

## GIDA ENDÜSTRİSİNDE EKSTRUZYONLA PİŞİRME TEKNİĞİ

### EXTRUSION COOKING TECHNOLOGY ON FOOD INDUSTRY

Zeliha YILDIRIM<sup>1</sup>, Recai ERCAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, Ankara

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

**ÖZET:** Ekstruzyonla işleme teknolojisi geniş bir uygulama alanına sahiptir ve son yıllarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu teknolojinin uygulama alanlarından birisi de gıda işleme endüstrisidir. Bu teknikle, yüksek kaliteli ve çeşitli olarak daha fazla sayıda ürün üretilmektedir. Bu çalışmada; ekstruzyonla işleme teknolojisinin esasları, kullanım amaçları; kullanılan ekstruder sistemleri, özellikleri, avantajları ve dezavantajları açıklanmıştır.

**SUMMARY:** Extrusion cooking technology has got widening group of industrial applications and has been used extensively during recent years. One of the industrial applications of this technology is also food process industry. With this technology; products with high quality and any number of variety are produced. In this study, principles, usage aims of extrusion cooking technology; extruder systems, their specifications, advantages and disadvantages were described.

#### GİRİŞ

Gıda maddelerinin çoğu endüstriyel olarak değişik tekniklerle işlenebilmelidir. Bu tekniklerden biriside ekstruzyonla işleme teknolojidir. Oldukça yeni bir teknik olan ekstruzyon işlemi kısaca yoğurma, ısıtma ve kesme gibi değişik şartlardan biri veya bir kaçının kombinasyonu ile ingredientlere şekil vermek ve/veya pişirmek için dizayn edilen başlıktan gıda materyalinin dışarı çıkmaya zorlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu silindirik içinde ürün, nişastalı komponentlerin jelatinizasyonu, proteinlerin denaturasyonu, elastik komponentlerin gerilmesi, son ürünün oluşması ve ekstrudatın ekzotermik olarak genişlemesi sonuca son şeklini almaktadır. İp, ince boru, şerit halka gibi şekiller alan ürün daha sonra istenilen uzunluklarda kesilmektedir. Ekstruzyonun ana amacı temel ingredientlerden farklı şekillerde, yapılarda, renklerde ve flavorlarda çeşitli ürünler üreterek diyetdeki gıdaların çeşitliliğini artırmaktır. Ekstruzyon ile pişirme mikrobiyel kontaminasyonu azaltan ve enzimleri inaktivite eden bir yüksek sıcaklık kısa süre (HT/ST) prosesidir. Hem sıcak hemde soğuk ekstrude gıdaları koruma metodlarının amacı ürünlerin su aktivitesini düşürmektir (MATZ 1976; FAUBION 1982; YILDIZ 1985; POMERANZ 1986; TANJU ve SÜMBÜL 1986; HAUCK 1994).

İlk gıda ekstruderlerin yapımında piston ve tulumbanın kullanımı esas alınmıştır. Başlıktan yumuşak gıdanın geçmeye zorlanması ile kesme işlemi için kullanılan basit vidalı tip ekstruderler gıda endüstrisinde vidalı ekstruderlerin ilk uygulamasıdır. İtalya'da 1930'ların ortasında makarna ürünleri için tek vidalı ekstruderler kullanılmaya başlanmıştır. Aynı dönemlerde benzer ekstruderler Amerika'da kahvaltılık hububat üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Kabartılmış mısır çerezleri için ekstruderler Adam Corporation tarafından 1946'da ticari olarak geliştirilmiştir. Gıda endüstrisinde çift vidalı ekstruderlerin kullanımı 1970'lerde başlamıştır (YACU 1994).

Endüstriyel olarak üretilen gıda maddelerine ekstruzyon tekniği ile istenen tekstürler, şekiller, yoğunluk ve rehidrasyon karakteristikleri kazandırılmaktadır. Ekstruzyon işleminin yapıldığı en eski gıda uygulama alanlarından birisi olan makarna endüstrisini et analogları, şekerli mamuller, nişasta türevleri, bebek mamaları, tekstüre edilmiş bitkisel proteinler, kahvaltılık hububatlar, çerezler, yemeye hazır gıdalar, kuru çorba karışımları, içecek tozları gibi daha yeni ürünlerin üretimi takip etmiştir. Bunun yanında yem endüstrisinde kısmen jelatinize edilmiş nişastaca zengin komponentler, pet gıdaları gibi eski uygulamalarla bezelyelerden elde edilen düşük enzim aktivitesine sahip yem, balık yemi ve fermentasyon işlemlerinin atığı olan biomassdan proteince zengin komponentlerin üretimi gibi daha yeni uygulamalardan söz edilebilmektedir (MATZ 1976; YILDIZ 1985; van ZUILICHEM 1986).

