

# Gıda Sanayiinde Ekstruzyonla İşleme Teknolojisi

Dr. Şahin TANJU — Yusuf SÜMBÜL

*TUBİTAK, Gebze Araş. Mer. Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü*

## 1. GİRİŞ

Geçtiğimiz son 10-15 yıl içinde ekstruzyonla gıda maddeleri üretimi, hububata dayalı gıda endüstrisinin en hızlı büyüyen bölümü olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalar ekstruzyon yöntemi ile tad, doku ve yapıca farklı çok çeşitli ürünlerin yapılabileceğini göstermiştir (Faubion ve ark. 1982).

Ekstruzyonla gıda işleme (Extrusion Cooking) basit olarak nemlendirilmiş nişastalı ve proteinli maddelerin bir silindir içinde dönen vida yardımıyla oluşturulan mekanik kesme, yüksek basınç ve sıcaklığın birlikte etkisi ile şekillendirilebilir hale getirilip pişirilmesidir. Bu üç faktörün etkisi ile maddenin bünyesindeki nişasta çirışlenir, proteinler denatüre olur, çekme, kesme gibi mekanik etkininde yardımıyla maddenin yapısı tamamen değişir. Başlık da denilen kalıp delikçiklerinden, basınç altında dışarı itilirken belirli bir şekle girer delikten çıktığı anda eksotermik bir genişleme sonucu son şeklini alır. İp, şerit, ince boru gibi şekiller alan ürün daha sonra istenilen uzunluklarda kesilir. (Hauck, 1980).

Bu teknolojiye kullanılan ve çok basit olarak ifade edildiğinde, yatay bir silindir içinde dönen sonsuz vidadan ibaret olan ekstruderler, normal olarak hammadde besleme, pişirme ve şekillendirme işlemlerini tek bir vida ile yapabilmektedirler. Kullanılan hammaddeler buğday, pirinç, yağlı alınmış mısır gibi nişastalı maddeler olabildiği gibi, yağlı alınmış soya ve benzeri proteince zengin maddeler veya bunların belirli oranlardaki karışımları da olabilmektedir. Ekstruzyon işleminde, genellikle granüle yani kırma veya un şeklinde kullanılan hammadde, önce su veya buharla ön işleme tabi tutularak nemi ekstruzyon işlemi için uygun düzeye getirilir. Üretilecek ürünün çeşidine ve ekstruzyon yöntemine göre hammadde nemi genellikle % 10-35 arasında değişmektedir. Nemi belirli düzeye getirilmiş olan hammadde ekstrudere verilir. Ekstruderin «besleme bölümü» olarak adlandırılan, vida yivlerinin en derin oldu-

ğu bu ilk bölümünde, hammadde silindir boyunca ileriye doğru taşınırken hamur haline dönüşmeye başlar. Madde ekstruderin «hal değiştirme bölümü» olarak da adlandırılan, vida yivlerinin derinliğinin tedricen azaldığı yani basınç giderek arttığı orta bölümünden geçerken yoğun bir şekilde işlenerek tam bir hamur haline gelir ve kısmen pişer. Bu kısımda hamurun sıcaklık derecesi 121-177°C'ye yükselmiş ve üzerinde 21-49 bar civarında basınç oluşmuştur. Vida yiv derinliğinin iyice azaldığı son bölümde ise, hamurun pişmesi devam ederken yüksek kesme kuvveti etkisiyle yapısında değişir. Bu bölümün nihayetindeki kalıp deliklerinden basınç altında dışarı itilen hamur belli bir şekil alarak çıkar. Dışarı çıktığı anda, üstündeki basıncın kalkması nedeniyle bünyesindeki aşırı kızgın buharın büyük kısmının bünyeden bir anda ayrılması ile hamur birden şişerek genişler. Bu kabarmaya veya hacimce büyüme, yalnız kızgın buharın etkisiyle değil, aynı zamanda hamura uygulanan basıncın birden ortadan kalkmasıyla da oluşmaktadır. Ancak etkisi kızgın buharından daha azdır. Nem miktarının daha da azaltılması için, elde edilen ürün bir kurutucudan geçirilebilir. Anlaşılabileceği gibi hacim artışının miktarı öncelikle işlemin yapıldığı sıcaklık derecesi ve nem miktarı ile yakından ilgilidir. (Harmann ve Harper, 1974, Yıldız, 1985).

