

İşlem Mühendisliği



Farklı hammaddelerin işlenerek kaliteli ürünlere dönüştürülmesi gıda endüstrisinde işlem mühendisliği adı verilen mühendislik çalışmaları ile sağlanır. Tüm gıdalar için geçerli olan bu mühendislik çalışmalarıyla, örneğin hamsi balığından, balık yağı, balık unu gibi ürünler elde edilebilir ya da meyve ve sebzelerin konserve haline getirilmesi sağlanır. Yine bu işlemlerdeki temel prensiplerin anlaşılması ile yeni yeni gıda işleme yöntemleri geliştirilebilir ve var olan yöntemler değişikliğe uğratılabilir.

GIDA endüstrisindeki işlemler sıvıların akışı, ısı iletimi, kurutma, buharlaştırma, temas-denge ayırma işlemleri (ki bunlar ekstraksiyon, kristalizasyon, damıtma ve gaz absorpsiyonudur) mekanik ayırma işlemleri (buda süzme, santrifüj etme, çöktürme ve elemeler), kırma, öğütme ve paçal yapmadır.

Bu işlemlerin açıklama ve uygulama alanlarını belirtmeye geçmeden önce, gıda işlemede geçerli olan bazı ilkelere kısaca değinelim.

Endüstrinin her kolunda olduğu gibi gıda-

larda da geçerli olan en önemli husus, kaliteli ürün elde etmektir. Kaliteli ürün elde etmenin ilk ilkesi ise amaca uygun, kaliteli ve taze hammadde kullanılmasıdır. Ayrıca bu hammaddenin amaca uygun olanlarının deneysel olarak belirlenmesi ve seçilmesi gerekir. Örneğin konserve teknolojisinde sebzelerin çok körpe haldeyken, meyvelerin ise tam olarak olgunlaşıp, renk ve aromalarının tümüyle geliştiği, fakat yumuşamamış bulunduğu bir aşamada hasat edilmesi gerekir.

Hammaddenin süratle işlenmesi de, özellikle bitkisel ürünlerde kalite açısından önem-



Tereyağ birçok yerde tükettiğimiz gıdalarımızdandır. Örneğin karamel gibi ürünlerin üretiminde yapışkanlığı azaltmak, elastik ve dayanıklı hale getirmek için kullanılır. Tereyağ üretiminde ise kristalizasyon işleminin, yağın özelliği üzerinde büyük etkisi vardır.



li bir husustur. Geçen zaman, elde edilecek ürünün kalite kaybı demektir. Yine örnek verirse hasat edilen bezelyeler birkaç saat dahi bekletilse, özgün hafif tatlı lezeti; içerdiği şekerin solunumuyla harcanması nedeni ile kaybolur ve yine bu sürede bezelyeler süt asidi bakterilerinin etkisi ile bazı değişimlere uğrarlar.

Bir başka örneği de şeker pancarı için verelim. Olgunlaşan şeker pancarı topraktan söküldükten ve temizlendikten sonra, yaprakları kesildiğinden, topraktan köke rutubet gelmesi durur. Fakat buna rağmen pancar kökü canlılığını devam ettirir, yani solunum devam eder. Bu durumda pancar, şekeri sarfederek solunumunu devam ettirir ve böylece pörsüme ve kuruma başlar. Yine pancar hücreleri donduğu zaman, ölür. Bundan dolayı çözülmüş olan pancarlar mikroorganizmaların gelişmesi için uygun kültür olur ve çürüme başlar. Bu ve bir çok nedenden dolayı pancarın da, en kısa zamanda fabrikaya ulaştırılması gerekir.

Gıda İşleme Teknikleri

Gıda endüstrisinde hammadde ve mamul maddelerin büyük bir kısmı sıvı olarak kabul edildiğinden, bu sıvıların tesis dışında ve içinde bir yerden başka bir yere iletilmeleri ve tesis içinde işlenmeleri gerekir ki bu nedenle sıvıların akışını düzenleyen prensipler bu sırada uygulamaya sokulur.