Önceleri nişastaları jelatinize etmek için ekonomik bir metod olarak geliştirilen ekstruzyon pişiricileri son yıllarda diğer endüstriyel pişirme metodlarının tersine; azalan üretim maliyetleri yanında kapasite artışı ile birlikte geniş bir gıda grubunu işlemek için geliştirilmektedirler (YILDIZ 1985). Ekstruzyonla işlenmiş gıdalar; toplum ihtiyaçlarını veya spesifik bir ihtiyacı karşılamak için geliştirilmiş ürünlerdir. Bu ihtiyaçlar şöyle özetlenebilir:

1. Bebek mamaları gibi spesifik gereksinimleri karşılamak için geliştirilmiş gıdalar,
2. Beslenme dengesi ve yüksek oranda biyolojik kullanımına ihtiyaç duyulan gıdalar,
3. Uzun bir raf ömrüne sahip olan pastörize gıdalar,
4. Gıdaların termal işlemler sırasında karşı karşıya kaldıkları besin kaybının azaltılması,
5. Üretim maliyetlerinin düşürülmesi,
6. Gıdaların hazırlanmasında kullanılan ingredientlerin veya ürünlerin spesifik tekstürlerini veya fonksiyonel karakteristiklerini geliştirilmesi,
7. Üretim hattında çok yönlülüğe duyulan ihtiyaçtır.

### EKSTRUZYON İŞLEMİ

Ekstruzyon mekanizması uç kısmında şekillendirmenin yapıldığı bir kalıp bulunan silindir bir gövdeden oluşan basit bir piston olarak değerlendirilebilir. Materyal silindire yüklenir, piston kalıpta bir basınç yaratmak amacıyla ileri doğru itilir ve materyal böylece kalıptan çıkar. Sonuç olarak, istenen şekilde bir ürün elde edilmektedir. Ekstruzyon işlemi silindir içindeki pistonun yerini vidanın almasıyla sürekli hale getirilmiştir. Bu vidalı ekstruzyonda materyal giriş oluğuna itilir ve vida ile ileri doğru taşınır. Materyal, yani ekstrudat başlığa doğru yaklaşır. Bu sırada silindir içindeki basınçta ve sıcaklıkta önemli artışlar meydana gelmektedir. Silindir sonuna yerleştirilmiş olan başlık sayesinde de istenen şekilde bir ürün elde edilmektedir (YACU 1994). Giderek artan oranlarda ve daha çok sayıda gıda uygulamalarında kullanılmakta olan gıda ekstruderleri iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

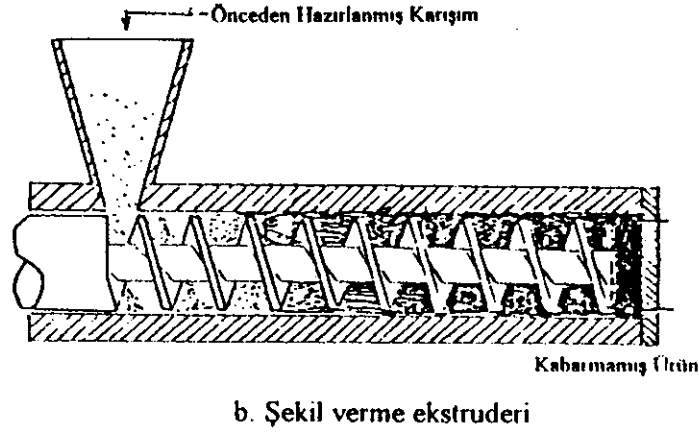
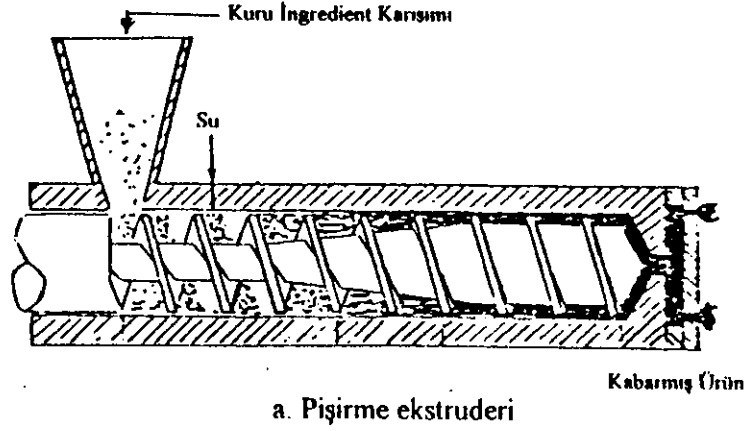
#### a. Şekil verme ekstruderleri,

#### b. Pişirme ekstruderleridir (şekil 1a, 1b).

Şekil verme ekstruderleri kesme gücü düşük olan ekstruderlerdir. Bunlar esas olarak ürüne minimum enerji girişi ile peletler oluşturmak için kullanılmaktadırlar. Uygulama alanları makarna ürünleri, soğuk şekil verilmiş çerez ve kabarmamış önceden pişmiş peletlerdir. Vidalar basınçsızdır ve bunlar derin dişlere ve düşük vida hızlarına (50 rpm) sahiptirler. Pişirme ekstruzyon uygulamaları genellikle ceketli silindir boyunca ısı akışı veya viskoz ısı dağılımı ile hazırlanan ürüne önemli miktarda ısı girişinin sağlandığı orta ve yüksek kesme gücü olan ekstruderlerde yapılır. Bu ekstruderlerde vida derinliği az ve vida hızı yüksektir (150-500 rpm). Bunlar kabarmış ürünler oluşturmanın yanında pişirme içinde kullanılır (MATZ 1976; YACU 1994).

