

PARTİKÜLLÜ GIDALARIN ASEPTİK İŞLENMESİNDE YENİ BİR TEKNOLOJİ: OHMİK ISITMA

A NEW TECHNOLOGY FOR ASEPTIC PROCESSING OF FOOD CONTAINING PARTICULATES: OHMIC HEATING

İlkay TOSUN¹, Nevzat ARTIK²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, SAMSUN

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, ANKARA

ÖZET: Bu makalede, Ohmik ısıtmanın prensibi, partiküllü gıdalara uygulanabilirliği ve Ohmik sistemin özellikleri hakkında bilgi verilmiş ayrıca değişik açılardan konserve ve dondurarak muhafaza yöntemleriyle karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT: In this article, it was aimed to give information on the principal and applicability of the ohmic heating for food containing particulates and the properties of the Ohmic system. In addition, in several aspects the Ohmic heating were compared with retorting canning and freezing methods.

GİRİŞ

Konserve üretiminde bir taraftan istenen düzeyde steriliteye ulaşılırken, diğer taraftan gıdanın, ısıdan en düşük düzeyde etkilenmesi ve böylece kalitenin üst düzeyde korunması amaç edinilmektedir. Ancak kap içerisine konmuş gıdanın ısıtılmasında ve daha sonra soğutulmasında ısı iletiminin kötü oluşu, arzulanan amaca ulaşmayı zorlaştırmakta ve sınırlandırmaktadır. İşte bu nedenle, gıdanın konserve kabına konulmadan ısıtılması ve soğutulması yöntemi, kap içerisinde ısıtmanın getirdiği olumsuzlukların aşılmasında bir seçenek olarak belirmektedir. Böylece aseptik konservecilikğin temel ilkesi ortaya çıkmaktadır (CEMEROĞLU ve ACAR, 1986).

Çok yakın zamana kadar aseptik işleme teknolojisi, süt ve meyve suyu başta olmak üzere fazla viskoz olmayan ve fazla katı partikül içermeyen akışkan gıdalara uygulanmaya gelmiştir.

Teknolojinin ilerlemesine paralel olarak aseptik işleme, viskoz veya katı partikül içeren gıdalara da uygulanabilmektedir. Bu alanda kısa bir geçmişe sahip başlıca aseptik işleme sistemleri ile bunların uygulandığı gıdalar aşağıda verilmiştir.

- **Plakalı ısı değiştiriciler:** Süt, meyve suyu, düşük ve kaliteli sos, büyük parça içermeyen düşük viskoziteli gıdaların aseptik işlenmelerinde,
- **Tubular ısı değiştiriciler:** Çorba, sos, meyve püresi gibi ~ 10mm'ye kadar partikül içeren yüksek viskoziteli ve homojen gıdaların aseptik işlenmelerinde,
- **Buhar enjeksiyonlu veya buhar infüzyonlu ısı değiştiriciler:** Homojen, yüksek viskoziteli gıdalar, viskoz soslar, kremalar ve çeşitli tatlıların aseptik işlenmelerinde,
- **Yüzey kazıyıcı ısı değiştiriciler:** Fazla viskoz olmayan sıvılar, ~ 15 mm uzunluğunda katı partikül içeren gıdalar, katı oranı %40 olan gıdalar, çeşitli püreler, zar şeklinde dilimlenmiş meyve şekerlemeleri ve çorbaların aseptik işlenmelerinde kullanılmaktadır (PARROTT, 1992).

Son yıllarda katı partikül içeren gıdaların aseptik olarak işlenmesinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu gelişmelerden birisi de 25 mm iriliğinde katı partikül içeren sıvıların kolayca işlenebildiği ohmik ısıtmadır (EVRA NUZ ve GÖÇBİLMEZ, 1995).

Ohmik ısıtma; Joule ısıtma, rezistans ısıtma ve elektro ısıtma olarak da bilinmektedir (REZNICK, 1996).

