



BUĞDAYIN TAVLANMASI VE ÖĞÜTÜLMESİ

Buğdayın Öğütülmesi

Öğütme endosperm ve kepeğin birbirinden ayırmak ve endospermi una indirgemek için yapılan işlemdir. Bir başka deyişle buğdayların un veya irmik haline getirilmesi için yapılan işlemdir.

Buğdayların yabancı maddelerden temizlenip tavlandıktan sonra üzerinde dişler bulunan veya bulunmayan farklı hızlarda dönen vals adı verilen silindirler arasında kırılarak eleklerden elendikten sonra 1-150µm parçacık büyüklüğünde toplanan ürüne **un** denir.

Buğdayın Öğütülmesi

Değirmene gelen buğday öğütülmeden önce bir takım ön işlemlere tabi tutulur. Buğdaydan un elde etme 4 aşamada gerçekleşir:

- Buğdayın temizlenmesi
- Buğdayın tavllanması- kondisyone edilmesi
- Buğdayın öğütülmesi
- Eleme

Buğdayın Tavlanması

Öğütmede temiz, homojen, öğütmeye uygun buğdaya sahip olmak, en iyi un ekstraksiyonu ve un kalitesi sağlamak amaçlanmaktadır.

Bu nedenle buğday temizlendikten hemen sonra öğütülmez. Öğütme işleminden önce tanenin fiziksel yapısı öğütmeye uygun hale getirilir.

Bu da buğdayın **tavlanması (tempering)** veya **kondisyone edilmesi (conditioning)** ile sağlanır. Tavlama ve tavlama koşullarının ayarlanması, suyun uzaklaştırılması veya daha sıklıkla su ilavesi ve ardından buğdayın dinlendirilmesi anlamına gelir.

Buğdayın sertlik ve gevreklik bakımından nispeten farklılık gösteren kepek, ruşeym ve endosperm gibi farklı kısımları öğütmeye uygun hale getirilir.

Buğdayın Tavlanması

Eklenen suyun miktarı **buğdayın nemi** ve **ortamın bağıl nemine** bağlıdır. Su verilen buğday eklenen nemin tanenin içine tam olarak işlemesi için dinlendirilir.

Tavlama işlemi değirmencinin tanenin fiziksel ve kimyasal durumunu değiştirebileceği tek basamaktır. Tavlamada amaç buğday tanelerinin tümünün aynı fiziksel duruma ulaşmasını sağlamaktır.

Buğdayın Tavlanması

Buğdayın tavlanması öğütülecek buğdayın rutubet oranını belli düzeye getirme ve rutubetin tane içerisinde uniform (homojen) olarak dağılımını sağlama işlemidir.

Kondisyone etme ise bu işlemlere ek olarak **sıcaklık uygulanıp** tanenin fizikokimyasal özelliklerini değiştirmek amaçlanır. Kondisyone etme işleminde uygulanan ısıtma işlemiyle suyun taneye difüzyon hızı artırılır, tanenin gluten ve enzim yapısı değiştirilerek ekmeçlik kalitesi iyileştirilir.

* Ayrıca kondisyone işlemi, rutubet oranı aşırı olan buğdayların öğütmeye elverişli rutubete getirilinceye kadar kurutulmasını da kapsar.

Buğdayın Tavlanması

Buğdayın kondisyone edilerek tanenin fiziksel özelliklerini değiştirmenin yararları:

1. **Tane kabuğu, dayanıklılık ve elastikiyet kazanarak kırma valslerinden parçalanmadan geçer.**
2. **Tanenin kabuk ve endospermi birbirinden daha kolay ayrılır.** Böylece kırma valslerindeki güç gereksinimi düşer. Bu da materyalin ısınmasını ve nişastanın aşırı zedelenmesini önler, evaporasyon kaybını azaltır, kalite fazla etkilenmeden ekstraksiyon artar.
3. Endosperm yumuşayarak redüksiyon valslerinde az bir basınçla kolayca parçalanacağından **redüksiyon valslerinde güç sarfiyatı düşer.**

Buğdayın Tavlanması

4. Karışımında tane sertliği farklı olan çeşitler varsa bunların öğütme basınçları yaklaşık aynı olur ve çeşitlere göre **pasaj unları arasındaki farklılık azalır.**
5. **Unda uygun bir partikül iriliği dağılımı sağlanır** ve unun elenmesi kolaylaşır.
6. **Son üründe istenen rutubet oranı sağlanır,** kalite yükselir.