Sistemde, hamurun pişirilmesi için gerekli enerji viskoz hamur içindeki vida vasıtasıyla uygulanan mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesiyle elde edilmektedir. Ancak ekstruder silindirinin dıştan ısıtılmasıyla ilave termal enerji de uygulanabilmektedir. Genellikle hammaddenin homojenize edildiği ekstruderin ilk bölümünde sıcaklık düşük, diğer bölümlerinde yüksektir.

Mamül maddenin hacim ve yapısında etkili olan diğer faktör hammadde nemidir. Genellikle genişleme indeksi olarak (ürün çapı/kalıp çapı) ifade edilen hacim artışı miktarı, spesifik hacim ve nihai ürünün nem içeriği, ham maddenin nem miktarı ile ilişkilidir.

Vida hızı ve kompresyon oranı da ürünün vasıfları üzerinde etkilidir. Basınç, vidanın de-ğişik geometrisi ve kalıbın madde akışına kar-şı direnç göstermesiyle oluşur. Genellikle akış yönünde vida yiv derinlikleri azalmaktadır.

Nihai ürünün özelliklerinde hammadde bi-leşiminin ve tane iriliğinin de rolü vardır. Ham-madde hem işlenebilecek en uygun incelikte, hemde kendi ağırlığıyla kolayca akabilecek iri-likte olmalıdır. Çok ince veya çok iri hammad-de hacmin düşmesine neden olmaktadır.

## 2. EKSTRUDER ÇEŞİTLERİ

Gıda Sanayiinde kullanılan ekstruderler genellikle nem durumuna ve ekstruzyon işle-minin fonksiyonel veya termodinamik özellikle-rine göre sınıflandırılmaktadır.

Termodinamik özelliklerine göre ekstru-derler 3 sınıfa ayrılır :

1. Otojen (Autogenous) : Sıcaklığın, me-kanik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesiyle el-de edildiği ekstruder tipleridir. Çerez tipi bazı gıdaların üretildiği ve gene pişirme yapan bazı ekstruderler bu sınıfa girer.

2. İzotermal Ekstruderler : Ekstruder silin-dirinin dışarıdan ısıtılması veya soğutulmasıyla sıcaklığın yardımcı kaynaklardan kontrol edil-diği tiplerdir. Şekil, biçim veren ekstruderler (forming extruders) bu sınıfa girerler.

3. Politropik : Sıcaklığın, mekanik enerjinin dönüşümü ile birlikte dış yardımcı kaynakla beraber sağlandığı tiplerdir. Genel olarak ekst-ruderlerin çoğu bu sınıfa girmektedir.

Bu ekstruderler işleme nemine göre de 3 sınıfa ayrılmaktadırlar :

1. Yüksek nem ortamında gıda işleyenler : Gıdanın işlenmesi sırasında ortam neminin % 30 - 40 olduğu genellikle şekil, biçim veren ekstruderler bu sınıfa girmektedir.

2. Orta derecede yani % 20 - 30 nemli or-tamda gıda işleyen ekstruderler. Hammaddeyi pişiren ve yeni doku kazandıran ekstruderler-dir.

3. Düşük nemli ortamda işleyenler : % 10 - 20 nem ortamında çalışan, çerez tipi gıda-

ların üretiminde kullanılan veya otojen ekstru-derler bu sınıfa girmektedir.