Ohmik ısıtma, aslında yeni bir kavram değildir. 19.yy'ın sonunda akışkan gıdalara uygulanması sözkonusu olmuş ve 20.yy'ın başlarında A.B.D'de bu yöntemle sütler pastörize edilip satışa sunulmuştur. Ancak işlem basamaklarının ilerleyen yıllarda kontrolünün zorluğu ve kullanılan elektrotların ürünle kimyasal reaksiyona girmesi nedeniyle unutulmuştur (SASTRY ve PLANIAPPAN, 1992). Basit olan prensibi üzerinde uzun yıllar tartışılmıştır (SASTRY ve LI, 1996). İlerleyen teknolojiyle birlikte bu zorluklar aşılmış ve son zamanlarda uzay yolculukları ve askeri amaçlar için yeniden gündeme gelmiştir (SASTRY ve PALANIAPPAN, 1992). Ohmik ısıtma işlemi, 1985 yılında İngiltere Elektrik Kurumu Araştırma Merkezi (Electricity Council Research Center) tarafından geliştirilip, APV Baker Ltd. tarafından uygulamaya geçirilmiştir (De ALWIS ve FRYER, 1990; SASTRY ve PALANIAPPAN, 1992).

OHMİK ISITMA

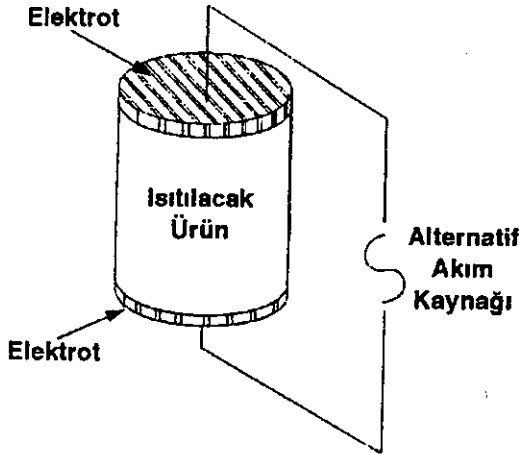
Ohmik ısıtmanın prensibi

Ohmik ısıtmanın prensibi oldukça basittir. Belli bir dirence (R) sahip gıdadan bir elektrik akımı (I) geçirildiğinde enerji dönüşümü ile sıcaklık artışı olmakta yani ohmik ısıtma (I^2R) meydana gelmektedir. Bu basit olarak elektrikli bir ısıtıcıya benzemektedir. Üretilen enerjinin gıdaya göre değişimi;

$$U = I^2 R t$$

bağıntısıyla açıklanabilir. Burada U, birim hacimdeki enerji dönüşümünü; ΔV voltaj gradientini; σ ise elektriksel iletkenliği ifade etmektedir (SASTRY ve PALANIAPPAN, 1992).

Pratikte iletken olmayan bir boru içerisindeki elektrotlar arasından geçirilen akışkana düşük frekanslı alternatif akım (50 veya 60 Hz) verilerek ürün ohmik olarak ısıtılmaktadır (SASTRY ve PALANIAPPAN, 1992; LEWIS, 1986; PARROTT, 1992; De ALWIS ve FRYER, 1990; SASTRY ve LI, 1996; POTTER ve HOTCHKISS, 1996).



Şekil 1. Ohmik Isıtmanın Prensibi (PARROTT, 1992)

bileşenlerin konsantrasyonu arttıkça iletkenlikte artmaktadır. Örneğin inek sütlerinin içerdikleri K^+ ve Cl^- miktarlarına göre iletkenlikleri $25^\circ C$ 'de 0.004 ile 0.0055 mho cm^{-1} arasında değişmektedir. Fakat mastitisli sütün iletkenliği Na^+ ve Cl^- iyonlarının artışından dolayı daha da artmaktadır. Yine fermente süt ürünlerinin iletkenliği ortamda oluşan asitin varlığına paralel olarak artış göstermektedir (LEWIS, 1986; METİN, 1996).

Ohmik ısıtmada etkili faktörler

Katı partikül içeren gıdaların ohmik ısıtma ile homojen bir şekilde işlenebilmeleri için çeşitli faktörlere dikkat edilmelidir. Bu faktörler sırasıyla şöyledir:

Elektriksel iletkenlik

Bir gıdanın ohmik olarak ısıtılabilmesi için o gıdanın azda olsa elektriksel iletkenliğinin olması gerekir. Bu sistemle elektriği iletmeyen buz, kemik, alkol, kabuklular ve yağ ısıtılamazlar (ZOLTAI ve SWEARINGEN, 1996).

