Park J.W. ve Wells J.H. 2000. Using capacitive (radio frequency) dielectric heating in food processing and preservation-a review. *J. Food Proc.Eng.*, 23: 25-55.