Ayrıca ekstruderler çift vidalıda olabilmek-tedir. Ekstruderlerin en pahalı tipi olan çift vi-dalılar, tek vidalı ekstruderlerde üretilen bütün ürünleri üretilmediği gibi ayrıca bazı üs-tünlüklere sahiptir. Bunların en önemlileri, ön-celikle çok düşük nem şartlarında üretim yapı-labilmesi, tad ve aroma maddeleri kaybının çok az olması, ve ürün özelliklerinin çok hassas olarak kontrol edilebilmesidir. Bu nedenle çift vidalı ekstruderler daha çok düşük nemde iş-lenen ve hassas şekillerin arandığı ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. % 5 nemli ortam-da % 20'ye varan miktarlarda şeker içeren for-mülleri başarı ile işleyebilmektedir. Daha çok ciklet ve çikolata üretiminde kullanılmaktadır.

Birde «düşük maliyetli ekstruder» olarak adı yaygınlaşmış (LEC), taşınabilir ekstruder-ler vardır ki bunlar daha çok çiftliklerde üretici tarafından soya fasülyesinden hayvan yemi üretmek amacıyla geliştirilmişlerdir. Bunlar en ucuz tipler olup kullanılmaları da çok basittir. Otojen tiplerdir, düşük nemde üretim yaparlar. Bu ekstruderler çocuklar ve hamile kadınlar için proteince zengin çorba veya lapa gibi gıdaların yapımında kullanılan yarı pişmiş soya ve hu-bubağ unu karışımları hazırlamak için de kulla-nılmaktadır. Özellikle az gelişmiş ülkelerde bu amaçla kullanımı çok yaygındır (Harper ve Jan-sen 1976; Matz, 1976; Straka 1985; Tribelhorn ve Harper, 1980).

## 3. EKSTRUDER SEÇERKEN DİKKAT EDİLE-CEK HUSUSLAR

Gıda sanayiinde kullanılacak ekstruderler-de dikkat edilmesi gereken en önemli iki fak-tör, ekstruder vidasının uzunluğunun çapına oranı (L/D) ile kompresyon oranı (diğer bir deyişle her bir devirde taşınan hacimdeki de-ğişme) dir. Yüksek L/D oranı yüksek basınç-lar oluşturmak için kullanılır. Aynı zamanda hammadde ekstruder silindirinde daha uzun süre kalacaktır. Vidanın kompresyon oranı art-tıkça işlenen madde üzerindeki kesme kuvveti artacaktır. Tipik bir ekstruderin L/D oranı ge-nellikle 20 : 1 civarında, kompresyon oranı ise 3 : 1 den yüksektir. Sadece şekil vermede kul-

lanılan ekstruderlerin ise genellikle L/D oranı 8:1, kompresyon oranı 3:2 dir.

Bunun yanısıra üretilecek madde ciklet gibi, hamurunun taşınması zor, yapışkan bir madde ise (birbirinin aksi istikametinde dönen) çift vidalı ekstruder seçilmelidir. Ayrıca, ekstruderlerin özellikle gıda ile temas eden yüzeyleri çok düzgün ve paslanmaz çelik olmalıdır. Ayrıca ekstruder kolay temizlenebilmelidir. Kalıp başlığı çıkarıldığında vida silindir içinde kalmış maddeleri dışarı itip kendi kendini boşaltabilmeli ve silindir kolayca açılıp içi rahatça temizlenebilmelidir (Bain, 1979; Williams 1977).

#### 4. EKSTRUZYONLA GIDA İŞLEMENİN NEDENLERİ

Ekstruzyonla gıda işleme yönteminin hızla gelişip yaygınlaşmasının nedeni, bu tür tesislerin bir çok üstün vasıflara sahip olmalarından ileri gelmektedir. Bu özellikleri şöyle sıralayabiliriz :

1. Ekstruzyonla gıda işleme teknolojisi çok yönlüdür. Aynı ekstruzyon tesisi, değişebilir parçalarındaki çok küçük modifikasyonlarla aynı hijyenik şartlarda, zenginleştirilmiş veya sade olarak, çeşitli çerezler, kahvaltılık hububat ürünleri, çorbalıklar, bebek mamaları, tekstüre bitkisel proteinler gibi çok çeşitli ürünler üretilir.

2. Üretim kapasiteleri yüksektir. Saatte 7.000 kg. kedi - köpek maması, 600 kg. çerez tipi gıda, 150 - 250 kg. kahvaltılık hububat ürünü üretebilmektedir.

