

## **8 Ürün İşleme Makinaları**

Bugün ülkemizin ürün işleme ve değerlendirme tekniği konusunda ulaştığı düzey, bazı ürünler için oldukça yüksek olmasına karşın, bazı ürünler için arzu edilenden çok daha düşük olduğu görülür. Bu durum, bitkisel üretim açısından ele alındığında ürünün tohumluğundan, işleme tesisi yeri seçimi ve değerlendirmesine kadar geçen tüm aşamalar için geçerlidir. Gelişme çabası içerisinde olan ülkemizde el emeğinin daha verimli hale getirilerek, dışarıya yönelik ürünlerimizin kalite ve standardını yükseltmek için ürünlerin hasat öncesi ve sonrası işlemlerinin bilimsel veriler üzerine oturtularak değerlendirilmesi gerekmektedir. Tarım ürünlerinin tüketime yönelik olarak ekonomik önemi arttıkça bunların üretimi, işlenmesi, korunması ve tüketiciye sunumu için modern teknoloji kullanımı da zorunlu hale gelmektedir. Özellikle tüketime yönelik ürünlerin istenilen standartta ve kalitede pazara sunumu, son yıllarda ciddi boyutlara ulaşan çevre kirliliği ve bunun etkilerini de dikkate alarak, bu ürünler hakkında farklı boyutlarda araştırma yapılmasını gündeme getirmiştir.

Tarım ürünlerinde nitelik , ürün ya da ürünlerin mükemmellik derecesi olarak ifade edilir (Essex ve Finney, 1961). Diğer bir tanım ise, her bir ürünün birbirini oluşturan farklı karakterlerinin bileşenlerinin, alıcı tarafından kabul edilir olmasıdır. Öncelikli olarak ayırma ve sınıflandırma yapıldıktan sonra tarımsal ürünlerde kalite kavramı temelde üç grup altında toplanmıştır. Bunlar renk, tad ve yapıdır. Ancak genel anlamda kalite kavramı fiziksel özelliklerin optimize edilmiş değerleri olarak kabul edilmelidir.

Tarım ürünleri bir çok kriterler esas alınarak temizlenme ve sınıflandırılmalarına rağmen ağırlıklı olarak;

- Fiziksel özelliklerine,
- Mekanik özelliklerine,
- Isısal özelliklerine,
- Elektriksel özelliklerine ve
- Optik özelliklerine göre yapılmaktadır.

Diğer yandan, gıda maddelerinin ekonomik öneminin artması ile birlikte bunların işlenmesi ve mamul hale getirilmesi için gerekli olan

teknolojinin karmaşıklığı, ürünlerin temel özelliklerini yukarıda sayılan kaba başlıkların ötesinde, detaylı olarak bilmeyi zorunlu kılmaktadır.

### **8.1 Fiziksel Özellikler**

Tahıllar, meyveler, sebzeler ve çeşitli hayvansal ürünlerin fiziksel özelliklerinin tanımlanması, bu ürünlerin yığma ya da katı yoğunlukları dikkate alınarak saptanan özellikleri olarak akla gelmelidir. Bu özellikler bazı özel makina tasarımları için birer mühendislik parametresi olarak kabul edilmektedir. Örneğin, hasat edilmiş patatesin içerisinde bulunan taşın ayıklanması için tasarlanabilecek bir ayırma makinasına etkili olacak fiziksel parametreler Çizelge 8.1'de verilmiştir (Mohsenin, 1980). Çizelge 9.1 dikkatli incelendiğinde, hangi yöntem için hangi özelliğin etken olduğu görünmektedir. Burada; biçim, hacim, yoğunluk, yüzey alanı, gözeneklilik (porosite), renk ve görünüm gibi bazı fiziksel özellikler, makina ve yöntemin seçiminde birer temel parametredir. Bunlardan, biçim ve boyutlar fiziksel bir nesnenin ayrılmaz bir özelliğidir ve bir nesneyi tanımlamak için bir anlamda zorunludur. Bu parametreler ikili boyutsal sistem içerisinde ele alındığında aşağıdaki ilişki kurulabilir.

$$F = f(a, b, c, d, \dots) \quad 8.1$$

Burada a; biçim ve b; boyutları gösterirse, herhangi bir işlemin sadece bu iki boyuta bağlı olmadığı aynı zamanda yönlendirme (c) ve sıkışabilirlik (d) gibi faktörlerin de bir fonksiyonu olduğu, hatta bunu amaca bağlı olarak çoğaltmanın da olası olduğu bildirilmektedir (Mohsenin, 1980; Stkei, 1986).

Çizelge 8.1. Patatesin Taştan Ayrılmasında Kullanılan Yöntemler ve Etkili Parametreler (Mohsenin,1980).

| Yöntem/Etkili özellik                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tuzlu suda yüzdürme                  | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Ağırlık etkili elek                  | + | + | + |   |   |   |   |   |
| Lastik kaplı elek                    | + | + |   |   |   |   | + |   |
| Döner fırça üzerine düşürme          | + | + | + |   |   |   | + |   |
| Döner ahşap üzerine düşürme          |   |   |   | + |   |   | + |   |
| Titreşimli eğimli lastik üz. Düşürme | + | + | + | + | + |   | + |   |
| Eğimli yada ondüleli las. üz.düşürme |   |   |   | + |   |   | + |   |
| Eğimli taşıma kayışı                 |   |   |   | + | + |   | + |   |
| Döner ayırıcılar                     |   |   |   | + | + |   | + |   |
| Yatay hava kanalına                  |   |   | + |   |   | + | + |   |
| Düşey hava kanalına                  | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Parmaklı ayırıcı kullanma            |   |   |   |   |   |   |   | + |

1-Özgül ağırlık, 2-Boyutlar, 3-Ağırlık, 4-Esneklik, 5-Yuvarlanma direnci, 6-Hava direnci, 7-Şekil, 8-Sertlik

### 8.1.1 Geometrik Şekillerine Göre Ayırma

Tarım ürününü tanımlayacak temel bilgi, geometrik özelliklerinin bilinmesine bağlıdır. Geometrik özelliğin saptanmasında, doğrudan gözlem yapmanın önemi büyüktür. Özellikle yapılacak teorik hesaplamalar için geometrik biçimin çok basit bir şekilde seçilmesinde büyük yarar vardır. Bunlardan, küre ya da silindir şekillerinin bileşimi ya da elips şekillerinin tercih edilmesi teorik yaklaşımı daha da kolaylaştıracaktır. Genel olarak tarımsal ürünlerde birbirine dik üç eksen takımına göre temel boyutların alınması esastır. Bu boyutlar ise *uzunluk, genişlik ve kalınlıktır*. Bazı ürünlerde kalınlık ve genişlik tek bir boyuta indirgenebilir. Bu farklı şekilli taneler eğik yüzeyler üzerinde birbirinden ayrılabilirler. Bu ayırmada yine sürtünme katsayısı rol oynar. Ancak oval ve yuvarlak tohumlar için *yuvarlanma sürtünmesi* etken iken diğer şekilli yüzeylere sahip ürünlerde *kayma sürtünmesi* etken olabilir. Yuvarlanma sürtünmesi, kayma sürtünmesinden

çok daha az olduğu için bu tip ayrımlarda ağırlıklı olarak kayma etkin olarak gözükmektedir. Bu nedenle ürünlerin başlangıçta şekil özelliklerinin bilinmesi sınıflandırma ve ayırma açısından son derece önemlidir.

Bu tip çalışmalarda biçim ve şeklin belirlenmesi çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır. Örneğin bir paketleme tesisinde paketleme kabının ne kadar ürün alacağı kolaylıkla bulunabilmektedir. Burada paketleme katsayısı paketlenen materyal hacminin ( $V_m$ ), toplam hacme ( $V_t$ ) oranı olarak ifade edilmektedir. Yani;

$$P_k = \frac{V_m}{V_t} \quad 8.2$$

olarak alınabilir.

Eğer paketlenen ürünün biçimi küresel olarak kabul edilirse, paketleme katsayısı teorik olarak ayrıca hesaplanabilmektedir.

Ürünler, düzenli ve düzensiz geometrik şekle sahip olmak üzere iki grup altında toplanmıştır. Bu toparlamada yapılan tanımlamalardan bazıları aşağıdaki gibidir :

| <b><u>Biçim</u></b> | <b><u>Tanımlama</u></b>  |
|---------------------|--------------------------|
| Yuvarlak            | Yaklaşık küresel         |
| Obleyt              | Kutupları yassılaştırmış |
| Oblong              | Dikdörtgen şeklinde      |

Ürün işleme tekniği açısından önemli bazı tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

### **Yuvarlaklık**

Literatür verilerine göre; birden çok tanımlı yapılan yuvarlaklık aşağıdaki gibi ifade edilmektedir :

$$Y = \frac{\dot{I}_{\max}}{A_d} \quad 8.3$$

Burada;

Y= Yuvarlaklık,

$\dot{I}_{\max}$  = Materyalin en büyük izdüşüm alanı ve

$A_d$  = Ürünün daire içerisine alınmış alanıdır.

Diğer bir tanıma göre ortalama yuvarlaklık aşağıdaki gibidir (Şekil 8.1)

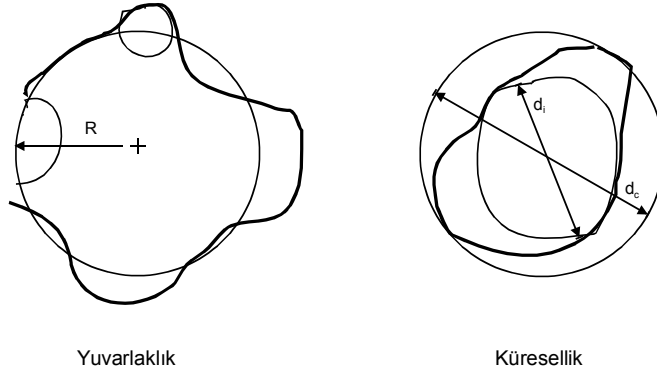
$$Y_0 = \frac{\sum r}{nR} \quad 8.4$$

Burada;

$r$ = Eğrilik yarıçapı,

$R$ = Ürün şeklinin daire içerisine alınan kısmının yarıçapı ve

$n$ = Köşe sayısıdır.