Basit bir şekilde ifade edildiğinde, yatay bir silindir içinde dönen sonsuz bir vidadan ibaret olan ekstruderler, normal olarak hammadde besleme, pişirme ve şekillendirme işlemlerini tek bir vida ile yapabilmektedirler (TANJU ve SÜMBÜL 1986). Ancak ekstruzyonla pişirme tekniği için geliştirilmiş pek çok ekstruder sistemi vardır. Bunların en önemlileri Şekil 2'de gösterilmiştir (WIEDMAN ve STROBEL 1986).

Gıda endüstrisinde pişirici ekstruderler olarak kullanılan çift vidalı ekstruderlerin büyük çoğunluğu iç içe geçen ve aynı yönde dönen tiplerdir. Bu çift vidalı ekstruderler farklı yönde dönen ekstruderlerden daha yüksek hıza sahiptirler ve mekanik enerjiyi daha iyi bir şekilde termal enerjiye dönüştürürler. Aynı yönde dönen çift vidalı ekstruderler akış kanalları arasındaki merkezi temastan dolayı farklı yönde dönen ekstruderlerden daha iyi karıştırma yeteneğine sahiptirler. Farklı yönde dönen çift vidalı ekstruderler de iç içe geçen ve ters helezonlarla oluşturulan kapalı "C" şeklindeki haznelardan dolayı daha iyi pompalama yeteneğine sahiptirler (ARTIK 1987; van ZUILICHEM 1994; SUTHERAWATTANANONDA 1994). Aynı yönde dönen ekstruderler daha yüksek kaliteli ürünler meydana getirebilirler ve farklı gıdaların üretiminde büyük bir esnekliğe sahiptirler. Farklı yönde dönen çift vidalı ekstruderler yüksek basınç oluşturmalarından dolayı düşük viskoziteli mamullerin üretiminde kullanılmaktadırlar. Kesme oranı ve yoğurma kısıtlamalarından dolayı diğer genel gıda ekstruzyon uygulamalarının kullanımında tercih edilmezler (HAUCK 1994).



Şekil 1. Gıda endüstrisinde kullanılan pişirme ve şekil verme ekstruderleri

Tek Vidalı Ekstruser	Çift Vidalı Ekstruder (Birbiri ile temas eden)	Çift Vidalı Ekstruder (İç içe geçen)
Azalan Dış Aralığı 	Aynı Yönde Dönen 	Aynı Yönde Dönen 
Artan Burgu Çapı 	Farklı Yönde Dönen 	Kendini Temizleyen 
Yivli Silindir 		Kısmen Kendini Temizleyen 
Konik Silindir 		Farklı Yönde Dönen Silindirik 
Değişen Çivili Tip Vida 		Farklı Yönde Dönen Konik 

Şekil 2. Ekstruzyon sistemleri

Tek vidalı ekstruderlerle üretilen ürünler de tamamen pişmiş düşük yoğunlukla mısır çerezlerinden makarnalara şekli vermeye kadar büyük bir çeşitlilik gösterir. Tek vidalı ekstruderlerden artan burğu çapı ile dizayn edilenler en yaygın kullanılan tiplerdir. Ancak bunlar sınırlı miktarda beslenebilme, zayıf karıştırma gücüne sahiptirler ve pişmiş ürün kurutulduğu zaman vida yüzeylerinde sertleşme eğilimindedirler. İçice geçen çift vidalı ekstruderler daha iyi karıştırma yaparlar. Ancak daralan konik dizayn sistemi basit vida şekline izin vermediği için bu ekstruderler kendini temizleyen ve silindirik tipte olmalıdır. Aynı yönde dönen vidalar çok iyi karıştırma yeteneğine ve kısa zaman aralığında homojen bir ürün elde etme yeteneğindedir (WIEDMAN 1986; HAUCK 1994).

Tek vidalı ekstruderlerin çoğu besleme kısmında tıkanma problemlerinden kaçınmak amacıyla tam olarak beslenemezler. Bu nedenle ekstruder verimi besleme bölümü ile belirlenmektedir. Bazı ekstruderlerde de silindir ile materyalin sürtünme özelliklerini artırmak amacıyla taşınmayı kolaylaştırmak için yivli silindir kullanılmaktadır.