Buğdayın Tavlanması

Buğdayın tavlanmadan önceki orijinal nem içeriği değişiklik gösterir. Buğdayın nem içeriği sürekli olarak izlenmeli ve buğdayı optimum öğütme nemine getirmek için su eklenmelidir. **Genelde optimum öğütme nemi %14-17 arasındadır.**

Tanenin ortalama nem içeriği % 16 olsa bile, eğer kabuk %14 nem, iç kısım % 17 nem içeriyorsa tatminkar olmayan bir un rengi ortaya çıkabilir.

Aynı şekilde tane nemi %16, fakat iç nem %14.5, kabuk %18.5 ise un verimi ve öğütme dengesi olumsuz etkilenebilir.

Buğdayın Tavlanması

Yumuşak ve **sert taneli buğdaylara** verilecek su miktarı birbirinden farklıdır. Sert buğdaylar yumuşak buğdaylara oranla daha nemli hazırlanırlar. Çünkü sert buğdayların valslerde kırılmaları daha zordur. Farklı tane sertliğindeki buğdayların öğütmeden önce sahip olmaları gereken rutubet oranları:

Sert buğdaylar	%17- 18
Orta sert buğdaylar	%16- 17
Orta yumuşak buğdaylar	%15.5- 16
Yumuşak buğdaylar	%15- 15.5

Buğdayın Tavlanması (Taneye suyun geçişi)

Buğday tanesine su verildiğinde suyun tane içine penetrasyonu difüzyon yoluyla gerçekleşir ve sıcaklıkla hızlanır.

Buğday tanesi su içine daldırıldığında tanenin suyu absorbe etmesi 2 aşamada gerçekleşir. **İlk aşamada** bir miktar su tane yüzeyinde tutulur. **İkinci aşamada** tutulan su tane içerisine çok yavaş bir şekilde absorbe olur. Tane yüzeyinde tutulan suyun tane içine absorpsiyonunu engelleyen bir tabaka olmamakla birlikte tanenin kabuk kısmı penetrasyonu çok yavaşlatır.

Buğdayın Tavlanması (Tavlama yöntemleri)

Buğdaya verilen suyun tane içerisinde dağılması :

Soğuk tavlama

Ilık Kondisyone

Şok Kondisyone olmak üzere 3'e ayrılır.

Buğdayın Tavlanması (Tavlama yöntemleri)

Soğuk Tavlama

Soğuk tavlama **ortam sıcaklığında** yapılan tavlama yöntemidir. %3'e kadar su ilave edilir ve suyun tane içine difüzyonu için birkaç gün dinlendirilir. Soğuk tavlama bir defada %3'ten fazla su verilmez. Suyun verilmesi birkaç aşamada yapılabilir. Bu yöntemde suyun tane içerisine uniform olarak yayılabilmesi için geçen süre uzun olduğundan fazla tav silosu kapasitesine ihtiyaç vardır.

Sert taneli buğdayların soğuk tavlama durumunda bekletme süresi 72 saate kadar çıkar.

Buğdayın Tavllanması (Tavlama yöntemleri)

Tavlama işleminin **çok aşamalı yapılmasının yararları:**

- Uzun bir dinlendirme süresi uygulandığından tavlama sırasında verilecek **suyun taneler arasında ve tane içinde düzgün olarak dağılması sağlanır.**
- Bu yöntemle tavlanan buğdaylarda **tane kabuğunun endospermden daha kolay ayrılması sağlanır.**

Çok aşamalı tavlamanın **dezavantajları** ise maliyeti ve undaki bakteriyal yükü artırmasıdır.