3. Üretimin her bir tonu için gerekli olan işçilik ve yakıt giderleri, diğer ısı ile gıda işleme yöntemlerinden daha düşük düzeydedir.

4. Gene üretim kapasiteleri karşılaştırıldığında, aynı kapasiteye karşılık daha az yere ihtiyaç gösterirler.

5. Ekstruzyon yöntemiyle işlenen ürünler bakteriyolojik açıdan da çok iyi durumdadır. Bu ürünlerin, diğer yöntemlerle işlenen gıdalara oranla raf ömürleri daha uzundur. Yağlarda acılaşmaya neden olan enzimler inaktive edilmiştir. Böcek, canlı larva ve Salmonella gibi patojen mikroorganizmalara rastlanmaz.

6. Gene bu yöntemle çok çeşitli form, şekil, yoğunluk ve dokuya sahip ürünler üretilir. Hammadde olarak, tek bir madde veya değişik karışımlar bir arada kullanılabilir.

7. Hammaddeyi yüksek sıcaklıkta kısa sürede (HT/ST) işleyen ekstruzyon yöntemi bitkisel proteinleri, protein kalitesine hemen hemen hiç zarar vermeden işler.

8. Soya ve bazı baklagil proteinlerinde bulunan tripsin inhibitörü gibi gelişmeyi engelleyici faktörleri kontrol altına alır. Birden fazla hammadde bir arada işlendiğinde, bu tip bitkisel proteinlerdeki gelişmeyi engelleyici faktörleri yok ederken, aynı zamanda bu tip proteinler ile birlikte karışım haline getirilmiş hububat unu veya nişastasını da işleyerek çirşendirir, yeni bir form ve doku verir. Karışımın içindeki farklı hammaddeleri aynı anda işleyerek mamul madde haline getirmesi işçilik ve üretim maliyetlerini düşürürken, hammaddelerin ayrı ayrı işlenip sonra karıştırılmaları sırasında olabilecek kontaminasyon tehlikesini de asgari düzeye indirmiş olmaktadır.

9. Doku ve yapısını değiştirerek protein konsantrasyonlarından tekstüre bitkisel protein üretiminde başarı ile kullanılmaktadır. Ayrıca gıda üretiminde veya endüstride kullanılmak üzere hububat unu, kırmacı veya nişastasını işleyerek jelatinize (çirşenmiş) nişasta üretiminde kullanılır.

10. Isı ile gıda işleme yöntemlerinin bir çoklarının aksine, ekstruzyonla gıda işleme teknolojisinde çevre kirlenmesine neden olacak her hangi bir atıksu veya ekolojik zararlı atık madde meydana gelmemektedir (Horn ve Bronikowski, 1979; Smith, 1976; Yıldız, 1985).

#### 5. UYGULAMA ALANLARI

Ekstruzyonla işleme yöntemi bu sayılan avantajları çok geniş uygulama alanlarında sağlar. Yöntemin uygulama alanlarını 3 ana grupta toplayabiliriz. Bunlar : Gıda maddeleri, hayvan yemleri ve endüstriyel ürünler üretimidir.

##### A. GIDA MADDELERİ ÜRETİMİ

Ekstruzyonla işleme yöntemi ile, günümüzün yemek hazırlamak için zamanı çok kıstlı tüketicisi için çabuk pişen veya hazır, besleyici

değeri yüksek, çok çeşitli gıda maddeleri üretilebilmektedir. Örneğin bu yöntemle sıcak suda hiç topaklanmadan hemen eriyen hazır çorbalıklar ve gene çorba yapımında kullanılan erişte ve benzeri unlu mamuller üretilmektedir. Hazır çorbalık olarak fasulye, bezelye, mercimek gibi baklagiller veya bunlarla birlikte lahanaya, ıspanak, havuç, turp, soğan, sarmısak gibi çeşitli sebzeler birlikte işlenir. Bunlar kurutulduktan sonra öğütülerek inceltir.