Pişirme ekstruderlerinde ekstradat dışarı çıktığı anda üstündeki basıncın kalkması nedeniyle bünyesindeki aşırı kızgın buharın büyük bir kısmının bünyeden biranda ayrılması ile hamur birdenbire kabarak genişlemektedir. Hacim artışı ekstradat dışarı çıktıktan sonra meydana gelmesine rağmen, bu olay kalıp dizaynı, işlemin yapıldığı sıcaklık derecesi ve rutubet miktarından da etkilenmektedir (TANJU ve SÜMBÜL 1986; YACU 1994).

Yapılan araştırmaların çoğunda aynı yönde dönen çift vidalı ekstruderler kullanılmaktadır. Çift vidalı ekstruderler çok yönlülükleri nedeniyle gıda uygulamalarında önemli bir yere sahiptirler. Bu sistemle mevcut ürünlerin kalitesi geliştirilmekte, ham madde seçimi genişletilebilmekte, rutubet/yağ oranından dolayı işlem parametrelerinde değişiklikler yapılabilmekte ve birden fazla işlem bölgesi gerektiren yeni ürünler üretilebilmektedir (ARTIK 1987; YACU 1994).

Çift vidalı ekstruderler genel olarak şu kısımlardan oluşmaktadır;

- a. Ham maddenin atmosfer basıncında, uygun ve dikkatli bir şekilde kontrol edilen sıcaklıklarda (65-100°C) buharla ön tavlama,
- b. Rutubetin uniform uygulanması,
- c. Uygun sıcaklıklarda (85-110°C) hububat veya nemlendirilmiş yağlı tohumun yoğrulması için dizayn edilmiş ekstruder toplayıcısı,
- d. Çok kısa zaman periyodunda (12-20 saniye) istenen yüksek sıcaklığa (115-175°C) ekstruderin konik kısmında hamur sıcaklığının yükseldiği kısım,
- e. Başlık kullanımı ile hamura istenen şeklin verilmesi,
- f. Kabaran hamurun istenen uzunlukta parçalara kesen kısım (MATZ 1976; YILDIZ 1985; POMERANZ 1986).

Bazı ekstrude gıdalar (örneğin tekstüre edilmiş soya proteinleri) kurutma ve soğutma işlemlerinden önce yağ öğütme cihazından geçirilirler. Plaka halindeki kahvaltılık hububatlar, ekstruzyonla pişmiş ve soğutulmuş ekstradat bezelye büyüklüğünde toplar halinde kesildikten sonra kurutmadan önce ekstradat hala rutubetli ve esnek olduğu için su ceketli valslerde plaka haline getirilerek yapılır. Ekstruzyon işleminde sonra tüm ürünler tünel tip kurutucu ve soğutucudan geçer. Bazende ürüne aroma vermek amacıyla uygun bir aroma vericiden ekstradata kuru-toz aromalar veya solüsyon ve emülsiyon halinde sıvı aromalar uygulanır. Değişen teknikler şekerle kaplanmış kahvaltılık hububatlar veya çerezler için geliştirilmektedir. Pekçok ekstrude üründe kuru ekstradatın valsli değirmen veya kırma değirmeni ile öğütülmesiyle önceden pişirilmiş un veya granüle indirgenebilir. Ekstruderler birkaç konfigürasyonda olabilir. Bunlar buhar basınçlı olabildiği gibi materyallerin vida boyunca ilerlemesi sırasında basınç ve sıcaklığın dereceli olarak artmasını sağlayan buhar enjeksiyon sisemli de olabilmektedirler. Bunlar yüksek sıcaklıkta kısa sürede çalışan (HT/ST) ekstruderlerdir. Buharla ön tavlama bazıları için istenmektedir. Fakat tüm ekstruzyonla pişirilmiş ürünler için gerekli değildir. Bu nedenle ekstruderler üretim hattına bağlı olarak buhar tavlama ve tavlama olarak üretilir (FRAIZER 1983).

Pişirme ekstruzyon uygulamalarının çoğunda ekstruderin kapasitesini sınırlayan ana faktör ürüne yeterli miktarda enerji girişini sağlamaktır. Buharla ön tavlama yaparak besleme ingredientlerinin sıcaklığını yükseltmek spesifik ürün sıcaklığına ulaşmak için ekstruderde gerekli olan toplam enerji miktarını azaltmaktadır. Besleme ingredientlerinin maksimum sıcaklığı buharın akış oranı ve kalitesi, ön tavlama

basıncı ve kalış süresine bağlıdır. Atmosferik basınçlı ön tavlayıcılar için maksimum sıcaklık 100°C'dir. Ürüne giren toplam enerjiye bağlı olarak buharla ön tavlama bazı durumlarda ekstruder randımanını % 100'den daha fazla artırabilmektedir. Buhar ekstruder silindirine doğrudan doğruya da enjekte edilebilir, böylece üretim kapasitesinde daha fazla artış sağlanabilir. Uygun vida konfigürasyonu ile de besleme kısmına buharın geri akışı önlenir. Buharla ön tavlamanın veya buhar enjeksiyonunun ekstruder verimini artırmasına ilave olarak ürün kalitesi de etkilenmektedir. Buharla ön tavlama ile ekstruderde sürtünme sırasında nişastanın parçalanma düzeyi azaltılmaktadır. Bu da hamur vizkozitesinin azaltılmasının bir sonucudur ve böylece daha mekanik enerji girişi gerekmektedir. Ayrıca buharla ürüne bir miktar rutubet verilmektedir. Ancak çok düşük rutubetli gıdaların işlenmesinde, örneğin; şekerli mamüller, pratik olarak sisteme buhar ilavesi mümkün değildir (van ZUILICHEM 1994; YACU 1994).

