

GIDA İŞLEMEDE ALTERNATİF ISITMA YÖNTEMİ - OHMİK ISITMA*

ALTERNATIVE HEATING METHOD IN FOOD PROCESSING - OHMIC HEATING

Filiz İÇİER¹

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZET: Ohmik ısıtma, gıda maddesi ile temas halinde olan elektrotlardan alternatif akım geçirilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu çalışmada, ohmik ısıtma sisteminin özellikleri, diğer ısıtma sistemlerine göre avantaj ve dezavantajları, tasarımında dikkat edilmesi gereken faktörler ve gıdaların işlenmesinde alternatif ısıtma yöntemi olarak kullanılması özet olarak anlatılmaktadır. Gıda sanayinde kullanılan ve halen pilot çapta çalışmaları yapılan ohmik ısıtma sistemleri hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ohmik ısıtma, gıda

ABSTRACT: The ohmic heating has a principle of passing electrical current through the food material by the electrodes, which is in contact with the food. In this study, the properties of ohmic heating, advantage and disadvantages, factors to be designed and the use of ohmic heating as an alternative method were explained briefly. The information about pilot scale and commercial ohmic heating systems was given.

Keywords: Ohmic heating, food

GİRİŞ

Ohmik ısıtma literatürde Joule ısıtma, elektriksel direnç ısıtma, direkt direnç ısıtma, elektro-ısıtma, elektro-iletim ısıtma gibi adlarla da anılmaktadır. Ohmik ısıtma adını Ohm Kanunundan almaktadır.

Akım, voltaj ve direnç arasındaki ilişki Ohm Kanunu olarak bilinmektedir (Denklemler 1).

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

Ohmik ısıtma, gıda maddesi ile temas halinde olan elektrotlardan alternatif akım geçirilmesi ve iletkenlik özelliğine sahip olan gıda maddesinin direnç olarak kullanılması prensibine dayanır (Şekil 1).

Gıda maddesinin elektrik akımına karşı göstermiş olduğu direnç, gıda içerisinde ısı jenerasyonuna yol açar. Başka bir deyişle elektriksel enerji ısı enerjisine dönüşür (İçier 2003). Oluşan homojen ısı jenerasyonu özellikle sıvı gıdalarda homojen ısı dağılımı ve dolayısıyla homojen sıcaklık dağılımına sebep olur. Gıda maddesinden geçen akıma bağlı olarak oldukça hızlı bir ısıtma gerçekleşir.

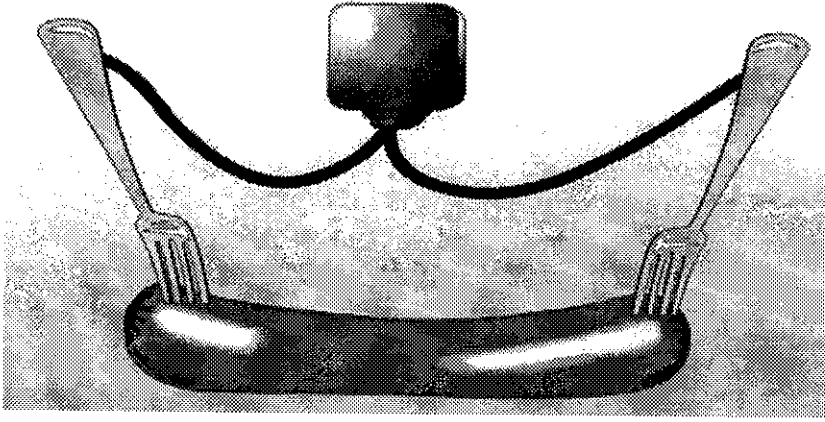
Ohmik Isıtmanın Özellikleri

Ohmik ısıtmayı diğer ısıtma yöntemlerinden ayıran ve tercih edilmesine neden olan pek çok özelliği vardır.

Ohmik ısıtmada gıda maddesinden geçen elektrik akımı ani olarak ısı oluşumuna sebep olur. Isıtma hacimsel olarak gerçekleşir; ürün içerisinde sıcaklık dağılımı homojendir. Ohmik ısıtma sistemleri aseptik ürün hatlarına adapte edilebilir (Biss Coombes ve Skudder 1989).

* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

¹ E-posta: ficier@food.ege.edu.tr



Şekil 1. Ohmik ısıtmada gıda maddesi direnç olarak kullanılır (Tempest 1996).

Oldukça yüksek sıcaklıklara daha düşük zaman içinde çıkılabilmesi, Ohmik ısıtmanın farklı alanlarda uygulanmasını sağlamaktadır. Katı-sıvı karışımı olan gıda maddelerinde, geleneksel ısıtma yöntemlerinin tersine, Ohmik ısıtma ile elektriksel iletkenlik değerlerine bağlı olarak katıların sıvılardan daha çabuk ısınması mümkün olabilmektedir. Elektriksel iletkenlik değerine bağlı olarak yüksek katı içeriklerinde bile aseptik işlenmesine olanak sağlar (Kim, Choi, Yang, Taub, Tempest, Skudder ve Tucker 1996).

Ürün içerisinden homojen geçen akım, homojen ısıtmaya sebep olur. Herhangi bir ısıtma yüzeyi olmadığı için, ısı değiştiricilerdeki birikim ya da yanık tabaka oluşumu sorunu yoktur. Normal koagülasyon sıcaklığının üstüne çok kısa sürede çıkılabilir. Ardından ani soğutma uygulanırsa koagülasyon gerçekleşmeden yüksek sıcaklıklara ısıtma işlemi uygulanabilir. Yanık tabaka, birikim ve koagülasyonun oluşmaması sebebiyle temizlik ve bakım masraflarında azalma gözlenmektedir. Ayrıca bakım işlerindeki azalma günlük çalışma süresi açısından da yarar sağlar. Sistem günde 24 saat, haftada 7 gün aralıksız çalışabilir (Tempest 1995, Reznick 1996). Ohmik ısıtma sıvı yumurtanın koagülasyon gerçekleşmeden pastörizasyonu için kullanılabilen bir ısıtma işlemidir (Reznick 1998).

Elektriksel akımın mikroorganizmaların üreme mekanizmaları üzerine zarar verdiği belirlenmiştir. Kan plazmasından elde edilen protein bazlı ürünlerdeki çoğu zararlı bakteri ve virüsün Ohmik ısıtma işlemi ile yok edilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir (Palaniappan ve Sastry 1990).

Karıştırma işlemine gerek kalmadan ısıtma işlemi gerçekleştirilmektedir. Sistemin hareketli parçaları yoktur. Özellikle mekanik zararlara hassas olan gıda karışımları için oldukça uygundur. Genel olarak sistemin yatırım ve işletme maliyeti diğer ısı transfer ekipmanlarına oranla düşüktür (Allen, Eidman ve Kinsey 1996, Tempest 1996, Reznick 2000).

Ohmik ısıtma ekipmanının kullanımı pratiktir ve sistem diğer ısıtma ekipmanlarına göre çok daha az yer kaplar (Skudder 1989).

Akım kesildiğinde sistemde ısı birikimi durur. Geri besleme kontrolörlü sıcaklık ölçer ile kurulmuş bir Ohmik ısıtma sisteminde, işlem boyunca uygulanan voltaj kontrol edilebilir (Stirling 1987, Tempest 1996, Reznick 2000).

Bu olumlu özelliklerinin yanı sıra, sistemin iyi elektriksel izolasyona ve kontrol sistemi tasarımına ihtiyacı vardır. Sistemde çalışacak personelin yetmişmiş olması ve elektriksel izolasyona sahip çalışma giysisi giymesi gerekmektedir. Sistemin mekanizması hala çalışma ve araştırma safhasındadır. Ürüne göre farklı işlem koşullarının uygulanması gerektiğinden, her ürün için Ohmik ısıtma hızını etkileyebilecek tüm değişkenlerin belirlenmesi zorunludur. Gıda içerisine elektriksel akımın doğrudan uygulandığı bu ısıtma yönteminde, ısıtma işleminin gıda üzerine yapacağı olumlu ve olumsuz tüm etkiler çok iyi tespit edilmelidir.