Önce bu sıvı gıdalara örnek verelim. Su, meyve suyu, süt, ayran gibi koyu olmayan sıvılar, bal, yağ, reçel, marmelat, şurup gibi koyu sıvılar, hava, azot, CO₂ gibi gazlar, hububat daneleri, un, bezelye, mısır daneleri gibi sıvılaştırılmış katılar.

Burada aynı fizik kuralları geçerli olduğundan gazlar ve sıvılaştırılmış katılar, sıvılarla aynı kapsama alınmaktadır.

Sıvıların çalışması, durgun halde iken, statik halde iken, hareket halinde iken ve dinamik halde iken yapılabilir. Bu kavramların içerisinde, basınç, kütle dengesi, enerji

dengesi, viskozite, sürtünme, enerji kayıpları, hız ölçümü, pompalama, gibi birçok fiziki kurallar uygulanır ve işlem gerçekleştirilir.

Isı İletimi

Isı iletimi gıda endüstrisinde birçok yerde kullanılan bir işlemdir. Kurutma, pastörizasyon, sterilizasyon, soğutma, dondurma, pişirme gibi işlemler ile hemen her gıdanın işlenmesinde ısı iletiminden yararlanır. Dinamik bir olay olan ısı iletiminde, ısı kendiliğinden bir yerden farklı bir ortama, kondüksiyon, konveksiyon ve ışımaya olmak üzere üç yolla iletilir. İlke olarak ısı, katı gıdalarda kondüksiyon, sıvı gıdalarda konveksiyon yoluyla iletilir.

Gıda işleme sırasında sıcaklık dereceleri değişebildiği için, ısı iletim hızı da değişir. Bu durum sabit olmayan ısı iletimi olarak adlandırılır. Örneğin teneke kutu veya kavanoz konservecilğinde, otoklavda pastörizasyon ve sterilizasyon yaparken kutuların ısıtılması ve soğutulması işlemlerini verebiliriz. Sıcaklık

derecelerinin değişmediği durumlarda ise sabit ısı iletimi kavramından söz edilir.

Ancak gıda işleme mühendisliğinde ısı iletimi, çoğunlukla sabit olmayan durumdadır. Işımayla ısı iletimi ise, ısı enerjisinin elektromanyatik radyasyonla iletimi olup örneğin gıdaların ışınlarla muhafazasında, sızma gücü yüksek olan ve böylece sadece yüzeyde değil daha derinlerde bulunan mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktif hale gelmesi sağlanabilir.

Kurutma ve Buharlaştırma

Gıdanın kurutulması demek, içerdiği suyun yavaş bir şekilde uzaklaştırılması demektir. Kurutma gıda maddelerini dayanıklı hale getirmek için uygulanan en eski işlem tekniklerindedir. Hatta çağlar öncesinden beri bu teknik uygulanmaktadır ve insanlar etini, balığını güneşte kurutmuşlardır. Bir muhafaza yöntemi olan kurutma ile gıda



bir anlamda dayanıklı hale gelir, gıdanın bozulmasına ve çürütmesine neden olan mikroorganizmalar ortam bulamadıklarından gelişemez ve çoğalamazlar yine istenmeyen

Gıda İşleme Mühendisliğine Bakış

Ender Poyrazoğlu

A.Ü.Ziraat Fakültesi

Gıda İşleme Mühendisliği'nin temel prensiplerini anlayıp kavramak son derece büyük önem taşır. İlk bakışta oldukça zor ve kavranması güç bir konu gibi görülmese, temel prensiplerin alt birimlere ayrılarak konunun çözümüne gidilmesi kolaylık sağlar. Bunun yanında, bugünün kompleks gıda endüstrisinde çalışabilmek için bu alanda uygulanan temel bilimlerin alınması zorunludur. Bu temel bilimlerin arasında fizik, kimya, matematik ve gıda biyokimyasını sayabiliriz.