Hamur içindeki havanın çıkarılması silindir içinde bazı aşamalarda oluşan buharın ortamdaki uzaklaştırıldığı bir işlemdir. Ekstruzyonla pişirme uygulamalarının çoğunda bu işlem atmosferik basınçta ürün sıcaklığının suyun kaynama noktasını aştığı zaman kalıpta doğal olarak meydana gelmektedir. Bu olay sırasında su buharının ortamdaki uzaklaşması ile uygulanan iç basınçtan dolayı üründe kabarmaya neden olmaktadır. Ekstruder içindeki havanın çıkışı ekstruderin başlangıç kısmında yüksek rutubette pişirme yaparken ekstruzyon sonunda düşük rutubetli bir ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Bunun yanında bazı buharlaşan bileşenlerin ortamdaki uzaklaştırılması sırasında fiziksel ve kimyasal modifikasyonların meydana gelmesi sağlanmaktadır. Ayrıca buhar evaporasyonundan dolayı oluşan ısı kaybı sırasında evaporatif soğutma da teşvik edilmektedir. Bazı uygulamalar da ise ürünün soğutulması sıcaklığı düşürmek ve ingredientlere ve istenen ürün özelliklerine bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Hava çıkışının meydana geldiği ve basıncın ortamdaki kalktığı bölge için özel bir vida ve silindir dizaynı gerekmektedir. Hamur özellikleri de bu durumlar için uygun olmalıdır. Eğer çıkış aşamasında normalden fazla bir ürün kabarması meydana gelirse, taşıyıcı vida yeterli besleme yapamayacaktır (TANJU ve SÜMBÜL 1986; YACU 1994).

### EKSTRUZYON SIRASINDA EKSTRUDAT ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Ekstruzyonla pişirme ve kabartma işlemi sırasında istenen özelliklere sahip bir ürün elde etmek için ve ürünün tekstürünü, yoğunluğunu, çözünürlüğünü ve ağızda bıraktığı hissi modifiye etmek için bazı aşamalar değiştirilebilir. Bunlar şu şekilde belirtilebilir (MATZ 1976; YILDIZ 1985):

1. Ingredientlerin ve/veya karışımların ön tavlama işlemi ve besleme metodu,
2. Rutubet uygulama noktası ve tipi,
3. Ekstrudere giren ürünün rutubet miktarı ve sıcaklığı,
4. Ekstruderin her bölgesindeki sıcaklığın kontrolü,
5. Maksimum hamur vizkozitesinin elde edildiği ekstruder noktasının kontrolü,
6. Ekstruzyon hızının kontrolü,
7. Ürün sıcaklığının maksimum ekstruzyon sıcaklığına yükseldiği periyodun kontrolü,
8. Son ekstruzyon sıcaklığının kontrolü,
9. Sistemin şekil verme ve boyutlandırma parçalarının seçimi,
10. Kurutucu ve soğutucudaki kurutma sıcaklıkları, hızı, kalış süresi ve tipinin seçimi,
11. İstenen son ürünün rutubetinin seçimi,
12. Aroma maddesi uygulama metodu ve noktasıdır.

### EKSTRUDER ÇEŞİTLERİ

Gıda sanayinde kullanılan ekstruderler birkaç şekilde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar termodinamik özelliklerine, nem durumuna ve kesme gücüne göre yapılabilir. Gıda sanayinde kullanılan ekstruderler termodinamik olarak üç gruba ayrılır (MATZ 1976; TANJU ve SÜMBÜL 1986; HAUCK1994).

**1.Otojen Ekstruderler:** Ekstruder silindirinden geçerken işlem materyalinin akışı sırasında mekanik enerjinin termal enerjiye dönüşümü ile sıcaklığı elde edildiği ekstruder tipleridir. Bu grupta ekstruder

silindirine ısı ilavesi veya uzaklaştırılması yoktur. Çerez tipi bazı gıdaların üretildiği pişirme yapan bazı ekstruderler bu gruba girmektedirler.

**2. İzotermal Ekstruderler:** Bu ekstruderler ekstruder silindiri boyunca sabit sıcaklığın sağlandığı termodinamik gruplardan birisidir. Bu sabit sıcaklık silindiri çevreleyen ceket içindeki termal akışkan sayesinde ısıtma veya soğutma yapılarak sağlamaktadır. Şekli veren ekstruderler bu gruba girmektedir.