Ohmik Isıtma Sistemi Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler

Endüstriyel çaptaki Ohmik ısıtma sistemleri konusunda deneyimlerin kısıtlı olması sebebiyle, proses tasarımında tüm parametrelerin etkilerinin ayrıntılı olarak incelenmesi gereklidir. Bu parametrelerden bir çoğu diğer ısı yöntemlerdekilerle paralellik göstermektedir. Aşağıda Ohmik ısıtma tasarımında etkili olan faktörlerden en önemlileri özetle açıklanmıştır;

Elektriksel direnç : Ohmik ısıtma işleminin en önemli faktörlerinden biri ürünün elektriksel direnci ve bunun sıcaklıkla değişimidir. Direncin tersi özellik olarak bilinen elektriksel iletkenlik ısıtma sırasında sıcaklık, voltaj gradyanı ve gıda maddesinin bileşimine bağlı olarak değişebilir (İcier 2003).

Voltaj : Düşük voltajlarda çalışmak gerektiğinde gerekli gücün sağlanabilmesi için çok yüksek akım değerlerine ulaşmak gerekecektir. Bu amaçla transformatörler kullanılır. (Roberts, Balaban, Zimmerman ve Luzzi 1998; Reznick 2000).

Akım yoğunluğu : En kritik parametrelerden biri de akım yoğunluğudur. Akımın elektrot alanına bölünmesi şeklinde ifade edilir (Reznick 1996). Kritik akım yoğunluğu değeri geçildiğinde sistemde ark oluşur. (Roberts vd 1998).

Uygulanacak güç : Gıdanın elektriksel iletkenliğine bağlı olarak, uygulanacak güç tespit edilebilir. Uygulanacak güce ve voltaja bağlı olarak, sistemden geçen akımın maksimum değeri de önemlidir. (Tempest 1996, Roberts vd 1998, İcier 2003).

Elektroliz : En önemli elektrolitik etki metal elektrotların ürünü kontamine etmesidir. Paslanmaz çelik, saf karbon, platin kaplı titanyum elektrot kullanımının bu problemi ortadan kaldırdığı belirtilmektedir (Sastry ve Salengke 1998, Zhao ve Kolbe 1999, Assiry, Sastry ve Samaranayake 2003, İcier ve İlicali 2004)

Gıda maddesinin özellikleri : Gıda karışımlarında partikül boyutu, şekli, partikül ve taşıyıcı sıvının ortalama yoğunluğu karışım içinde farklı ısıtma hızları oluşmasına neden olabilir. Partikül ve sıvı iletkenlikleri ve özgül ısıları arasındaki fark sıcaklık gradyanları oluşumuna neden olmaktadır (Zoltai ve Swearingen 1996, Sastry ve Li 1996, Larkin ve Spinak 1996). Gıdaların konsantrasyonu, asitlik değeri, yağ ve tuz içerikleri elektriksel iletkenliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Gıda maddesinin fiziksel ve elektriksel özellikleri bilinmeli ve dikkate alınmalıdır (İcier 2003).

Isıtma hızı : Sürekli Ohmik ısıtıcılarda ısıtma hızına bağlı olarak ürün akış hızı ayarlanmalıdır. Özellikle koagülasyonun oluşmaması istenen protein içeriği yüksek olan gıdalarda bu kritik bir faktördür. (Kim vd 1996).

Sıcaklık kontrolü : Ürünün akış sıcaklığının yada son sıcaklığının kontrolü en önemli faktörlerden biridir. Sürekli sistemlerde giriş sıcaklığı, kütsel akış hızı ve ürünün özgül ısı kapasitesi değişimlerini ölçen geri beslemeli kontrol sistemi ile uygulanacak güç ayarlaması yapılabilir (Tempest 1995).

Elektriksel özellikler : Ürün hattının yüksüz kalması için sistem topraklanmalıdır ve çalışılan zeminin elektriksel izolasyonu yapılmalıdır (Tempest 1995).

Mekaniksel özellikler : Sürekli Ohmik ısıtma sistemlerinde ürün akışı genellikle alttan üste doğru dikey ya da eğimli kolonlar ile sağlanır. Sisteme hava girişi engellenmiş olur (Skudder 1989).