Doğal olarak çoğu gıda maddesinin yapısında bulunan tuz, asit ve iyonik parçacıklar onlara iletken bir özellik kazandırmaktadır (HALDEN ve ark., 1997). Genel olarak bu

Ohmik ısıtma oranı, gıdanın başlangıç iletkenliğine bağlıdır. Çeşitli araştırmacılar tarafından gıdalara ait iletkenlikler belirlenmiştir. KİM ve ark. (1996), değişik gıdalar ile çoğu sosun (taşıyıcı ortamın) bileşiminde yer alan nişasta+tuz solüsyonlarına ait elektriksel iletkenliği saptamışlardır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Gıda materyallerinin elektriksel iletkenlikleri (KİM ve ark., 1996)

Materyal	Elektriksel İletkenlik (S.m ⁻¹)19°C
Patates	0.037
Havuç	0.041
Bezelye	0.17
Sığır eti	0.42
%5.5 Nişasta solüsyonu	
+%0.2 tuz	0.34
+%0.55 tuz	1.3
+%2.00 tuz	4.3

Çoğu gıda maddelerinin elektriksel iletkenlikleri, sıcaklığa bağlı olarak artış göstermektedir. Bu artışın başlıca nedeni sıcaklıkla onların yalıtkan halden iletken hale geçmesidir (HALDEN ve ark., 1990; ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

Partiküllerle ilgili özellikler

Partikül boyutu

Geleneksel ısıl işlemlerde olduğu gibi Ohmik ısıtmada da partikül boyutu önemlidir. Partikül boyutu 1inç³ten daha fazla olmaması gerekir. Partikül boyutu 1inç³ten daha fazla olduğunda;

- Aseptik dolum sırasında partiküller zarar görür.
- Ürünün işlenmesi güçleşir.
- Tüketim sırasında kesme gerekebilir (ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

Partikül şekli (geometrisi)

Ürünler rahatlıkla küp, disk, çubuk, burma, küre ve dikdörtgen şeklinde işlenebilmektedir.

Partikül konsantrasyonu

Ohmik formüllerde partikül konsantrasyonu %20-70 arasında değişmektedir. Düşük partikül konsantrasyonlarıyla çalışılması durumunda taşıyıcı ortamın viskozitesi yüksek olmalıdır. Tersi durumda, taşıyıcı ortamın viskozitesi düşük olmalıdır (ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

Partiküllerin yönelimi

Partiküller eğer elektrotlara paralel ise veya diğer ifadeyle akıma karşı dik konumdaysa katı partiküller sıvıdan daha hızlı ısınır (SASTRY ve PALANIAPPAN, 1992; LARKIN ve SPINAK, 1996). Küp şeklindeki partiküller için bu durum sözkonusu değildir (SASTRY ve PALANIAPPAN, 1992).

Partikül yoğunluğu

Düşük viskoziteli taşıyıcı ortamda aşırı ağır partiküller taşınmaya kalkıldığında partiküller sistem içerisine çökerek akışı engeller ve gereğinden daha fazla ısıya maruz kalırlar. Tam tersi olduğunda yani hafif partiküller viskoz bir taşıyıcı ortamla taşındığında akış düzgün olmadığından partiküller homojen ısınmaz (ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

Taşıyıcı ortamla ilgili özellikler

Taşıyıcı ortam işlem boyunca süspansiyon halinde katı partiküllerin taşınmasını sağladığı gibi gıdaya flavor kazandırır. Taşıyıcı ortamın viskozitesi, elektriksel iletkenliği ve özgül ısı kapasitesi oldukça önemlidir.

Daha önce de anlatıldığı gibi eğer yüksek konsantrasyonlu partikül içeren formülasyonlar hazırlanıyor-se, taşıyıcı ortamın viskozitesi düşük olmalıdır. Tersi durum sözkonusuysa taşıyıcı ortam viskoz olabilir. Eğer taşıyıcı ortamın viskozitesi düşükse veya işlem süresince seyrelme meydana geliyorsa partiküller çöker ve gerektiğinden daha fazla ısınır. Taşıyıcı ortam aşırı derecede viskoz olduğu durumlarda ise partiküllerin yapısında çatlama meydana gelir ve daha da önemlisi sistemde geri basınç problemi oluşur. İşlem sırasında gıdadan nem açığa çıkması veya nişasta jelatinizasyonu gibi etkenlerle taşıyıcı ortamın viskozitesi değişecek olursa ısınma yeknesak olmaz (ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