Proses mühendisliğinin gıda endüstrisinde girdiği yer çok fazladır. Örneğin ısıtma, bir çok gıda endüstrisi dalında uygulanan bir işlemdir. Isıtma ve soğutma için çeşitli nedenler vardır. Ekmeğin pişirilmesi, etin dondurulması, margarin yapımında sıvı yağların katılaştırılması amaçları bu nedenlere örnektir. Fakat proses mühendisliğinde esas olan husus erişilmek istenen amaç için gerekli olan ısıtma ve soğutma düzeyidir, yani ne kadar ısıtma veya soğutma yapılacağıdır.

Proses mühendisliği ile ilgili örnekleri çoğaltmak olasıdır. Ancak gıda işleme mühendisliğinin temelinde yer alan bazı kavramlara, burada kısaca değineceğiz.

Kütle ve Enerji Korunumu

Kütle ve enerji korunumu kuralı bütün temel işlemler için geçerlidir. Kütle korunumu kütlelerin yaratılmayacağı veya yok edilemeyeceği anlamına gelmektedir. Buna göre bir işletmeye giren ma-

teryalin toplam kütle, işletmeden çıkan materyalin toplam kütle ve işletmede kalan materyalin kütlelerin toplamına eşit olmalıdır. Örneğin santrifüj tipi bir seperatöre süt verilir yağsız süt ve kreması ayrılacak olsa, kütle dengesi kuralına göre santrifüjden dakikada çıkan (kg) toplam materyal miktarı (yağsız süt + krema), santrifüje giren süt miktarına eşit olmalıdır.

Enerjinin Korunumu Kuralı: Bu kural, aynen kütle korunumu kuralında olduğu gibi, enerjinin yaratılmayacağı ve yok edilemeyeceği demektir. Fakat enerji korunumu kütle korunumuna kıyasla daha karmaşık bir konudur. Çünkü enerji çeşitli şekillerde yer alır. Dikkat edilmesi gereken önemli husus, işlem sırasında bu enerji şekillerinden bazılarının birinden diğerine dönüşmesi nedeniyle, çeşitli enerji şekillerinin aynı eisten hesaplamaya alınması gerektiğidir. Gıda mühendisliği açısından ürünü etkileyen enerjiler en önemlisidir.

Akışkanlar

Gıda endüstrisi hammaddelerinin ve mamül maddelerinin çoğu sıvı şeklindedir. Bu sıvıların tesis dışında ve içinde bir yerden bir yere iletilmeleri ve tesis içinde işlenmeleri gerekir. Bu nedenle akışkanlar konusunda bilgi sahibi olmak gerekir. Sıvı kavramının mühendisliği çok geniştir ve gazları, sıvıları ve sıvılaştırılmış gıdaları kapsar. Çünkü sıvılar ve gazlar aynı fizik yasalarına tabidirler. Gıda endüstrisinde karşılaşılan sıvılar dış özellikleri ve görünüşleri itibarıyla değişiklik gösterirler.

Isı İletimi

Isı iletimi gıda endüstrisinde bir çok yerde kullanılan bir işlemdir. Isı iletimi; pişirme, kurutma, pastörizasyon, sterili-

zasyon, soğutma veya dondurma gibi çeşitli işlemler ile hemen her gıdanın işlenmesinde bir parçayı oluşturur. Isı iletiminin temelini oluşturan prensiplerin bilinmesi, gıda işlemenin anlaşılması açısından gerekli ve önemlidir. Isı iletimi bir olaydır ve iletimin gerçekleştiği yerler arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanır. Burada söylenmesi gereken bir diğer konu da ısı iletim hızıdır. Bu hız sıcaklık farkıyla doğru orantılı olarak artar veya azalır.

Isı Değiştiriciler

Isı değiştiriciler gıda endüstrisinde geniş alanda kullanılırlar. Örnek olarak pastörizatörler, ceketli kazanlar, dondurucular, hava ısıtıcıları, açık pişiriciler, fırınlar vb. lerini verebiliriz. Isı değiştiricide, ısı enerjisi bir cisim veya sıvı akımından diğerine yani diğer bir cisim veya sıvı akımına aktarılır. Bir ısı değiştiricinin yapı projesi hazırlanırken bu enerji aktarımının hesaplamak için ısı iletimi eşitlikleri kullanılır.