Şekil 8.1 Yuvarlaklık ve küresellik

### Küresellik

Geometrik olarak küresellik, kürenin izopermitik özelliği olarak kabul edilmektedir. Şekil 8.1'de tanımlandığı gibi ikiden fazla boyutla açıklanmaya çalışılmasına rağmen ağırlıklı olarak iki boyuta indirgenmektedir ve aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$K = \frac{d_i}{d_c} \quad 8.5$$

Burada;

$d_i$ = Benzer hacimli nesnenin oluşturduğu kürenin çapı ve

$d_c$ = Nesnenin en uzun çapı ya da değme noktasından geçen en küçük dairenin çapıdır.

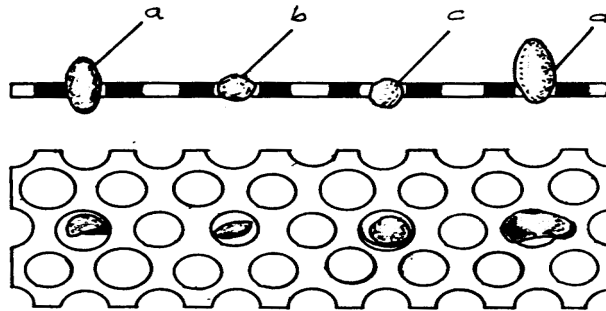
Bazı ürünlere ilişkin küresellik değerleri Çizelge 9.2’de verilmiştir.

Çizelge 8.2. Bazı Ürünlerin % K Değerleri. (Mohsenin, 1980; Öztürk ve ark., 1994)

| Ürün      | Küresellik | Ürün      | Küresellik |
|-----------|------------|-----------|------------|
| Elma (1)  |            | Şeftali   | 93         |
| Mcintosh  | 90         | Red Haven | 97         |
| Melba     | 92         | Elbarta   | 95.6 (2)   |
| Golden D. | 92         | Portakal  | 93.2       |
| Red Del.  | 92         |           | 99.3 (2)   |
| Stayman   | 90         | Greyfurt  | 95.8       |
| Rome      | 89         |           |            |

### 8.1.2 Geometrik Boyut Özelliklerine Göre Ayırma

Boyutsal ilişkiler eleme düzeneğinin tasarımı açısından önemlidir. Özellikle boyut dağılımı çıkarıldıktan sonra etkin boyuta bağlı olarak eleme düzenine karar verilmektedir. Bu nedenle sınıflandırmanın dayandırılacağı temel işlem, ortalama boyut ve buna ilişkin standart sapmanın belirlenmesidir. Sonuçta etken boyut saptandıktan sonra eleme düzeninin tipine karar verilir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda örneğin yuvarlak delikli elekler ve yuvarlanan yüzeylerin ürünlerin *genişliği* dikkate alınarak yapıldığı görülmektedir (Şekil 8.2).

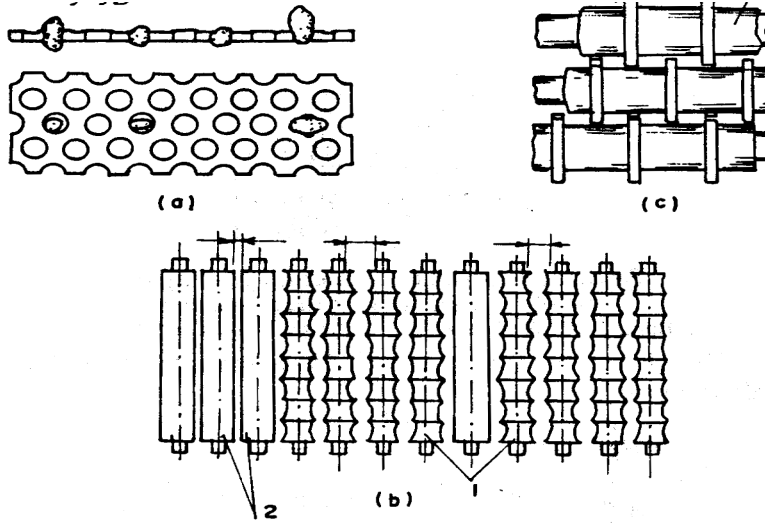


Şekil 8.2. Yuvarlak delikli elekte tane konumları

Yuvarlak elek deliğinden ancak genişliği delik çapından küçük olan taneler aşağıya geçebilir. Aşağıya geçen kısım elenmiş materyal, aşağıya geçmeyen kısım ise elenmemiş materyal olarak isimlendirilir. Burada diğer iki boyutun hemen hemen hiç bir fonksiyonu yoktur. Ancak delik çapından daha dar olan taneler ve diğer parçacıkların yuvarlak delikli bir elekten geçebilmeleri için uzun eksenlerinin elek düzlemine dik konumda bulunması gerekir. Ters durumda aşağıya geçme olasılıkları azalır. Bu konum eleğe düşey yönde titreşim vererek sağlanabilir. Ancak kimi yapısal ve işlevsel nedenlerden dolayı eleklerde yatay salınım daha çok kullanılır. Bu nedenle yulaf, çavdar ve benzeri uzun taneli ürünlerin yuvarlak delikli eleklerle genişliklerine göre ayrılma yüzdeleri düşüktür. Materyal uzunluğunun, genişliğin iki katından az olması (nohut, darı v.b.) durumunda, bu yöntemin başarısı yatay salınımlı eleklerde bile yeterli düzeydedir.

Son yıllarda ülkemizde bu konuda üretim yapan firmalar salınım işini, vibra-elektrik motorları ile gerçekleştirerek bu konuda karşılaşılan sorunları çok uygun bir şekilde çözmüşlerdir. Bu motorun özelliği farklı kademelerde, bu kademelere uygun titreşim kuvveti geliştirmesidir. Motorun üst kapağı altında bulunan bir çift eksantrik ağırlık yardımı ile (alttaki sabit, üstteki yer değiştirebilir) hem düşey hem de yatay yönde titreşim kuvveti geliştirilmektedir. Vibra-motorun yararı, selektörlerdeki klasik eksantrik bağlantıyı ortadan kaldırarak titreşimin azaltılmasını ve salınım düzeyi ayarlama kolaylığıdır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan selektörlerde ve tarar makinalarında yuvarlak delikli elekler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sınıflandırmada kullanılan yuvarlanan yüzeyler, düz ya da şekilli olabilmektedir. Ancak uygulamada daha çok bu iki şeklin bileşenine rastlanmaktadır (Şekil 8.3). Silindirler, sabit ya da değişken aralıklarla yerleştirilebilir. Taneler, silindirlerin dönmesi ile birlikte silindir yüzeyleri boyunca akar ve genişlik boyutunda daha büyük aralığa ulaşan tane, parçacıklarının aşağıya düşmesi sonunda, genişliklerine göre ayrılması sağlanır. Bu tip ayırıcı ve sınıflayıcılar daha çok ürünlerin yabancı maddelerden temizlenmesinde ve meyve işleme tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

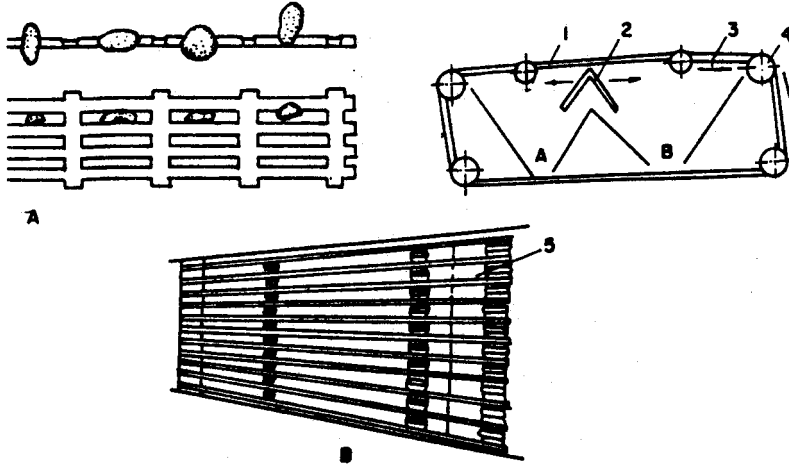


Şekil 8.3 Genişlik esaslı ayırma (a-Yuvarlak delikli, b ve c-Yuvarlanan yüzeyler)

*Kalınlık* ölçülerine göre ayırmada daha çok oblong ve dikdörtgen delikli elekler kullanılmaktadır (Şekil 8.4).

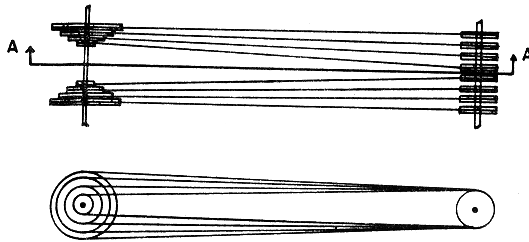
Dikdörtgen ya da oblong şekilli elek deliklerinden, kalınlıkları delik genişliğinden daha az olan taneler geçebilmektedir. Bunun için taneler uzun eksenleri, elek düzlemine dik veya paralel konumda olabilirler. Uzun eksenin elek düzlemine paralel olması durumunda elek altına geçiş için; dar kenarları üzerine oturmuş olmaları, deliklere paralel hale gelmeleri ve delik uzunluğunun tane uzunluğundan fazla olma koşulu gereklidir. Bu koşullar ise eleğe yatay salınım verilerek sağlanabilir. Tahıl ve benzeri ürün tanelerinin genişlik-kalınlık boyutları arasında büyük bir fark bulunmadığından, eleğin yatay salınımı tanelerin daha dar kenarları üzerinde dikilmelerini sağlamaya yeterli olmaktadır. Diğer iki koşulun sağlanabilmesi için, elek deliklerinin tanelerin hareket yönüne paralel ve delik uzunluğunun genişliğinden çok fazla olması gerekir.