Özgül ısı kapasitesi

Partikül ve taşıyıcı ortamın birlikte ısınabilmeleri, onların iletkenlikleri yanında özgül (spesifik) ısı kapasitelerine de bağlıdır. Taşıyıcı ortamla partikül arasında iletkenlik farkı yoksa düşük ısı kapasitesine sahip olan daha hızlı ısınacaktır. Genel olarak özgül ısı nem içeriğine bağlıdır. Nem içeriği düşük olan katı kısım, taşıyıcı ortamdaki daha düşük özgül ısı kapasitesine sahiptir, dolayısıyla daha hızlı ısınır (ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

Ön işlemler

Ohmik ısıtma sırasında katı partiküllerle taşıyıcı ortamın birlikte ısıtılabilmesi için iletkenliklerinin birbirine yakın olması gerekir. Eşit bir ısıtma için iletkenlik farklılıkları minimize edilmelidir. Genelde partiküllerin iletkenliği taşıyıcı ortamdaki daha düşük olduğundan daha hızlı ısınır. Bu nedenle gıda maddesi sisteme verilmeden önce taşıyıcı ortamın ve partiküllerin iletkenlikleri saptanarak mümkün olduğunca iletkenlikleri birbirine yakın olanlar eşleştirilmeye çalışılır veya gıda maddelerine bazı ön işlemler uygulanır. Bu uygulamaların başlıcaları şunlardır:

Termal uygulamalar

Partiküllerle taşıyıcı ortamın iletkenliklerini dengelemek amacıyla karışım sisteme verilmeden önce ısıtılmaktadır. Böylece iki fazın birlikte ısınması sağlanmaktadır. Bunun dışında termal uygulamayla;

- Nişastalı gıdaların ön jelatilizasyonu sağlandığından ürünlerin sistem içerisinde birbirlerine yapışması önlenmiş,
- Taşıyıcı ortamın viskozitesinin düşmesine neden olan su, partikülden çıkartılarak nem dengesi kurulmuş,
- Yağ içeren partiküllerden yalıtkan özellikteki yağ çıkartılmış,
- Dokulardan yalıtkan özellikteki hava uzaklaştırılmış,
- Sistem içerisinde sorun olabilecek sert partiküller yumuşatılmış olur (ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

Enzimatik uygulamalar

Bu işlem daha çok etlere uygulanmaktadır. Etlerin lezzetini artırmak, yapısını yumuşatmak amacıyla marinat şeklinde uygulanmaktadır (ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

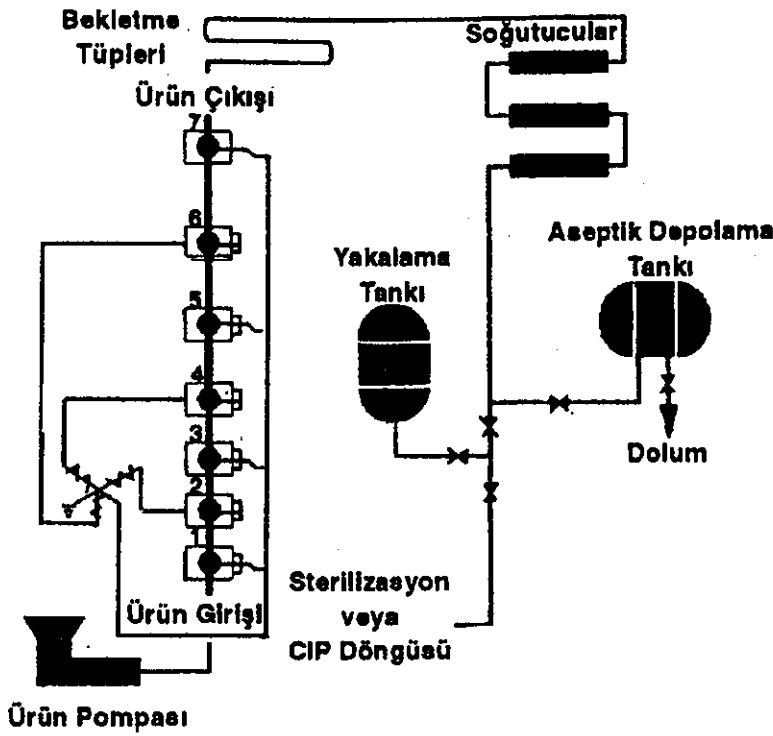
Kimyasal uygulamalar

İletkenliği artırmak için tuz veya asit içerisinde partiküller bekletilir. Bilindiği gibi tuz ve asitler elektrolit görevi görmektedir. Ayrıca partiküllerin renk ve tekstürünü korumak için sertleştirme ve katılaştırma ajanları da kullanılmaktadır (ZOLTAL ve SWEARINGEN, 1996).