Buğdayın Tavlama (Tavlama yöntemleri)

Ilık Kondisyone

Buğdayın tavlama rutubet, sıcaklık ve zamanın bir fonksiyonudur. Sıcaklık yükseldikçe buğdayın öğütmeye öğütmeye elverişli hale gelmesi için gerekli süre azalır. Tane sıcaklığının yükselmesi tanenin genişlemesini sağlar. Böylece bünyesindeki kapiller borular açılır ve belirli sürede daha fazla suyun absorbe edilmesi sağlanır. Ilık kondisyone işleminde buğday **en fazla 46°C'a** kadar ısıtılır ve bir aşamada **%9'a kadar su** verilebilir. Ilık kondisyone işleminde tavlama süresi **40 dakikadan 3 saate** kadar değişebilir.

Buğdayın Tavlama (Tavlama yöntemleri)

Şok kondisyone

Şok kondisyone işleminde amaç buğday tanesinin kabuk ve endospermi arasındaki yapışma gücünü azaltarak kabuğun kolay ayrılmasını sağlamak ve ayrıca endosperme kolayca kırılan bir yapı kazandırarak öğütmeyi kolaylaştırmaktır.

Şok tavlama işlemi **stabilizör** denen aletlerde gerçekleştirilmektedir. Stabilizörlerde buğday yaklaşık bir dakika süre ile atmosfer basıncında doğrudan buhar enjekte edilerek çok kontrollü bir şekilde hızla ısıtılır. Buğday **49-66°C arasında bir** sıcaklığa kısa sürede getirilir.

Buğdayın Tavlanması (Tavlama yöntemleri)

Bu yöntemde tanenin dışından içine doğru sıcaklık ve rutubet derece derece değişir ve tanede derece derece buhar basıncı meydana gelir.

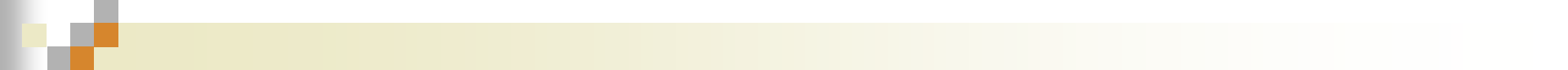
******Şok kondisyone işleminde çabuk ısıtmadan sonra buğdayın gluten özelliklerinin zarar görmemesi ve sıcaklık uygulamasının uzayarak kabuk ve endosperm arasındaki yapışma kuvvetinin tekrar artmaması için buğdayın **tekrar hızla soğutulması gerekir.**

BUĞDAYIN ÖĞÜTÜLMESİ

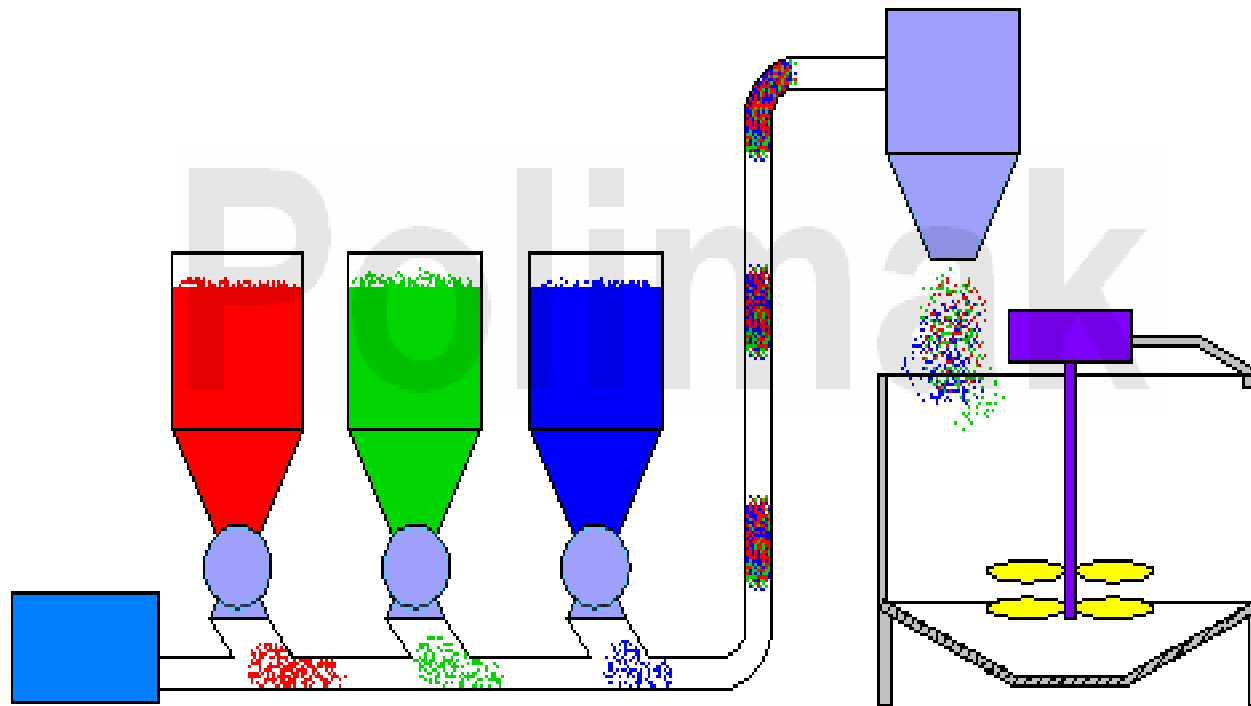
Buğdayların un veya irmik haline getirilmesi için yapılan işleme öğütme denir.