Şekil 8.4 Kalınlık ölçülerine göre ayırma (A-Oblong delikli elek, B-Bantlı sınıflayıcı, 1. Bant, 2. Hareketli ayıraç, 3. Sağır sac, 4. Kasnak, 5. Boşluk)

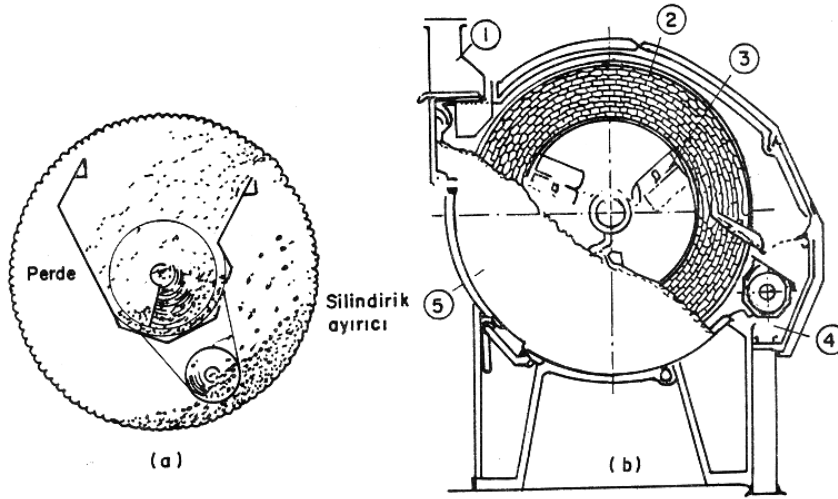
Kayışlı sınıflandırma sisteminde, ayırma yüzeyini kayışlar ve kasnaklar oluşturmaktadır (Şekil 8.5).



Şekil 8.5 Kayışlı sınıflandırıcı (Goodman ve ark., 1971).

Böyle bir ayırım sisteminde kayışlar arasında giderek büyüyen bir aralık yaratılır. Kayışlar hareket ettiğinde ürün, kayışlar üzerinde yuvarlanarak ilerler ve kendi büyüklüğünden daha fazla aralığa ulaşan tanelerin aşağıya düşmesi sonucunda karışım küçük, orta ve büyük olarak üç kısma ayrılır. Bu şekilde ayırma yüzeyleri yumrulu bitkiler ve meyve paketleme tesislerinde yaygın olarak kullanılır. Patates için yapılan benzer bir çalışmada şekilde görülen kayışlı ayırma sisteminden yararlanılarak patates hem kendi içerisinde iki ayrı sınıfa ayrılır, hem de inorganik atıklardan temizlenir.

Uzunluk ölçülerine göre ayırmada yuvalı yüzeylerden yararlanır. Uygulamada yuvalı yüzeyler daha çok silindirik ve diskli olabilmektedir. Bunlar *triyör* olarak adlandırılmaktadır. Uygulamada silindirik triyörler daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Silindirik triyörlerde yuvalar preslenerek ya da matkap yardımı ile açılmaktadır. Gerek yuva derinliği gerekse yuva çapları ürünlerin boyutsal özelliklerine bağlı olmasına rağmen, genelde kullanılan silindirik triyörlerde yuva derinliği, çaplarının 0.4-0.6 katı arasında değişmektedir (Şekil 8.6).



Şekil 8.6 Triyörler (a- Silindirik ayırıcı triyör, b- Disk ayırıcı triyör: 1.Besleme haznesi, 2. Diskli ayırıcı, 3. Disk parmağı, 4. Helezon, 5. Tane)

Genelde çap ölçüleri birbirinden ayrılması istenen tanelerin uzunluk ölçüleri arasında olmalıdır. Silindirik triyörlerin iki tipi vardır. Bunlar düşük devirli ve yüksek devirli tiplerdir (1.3-1.35-1.4 m/s). Devir arttıkça verim artacağından, yüksek devirli triyörler daha çok tercih edilmektedir. Silindirik triyörün çalışması triyörün kinematik ivmesi ile yakından ilgilidir. Bu ivmenin eşitliği aşağıda verilmiştir:

$$j = w^2.r \quad 8.6$$

$$w = \frac{\pi.n}{30} \quad 8.7$$

değeri yukarıdaki eşitlikte yerine konursa;

$$j = \frac{\pi^2 \cdot n^2}{900} r \quad 8.8$$

elde edilir. Burada;

$j$ = Triyör yüzeyinin ivmesi ( $m/s^2$ ),

$W$ = Açısal hız,

$r$ = Silindir yarıçapı (m),

$n$ = Silindir devridir (d/d).

Silindirik triyörler için çeşitli tohumlara göre en uygun ivmeler;

Buğday için : 3.0-3.5  $m/s^2$

Yulaf için : 4.0  $m/s^2$

Küçük Tohumlar İçin : 2.5-5  $m/s^2$ ' dir.

Silindirik triyörlerde, devir sayısının hassas ölçümü ve oransal bir sınırı aşmaması gerekmektedir. Çünkü hız, belli bir sınırı aştıktan sonra yüksek devirde oluşan santrifüj kuvvet etkisiyle, taneler yuvadan düşmeyebilir. Tanelerin yuvadan *düşmesi* için silindirin dönmesiyle oluşan santrifüj kuvvetin (**P**), tane ağırlığından (**Q**) küçük olması gerekir Diğer bir deyimle;

$$P < Q \text{ olmalıdır.}$$

Buradaki  $Q$ ; tanenin ağırlığı,  $P$  ise santrifüj kuvvettir. Tanenin kütlesi;  $m$ , silindirin çevre hızı;  $v$  ve yarıçapı da  $r$  bilindiğinde aşağıdaki eşitlik yazılabilir :

$$P = m \cdot \left( \frac{v^2}{r} \right) \quad 8.9$$

Diğer yandan  $Q = m \cdot g$  olduğundan;

$$m \cdot \frac{v^2}{r} < m \cdot g \quad \text{veya} \quad \frac{v^2}{r} < g \quad \text{olmalıdır.}$$

Silindirin çevre hızı ise aşağıdaki gibidir :

$$v = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30} \quad 8.10$$

Triyör çapı bilindiğinde gerekli devir aşağıdaki kadar olur.

$$n = \sqrt{\frac{900 \cdot j}{\pi^2 \cdot r}} \cong \sqrt{\frac{90 \cdot j}{r}} \quad 8.11$$

Tüm bu veriler dikkate alındığında bir triyör silindirinin ulaşabileceği maximum devir aşağıdaki eşitlikle bulunabilir:

$$n < \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r}} \quad 8.12$$

Triyör silindirlerinde eğim; genelde 1.5°-2° olmasına rağmen bu bazı durumlarda 8°'ye kadar çıkabilmektedir.

Silindirik bir triyörün iş verimi her şeyden önce yuva sayısına bağlıdır. Bu nedenle iş verimini artırmak için silindirin uzunluk ve çap gibi esas boyutları ile dakikadaki devir sayısının ya da dönme hızının artırılması gerekmektedir. Silindir uzunluğunun hesaplanmasında aşağıdaki faktörler önemlidir:

- Silindir alanının her m<sup>2</sup>' sine düşen yuva sayısı,
- Silindirin iç çapı (D) ve
- Bir yuvanın ayırdığı malzemenin ortalama ağırlığı (G<sub>ort</sub>)'dir.

Bu durumda her yuvanın yalnız bir tane alıp, yuvası içerisine attığı kabul edilirse, yuvalara girip oluşun içerisine atılabilen kısa tanelerin ortalama ağırlıkları G<sub>ort</sub>.1000 gram kadar olur.

### 8.1.3 Yoğunluk ve Özgül Ağırlıklarına Göre Ayırma

Hasat makinası deposundan alınan ürün, farklı özelliklere sahip olduğu için bunların nem miktarı, olgunluk derecesi ve yapıları bakımından ortaya çıkan farklılık, özgül ağırlıklarında farklı olmasına neden olmaktadır. Diğer yandan bu farklılık kurutma, depolama, silo ve depo kapasitesi hesaplamasında, mekanik olarak sıkıştırmada ve yabancı maddelerden ayırmada bir parametre olarak alınmaktadır.

Bir cismin özgül ağırlığı, belli bir hacim ağırlığının aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranı veya 1 cm<sup>3</sup> maddenin gram olarak ağırlığıdır. Bu değerler ürünün cinsine bağlı olarak *katı* ve *yığma* olarak da tarif edilmektedir. Katı yoğunluk olarak ürün kütlesinin hacmine oranı; yığma

yoğunluk ise, verilen ürün kümesindeki toplam kütlenin kümenin kapladığı hacme oranı olarak ifade edilmektedir.

Cismin ağırlığı;  $G$  (g), hacmi  $V$  ( $\text{cm}^3$ ) ise, özgül ağırlığı;

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad 8.13$$

Herhangi bir cismin özgül ağırlığı;  $\gamma_c$  ve bir sıvının özgül ağırlığı;  $\gamma_s$  olsun bu durumda;

$\gamma_c > \gamma_s$  ise, cisim o sıvının içinde batar.

$\gamma_c < \gamma_s$  ise, cisim sıvının üzerinde yüzer.

$\gamma_c = \gamma_s$  ise, cisim sıvının herhangi bir yerinde daima dengededir.

#### 8.1.4 Esneklik Özelliklerine Göre Ayırma

Tarımsal ürünlerin farklı biyolojik özelliklere sahip oluşu doğal olarak nem, dolgunluk ve benzeri özelliklerin farklı olmasının yanında esneklik özelliklerinin de farklı olmasına neden olmaktadır.