Bekletme süresi : Elektriksel akımın tek başına bazı mikroorganizmalara zarar verdiğinin bilinmesi nedeniyle, pastörizasyon ve sterilizasyon işlemlerinin tutma süreleri azaltılabilir (Kim vd 1996, Park, Lin ve Yongsawatdigul 1997).

Ohmik Isıtma Sistemleri

1987 yılında UK Elektrik Araştırma ve Geliştirme Merkezi'nde geliştirilip APV Baker tarafından ticari lisansı alınmaya kadar, Ohmik ısıtma prensibine benzer patentli çalışmalar olmuştur. Ancak çalışmaların çoğunda bu ısıtma yönteminin endüstriyel bazda kullanılamamasına neden olan birçok problemden bahsedilmiştir. Sistemin teknolojik olarak geliştirilmesine kadar araştırmalar sınırlı sayıda kalmıştır. APV ve Raztek gibi uluslararası şirketlerin bu sistemi ticari olarak geliştirmesinin ardından 1989 yılından itibaren Ohmik ısıtma konusunda yapılan çalışmalar ve pilot çapta kurulan sistemler artmıştır (Fryer 1995). Kesikli ve sürekli Ohmik ısıt-

ma sistemlerinin modellenmesi ve sistemin karakterize edilmesi, proses kontrolü önem kazanmaya başlamıştır. Son yıllarda ise Ohmik ısıtma işleminin farklı gıda işleme basamaklarında da diğer temel işlemlere etkisi ve elektriksel iletkenlik verilerinin elde edilmesi konusunda yapılan çalışmalara ağırlık verilmektedir.

de Alwis ve Fryer (1990a) elektriksel iletkenliğe dayalı ısıtma işlemlerinin gıda sanayinde kullanımının tarihçesini vermiştir. İlk çalışmaların 1897 yılında F.Jones tarafından kurulan bir sistemle başladığı söylenebilir, ayrıca 1928 yılında Fetterman tarafından geliştirilen "Electro-pure" ismi verilen pastörizasyon sisteminin, o dönemin süt endüstrisindeki en önemli gelişmesi olarak anıldığı belirtilmektedir (de Alwis ve Fryer 1990). Ayrıca aynı çalışmada, elektriksel direnç ısıtma yönteminin gıda sanayinde haşlama, sterilizasyon, pastörizasyon, pişirme ve çözündürme amaçlı olarak kullanılmasının denendiği ancak bazı problemlerin ortaya çıktığı belirtilmektedir. Ortak problemlerden bazıları elektrot ve gıda arasındaki temasın iyi sağlanamaması, elektrot kenarlarında ark oluşumu, ürüne metal geçişinin olması ve proses kontrolünün yapılmasının güçlüğüdür. 1990'lı yıllardan itibaren gelişen teknoloji ile bu sorunlara hızla çözüm getirilmeye başlanmıştır. Son yıllardaki çalışmalarda sistemin farklı gıdaların işlenmesinde kullanımı, ısıtma işlemine etki eden değişkenlerin belirlenmesi, sistemin karakterize edilmesi ve modellenmesi konularında ağırlık verildiği saptanmıştır.

Günümüzde üzerinde çalışılan Ohmik ısıtma sistemlerinin çalışma prensibi, ilk ticari şekli APV tarafından lisansı alınan sisteme dayanmaktadır.

Ohmik ısıtma, gıda işleme endüstrisinde; tüketime hazır gıdaların aseptik işlenmesinde, pompalanabilir meyve sebze ürünlerinin pastörizasyonu, sıvı yumurtanın işlenmesi, et ürünlerinin ısıtılması ve konserve sanayinde ön ısıtma olarak kullanılması gibi uygulamalara sahiptir (İçier 2003).