Ohmik ısıtma sistemi ve ürün işleme

Ohmik ısıtma pastörizasyon, sterilizasyon veya pişirmede kullanılmaktadır. Özellikle düşük asitli gıdalar için uygun bir yöntemdir. Şekil (2)'de bir ohmik ısıtma sistemi görülmektedir.

Ohmik ısıtma sistemiyle ürün işlenmeden önce sistemdeki alet ve ekipmanlar sterilize edilmektedir. Ohmik ısıtma kolonları, bekletme (tutma) tüpleri ve soğutucuların sterilizasyonu sodyum fosfat veya sitrat solüsyonu ile aseptik depolama teknesi, tutma havuzu ve bağlantı boruları ise basınçlı buharla yapılmaktadır.



Şekil 2. Ohmik Sistem Akış Diyagramı (PARROTT, 1992)

Ohmik ısıtma kolonları, işletmenin kapasitesine bağlı olarak değişik sayıda olabilmektedir. Şekil 2'de, 7 ısıtma sütunundan oluşan bir sistem verilmiştir. Her bir ısıtma kolonu politetrafloroetilen (PTFE) katı bloklar halinde olup her bir bölme paslanmaz çelik ile kaplanmıştır. Elektrotlar kolonlar içerisine yerleştirilmiştir. Sütunlar arası paslanmaz çelik ve yalıtkan plastikten yapılmış tüplerle birbirine bağlanmıştır. Ürünün iletkenliği sıcaklıkla değiştiği bilindiğinden tüplerin uzunluğu çıkışa doğru giderek artmaktadır.

Partiküllerin iletkenliğine bağlı olarak Ohmik ısıtma sütunundan çıkan katı kısmın sıcaklığı sıvı kısımdan genelde daha yüksektir. Bekletme tüplerinde bir taraftan katı ve sıvı kısım arasında ısı alış-verişi olurken diğer yandan ısı işlem de tamamlanmış olur. İzole edilmiş çelik bekletme tüplerinde yeterli letalitiye ulaşmış ürün, su çekmeli soğutma tüplerinde soğutulmuş dolum için aseptik ürün tankına gönderilir. Üretim tamamlandıktan sonra sistem önce soğuk su ile yıkanıp 80°C'deki %2'lik kostik çözeltisiyle 30 dakika bekletilerek temizlenir (PARROTT, 1992).

Kapasite

Bugün en karlı şekilde 300kW'lık sistemlerle 3 ton/sa., yeni geliştirilen 600 kW'lık sistemlerle 6 ton/sa., laboratuvar ölçeğindeki 5kW'lık sistemlerle ise 50 kg/sa. üretim yapılmaktadır (PARROTT, 1992).

Kuruluş ve üretim maliyeti

ALLEN ve ark. (1996), ohmik ısıtma sistemlerinin kuruluş ve üretim maliyetlerini hesaplayarak diğer muhafaza yöntemleriyle karşılaştırıp hangi gıdalar için daha karlı olabileceğini tartışmışlardır. Araştırmacılar, ekonomik analize geçmeden önce sözkonusu gıdaların ürün ve üretim özelliklerini vermişlerdir. Bu veriler sırasıyla çizelge 2,3,4 ve 5).

Steriilizasyonda kullanılan sterilizasyon solusyonlarının öz iletkenlikleri ısıtılacak ürünün öz iletkenliğine yakın seçilerek sisteme verilir ve sistemden akım geçirilerek ürün gibi işlenir. Bu şekilde hem sistem sterilize edilirken hem de ısıtılacak ürün için ön hazırlıklar yapılarak, ileride oluşacak sıcaklık dalgalanmaları önlenmiş olur. Sterilizasyon tamamlandıktan sonra solusyonlar, soğutucular da soğutulup depolanır veya atılır.

Sistem sterilize edildikten sonra ısıtılacak ürün (+) yer değiştirme prensibi ile çalışan pompalarla ohmik ısıtma kolonlarına verilerek elektrotlar arasından geçerken elektrik akımına maruz bırakılarak ısıtılır.