**3. Politropik Ekstruderler:** Bu ekstruderler otojen ve izotermal ekstruderlerin çalışma koşullarından bazılarını bünyesinde toplamıştır. Sıcaklık mekanik enerjinin termal enerjiye dönüşümü ile ve silindir ceketini gibi yardımcı kaynaklarla sağlanır. Genel olarak ekstruderlerin çoğu bu sınıfa girmektedir. Çünkü ekstruderleri termodinamik olarak sınıflandırdığımızda bazı özellikleri otojen bazı özellikleri ise izotermal gruba girmektedir.

Bu ekstruderler ortam rutubetine göre de üç gruba ayrılırlar (MATZ 1976; ANJU ve SÜMBÜL 1986).

1. Yüksek rutubetli ortamda çalışan ekstruderler: Gıdanın işlenmesi sırasında ortam rutubetinin % 30-40 olduğu şekil veren ekstruderler bu sınıfa girmektedir.

2. Orta derecede rutubetli ortamda çalışan ekstruderler: Bunlar % 20-30 rutubetli ortamda gıda işleyen ekstruderlerdir. Hammaddeyi değiştiren ve yeni bir yapı kazandıran ekstruderler bu sınıfa girmektedirler.

3. Düşük rutubetli ortamda çalışan ekstruderler: % 10-20 rutubet ortamında çalışan ve çerez tipi gıda üretiminde kullanılan ekstruderlerdir.

Kabarmış ürünlerin üretiminde kullanılan pişirme ekstruderleri kullanılan kesme gücüne göre de üç farklı sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar düşük kesmeli, orta kesmeli ve yüksek kesmeli ekstruderlerdir. Bu gruptaki ekstruderlerle üretilen ürünlerin tipi ve genel karakteristikleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. Düşük, Orta ve Yüksek Kesme Gücüne Sahip Ekstruderler Arasındaki Bazı Farklılıklar

	Düşük kesme	Orta kesme	Yüksek kesme
Ürün rutubeti (%)	25- 75	15 - 30	5 - 8
Ürün yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	0,32-0,80	0,16-0,51	0,032 - 0,200
Maksimum silindir sıcaklığı (°C)	20 - 65	55 -145	110 - 180
Maksimum silindir basıncı (kg/cm <sup>2</sup> )	0 - 63	21 - 42	42 - 84
Vida çapı Yiv derinliği	3,0 - 5,3	5,0 - 8,5	8,0 - 18,0
Paralel akış kanalları	1	2	2 - 3
Vida hızı (rpm)	100 den az	100 den fazla	100 den fazla
Ürün çeşitleri	- Pasta ürünleri - Üçüncü jenerasyon çerezler - Et ürünleri - Gamlar	- Kabarmış pet gıdaları - Yarı rutubetli pet gıdaları - Tekstüre soya - Fırıncılık ürünleri	- Çerezler - Kahvaltılık hububatlar - İnce kaynayan nişastalar - Krotonlar

Orta kesmeli ekstruderler çerez olarak tüketilebilen breadingleri ve en önemli ürün grubu olarak tekstüre edilmiş bitkisel protein formlarını üretmede kullanılırken, yüksek kesmeli ekstruder grubu ise kepekli veya kepeksiz proteinle forfiye edilmiş kabarmış kahvaltılık hububatlar gibi nişasta esaslı formları, proteinle zenginleştirilmiş veya zenginleştirilmemiş kabarmış çerezler veya krotonlar gibi düşük yoğunluklu fıırıncılık mamullerinin üretiminde kullanılmaktadır. Düşük kesmeli ekstruderler ise diğer iki grup

ekstruderlerden daha az oranda kabarmış ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Şekil verici ekstruderler olarak adlandırılan bu ekstruderler orta kesmeli ekstruderde pişirilmiş kabarmış ekstrudata yeniden şekil vermek için kullanılır. Son ürün üçüncü jenerasyon çerezleri olarak bilinen sıkı şekil verilmiş ürünlerdir. Bazı ülkelerde bu ürünler çerez peleti olarak bilinmektedir. Son şekli verilmiş ürün yassılaştırmak için uygun olabilir. Üçüncü jenerasyon çerezler ekstruzyonu takiben kızartılmaktadır. Kurutma işleminden sonra ürün üretim sırasında veya tüketilmeden hemen önce kızgın yağda kızartılmaktadır. Kızgın yağda kızartma işleminden sonra üçüncü jenerasyon orijinal büyüklüğüne göre 1,5-2,5 kat kabarır. En son ürün kırılğan ve hafif bir çerezdir (MATZ 1976).

### EKSTRUZYONLA GIDA İŞLEMENİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Ekstruzyonla gıda işleme yönteminin hızla gelişip yaygınlaşması ekstruderlerin sahip oldukları birçok özellikten kaynaklanmaktadır. Bu özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz.