Fazla yaygın olmamakla beraber hububat ve baklagil unları vanilya, bal, çikolata ile veya meyva tadları ilave edilip işlenerek suda kolayca eriyen değişik meşrubat tozları yapılmaktadır.

Gene bu yöntemle çorba, salata ve bazı et yemekleriyle birlikte tüketilmek amacıyla kızarmış ekmek parçaları şeklinde hububat ürünleri sade veya değişik tatlarda üretilmektedir. Hors'd'oeuvre olarak veya kahvaltıda tüketilen veya diyetetik kraker ve gofret türü hububat mamulleri gene değişik tatlarda üretilmektedir.

Bu yöntemle hububat unlarından çok değişik çerez tipi gıda maddeleri üretilmektedir. Bunlara ya ekstruder çıkışında son şekli ve hacmi verilmiş veya ekstruderde pişirilip, ikinci bir ekstruder de daha düşük sıcaklıkta form (şekil) verilip kurutulmakta sonradan kızgın yağda kızartılarak son şekli ve hacmi verilmektedir. Yağda kızartma işlemi endüstriyel olarak yapıldığı gibi evlerde, restoran ve biraanelerde yapılmak üzere yarı pişmiş halde de üretilip pazarlanmaktadır.

Ekstruzyonla gıda işleme yöntemi, gelişmiş ülkelerde özellikle çocukların günlük protein ve kalori ihtiyaçlarının büyük bir kısmını bu tip çerezlerden almaya başlamaları nedeniyle ve gelişmekte olan ülkelerde dengeli beslenmeyi sağlamak amacıyla proteince zenginleştirilmiş hububat mamulleri üretiminde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla yağ alınmış soya unu gibi proteince zengin yağlı tohum küspeleri, bitkisel protein konsantreleri, vital buğday gluteni gibi protein kaynakları hububat unları ile birlikte işlenmektedir. Ayri-

ca sosis, salam gibi et mamullerine katılan et ikame maddeleri veya et benzerleri (analog) de bu yöntemle üretilmektedir.

Son zamanlarda sığır, tavuk ve balık etleri ile hububat unları birlikte işlenerek kahvaltılık (çubuklar) yiyecekler, zarsız (kabuksuz) sosis, piza hammaddesi gibi bazı değişik ürünler de üretilmektedir (Hauck, 1980).