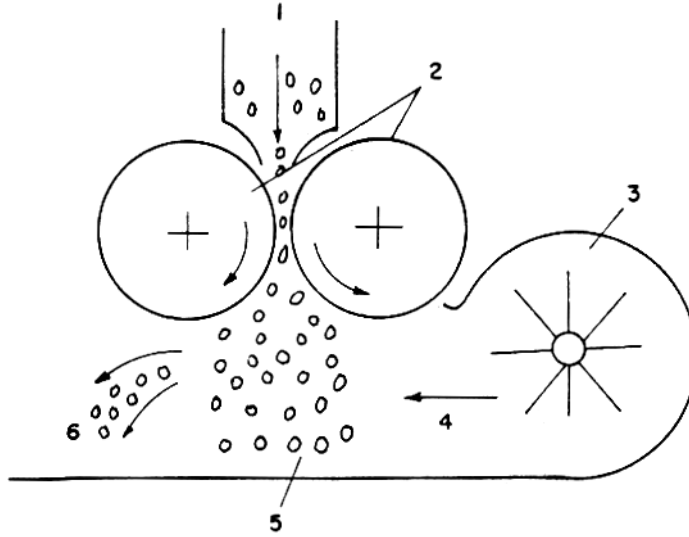
Esneklik; herhangi bir cisimde deformasyona neden olan kütle ya da ağırlığın cismin üzerinden kalkmasından sonra cismin eski şeklini aldığı ya da almaya çalıştığı durumdur. Esneklik ( $e$ ) ile gösterilirse, cismin yatay bir yüzey üzerine düştükten sonraki hızı  $V_2$ 'nin, düşmeden önceki hızı  $V_1$ 'e oranı şeklinde ifade edilmektedir :

$$e = \frac{V_2}{V_1} \quad 8.14$$

#### 8.1.5 Mekanik Dirençlerine Göre Ayırma

Cisimlerin mekanik dirençleri de ayırt edici bir faktör olabilir. Bunun için tohumlukla doğrudan temas edebilecek, birbirinin tersine dönebilecek bir çift kauçuk silindir arasından geçmeye zorlanır (Ülger, 1985). Örneğin, toprak parçacıkları bu silindirler arasından geçerken ezildiği halde, tohumlar silindirlerin kauçuk yüzeyini esneterek iki silindir arasından ezilmeden

geçerler. Böylece toz haline getirilmiş olan toprak, elek veya bir vantilatör yardımı ile tohumluktan ayrılmaktadır (Şekil 8.7).



Şekil 8.7 Ürünlerin mekanik dirençlerine göre ayrılması (Ülger, 1985) (1. Ürün karışımı, 2. Kauçuk silindirler, 3. Vantilatör, 4. Hava akımı, 5. Sağlam taneler, 6. Ezilen parçalar)

### 8.1.6 Yüzey Özelliğine Göre Ayırma

Bir karışımı oluşturan ürünlerin yüzey durumları farklıdır. Bazı bitki tohumları düz ve parlak olduğu halde bazılarının yüzeyleri pürüzlü, girintili ve çıkıntılı olabilir. Bir eğik düzlem boyunca hareket eden çeşitli tane ve diğer cisimlere eğik yüzey tarafından gösterilen direnç, bunların yüzey durumlarına göre değişir. Yüzey özellikleri yönünden ortaya çıkan bu farklılık, farklı ürünlerin birbirinden ayrılması amacıyla kullanılmaktadır. Eğik yüzeylerin cisimlerin hareketine karşı gösterdiği direnç *sürtünme kuvvetidir*. Pratik olarak sürtünme katsayısı eğik düzlem üzerine konan bir cismin düzlem üzerinde kaymaya başladığı açının tanjantıdır. Pürüzsüz bir yüzeyi uygulamada bulmak pek olası değildir. Bu nedenle sürtünme kuvveti her konumda oluşan bir kuvvettir. Yapılan çalışmalarda sürtünme kuvvetini, *hareketi frenleyici* ya da *zorlaştırmacı* bir kuvvet olduğu için direngen kuvvet olarak ta adlandırmak olasıdır.

Birbirine etki yapan pürüzlü katı cisimler arasında;

- 1- Kayma sürtünmesi ve
- 2- Yuvarlanma sürtünmesi mevcuttur.

*1-Kayma sürtünmesi:* Birbiri üzerinde kayarak hareket eden cisimlerin değme yüzeylerinin meydana getirdiği sürtünme kuvvetidir. Sürtünen yüzeyler arasında ince bir yağ filmi var ise böyle sürtünmeye *sıvı* yoksa *kuru sürtünme* adı verilir.

*2-Yuvarlanma Sürtünmesi:* G ağırlığındaki bir cismin, kuru ve yağlanmamış yatay bir düzlem üzerinde olduğunu kabul edelim. Yüzey, cisme N dayanma kuvveti ile karşı koyacak ve cisimi dengeleyecektir. Cisme yatay yönde bir P kuvveti uygulanmadığı sürece sistem denge halini koruyacaktır. Böyle bir kuvvet etki edecek olursa, iki kuvvetin (G, N) meydana getirdiği dengedeki kuvvetler değişmediği halde P kuvveti yalnız kuvvet olarak sistemin dengesini bozacaktır. Cisimde hareket ise P'nin belirli bir değerinden sonra başlayacaktır. Bunun nedeni ise F sürtünme kuvvetidir. Bu durumda  $P=F$ 'dir. F kuvveti statik sürtünme kuvvetinin en büyük değerini aldıktan sonra ancak sistem harekete geçecektir. Eğer  $F < P$  ise cisim harekete başlar veya hareket halindedir.

### **8.1.7 Renk Özelliklerine Göre Ayırma**

Tarımsal ürünlerin ışığı, yansıtma ve ışığı geçirme özellikleri son yıllarda elektronik ayırma ve sınıflandırma, olgunluğun, hastalık ve zararlıların saptanmasında yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmuştur. Yüzey renginin saptanması ile meyve ve sebzelerin iç ve dış yapıları hakkında görüş sahibi olunmaktadır. Diğer yandan ürünün renk ve görünümü bir anlamda tüketicinin kabul ya da reddinin bir ölçütü kabul edilmektedir.

Optik ayırıcılar, temizleme amacıyla son yıllarda hızlı bir şekilde kullanılmaktadır. Burada temel ilke, fiziksel özellikleri benzer, renkleri farklı olan ürünlerin ayrılmasıdır. Örneğin son yıllarda yerfıstığı taneleri, soyma anında, soyulmuş ile soyulmamış olarak bu yöntemle ayrılmaktadır.

Yapılan araştırmalarda elektromanyetik spektrum içerisinde görünür dalga boyunda yapılan çalışmalar daha ağırlıklı gözükmektedir. Burada yapılan işlem görünür dalga boyunda ürün üzerine ışık göndererek ışığın

yansıma, geçirgenlik ya da ürün üzerinde kalan miktarını dikkate alarak uygun renge karşı gelen dalga boyunun bulunması amaçlanmaktadır.

#### **8.1.8 Elektriksel Özelliklere Göre Ayırma**

Tarım ürünlerinin, elektriksel özellikleri, özellikle işleme ve değerlendirme tekniği açısından son derece önemli olmaktadır. Bunlar elektriksel iletkenlik, kapasite ve yalıtıklık olarak bilinmektedir. Özellikle elektriksel iletkenlik ve kapasite bazı tarım ürünlerin nem içeriğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Yine elektriksel direnç yardımı ile pamukta lif uzunluğu ölçümü ve iyilik derecesinin saptanmasında yararlanılmaktadır. Elektostatik özelliklerden yararlanılarak ürünlerin bir başka karışımdan ayrılması yapılmaktadır.

#### **8.1.9. Aerodinamik Özelliklere Göre Ayırma**

Bir karışımı oluşturan parçacıkların hava akımı içindeki davranışı, parçacıkların aerodinamik özellikleri ile saptanır (Klenin ve ark., 1986). Ancak son yıllarda bazı ürünlerin sadece hava ile değil düşük zedelenme ve az enerji tüketimi nedeniyle su ile işleme girmesi de yaygınlık kazanmıştır. Burada temel ilke akışkanlar mekaniğinin bir anlamda işleme ve değerlendirme tekniğine aktarılmasıdır.

Hava içerisinde hareket eden bir cismin bu hareketine karşı hava bir direnç gösterir. Hava tarafından fazla dirençle karşılanan taneler, havaya göre daha yavaş, az dirençle karşılanan taneler ise daha hızlı hareket ederler. Örneğin bir avuç buğday tanesinin eğik yönde havaya fırlatılmasında, kütlesi fazla olan tanelerin daha uzağa, kütlesi az olan taneler (hacimli fakat hafif organik atıklar) havanın direncine karşı atalet kuvvetlerini çabuk tükettikleri için daha yakın mesafelere düşecektir. Bu temelden yararlanılarak bazı ürünlerin içerisinde bulunan yabancı maddeleri ayırmak olası olmaktadır. Ancak böyle bir yöntem yaygın kullanım alanı bulamamıştır.

Havanın diğer bir etkisi ise; havanın cisimlere yaptığı basınçtan yararlanma şeklidir. Hava akımının etkisine bırakılan bir doğal karışımın içerisindeki hafif kısımların ataletleri az olduğu için rüzgar hızına daha çabuk uyum sağlayarak, kütlesi daha fazla olan ürünlere göre daha uzağa giderler.



Bu temeli esas alan çalışmaların kullanım alanı bir öncekine göre daha yaygın olmaktadır. Bu yöntemin temel parametreleri ise;

- Kritik hız,
- Havanın direnç katsayısı ve
- Aerodinamik sürüklenme katsayısıdır.

Bu parametrelerin açıklanabilmesi için parçacıkların düşey hava kanalı içerisindeki davranışları yakından incelenmelidir. Taneler düşey hava kanalına bırakıldıklarında yerçekimi kuvveti (G), ve havanın tanelere olan direnç kuvveti (R)' nin etkisi altında kalır.

Düşey yöndeki hava akımı içerisinde R ve G kuvvetleri birbirinin tersi yöndedir. Bu nedenle bu kuvvetler arasındaki büyüklük ilişkisine bağlı olarak cisim,  $G > R$  ise aşağıya doğru,  $G < R$  ise yukarıya doğru hareketlenir.  $G = R$  durumunda ise  $u = 0$  dir. Cisim bu durumda hava akımı içerisinde askıda kalır. Bu durumdaki hıza cismin *Kritik Hızı* ( $V_{kr}$ ) ismi verilir. Kritik hız  $G = R$  koşulunda yukarıdaki R eşitliğinden yararlanılarak bulunur.

$$V_{kr} = \sqrt{\frac{G}{k \cdot \delta_a \cdot F}} \quad (\text{m/s}) \quad 8.15$$

Eşitlikteki G; cismin ağırlığı (N)'dir.