Çizelge 2. Farklı işleme teknikleri ile üretilen düşük asitli bazı gıdaların ürün ve üretim özellikleri (ALLEN ve ark., 1996)

	Konserve	Dondurarak muhafaza	Ohmik ısıtma
Hammadde	Taze veya dondurulmuş et ve sebzeler	Taze veya dondurulmuş et ve sebzeler	Taze veya dondurulmuş et ve sebzeler
Taşıyıcı ortam (ortam sıvısı)	Et suyu veya sos	Et suyu veya sos	Et suyu veya sos
Paketleme	Mikrodalga uygulanabilir ambalaj	Mikrodalga uygulanabilir ambalaj	Mikrodalga uygulanabilir ambalaj
Depolama	Oda şartlarında (shelf-stable)	Dondurarak	Oda şartlarında (shelf-stable)
Raf ömrü	~1 yıl	~1 yıl	~1 yıl
Yıllık üretim	12 milyon lb	12 milyon lb	OH75: 7 milyon lb OH300: 28 milyon lb
İşleme sezonu	~1 yıl	~1 yıl	~1 yıl

Çizelge 3. Farklı işleme teknikleri ile üretilen yüksek asitli bazı gıdaların ürün ve üretim özellikleri (ALLEN ve ark., 1996)

	Dondurarak muhafaza	Geleneksel ısıtma (Tubular ısı değiştirici)	Ohmik ısıtma
Hammadde	Taze meyve	Taze meyve	Taze veya dondurulmuş meyve
Taşıyıcı ortam (ortam sıvısı)	Şeker şurubu (4:1 meyve:şeker)	Şeker şurubu (4:1 meyve:şeker)	Şeker ve nişasta şurubu (%75 katı partikül olacak şekilde)
Paketleme	6 lb'lik plastik tüp	Bag-in-box	Bag-in-box
Depolama	Dondurarak	Oda şartlarında (shelf-stable)	Oda şartlarında (shelf-stable)
Raf ömrü	6-12 ay	1 yıl	1 yıl
Yıllık üretim	35 milyon lb	35 milyon lb	OH75:3.5 Milyon lb OH300:14 Milyon lb
İşleme sezonu	100 gün	100 gün*	100 gün*

*Eğer dondurulmuş ürün kullanılırsa işleme sezonu 12 ay'a yükseltilebilir.

Çizelge 4. Düşük asitli gıdaların üretimi için değişik işleme tekniklerine ait sistemlerin kuruluş ve üretim maliyetleri (ALLEN ve ark., 1996)

Amortisman	Konserve	Dondurarak muh.	Ohmik ısıtma	
			OH75 sistemi	OH300 sistemi
Kuruluş*	2.137.771 \$	1.543.991 \$	8.543.600 \$	9.176.400 \$
5.yıl	0.33 \$/b	0.26 \$/b**	0.49 \$/b	0.25 \$/b
10.yıl	0.32 \$/b	0.24 \$/b**	0.36 \$/b	0.21 \$/b

* Kuruluş maliyeti; satın alma, dağıtma, işletme yerinin seçimi ve dolun ekipmanlarının maliyetlerini kapsamaktadır.

** Donmuş olarak dağıtım için ek olarak 0.53 c/lb

Çizelgeler incelendiğinde, ohmik ısıtma sistemlerinden OH300 sistemi ile üretilen düşük asitli gıdaların üretim maliyetlerinin diğer sistemlerle üretilenlere göre daha düşük olduğu görülmektedir. OH300 sisteminin kuruluş masrafları diğer sistemlerden daha pahalı olduğu halde 5 yıl içerisinde kendini amorti etmektedir.

Ohmik ısıtma ile elde edilen ürünlerin kalitesi

Ohmik ısıtma ile elde edilen ürünlerin raf ömrü, depolanma koşulları gibi bazı özellikleri ve diğer muhafaza yöntemleri ile elde edilen ürünlerin özellikleri, ALLEN ark. (1996) tarafından ortaya konulmuştur (Çizelge 2 ve 3).

PARROTT (1992), ohmik ısıtma ile elde edilen ürünlerin, diğer sistemlerle üretilenlere göre daha hızlı ve homojen ısındığından besleyici unsurları ile duyuşal özelliklerinin önemli ölçüde korunduğunu bildirmiştir.