Soğutma ve Dondurma

Gıda maddeleri genelde yüksek oranda su içerdiklerinden ve içerdikleri suda erimiş maddeler bulunduğundan adeta bir çözeltiye benzetilebilirler. Bu nedenle de gıda maddelerinin donma sıcaklık dereceleri sabit değildir, belli bir sıcaklık derecesi aralığında donarlar. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli olay dondurma olayının ve çözünme olayının birbirlerinden farklı olaylar olmasıdır. Yani gıda maddesi donarken geçirdiği aşamaların tam tersini çözünürken geçirmez. Bunun için bu iki işlemin büyük bir dikkatle yapılması gerekir. Aksi takdirde gıda maddesinin özellikle görüntüsünde geri dönüşü olmayan olumsuzluklara neden olur.



değişimleri ortaya çıkarabilecek olan enzimler de faaliyetlerini sürdüremezler.

Kurutma işleminin ana amacı gıdayı dayanıklı hale getirmek olmakla beraber diğer işlem şekilleri ile de bağıntılı olabilir. Örneğin ekmek pişirmede uygulanan işlemlerden biri, kurutmadır. Burada ısı uygulaması ile birlikte gazlarda genleşme, protein ve nişastanın yapısında değişme olur ve ekmek kurutulur.

Kurutulmuş bir üründe aranan önemli bir nitelik olan eski haline dönüşebilme durumunda, rehidrasyon yeteneği olarak isimlendirilir ve bütün bu değişimler fiziksel olarak isimlendirilir. Ayrıca enzimatik veya enzimatik olmayan yollarla esmerleşme, beslenme değerinde kayıp, lezzet, tekstür ve viskozite de değişimler kimyasal ve diğer değişimler olarak isimlendirilir.

Kurutma işlemleri gıda endüstrisinde başlıca atmosferik basınç altında hava ile veya kontak kurutma



ile, vakum ve dondurarak yapılır.

Atmosferik basınç altında gıdaya ısı, ısıtılmış havadan veya ısıtılmış yüzeyden iletilir ve subuharı hava ile dışarı çıkarılır.

Vakum ile kurutma da suyun buharlaşması genellikle kondüksiyonla, ya da ışıma ile yapılır. Dondurarak kurutmada ise dondurulmuş gıdadan su süblime edilerek buharlaştırılır ve uzaklaştırılır.

Buharlaştırma gıda endüstrisinde çok kullanılan işlemlerdendir. Bu işlem ile sıvı bir hammaddeden belirli miktarda su buharlaştırılarak ayrılır. Gıdalar birçok durumda elde edilecek ürüne oranla daha fazla su içerdiğinden genellikle en kolay işlem olarak bu yöntem uygulanır.

Ayrırma İşlemleri

Gıda maddelerinin hazırlanması sırasında gıda da bulunan bazı fizik-



sel ve kimyasal maddelerin ayrılması gerekir. Bu ayırmanın yapılmasında da bazen sisteme dışardan bir fazın ilave edilerek orjinal hammadde de bulunan, istenmeyen maddelerin ayrılması sağlanır.