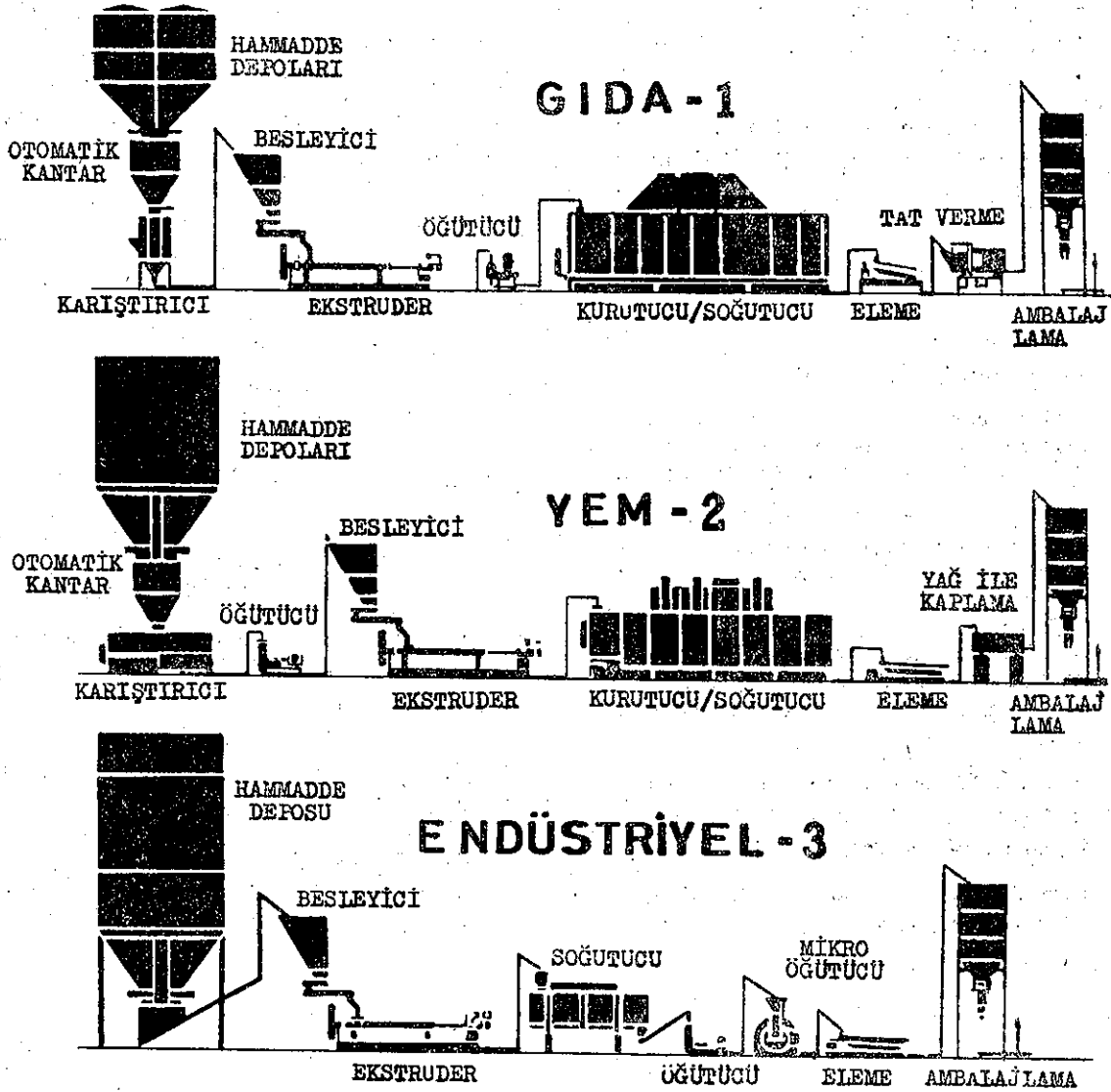
Bütün bu gıda maddelerinin üretiminde kullanılan temel ekipman hemen hemen aynıdır. Şekil 1'de gıda maddesi işleyen böyle bir tesisin ekipmanları görülmektedir. Silolardan otomatik kantar vasıtasıyla karıştırıcıya aktarılan hammaddeler karıştırılıp ekstruderin besleyicisine aktarılır. Ekstruderden çıkan işlenmiş madde neminin azaltılması için kurutucuya sevk edilir. Gerektiğinde, örneğin yağı alınmış soya unundan tekstüre soya proteini üretiminde olduğu gibi, ürünün küçültülüp granüle hale getirilmesi için nemi alınmadan önce bir öğütücüden geçirilir. Kurutulan ve soğutulan ürün elenerek sınıflandırılır ve gerektiğinde tad maddeleri ilave edilip ambalajlanır.

## B. HAYVAN YEMİ ÜRETİMİ

Ekstruzyonla işleme özellikle yarı nemli, kuru - hacimli, nemli - hacimli kedi - köpek mamları üretiminde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Şekil 2'de görüldüğü gibi belirlenen formüle göre hammaddeler tartılarak karıştırıcıya alınır. Genellikle mısır, soya kırmacı, et ve kemik unundan oluşan hammaddeler burada karıştırılıp öğütücüden geçirilerek homojen tane iriliğindeki karışım ekstrudere verilir. Pişen ve son şeklini alan ürün % 10 neme kurutulup, soğutulduktan sonra elenir, yağ ile kaplanır ve ambalajlanır.