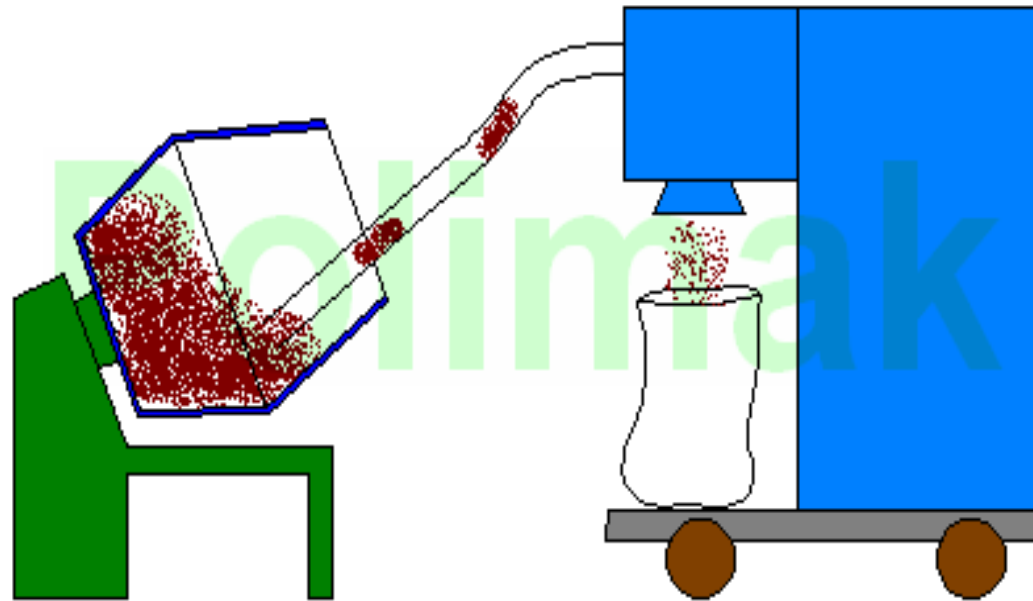
Buğdayın öğütülmesinde amaç;