1. Hububatların ve nişastaların jelatinizasyonu sonucunda su absorpsiyonu büyük oranda artırmaktadır. Ayrıca jelatinize olmuş nişastaların elastikiyet, gaz tutma özellikleri, hamur karakteristikleri ve işleme sırasında gluten gelişimi gibi fonksiyonel karakteristikleri gelişmektedir. Ekstruzyonla pişme sırasında jelatinize olan nişastalar ilave edilen protein vitamin, mineral, gıda boyaları, aromalar gibi mikro ingredientlerle uniform bir şekilde tüm ekstrudata bağlar. Bu da partikül iriliği ne olursa olsun tüketicinin her ekstrude gıda alışında bu katkı maddelerini büyük oranda düzeltilebilir. Böylece, kurutulmuş bebek mamulları gibi çözünebilir veya çok yoğun kahvaltılık hububatlar gibi çignenebilir veya bunların arasında bir yoğunlukta tekstürel karakteristikler de ürünler elde edilebilir.

2. Soya ve bazı baklagil proteinlerinin işlenmesinde önemli olan gelişmeyi engelleyici inhibitörlerin inaktivasyonu sağlanır. Isıl işlem görmemiş soya proteinlerinde bulunan tripsin inhibitörünün gelişimini engellemek için ısı gereklidir. Birden fazla hammadde bir arada işlendiğinde bu tip bitkisel proteinlerle birlikte karışım haline getirilmiş hububat unu veya nişastasını da işleyerek çirşlendirir ve istenen tekstürel özellikler kazandırılır.

3. Ürün başına düşen maliyet ekstruzyonla pişirme sistemlerinde diğer bilinen endüstriyel pişirme yöntemlerine göre daha düşüktür.

4. sistemin parçaları olan pişiriciler, kurutucular ve soğutucular kolaylıkla monte edilebilir ve sökülüp temizlenebilir. Karışım içindeki farklı hammaddeleri aynı anda işleyerek mamul madde haline getirmesi hammaddenin ayrı ayrı işlenip sonra karıştırılmaları sırasında meydana gelebilecek kontaminasyon tehlikesini de asgariye indirmektedir. Toplam bakeri sayısı çok düşüktür. Böcek, larva, patojenler veya salmonellaya tavsiye edilen sanitasyon işlemlerine uyulduğu sürece rastlanmaz.

5. Eğer gereken sanitasyon işlemleri uygulanırsa ekstruzyonla pişirilmiş ürünlerin raf ömrü soğutma gerektirmeyecek kadar uzundur. Ekstruzyonla pişirme sırasında yağlarda acılaşımaya neden olan enzimler de inaktive edilir ve lipidlerin oksidasyona karşı stabiliteleri artırılır. Ekstruderler pastörizatör etkisi gösterirken lipaz enzimi inaktive edilir ve ekstrude ürünlerin raf ömrü uzatılır.

6. Ekstruzyonla gıda işleme teknolojisi çok yönlüdür. Aynı ekstruder sistemindeki parçalarda (vida, başlık v.s.) yapılabilen modifikasyonlarla tek bir ürün sade veya proteinlerle zenginleştirilmiş olarak çeşitli çerezler, kahvaltılık hububat ürünleri, çorbaklıklar, bebek mamaları, tekstüre edilmiş bitkisel proteinler gibi çok çeşitli ürünler üretilebilir. Ürün hattındaki bu esneklik modern ekstruderlerin en önemli özelliğidir.

7. Üretimin her bir tonu için daha az sayıda işçiye ve daha az yere ihtiyaç gösterir. Sistem parçalarının dikkatli bir şekilde yerleştirilmesi işçilik gereksinimlerini büyük oranda azaltmaktadır.

8. Ekstruderler şekil, tekstür, boyut, yoğunluk, rehidrasyon oranları ve rehidrasyon karakteristikleri açısından çok geniş bir aralıkta ürünler üretebilir. Hammadde olarak tek bir madde veya değişik karışımlar bir arada kullanılabilir.

9. Yüksek sıcaklıkta kısa sürede (HT/ST) çalışan ekstruzyon pişiricileri protein kalitesine zarar vermeden ve minimum vitamin kaybı ile bitkisel proteinleri pişirebilir.

10. Ekstruderler çok sayıda ingredienti pişirebilir. Bunlar değişik hububatların unları, yağlı tohum ve baklagil proteinleri, yaş öğütülmüş nişastalar, kök karbohidratlarının dehidrate edilmiş unları, yağsız bitkisel proteinleridir (soya, yerkıstığı, keten tohumu, kurutulmuş hindistan cevizi içi v.s.). Yumurta

proteinleri, balık proteinleri ve et proteinleri yukarıdaki ingredientlere kuru veya sulu formda ekstruzyonla pişirmeden önce ilave edilebilir. Karışımın HT/ST ekstruzyonla pişirilmesi sırasında sentetik amino asitler ilave edilebilir. Pek çok aroma maddesi HT/ST ekstruzyonla pişirme sırasında stabil kalır. Fakat bazı aromalar da buharlaşabilir nitelikte olduğu için ekstruzyondan ve kurutmadan sonra yağ emülsiyonunda tutulmalıdır.

11. Mühendislik bilgisi gerektiren bu tip gıdalar endüstrileşmiş toplumlarda hızlı bir şekilde gelişen üretim sektörüdür.