Havanın direnç katsayısı (k) hava hızının artmasıyla azalır ve aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Cismin şekli,
- Yüzey durumu,
- Hava akımı içindeki konumu,
- Hava hızı.

## 8.2 Tarımsal Ürünlerin Taşınma İlkeleri ve Ekipmanları

Genelde taşıma; mekanik, atalet, pnömatik ve yerçekimi kuvvetlerinin karışımı ile gerçekleştirilmektedir. Mekanik kuvvetin kullanıldığı taşıyıcılara *helezonlu* ve *zincirli* götürücüler örnek verilebilir. *Salınımlı* götürücülerin esasını ise *atalet* ve *sürtünme* kuvvetleri oluşturmaktadır. Pnömatik taşıyıcılar ise tamamen aerodinamik esaslara göre çalışmaktadır.

Fırlatma yolu ile taşıma yapan silo yükleyicileri ise atalet ve aerodinamik kuvvetlerin etkisi ile çalışmaktadır (Srivastava ve ark., 1993).

### **8.2.1 Helezonlu Götürücüler**

Bu tip götürücüler; lifli ve toz konumundaki materyalin aksine tahıllar gibi serbest akışlı materyalin taşınmasında kullanılmaktadır. Bunlar biçerdöverlerde ürünün beslenmesinden, tanenin depoya kadar taşınması ve oradan alınarak herhangi bir yere boşaltılmasına kadar geçen işlemlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

### **8.2.2 Pnömatik Götürücüler**

Pnömatik götürücüler; havanın kinetik enerjisini ürüne uyguluyarak, ürünü bir kanal içerisinde taşıyan sistemlerdir (Srivastava ve ark., 1993). Pnömatik götürücüler, diğer mekanik götürücülerin iletim yapamayacağı yerlere iletim yapan üniversal ileticilerdir. Bunun yanında helezon iletilici ile karşılaştırıldığı zaman daha fazla güce gereksinim duymaktadırlar.

### **8.2.3 Kovalı Götürücüler**

Kovalı elevatör; serbest akışlı, küçük hububat ve topaklı materyallerin dik olarak taşınmasında yaygın olarak kullanılır. Kovalı elevatör bir zincir üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmiş kovalardan meydana gelmiştir.

### **8.2.4 Yeşil Yem Taşıyıcıları**

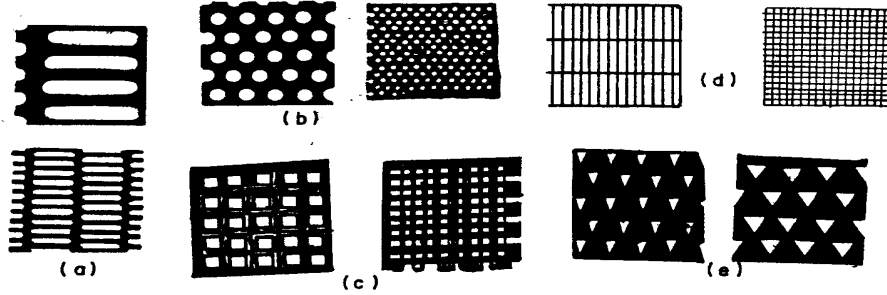
Yeşil yem taşıyıcıları; hasat edilmiş yeşil yemleri, kinetik enerji vermek suretiyle taşıma borusuna ileterek taşırlar. Toplayıcılar, bir besleme helezonu, bir kanatlı radyal fan ve taşıma borusundan oluşur. Bunlar fan çevresinde kısmen harmanlama yaptıkları için yem harmanlayıcıları olarak da adlandırılırlar.

## **9.3 Elekler ve Çalışma İlkeleri**

Tarım makinalarında kullanılan elekler üç grupta incelenir. Bunlar;

- 1- Delikli saç elekler,
- 2- Dokuma tel elekler,
- 3- Örme tel eleklerdir.

Delikli saç elekler, ince madeni saç levhadan, dokuma ve örme elekler ise telden yapılırlar (Şekil 8. 7.).



Şekil 8.8 Elekler ve delik şekilleri (a-Oblong delikli, b-Yuvarlak delikli, c-Kare delikli, d-Dikdörtgen ve kare göz açıklı delikler, e-Üçgen delikli elek)

Şekil bakımından ise düz ve silindirik elekler de bulunmaktadır. Düz elekler, saçtan veya telden yapılmış esas elekten bunun etrafını çevreleyen bir çerçeveden oluşmaktadır. Delikli saçtan yapılmış elekler çerçevesiz de olabilir. Delikli olan herhangi bir saç elek kıvrılarak silindirik hale getirilebilir.

Tohum temizleme makinalarında kullanılan eleklerin delikleri yuvarlak, oblong, kare ve rombik olabilir. Yuvarlak ve oblong delikler, saç eleklerde, kare şeklindeki delikler ise dokuma eleklerde, rombik deliklerde örme tel eleklerde kullanılır.

Yuvarlak delikler herhangi bir tane karışımında taneleri genişlik boyutlarına göre ayırırlar. Bunlarda etken boyut delik çapıdır.

Oblong delikler, taneleri kalınlığına göre ayırırlar. Bunlar şekilde görüldüğü gibi dikdörtgen şeklinde olup, köşeleri düz yada yuvarlatılmış olabilir. Oblong deliklerin iki boyutu vardır. Genişlik ve uzunluk. Burada genişlik deliğin etken boyutudur ve uzunluğun ayırmada fonksiyonu yoktur. Uzunluk, genişliğin 10-20 katı kadar olabildiğinden oblong delikli eleklerin deliği tek bir boyutla ifade edilir.

Kare delikli eleklerin tek ölçüsü vardır. Bu da karenin kenar uzunluğudur. Bunlar da yuvarlak delikli eleklerde olduğu gibi taneleri genişliğine göre ayırırlar. Ancak ayırmada etken olan boyut sürekli değiştiği için, yuvarlak delikli elekler kadar başarılı değildir. Çünkü bazı taneler karenin kenar uzunluğuna göre sınıflandırıldığı halde, bazıları aynı karenin köşegenine göre alta geçerler. Diğer yandan köşegen uzunluğunun, kenar uzunluğundan % 40 daha fazla olduğu dikkate alınırsa aynı kareden farklı boyutta ürünlerin

geçtiği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle kare delikli dokuma tel elekler daha çok kaba temizlemede kullanılır.

Dokuma tel eleklerin delikleri bazen dikdörtgen şeklinde yapılır. Bu tip elekler tınaz ve tarar makinelerinde özellikle arpa eleği olarak kullanılır.

Rombik delikleri olan örme tel elekler, genellikle büyük delikli olup, kaba temizleme işlerinde (tınaz makinalarında) kullanılır. Tel eleklerin eleme etkinliği saç eleklerle göre daha fazladır. Ancak herhangi bir tel elekte, bir telin bükülmesi en az iki deliğin ölçülerini bozacağından, eleme hassasiyeti azalır. Bir diğer sakıncası makinada meydana gelen titreşimler nedeniyle çok çabuk kopmalar meydana geldiği için tohum temizleme ve sınıflandırma makinalarında daha çok saç elekler tercih edilir. Ancak bazı durumlarda saç levha üzerine küçük delik açma olanağı olmadığı zaman, sık delikli eleğe gereksinim duyulduğunda dokuma eleklerden yararlanılmaktadır.

### **8.3.1 Silindirik Elekler**

Bazı biçerdöverlerde, sabit olarak çalıştırılarak harmanlama yapan harman makinalarında ve tohum temizleme ve sınıflandırma makinalarında düz eleklerin yanında silindirik eleklerde kullanılır. Silindirik yüzey; ya saçtan yapılarak üzerine dikdörtgen deliklerin açılmasıyla ya da 3-3.5 mm çapındaki tellerin aralarında belirli bir açıklık bırakılarak helisel olarak sarılması ile elde edilmektedir.

### **8.4 Tarım Ürünlerinin Öğütülmesi ve Şekillendirilmesi**

Tarımsal ürünlerden özellikle taneli ürünlerin insan beslenmesi ve hayvan yemlemesinde kullanılması için çeşitli işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Bunların başında; kırma ve öğütme işlemi gelmektedir. Kırma ve öğütmenin büyük bir çoğunluğu, çekiçli değirmenlerle yerine getirilirken sadece buğday silindirik kırma ve öğütme makinalarından geçirilmektedir. Öğütme, taneli bitkilerin ufak parçalar veya un haline getirilme işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bunlarda alınan ürünün büyüklüğü 1-20  $\mu$  arasında değişmektedir. Bunların testi ülkemizde çapı 44  $\mu$  olan 325 nolu standart eleklerle yapılır. Bu konuda yapılan çalışmalarda aşağıdaki sınıflandırma yapılmıştır (Stkei, 1986) :

1- *İri* : Parçalanmış ya da öğütülen ürünün % 90'nın çapı 1 mm'den daha küçük ise iyi, 1.0-2.0 mm arasında ise orta iyi, 3.0-5.0 mm arasında ise kötü olarak tanımlanmıştır

2- *Orta* : Öğütülen parçaların çapı; 0.12-0.3 mm arasında değişiyorsa bu sınıfa dahil edilir.

3- *Un* : Öğütülen parçaların çapı; 0.07-0.2 mm arasında değişiyorsa da bu sınıfa dahil olmaktadır.

Genellikle tarımsal ürünlerin tane özelliklerine göre uygulanan öğütme işlemlerinde ana ilke; taneyi ufalamak olmaktadır. Parçalanacak ürünün özelliği ve parçalama amacı dikkate alındığında öğütme işlemini sert ve yumuşak olarak iki grupta toplamak olasıdır. Sert öğütme, inorganik (taş vb) atıklar için uygulanmaktadır. Yumuşak öğütme ise, tarım ürünlerine uygulanmaktadır. Tarım ürünlerinin çoğunluğunun viskoelastik bir davranış göstermesi nedeniyle, ufalamanın oluşmasındaki amaç; boyutları küçültülerek materyalin özgül yüzey alanını artırmaktır.