Günümüzde 300 kW ve 3000 kg/saat'lik kapasiteli sistemler ile 75 kW ve 750 kg/saat'lik endüstriyel sistemler mevcuttur (Tempest 1995; Sastry ve Barach 2000; Anonymous 2002). A.B.D.'de California'da sıvı yumurtanın işlenmesinde Ohmik ısıtma sistemini kullanan bir işletmenin olduğu belirtilmiştir (Reznick 1998). Ayrıca çalışmaları devam eden 100 kg/saat kapasiteli sürekli sistemler ile 50 kg/saat kapasiteli kesikli sistemler bulunmaktadır (Tempest 1995, Sastry and Barach 2000) A.B.D., Kanada, İngiltere, İtalya, Japonya, Kore ve Türkiye gibi birçok ülkede laboratuvar ölçekli Ohmik ısıtma sistemleri ile çalışmalar hala devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- Allen K, Eidman V and Kinsey J. 1996. An economic-engineering study of Ohmic food processing. *Food Technology*, May: 269-273.
- Anonymous 2002. Ohmic system for sterilization and aseptic filling, *Italian Food and Beverage Technology*, 27, March: 28-29
- Assiry A, Sastry SK and Samaranyake C. 2003. Degradation kinetics of ascorbic acid during ohmic heating with stainless steel electrodes, *Journal of Applied Electrochemistry*, 33(2): 187-196
- Biss CH, Coombes SA and Skudder PJ 1989. The development and application of ohmic heating for the continuous heating of particulate foodstuffs, in Field, R.W., Howell, J.A. (Eds), *Process Engineering in the Food Industry*, Developments and Opportunities, Elsevier, New York, 17-25.
- de Alwis AAP, and Fryer PJ. 1990. The use of direct resistance heating in the food industry, *Journal of Food Engineering*, 11: 3-27
- Fryer P. 1995. Electrical Resistance Heating of Foods, in *New Methods of Food Preservation*, First Edition, G.V.Gould (Ed.), Chapman and Hall, 205-235.
- İçier F. 2003. Gıdaların Ohmik Isıtma Yöntemiyle Isıtılmasının Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, 245 s.
- İçier F and Ilıcalı C. 2004. Electrical conductivity changes of apple and sourcherry concentrates during ohmic heating. *J. Food Proc. Eng.*, in press.
- Kim HJ, Choi YM, Yang TCS, Taub IA, Tempest P, Skudder P, Tucker G, and Parrott DL. 1996. Validation of Ohmic heating for quality enhancement of food products, *Food Technology*, May: 253-255, 257-261.
- Larkin JW and Spinak SH. 1996. Safety considerations for ohmically heated, aseptically processed, multiphase low-acid food products, *Food Technol.*, 50(5): 242-245

- Palaniappan S and Sastry SK. 1990. Effects of electricity on microorganisms: a review, *Journal of Food Processing and Preservation*, 14: 393-414
- Park JW, Lin TM and Yongsawatdigul J. 1997. New developments in manufacturing of surimi and surimi seafood, *Food Reviews International*, 13(4): 577-610
- Reznick D. 1996. Ohmic heating of fluid foods, *Food Technology*, May: 250-251.
- Reznick D. 1998. Electroheating technology promises to send shock waves through the food processing industry, in <http://www.raztek.com/news.html>
- Reznick D. 2000. Electroheating, <http://www.raztek.com/electroheating.html>
- Roberts JS, Balaban M.O., Zimmerman R and Luzuriaga D. 1998. Design and testing of a prototype Ohmic thawing unit, *Computers and Electronics in Agriculture*, 19: 211-222
- Sastry SK and Barach JT. 2000. Ohmic and inductive heating, *J. Food Sci.*, 65(4): 42-46
- Sastry SK and Li Q. 1996. Modeling the Ohmic heating of foods, *Food Technology*, May: 246-248
- Sastry SK and Salengke S. 1998. Ohmic heating of solid-liquid mixtures: a comparison of mathematical models under worst-case heating conditions, *Journal of Food Process Engineering*, 21: 441-458.
- Skudder J. 1989. Ohmic heating in food processing, *Asean Food Journal*, 4(4): 162-163
- Tempest P. 1995. Ohmic Heating Systems, in *APV Processed Food Sector Process Manual Section-9, Electrical Heating*, Issue 1, 54 p
- Tempest P. 1996. Electroheat Technologies in Food Processing, *APV Marketing Bulletin*, 16 p
- Zoltai P and Swearingen P. 1996. Product development considerations for ohmic processing, *Food Technology*, May: 263-266