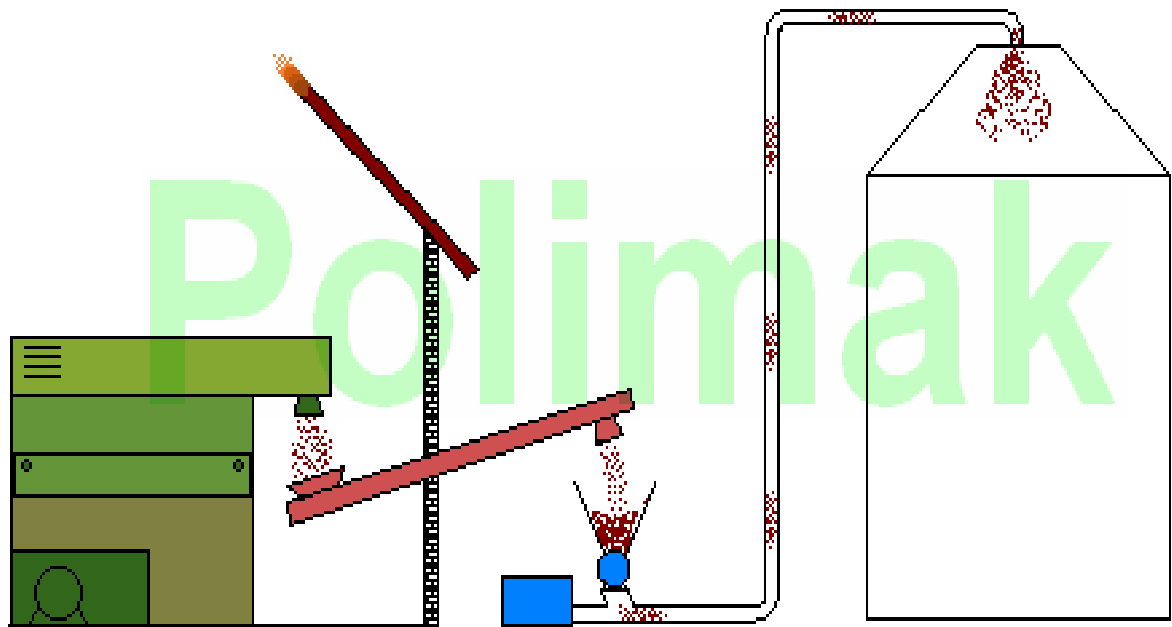
- tanenin endosperm kısmını mümkün olduğunca kabuk ve ruşeymden ayırmak,
- ayrılan endospermi ise incelterek un haline getirmektir.