Taneli ürünlerin öğütülmesinde kaba kırma, orta öğütme ve iyi öğütme olmak üzere üç grup halinde öğütülme uygulanmaktadır. Bu üç gruplandırma, taneli ürünün kırıldıktan ya da öğütüldükten sonra oluşan büyüklüklerine göre yapılmaktadır.

Hayvan beslemede, taneli ürünlerin kırılma ya da öğütülme ve yem hazırlama işlemi; yemin özelliklerine, nem durumuna, hayvanın cinsine, yaş durumuna ve uygulanan yemleme yönteminin mekanizasyonuna göre uygulanmaktadır. Genellikle, küçükbaş hayvan beslemede taneli ürünler öğütülmüş ya da ezilmiş olarak yedirilir. Et sığırcılığında taneli yemler kaba kırılarak ya da öğütülerek, süt sığırcılığında ise daha ince halde öğütülerek yedirilir. Diğer taraftan kanatlı hayvanlar için taneli yemlerin daha ince öğütülmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalara göre, hayvan yemlemede özellikle mısır, soya fasulyesi, buğday, arpa ve yulaf gibi taneli ürünlerin kırılarak ya da öğütülerek yedirilmesinin, hem üretim hem de mekanizasyon yönünden etkin olacağı önerilmektedir.

#### 8.4.1 Öğütme İlkeleri ve Makinaları

Taneli ürünlerin kırılma ya da öğütülmesinde, parçalama etkinliğine uygun olarak kullanılan makinalara *değirmen* denilmektedir. Günümüzde taneli ve diğer yem bitkilerinin öğütülmesinde etkin olan tüm değirmenler, ürüne bir kuvvet uygulayarak parçalama ya da öğütme işini gerçekleştirmektedirler. Yaygın olarak kullanılan bu tipler aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

| <u>Kuvvet</u>  | <u>İlke</u>  | <u>Makine</u>    |
|----------------|--------------|------------------|
| Sıkıştırma     | Küçültme     | Döner Kırıcı     |
| Çarpma         | Dövme (Ezme) | Çekiçli Değirmen |
| Kesme (Sürtme) | Ezme         | Diskli Değirmen  |

Burada, sıkıştırma yöntemi ile çalışan değirmenler yaygın olarak daha iri materyalin ufaltılması amacıyla kullanılır. Çarpma ise daha genel amaçlı olarak, iri, orta ve küçük tanelerin dövülmesi amacıyla kullanılmaktadır. Sürtme ya da kesme ise yaygın olarak yumuşak ve aşındırıcı olmayan küçük taneli materyalin öğütülmesinde kullanılmaktadır.

Değirmenler kendi içerisinde aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler :

- 1- Sıkıştırma ve ovalama etkinliğine göre;
  - Taş değirmenler,
  - Plakalı (diskli) değirmenler,
  - Valsli değirmenler,
- 2- Vurma etkinliğine göre;
  - Çekiçli değirmenler
  - Parmaklı değirmenler,
  - Bilyalı değirmenler,
  - Hüzmeli değirmenler,
- 3- Kesme etkili değirmenler.

Küçültme ya da öğütme işleminde, öğütmenin kalitesinin yanında masrafın minimum olması yukarıda sayılan makinaların seçilmesinde önemli bir parametredir. Bu parametrelerin yanında öğütme kalitesine ise şu faktörler etkilidir : *Sertlik, dayanım, yapışkanlık, aşınma, yumuşatma ya da*

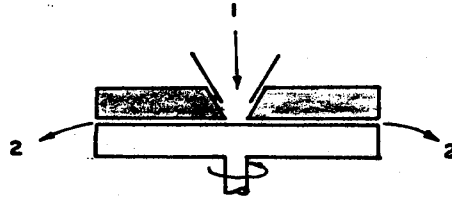
erime sıcaklığı, yapı, özgül ağırlık, serbest nem içeriği, benzerlik ve temizlik ya da saflık.

Bunlardan sertlik; özellikle öğütme makinasının seçiminde son derece önemli bir parametredir. Çünkü öğütülecek materyalin sertliği doğrudan doğruya ürünün elastise modülü ile ilgilidir. Sert materyal elastik limiti geçtikten sonra öğütülmeden kırılabilir gibi şekil alma özelliği de gösterebilir. Sonuçta sert ürünün öğütülmesi zordur.

Öğütülecek materyalin yapısı ise öğütme için gerekli olan kuvvetin seçiminde etkilidir. Eğer ürün kolay ufalanabilir ya da gevrek ise kırma ünitesinde büyük parçalar küçüklerden daha kolay kırılmaktadır.

#### 8.4.1.1 Sıkıştırma ve Ovalama Etkinliğine Göre Değirmenler

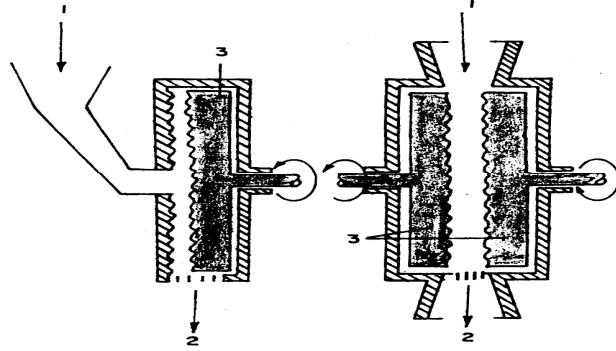
Taneli ürünlerin üretilmeye başlaması ile birlikte bunların öğütülerek daha kolay ve farklı gıda maddeleri yapılabilmesi için yukarıda belirtildiği gibi çeşitli öğütme makinaları geliştirilmiştir. Önceleri sert bir zemine konulan ürüne taşla vurularak parçalanması sağlanırken, son yıllarda canlı kuvvet kaynakları başta olmak üzere en son teknolojiden yararlanılarak çalıştırılan taş değirmenler uygulama alanı bulmuştur (Şekil 9. 11.).



Şekil 8.9 Taş değirmen (1. Ham ürün, 2. Öğütülmüş ürün)

Taş değirmenler ile 20-50 gibi çok yüksek parçalanma derecesi elde edilebilmektedir. Değirmen taşlarının kalınlığı 300-350 mm ve çapları 1000-1500 mm olup tane ile karşı karşıya gelen yüzleri dişli yapıdadır. Üst taşın merkezinden verilen taneler, parçalandıktan sonra taş çevresinden alınmaktadır. Bunlarda devir sayıları hareket aldığı enerji kaynağına bağlı olarak değişmekle beraber 100-200 d/min, çevre hızları da 9 m/s'dir.

Plakalı değirmenlerde, çapları 1000-1500 mm arasında değişen dökme demir ya da çelikten yapılmış plakalar bulunmaktadır (Şekil 8.10).



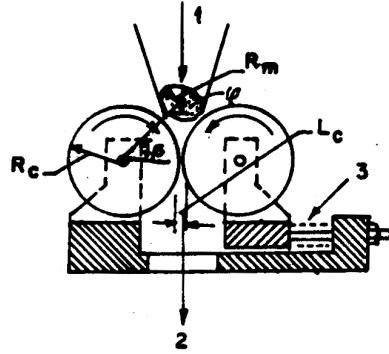
Şekil 8.10 Tek ve çift plakalı (diskli) değirmenler (1. Ham ürün, 2. Öğütülmüş ürün, 3. Dönen diskler)

Çift plakalı olan tiplerde plakalardan biri sabit diğeri ise hareketlidir. Üç plakalı değirmenlerde ise ortadaki plaka hareketli olmak üzere yandaki plakalar sabittir. Hareketli plakalarda devir sayısı; 400-1800 d/min arasında değişmektedir.

Kaba öğütme işlerinde (yem kırma) *düsey plakalı değirmenler* kullanılmasına karşın, ince öğütmede yatay plakalı değirmenler kullanılır. Plakalı değirmenlerde de taş değirmenlerde olduğu gibi ürünle temas eden kısım yivlidir. Plakalar arası mesafe değiştirilerek öğütme etkinliği sağlanmaktadır. Plakaların yapısına; ürünün cinsi, nem içeriği ve besleme miktarı etkilidir. Plakalı değirmenin devinimi için gerekli güç, plaka devir sayısı ile ters orantılıdır. Yani devir sayısı arttıkça belirli bir incelikte öğütme için gerekli güç azalmaktadır. Ancak devir sayısının artmasıyla plakada aşınma da artmaktadır.

*Valsli Öğütme Makinaları*, temelde birbirine zıt yönde dönen iki valsten (merdaneden) oluşmaktadır. Valsler arasından geçirilen materyal sıkıştırma ve ovalama ile parçalanmaktadır (Şekil 8.11).





Şekil 8.11 Valsli değirmen (1. Ham ürün, 2. Öğütülmüş ürün, 3. Gerdirme yayı)

Bunların dönme eksenleri yatay düzleme paralel ve genellikle farklı yüksekliktedirler. Uygulamada yaygın olarak kullanılan valslerin çapı; 15-30 cm ve uzunlukları 60-150 cm arasında değişmektedir. İnce öğütmede kullanılan valslerin üst yüzeyleri düzdür. Kaba öğütme için yivli merdaneler kullanılır. Özellikle gıda sanayinde ince öğütmenin en yoğun uygulandığı alan; ekmekçiliktir.