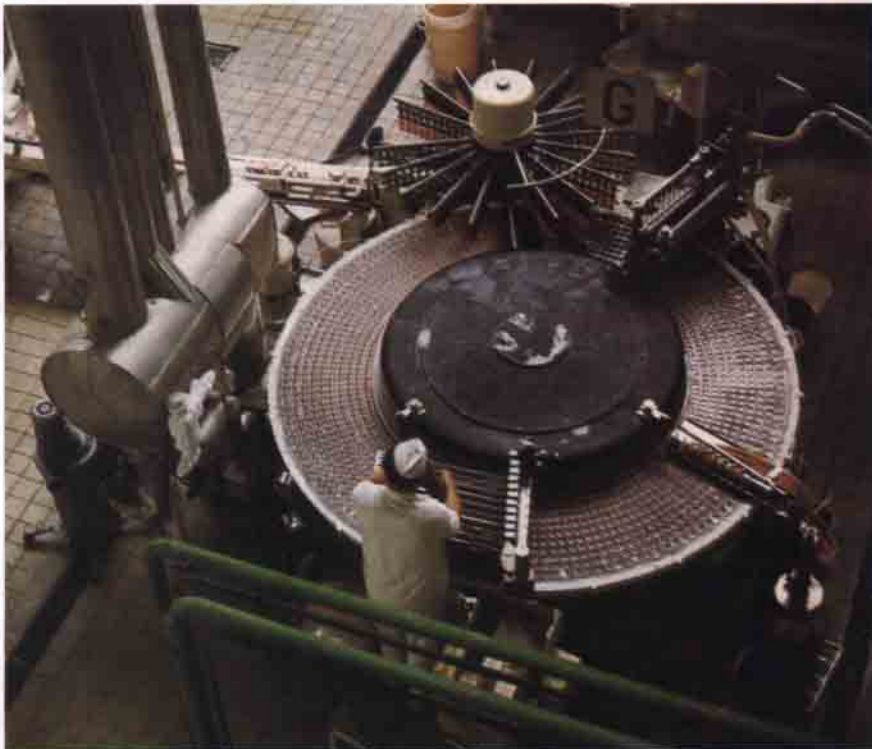
İşte bu ayırma işlemleri gıda endüstrisinde ekstraksiyon, kristalizasyon, damıtma ve gaz absorpsiyonu gibi işlemlerle gerçekleştirilir.

Ekstraksiyonda katı bir maddeden bir bileşenin ayrılmasını sağlamak için bir sıvı kullanılır. Gıdalarda ekstraksiyon işlemleri genellikle sıvı kullanılması ile gerçekleşir. Sıvı doğrudan alınarak katı madde ile iyice karıştırılır. Sonra yapılan basit bir çöktürme işlemi ile iki akım birbirinden ayrılır. Bazen de iki sıvı akımı birbiri ile karıştırılır ki burada sıvıların birbiri içerisinde çözünemeyecek özellikte olmasına dikkat edilir. Bazı durumlarda ise elde edilen ürün katı madde halinde olabilir.

Kütlenin karışık bileşimli sıvı eriyikten, saf katı kristallere dönüştürüldüğü ayırma işlemine ise kristalizasyon denir. Bir başka deyişle, çözülmüş maddenin konsantrasyonunun bulunduğu sıcaklık derecesinde, çözünbileceği düzeyin üzerine getirilene kadar eriyiğin konsantrasyonu edildiği bir ayırma işlemidir kristalizasyon ve bu işlem sonucu çözülmüş madde saf kristaller halinde eriyikten alınır.

Kristalizasyon işlemi gıda teknolojisinde şeker, tuz gibi katkı maddelerinin üretiminde ve dondurma yapımında kullanılır. Bu işlemi gerçekleştiren kristalizasyon aletleri ise kristalizatör ve buharlaştırıcılar olarak isimlendirilirler.

Damıtma ise maddenin bir kısmının buharlaştırıldığı bir işlemdir. Bu işlem, gıda endüstrisinde uçucu yağların ayrılmasında, ispirto ve damıtık alkollü içkilerin üretiminde ve istenmeyen koku, aroma gibi unsur-



ların uzaklaştırılmasında kullanılır. Örneğin damıtma alkollü içeceklerin eldesinde şu amaçla yapılan bir işlemdir;

Kullanılan hammaddeler yapılarına göre buharlama, hidrolizasyon, mayşeleme, nötralizasyon ve berraklaştırma gibi işlemlerden geçtikten sonra fermente olabilir şekerleri içeren şıra veya mayşe şekline dönüştürülür.