## C. ENDÜSTRİYEL ÜRÜNLER ÜRETİMİ

Gıda maddesi ve hayvan yemi dışında kalan ekstruzyonla üretilmiş ürünlerdir. Bunların başında jelatinize nişasta gelmektedir. (Yüksek nem, düşük sıcaklıkta orta derecede, düşük nem yüksek sıcaklıkta yüksek derecede jelatinizasyon sağlanır). Hububat unu veya nişastaları değişik jelatinizasyon derecelerinde kağıt sanayiinde yapıştırıcı yapımı, sondaj çamu-



Şekil 1, 2 ve 3. Ekstrüzyonla işleme yöntemi ile gıda, yem ve endüstriyel mamuller üretimi (R. E. Horn ve J. C. Gronikowski, 1979).

runun viskozite ayarlanmasında, dökümcülükte kalıp tutucusu gibi değişik amaçlarla kullanılır. Şekil 3'de bunun örneği görülmektedir. Bu sistemde genellikle tek bir hammadde kullanıldığından karıştırıcı ve öğütücü yoktur. Ekstruderde işlenen madde kurutulmaz sadece soğutulur. Çünkü genellikle % 20 nemli hammadde işlenir, ve madde ekstruderden çıktığı anda ve öğütme sırasında nem kaybederek son ürünün nem miktarı % 12'nin altına düşer. Soğutulmuş madde bir veya iki değirmenden (genellikle çekiçli değirmen) geçirilerek istenilen tane iri-

liğine inceltilir (Horn ve Bronikowski, 1979).

Sonuç olarak; Bilinen tüm termal gıda işleme yöntemlerine oranla üretim maliyetlerinin daha düşük olması (enerji dahil), hammadenin tamamını en iyi şekilde değerlendirebilmesi ve çok yönlü olması, ekstrüzyon yöntemiyle işlenen gıda maddeleri miktarının her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Özellikle hububatı ve protein kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirerek besleyici değeri yüksek gıdalar üretmesi açısından gelişmekte olan ülkeler

İçin çok yararlı bir teknoloji olan ekstruzyonla gıda işleme tekniği henüz ülkemiz için yeni bir teknolojidir.

Nitekim bu sene, çerez tipi bir mısır ürünü üretilmeye başlanmıştır. Dileğimiz ulusal beslenmemize ve ihracaatımıza katkısı olabi-

lecek bu teknolojinin ülkemize yerleşip yaygınlaşması ve hububata dayalı besleyici değeri yüksek yeni gıda maddeleri üretimi yanısıra bazı (geleneksel) gıdalarımızda bu yöntemle daha kaliteli ve daha ucuza üretilmesinin gerçekleşmesidir.

#### KAYNAKLAR

1. Bain, B.K. 1979. Extrusion Today. Cereal Foods World 24 (4), p. 136.
2. Faubion, J.M., Hosney, R.C. and Seib, P.A. 1982. Functionality of Grain Components in Extrusion. Cereal Foods World 27 (5) p. 212.
3. Harmann, D.V. and Harper, J.M. 1974. Modeling a Forming Food Extruder. Journal of Food Science Vol. 39, p. 1099.
4. Harper J.M. and Jansen G.R. (ed.) 1976. Low Cost Extrusion Cookers. International Workshop Proceedings LEC Report I. Colorado State University Fort Collins., Colorado.
5. Hauck, B.W. 1980. Marketing Opportunities for Extrusion Cooked Products. Cereal Foods World 25 (9), p. 594.
6. Horn, R.E. and Bronikowski, J.C. 1979. Economics of Extrusion Processing. Cereal Foods World, 24 (4), p. 140.
7. Matz, S.A. 1976. Snack Food Technology. AVI Pub. Co. Inc. West port, Connecticut.
8. Smith, O.B. 1976. Why Extrusion Cooking. Cereal Foods World 21 (1) p. 4.
9. Straka, R. 1985. Twin and Single - Screw Extruders for the Cereal and Snack Industry. Cereal Foods World. 30 (5), p. 329.
10. Tribelhorn, R.E. and Harper J.M. 1980. Extruder - Cooker Equipment. Cereal Foods World 25 (4) p. 154.
11. Williams M.A. 1977. Direct Extrusion of Convenience Foods. Cereal Foods World 22 (4), p. 152.
12. Yıldız, F. 1985, Extrusion Cooking Systems and Textured Vegetable proteins. Gıda Dergisi 10 (3) p. 137.