Valsli öğütme makinalarının öğütme sırasındaki güç gereksinimi; ürün çeşidine, öğütme modülüne, valslerin konumuna, ürün nem düzeyine, çalışma hızına, yedirme kapasitesine bağlı olarak değişmektedir. Diğer değirmenlerden daha az güç tüketen valsli değirmenlerin ürün cinsine bağlı olarak tüketebilecekleri güç miktarları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 8.3 Valsli Değirmenlerde İş Verimi ve Güç Gereksinimi

| Ürünler                             | İş Verimi (kg/h) |      |      |     |
|-------------------------------------|------------------|------|------|-----|
| Küçük Taneli Ürünler (Buğday, Arpa) | 225              | 600  | 900  | 175 |
| İri Taneli Ürünler (Mısır v.b)      | 425              | 1500 | 3750 | 600 |
| Güç Gereksinimi (kW)                | 1.1              | 2.2  | 3.7  | 5.5 |

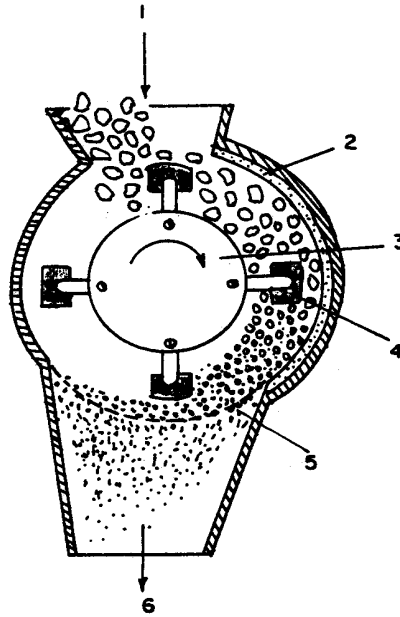
#### 8.4.1.2 Vurma Etkili Değirmenler

Farklı büyüklükteki tanelerin vurma etkisi ile parçalandığı değirmenler ise şunlardır :

- Çekiçli (parmaklı) değirmenler,
- Bilyalı değirmenler,

- Hüzmeli değirmenler.

*Çekiçli değirmenler*, hem sert hem de yumuşak parçalama, öğütme işlerinde, kaba öğütme yapan değirmenlerdir. Bu tip öğütme makinaları, dönel bir ünite üzerine oynak olarak bağlanan çarpıcı çekiçlerden, bunları saran bir elekten ve vantilatörden oluşmaktadır. Genellikle çekiçler dönen ünite üzerine ikili, üçlü ve dörtlü olarak bağlanır (Şekil 8.12).



Şekil 8.12 Çekiçli değirmen (1. Ham ürün, 2. Kırıcı plaka, 3. Dönen disk, 4. Çekiç, 5. Elek, 6. Öğütülmüş ürün)

Orta ve ince öğütmede de yaygın olarak kullanılan çekiçli değirmenlerin avantajlı yanları şunlardır :

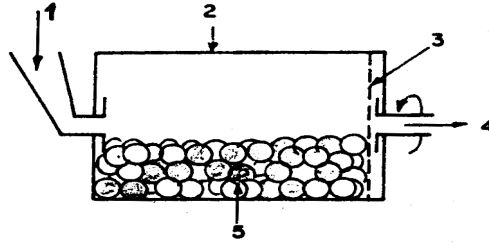
- 1-Yapılarının basit olması,
- 2- Farklı ürünler için kullanılabilmesi,
- 3- Pnömatik taşıma olanağı,
- 4- Ürün içerisindeki yabancı maddeleri almama olanağı (emişli),
- 5- Boş çalıştırmada çekişlerin zarar görmemesi,
- 6- Otomatik çalışmaya uygun olması ve
- 7- Doğrudan elektrik motoruna bağlanabilme olanağıdır.

Güç gereksinimi ve özgül enerji tüketimlerinin fazla olması dezavantaj olarak belirtilebilir. Çekişlerin mil üzerine dizilişleri makina tipine bağlı olarak değişmesine rağmen, eğer bir mil üzerinde 4 sıralı ise  $90^{\circ}$  lik, 3 sıralı ise  $120^{\circ}$  lik açılarla bağlanmaktadır. Elekle çekişler arasındaki mesafe ürün cinsine ve öğütme amacına bağlı olarak değişmektedir.

Benzer özellikle çalışan *diskli değirmenler* de söz konusudur. Bunlarda besleme düzenini oluşturan helezon, hareketli disk ile aynı mil üzerinde bulunmaktadır.

Kırma ünitesi, düşey yönde çalışan iki adet diskten oluşmaktadır. Bunların çapları 10-15 cm arasında değişmektedir. Burada ilke olarak ürünün öğütülmesi, basınç ve sürtünme kuvvetlerinin etkisiyle gerçekleşmektedir. Bunların çekişli değirmenlere göre özgül enerji tüketimleri daha düşük olmasına rağmen, kırma homojenliği çekişli değirmenlerde daha yüksektir.

*Bilyalı Değirmenler*, içerisine parçalanacak kuru ürün ve çelik bilyaların konulduğu döner silindirik bir gövdeden oluşur (Şekil 8.13).



Şekil 8.13 Bilyalı değirmenler (1. Ham ürün, 2. Döner çerçeve, 3. Elek, 4. Öğütülmüş ürün, 5. Bilyalar)

Düşük devirde, bilyalar ve ürün taneleri silindirin iç yüzeyinde yuvarlanarak geri kayarlar. Devir sayısı artırılarak santrifüj kuvvet etkisiyle bilyaların ve ürünün yukarı doğru fırlayarak yüksekten düşmesi sağlanır. Böylece, düşme ile oluşan vurma etkisi ile ürün parçalanmış olur. Böyle bir sistemle öğütme için 25-150 mm çaplarındaki bilyalar kullanılır. Küçük çaplı bilyalar çok nokta ile temas ederken, büyük çaplı bilyalar daha büyük çarpma etkisi sağlamaktadır.

*Hüzmeli Değirmenler*, çok ince öğütme işleminde kullanılırlar. Burada bir öğütülecek ürüne, çok yüksek hızda bir gaz hüzmesi etki ettirilir. Bu durumda oluşan parçalanma şu etkenlere bağlıdır:

- Hüzme basıncına,
- Hızlandırılan tanelerin kendi aralarında çarpışmasına ve
- Hızlandırılan tanelerin parçalanma yüzeylerine vurmasına.

Hüzme olarak hava ya da kızgın buhardan yararlanılır. Kapalı bir ortamda parçalanmış taneler bir siklon yardımı ile ayrılırlar. Hüzmeli değirmenlerde elde edilen toz ürün ile başka bir maddenin kaplanması yapılır. Örneğin çikolata üretiminde olduğu gibi.

#### **8.4.1.3 Kesme Etkili Değirmenler**

Bu gruptaki değirmenlerde daha çok lifli dokuya sahip ürünlerin bir anlamda boyutları küçültülmektedir. Bunlar et, meyveler ve sebzelerden oluşmaktadır. Özellikle, gıda sanayinde meyve suyu üretimi için meyveler presleme işleminden önce belirli boyutlarda küçük parçalara ayrılır. Bu işlem için genelde kesme etkili değirmenlerden yararlanılır. Genelde lifli dokuya sahip bu tip ürünlerde boyut küçültme işlemi aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır.

- Dilimleme (et ve çeşitli meyveler için),
- Geometrik şekilli kesme (sebze, meyve ve et için),
- İnce dilimleme (balık ve et türü),
- İnce şeritler halinde kesme ve
- Ezme (meyve ve sebze)'dir.

#### **8.5 Kurutma İlkeleri ve Ekipmanları**

Tarım ürünlerinin kurutularak dayandırılma yöntemi, insanın doğadan öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski koruma yöntemlerinden biridir. Bütün ürünlerde dayanıklılığın sağlanmasındaki amaç ise, mikrobiyolojik ya da enzimik aktiviteyi durdurmak ya da sınırlamaktır. Diğer bir deyimle, ürünün bozulma olgusunu önlemekle beraber onun renk, aroma ve fiziksel yapısına ait duyu niteliklerin korunması amaçlanmaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Çeşitli dayandırma yöntemlerinde mikrobiyolojik bozulmaya neden olan mikroorganizmaların ya tamamen öldürülmesi ya da

canlı kalsalar bile ortamda çoğalmalarının engellenmesi gerekmektedir. Öldürmek suretiyle dayandırılmaya örnek olarak konserveler gösterilebilir. Burada, mikroorganizmalar ısı yolla öldürülmektedir. Etkinliğini kısıtlama ise, soğutma ve kurutma yolu ile yapılmaktadır.

Doğada kuruma, güneş ısıyla gerçekleştiği için, kurumanın her yerde ve benzer zamanda gerçekleştirilmesi olası değildir. Diğer yandan, kurutmanın olanaklı olduğu bölgelerde bile doğal kurutma tamamen iklim koşullarına bağlı olmasının yanında hijyenik olmayışı, fazla alana gereksinim göstermesi, toz alması, solunumun bir süre devam etmesi gibi nedenlerle verim düşüklüğü yanında kayıplarında yüksek olması nedeniyle cazipliğini yitirmiştir.

Ürünlerin içerdiği nemin, amaca bağlı olarak belirli bir sınır değere kadar buharlaştırılarak üründen alınmasına *kurutma* denir. Tarımsal ürünlerin kurutulmasındaki amaç; depolama süresi içerisinde ürünün stabilitesini, diğer bir deyimle ürünün bozulmadan saklanmasını sağlamaktır. Kurutma ile ürünün mikroorganizma, enzim ya da ferment aktivitesi durdurulur. Ancak, kurutmanın amacının sadece ürünün bozulmadan saklanması ile sınırlamak da doğru değildir. Çünkü tarım ürünleri üretimden tüketime kadar geçen süre içerisinde bir çok kayıpları vardır. Örneğin, tahıllarda bu oran % 10, kuru ot üretiminde % 28, meyve ve sebze % 35-40 civarındadır (Yağcıoğlu, ...). Çizelge 9.4'de bazı tarım ürünlerinin hasat ve depolama sırasında gösterdikleri kayıplar görülmektedir.

Genelde, toplam üretim dikkate alındığında kayıpların ne denli büyük olduğu kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Tarımsal ürünlerin biyolojik bir malzeme olduğu ve hasattan sonra bir kısmının hemen tüketilmediği ve bir süre depolanmak gereği dikkate alındığında, aşağıdaki sorunlarla karşılaşmak kaçınılmaz olmaktadır.