Çizelge 5. Yüksek asitli gıdaların üretimi için değişik işleme tekniklerine ait sistemlerin kuruluş ve üretim maliyetleri (ALLEN ve ark., 1996)

Amortisman	Dondurarak muhafaza	Tubular ısı değiştirici	Ohmik Isıtma			
			Sıcak dolum		Aseptik dolum	
			OH75 sistemi	OH300 sistemi	OH75 sistemi	OH300 sistemi
Kuruluş*	1.890.675 \$	524.200 \$	1.122.000 \$	1.302.800 \$	3.943.600 \$	4.576.400 \$
5. yıl	0.08 \$/lb**	0.08 \$/lb	0.17 \$/lb	0.11 \$/lb	0.39 \$/lb	0.17 \$/lb
10. yıl	0.08 \$/lb**	0.08 \$/lb	0.14 \$/lb	0.10 \$/lb	0.28 \$/lb	0.14 \$/lb

* Kuruluş maliyeti; satın alma, dağıtma, işletme yerinin seçimi ve dolum ekipmanlarının maliyetlerini kapsamaktadır.

** Donmuş olarak dağıtım için ek olarak 2.53 c/lb

SONUÇ

Son 10 yılda teknolojik gelişmelere paralel olarak aseptik işlemlerde önemli bir yer tutan ohmik ısıtmanın yararlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- * Isı transfer yüzeyi olmaksızın üretim gerçekleştirildiğinden üründe tortu oluşumu ve yanmış partikül ihtimali minimize edilmiştir.
- * Hızlı, sıvı ve katıya eşit ısı muamelesi ve buna bağlı olarak düşük ısı zararlanması olur.
- * Ürünün sistem içinde yavaş ilerlemesinden dolayı titreşimden zarar görecektir gıdalar için idealdir.
- * Besleyici unsurların kaybı daha azdır.
- * Geleneksel ısıtma teknikleriyle karşılaştırıldığında ürün orijinal tadında ve yüksek kalitelidir.
- * İşlem aşamalarının kontrolü kolaydır ve sistem gerektiğinde durdurulabilir.
- * Bakım masrafları düşüktür.
- * Geleneksel ısıtmalara göre tıkanmalar daha azdır.
- * Çevre dostudur (PARROTT, 1992).

KAYNAKLAR

- ALLEN, K., EIDMAN, V., and KINSEY, J., 1996. An Economic-Engineering Study of Ohmic Food Processing. Food Tech. 50(5):269.
- CEMEROĞLU, B., ve ACAR, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Demeği, Yayın No:6, Ankara.
- De ALWIS, A.P., and FRYER, P.J., 1990. A Finite- Element Analysis of Heat Generation and Transfer During Ohmic Heating of Food. Food Chem. Eng. Sci. 45:1547-1559.
- EVRA NUZ, Ö. ve GÖÇBİLMEZ, S., 1995. Aseptik Gıda İşleme Yöntemi. Gıda (2): 20-22.
- HALDEN, K., De ALWIS, A., P. and FRYER, P.J., 1990. Changes in the Electrical Conductivity of Foods During Ohmic Heating. Int. Journal of Food Sc. and Tech. (25): 9-25.
- KIM, H.J., CHOI, Y.M., YANG, T.C.S., TAUB, I.A., TEMPEST, P., SKUDDER, P., TUCKER, G., and PARROTT, D.L., 1996. Validation of Ohmic Heating for Quality Enhancement of Food Tech. 50(5):253.
- LEWIS, M.J., 1986. Physical Properties of Dairy Products. In "Modern Dairy Technology" Vol. 2. Ed. Robinson, R.K., Elsevier Sci. Incor, New York, 440 S.
- METİN, M., 1996. Süt Teknolojisi, E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:33, İzmir.
- PARROTT, D.L., 1992. Use of Ohmic Heating for Aseptic Processing of Food Particulates. Food Tech. 46(12):68.
- POTTER, N.N., and HOTCHKISS, J.H., 1996. Food Science. Fifth Edition. Chapman and Hall.
- REZNICK, D., 1996. Ohmic Heating of Fluid Foods. Food Tech. 50(5):250.
- SASTRY, S.K. and PALANIAPPAN S., 1992. Ohmic Heating of Liquid-Particle Mixtures. Food Tech. 46 (12):64.
- SASTRY, S.K. and LI, Q., 1996. Modelling the Ohmic Heating of Foods. Food Tech. 50(5):246.
- ZOLTAI, P., and SWEARINGEN, P., 1996. Product Development Considerations for Ohmic Processing. Food Tech. 50(5): 263.