Daha sonra, üretilen bu mayşe değişik yöntemlerle alkol fermantasyonuna uğratarak, etil alkole çevrilir. Bu fermente olmuş olgun mayşenin değişik amaçlarla kullanılabilmesi için hem konsantrasyonunun artırılması hemde saflaştırılması gerekir yani mayşe maddelerinden arıtılması zorunludur. İşte bu işlem sadece olgun mayşenin damıtılması ile olur. Bu amaçla damıtma aygıtlarına doldurulan mayşe ısıtılır ve buharlaştırılır. Olgun mayşede bulunan alkol, su ve diğer uçucu fermantasyon yan ürünleri ile birlikte buhara geçer. Bu buhar soğuk su ile soğutulurak yeniden sıvı şekle dönüştürülür. Bu işleme damıtma adı



verilir. Damıtmadan arta kalan alkolsüz sıvıya, şilempa ya da vinas denir. Damıtma ile kaynama noktaları birbirinden farklı, fakat birbiri içinde kolayca çözünen sıvıları birbirinden ayırmak olasıdır.

Gaz absorpsiyonu ise gaz karışımlarının bir sıvı ile temasa getirilmesi işlemidir ki bu temas sırasında

gaz akımı ve sıvı akımı arasında bir madde değiştirilir. Gaz sıvı içerisinde kabarcıklar halinde dağılır ya da sıvı akımın üzerinden geçirilir. Bu işleme örnek olarak da bazı içeceklerin karbonize edilmesini örnek verebiliriz. Basınç altında uygulanan CO₂ sıvı içecek içerisinde çözünür, sonra şişenin kapağı açıldığında basınç kalkar ve CO₂ dışarı çıkar.

Sedimentasyon, santrüfuj, filtrasyon ve elemelerde mekanik ayırma işlemleri olup bu işlemlerde, yerçekimi veya santrüfuj kuvvetleri, filtreler ya da elekler kullanılır.

Domates, endüstride salça, püre, domates suyu ve bütün domates konservesi olarak değerlendirilir. Domates konservesinde ise pastörizasyon işlemi, gıdayı dayanıklı kılmak için uygulanır.



Öğütme, Parçalama ve Paçal Yapma İşlemleri

Bazı gıda maddeleri doğrudan kullanmaya uygun olmayan büyüklükte oldukları için küçültme işlemlerine tabii tutulurlar. Burada eğer katı maddeler küçültülecek ise kırma, öğütme ve kesme işlemleri uygulanır. Eğer materyal sıvı ise işlem emülsifikasyon ve atomizasyon olur.

Gıda endüstrisinde emülsifikasyon uygulanan gıdalar süt, tereyağ, mayonez ve dondurmadır. Emülsiyonların kırılmasında kullanılan standart teknik, santrüfujden geçirmedir.

Karıştırma, paçal ya da harman yapma işlemi ise bir maddenin diğer bir madde içerisinde dağılmasıdır ki bu konuda sayısız örnek verebiliriz; Çünkü bu işlemler çok kullanılır.

Süt Endüstrisi'nde İşlem Teknikleri

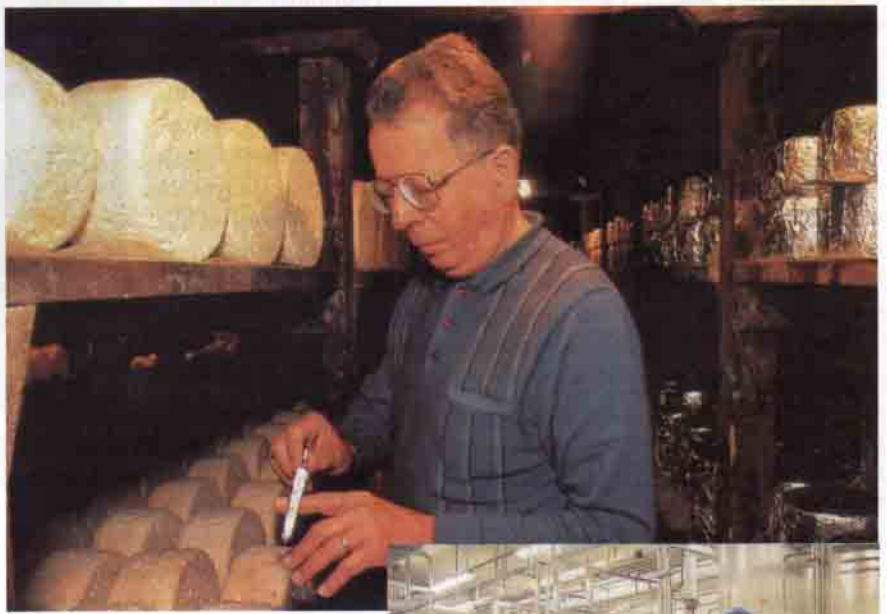
Süt endüstrisinde başta inek sütü olmak üzere diğer bazı hayvanların sütleri de kullanılabilir.