Tarım ürünleri hasattan sonra ortamdan sürekli olarak oksijen alarak solunum yaparlar. Bu sırada bünyelerindeki karbonhidrat ve yağları yakarak ortama karbondioksit ve ısı verirler. Solunum sonunda açığa çıkan ısı, ürünün bulunduğu ortamın sıcaklığını artırmaktadır. Artan sıcaklık ise ürünün solunum hızını yükselterek bu çevrimi sürekli hale getirmektedir. Depolama ortamında sıcaklığın yükselmesi ise, ortamda bulunan böcek ve zararlı

organizmanın aktifliğinin artmasına neden olmaktadır. Bunların aktifliği sonunda ortama tekrar nem ve ısı eklenmektedir. Sonuçta bu durum ürünün bozulmasına neden olmaktadır. Diğer bir deyimle, bozulma nedeni ne olursa olsun, bozulmuş ürünün rengi, aroması, besleme değeri, yapısı ve bileşimi değişmektedir. Bozulma nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Ürün nemi,
- Ortam sıcaklığı,
- Ortamdaki oksijen miktarı ve
- Zararlı organizmalardır.

Çizelge 8.4 Bazı Tarım Ürünlerinin Hasat ve Depolama Sırasında Gösterdikleri Kayıplar (Yağcıoğlu, ...).

| Ürün               | Hasat (%) | Depolama (%) |
|--------------------|-----------|--------------|
| Tahıllar           | 5.0       | 4.5          |
| Mısır              | 4.0       | 6.0          |
| Lif Pamuk          | 2.5       | 0.25         |
| Ot                 | 21.0      | 7.0          |
| Patates            | 7.0       | 8.0          |
| Ot Tohumları       | 17.5      | -            |
| Baklagil Tohumları | 30        | -            |
| Darı               | 15.0      | 6.0          |
| Soya               | 5.0       | -            |

Sayılan bu nedenler arasında, diğerleri üzerinde etkisi olması nedeniyle *ürün neminin* ayrı bir önemi vardır. Bu konuda yapılan araştırmaların bulguları dikkate alındığında, depolama nemi azaldıkça depolama süresinin uzadığı görülmüştür. Ürünlerin ekonomik ömrünün uzatılmasında, nemin azaltılması yanında uygulanabilecek başka yöntemler de vardır. Bunlar ;

1- Isıl işlem uygulamaları (zararlı mikroorganizmaların faaliyetlerini pastörizasyon ya da sterilizasyon ile durdurma),

- 2- Soğutma (ürünün solunum hızını en az düzeye indirme),
- 3- Atmosfer kontrolü (ürünün çevre havasında O<sub>2</sub> miktarını azaltıp, CO<sub>2</sub> ve azot miktarını artırarak solunumu yavaşlatmak),
- 4- Asit uygulamaları (proponik, asetik, butrik asit gibi organik asitler ve amonyak ile ürünün korunması),
- 5- Beta ve gama ışınları etkisinde bırakma (mikoorganizmaları iyonlaştırarak öldürme),
- 6- Ek filtrasyon uygulama (teorik olarak kristal berraklıktaki bir gıda maddesini mikroorganizmaların geçemeyeceği kadar küçük filtrelerden geçirme).

Yukarıda sayılan tüm bu yöntemlere rağmen ürün neminin azaltılmasında en yaygın kullanılan yöntem; *kurutmadır*. Depolama süresi üzerinde etkili olan faktörler dikkate alındığında, sadece nem değerini düzenlemek tek başına çoğu zaman ürünün saklanması için yeterli olmamaktadır. Sıcaklık, nem ve havanın bağıl nemi ile çimlenme yeteneği gibi faktörlerin de bilinmesi gerekmektedir. Üretici, kurutma ile gelir düzeyini bir anlamda yükseltebilmektedir. Kurutmanın diğer faydaları aşağıda sıralanmıştır:

- 1 - Ürünler uzun dönemde bozulmadan saklanmaktadır,
- 2 - Uzun süre canlılığı korunmaktadır,
- 3 - Ekonomik değeri olan ürünlere yönelinmektedir,
- 4 - Ürün atıkları kullanılabilir hale getirilmektedir,
- 5 - Erken ve kolay hasada olanak sağlamaktadır,
- 6 - Hasat dönemi planlanmaktadır ve
- 7 - İyi fiyat alınabilmektedir.

#### **8.5.1 Tarım Ürünlerinde Nemlilik Ölçüsü**

Tarım ürünlerinde bulunan nem miktarı bünyede tutulmuş bulunan su miktarının % olarak ifade edilmesidir (Henderson ve Perry, 1976; Ayık, 1995; Ülger, 1985). Bu ifadede yaş baza göre nem (y.b.) ve kuru baza (k.b.) göre nem ifadesi kullanılmaktadır.

Yaş baza göre nem, materyalde bulunan su ağırlığının materyalin tüm ağırlığına oranı şeklinde ifade edilmektedir.

$$N_{yb} = \frac{W_s}{(W_s + W_m)} \cdot 100 \quad 8.16$$

Burada;

$N_{yb}$  = Yaş baza göre % nem,

$W_s$  = Su ağırlığı,

$W_m$  = Materyalin kuru ağırlığıdır.

Kuru baza göre nem ise; materyaldeki su ağırlığının, kuru ağırlığa oranıdır.

$$N_{kb} = \frac{W_s}{W_m} \cdot 100 \quad 8.17$$

Yaş baza göre saptanan nem miktarı genel olarak ürün alım satımlarında, kuru baza göre saptanan nem miktarı ise kurutma çalışmalarında kullanılmaktadır.

Kuruma sırasında ürün nem kaybedeceği için ağırlığında bir azalma meydana gelecektir. Bu azalma aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmaktadır. Uçurulan nem miktarı (W) şu eşitlikle bulunabilir :

$$W = G_1 - G_2 \quad 8.18$$

Kuruma dönemi boyunca kuru madde miktarında bir değişme olmayacağı için;

$$G_d = \frac{G_1 \cdot (100 - w_1)}{100} = \frac{G_2 \cdot (100 - w_2)}{100} = \text{Sabit} \quad 8.19$$

Materyalin kuruma sonundaki ağırlığı;

$$G_2 = \frac{G_1 \cdot (100 - w_1)}{100 - w_2} \quad (\text{N/h}) \quad 8.20$$

$G_2$ ' nin değeri yukardaki eşitlikte yerine konursa, uzaklaştırılan nem miktarı;

$$W = G_1 - \frac{G_1(100 - w_1)}{100 - w_2} = \frac{G_1(w_1 - w_2)}{100 - w_2} \quad 8.21$$



elde edilir.

Benzer şekilde 8.18 eşitliğinde  $G_1$  değeri yerine konursa;

$$W = \frac{G_2 \cdot (w_1 - w_2)}{100 - w_1} \quad (\text{N/h}) \quad 8.22$$

elde edilir.

Kuruma nedeniyle materyal ağırlığında meydana gelecek bağıl değişme ise aşağıdaki eşitlikle bulunabilir :

$$D = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100 = \frac{W}{G_1} \cdot 100 \quad (\%) \quad 8.23$$

Buradan aşağıdaki eşitlik yazılabilir :

$$D = \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} \cdot 100 \quad (\%) \quad 8.24$$

Burada;

$W$  = Ağırlık kaybı,

$G_1$  = Kuruma öncesi ağırlık,

$G_2$  = Kuruma sonrası ağırlık,

$w_1$  = Kurutma öncesi nem (y.b.),

$w_2$  = Kurutma sonrası ağırlıktır (y.b.).

Kurutma işlemlerinde ürünün neminin ele alınan koşullarda ulaşabileceği en düşük değerinin bilinmesi, büyük bir öneme sahiptir. Bu durum, kurutma işleminin gereksiz yere sürdürülmesini önler. Herhangi bir ortam içerisinde bulunan materyalin, o ortam içerisinde ulaşabileceği nem değeri daha öncede belirtildiği gibi denge nemi olarak ifade edilmiştir. Denge nemi, bulunulan ortamın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak, ele alınan ürünün o koşullarda kazanacağı ya da kaybedeceği nem miktarını da belirlemektedir. Eğer ürün ile içinde bulunduğu ortam arasında birim zaman içerisinde alınıp verilen nem miktarı birbirine eşit ise, ürünün nemlilik değeri belli bir düzeyde kalır. Ne kadar uzun süre o ortamın içerisinde kalırsa kalsın, ortamın koşulları değişmedikçe ürün neminde de bir değişme olmaz. Bu konumda materyaldeki serbest enerji değişimleri de termodinamik açıdan sıfır

olur. Denge nemi hem yaş hem de kuru baza göre hesaplanabilir, ancak matematik hesaplamalarda kuru baza göre hesaplama daha yaygındır.

### **Kaynaklar**

Ayık, M., 1995. Ürün İşleme Tekniği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1409, Ders Kitabı:407, Ankara.

Cemeroğlu, B.; Acar. J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:6, Ankara.

Essex, E.; Finney N., 1961. Measurement Techniques For Quality Control of Agricultural Products, Published and Distributed by Transaction of the ASAE.

Henderson, M. S.; Perry R. L., 1976. Agricultural Process Engineering, The Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

Klenin, N. I.; Popov, I. F.; Sakun, V. A., 1986. Agricultural Machines. A. A. Balkema, Rotterdam, 633p.

Mohsenin, N., 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials, Gordon and Breach Science Publishers, New York.

Öztürk, A. I.; Acar, A.; Çolak H., 1994. Küresellik Değerlerine Bağlı olarak Bantlı-Pervazlı Boylama Makinasının Boylama Yeteneğinin Belirlenmesi, Tarımsal Mekanizasyon 15.Ulusal Kongresi, 20-22 Eylül 1994, Sayfa:513-522, Antalya

Srivastava, A. K.; Georing, C. E.; Rohrbach, R. P., 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines, Transaction of the ASAE.

Sitkei, G., 1986. Mechanichs of Agricultural Materials, Elsevier Sciences, NewYork.

Ülger, P., 1985. Ürün İşleme İlkeleri ve Makinaları, TZDK, Mesleki Yayınları, Yayın No.37, Ankara.

Yağcıoğlu, A. K., ..... Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Depo Tipi Kurutucular, Çoğaltma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, İzmir.