12. Ekstruderler çevre kirlenmesine neden olabilecek herhangi bir atık su veya ekolojik zararlı madde meydana getirmemektedir.

13. Üretim kapasiteleri çok yüksektir. Üretimin her bir tonu için bilinen pişirme metolarına göre daha az toplam enerji gerektirir (YILDIZ1985; POMERANZ 1986; TANJU ve SÜMBÜL 1986).

Her gıda işleme metodunda olduğu gibi, ekstruzyonla pişirmenin de avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Bunlar;

1. Ekstruzyon sistemleri yalnızca un veya granüler materyalleri işleyebilirler. Taneler veya yağlı tohumlar bütün halde ekstruzyon sistemine katılabilirler, ancak bu durumda yüksek kesme gücüne sahip bir öğütücü sisteme dahil edilmelidir. Bunun sonucunda pişirme etkinliği, kapasite ve tekstürel çok yönlülükte azalma meydana gelir.

2. Süt proteinleri içeren karışımlar uygun ekstruzyon sıcaklık aralığının 1/3 daha azında pişirilmelidirler (Proteinlerin optimum biyolojik kullanımı için en uygun sıcaklık aralığı 100-135°C'dir.). Bazı gıdalarda aromaya katkıda bulunmasına, rağmen yüksek sıcaklıklarda malzeme reaksiyonu meydana gelebilir.

3. Pamuk tohumu çigindinde bulunan gossipolü parçalamak veya bağlamak henüz başarısızdır.

4. Bazı mikroenkapsülenmiş vitaminler HT/ST ekstruzyonla pişirmeden önce hammaddeye karıştırılabilir ve uygulanan yüksek sıcaklıklarda süreden dolayı (12-20 saniye) vitaminlerde çok az kayıp meydana gelir. Fakat vitamin C gibi bazı vitaminler işlem sırasında fazla miktarda kayba uğrar. Bunlar pişirme ve kurutma aşamalarından sonra dışarıdan uygulanabilirler (YILDIZ 1985).

Sonuç olarak; ekstruzyonla gıda işleme yöntemi geleneksel olarak yapılan gıda işleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha üstün niteliklere sahip, çeşit olarak daha fazla sayıda, maliyeti düşük ürünler elde edildiği ve hammaddenin daha iyi bir şekilde değerlendirildiği ve çok yönlü bir sistem olduğu için gıda endüstrisinde giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle hububat ve protein kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirerek besleyici değeri yüksek gıdalar üretilmesini sağlayan yeni bir teknoloji olması gıda endüstrisindeki yerini sağlamlaştırmaktadır.

## KAYNAKLAR

- ARTIK, N., 1987. Ekstruder İle Pişirme Yönteminin Gıda Bileşim Öğeleri Üzerine Etkisi. Gıda Dergisi 12(2): 129-141.
- FAUBION, J.M., R.C. HOSENFY and P.A. SEIB, 1982. Functionality of Grain Components in Extrusion. Cereal Foods World 27(5): 212.
- HAUCK, B.W., 1994. An Overview of Single Screw Cooking Ekstruder. The Center for Professional Advancement.
- MATZ, S.A., 1976. Extruding Equipment Snack Food technology. AVI Publication co. Inc. West Port Connecticut, 203-213.
- POMERANZ, Y., 1986. Extrusion Products. In Modern Cereal Science and Technology. VCH Publishers, 453-463.
- SUTHERAWATTANANONDA, M., M. BHATTACHARYA, W.MOORE and R.G. FULCHER, 1994. Differences in Physical Properties and Microstructure of Wheat Cultivars in Extrusion Qualities. Cereal Chemistry 7(16): 627-631.
- TANJU, S. ve Y.SÜMBÜL, 1986. Gıda Sanayiinde Ekstruzyonla İşleme Teknolojisi. Gıda Dergisi, 11(2): 89-94.
- van ZUILICHEM, D.J. and W.STOLP, 1986. Survey of the Present Extrusion Cooking Techniques in the Food and Confectionery Industry. Extrusion Technology for the Food Industry. In C. O'connor Elsevier Applied Science, London and New York, 1-15.
- van ZUILICHEM, D.J., 1994. Confectionery and Extrusion Cooking Technology in Heat Processing for Food Industry. International Course on Food Processing 4th Quality Assurance and Marketing in Food Processing Enterprises. International Agricultural Centen Wageningen, The Netherlands.
- WIEDMAN, W. and E.STROBEL, 1986. Processing and Economic Advantages of Extrusion Cooking in Comparison with Conventional Processes in the Food Industry. Extrusion technology for the Food Industry. In C. O'connor Elsevier Applied Science, London and New York, 132-169.
- YACU, A.W., 1994. Thermoplastic and Food Extrusion General Introduction, APV Baker Inc.
- YILDIZ, F., 1985. Extrusion Cooking System and Textured Vegetable Proteins. Gıda Dergisi, 10(3): 137-147.