Bilindiği gibi süt protein, karbohidrat, yağ, mineral maddeler ve su içermektedir. O halde süte uy-



Tuz üretiminde kristalizasyon uygulanan işlemlerden biridir. Bu işlem sonucu çözülmüş madde saf kristaller halinde eriyikten alınır.





gulanan işlemlerde, bu maddelerin verimli bir şekilde kullanılması için yapılır. Yani süt, sütçülük ürünlerine dönüştürülerek, krema, tereyağ, kurutulmuş normal ve yağsız süt, koyulaştırılmış süt, peynir, kazein, laktaz, yoğurt ve diğer ürünler elde edilir.

Süte uygulanan işlemlerle bu ürünler elde edilirken, daha önce sözünü ettiğimiz işlemlerin süte uygulanışını ve bu yolla severek tükettiğimiz ürünlerin ortaya çıkışını örneklerle gözden geçirelim.

Kaşar peynirinin de verimli bir şekilde üretilmesi için, işlem mühendisliğinin uygulamaya mutlak sokulması gerekiyor.

Sütte varolabilecek mikroorganizmaları tahrip etmek için ısı aktarımı bu endüstride sıkça kullanılan bir işlemdir. Dikkatli bir şekilde yapılan ısı iletimi işlemi ile örneğin pastörize süt elde edilir.

Kurutma ise pek çok süt ürününün toz haline getirildiği sırada kullanılan bir işlemdir. Büyük miktarlarda süt tek veya çok kademeli buharlaştırıcılarda konsantre edilir. Ayırma işlemleri de örneğin tereyağda bulunan yabancı maddeleri elimine etmek için kullanılan bir işlemdir. Damıtma ile kremanın, tereyağa işlenmeden önce bulundurduğu kötü tad ve kokuların uzaklaştırılması sağlanırken, kristalizasyon tereyağın koyulaştırılmış sütün ve hazır süt tozlarının özellikleri üzerinde etkili olan bir iş-

lemdir. Peynir pıhtısından suyun ayrılmasında filtrasyon dediğimiz mekanik ayırma işlemleri uygulanırken, katı süt ürünlerinin ince toz haline gelebilmesi için de öğütme işlemine başvurulur. Sürekli, nitelikli süt ürünü üretebilmek için, karıştırma ve paçal işlemleri gerek süt işletmesine gelen sütlerin harmanlanmasında sıvılara ve gerekse hammadde ve işlem koşullarında ki küçük farklılıkları gidermek için katılara uygulanır.

Gülgun Akbaba

Kaynaklar
Gürses Ö.L., Gıda İşleme Mühendisliği I, Ankara, 1986.
Gürses Ö.L., Gıda İşleme Mühendisliği II, Ankara, 1986.
Cemeroğlu B., J. Acar., Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara, 1986.
Meydanoglu F., Hamsi Yağının Çeşitli Kullanım Alanları ve İşleme Teknikleri, İkbahar Dizi Seminerleri, Gebze, 1987.
Fidan I., I. Sahin., Alkol ve Alkollü İçkiler Teknolojisi, Ankara, 1980.
Türkiye İI. Gıda Kongresi, Ankara, 1980.