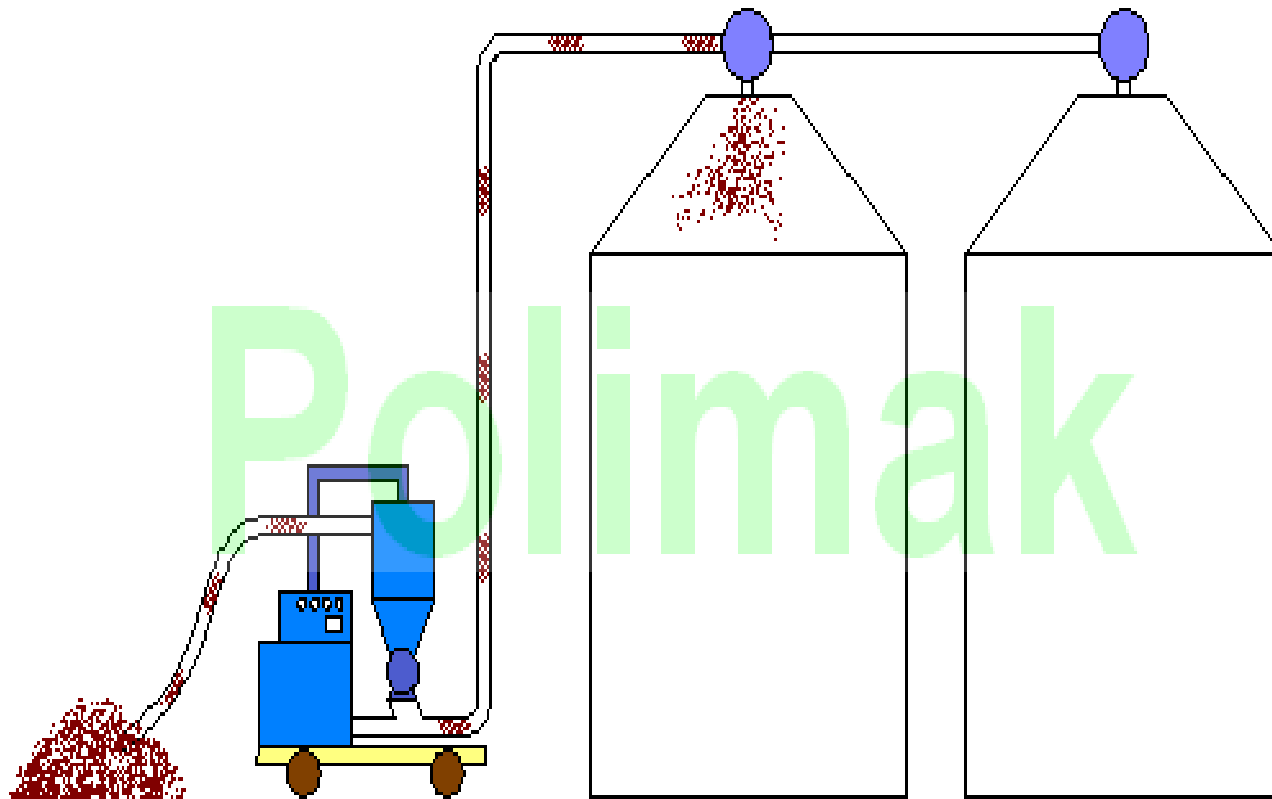


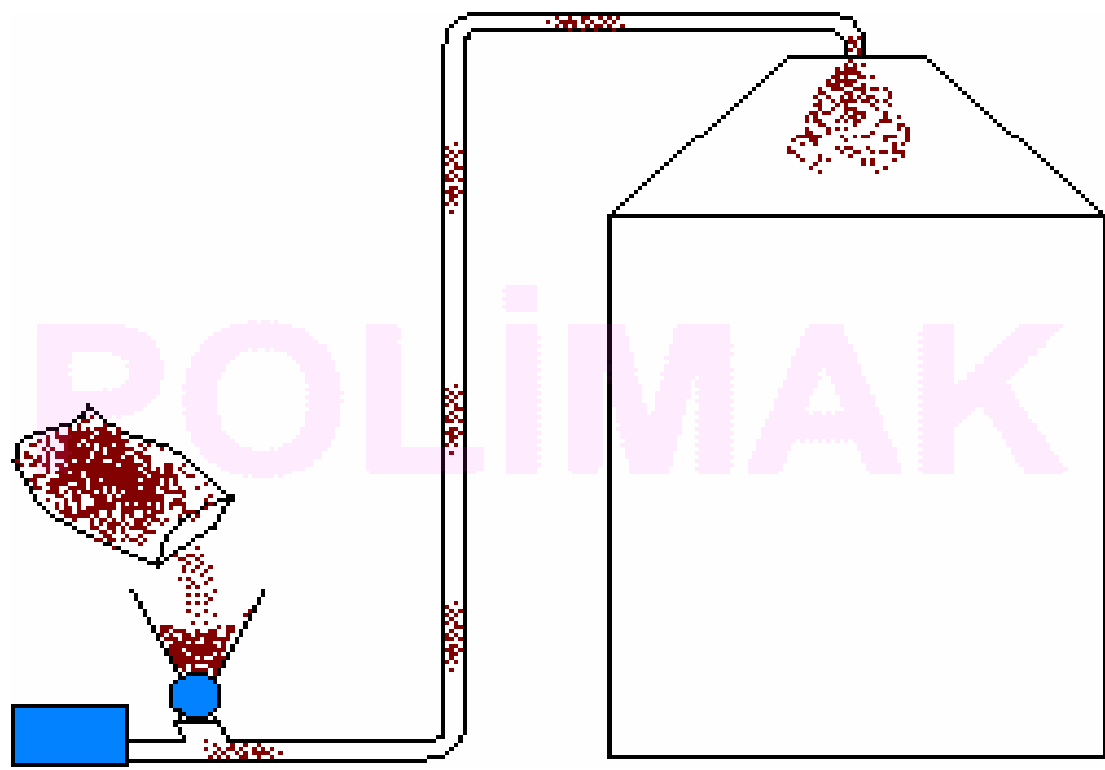
Un fabrikaları dikeye yayılmış durumdadır. Fabrikaya gelen buğday temizlenmek, tavlamanak, öğütölmek veya depolanmak üzere katlar arasına döşenmiş dikey borular içinde taşınır. Buğdayın veya öğütme ürünlerinin borular içinde taşınması için hava kullanılır. Buğday ve ürünlerinin taşınması için havanın kullanıldığı sistemlere **pnömatik sistem** denir. (hava basıncı veya vakum ile taşınma presibinden yararlanır.)

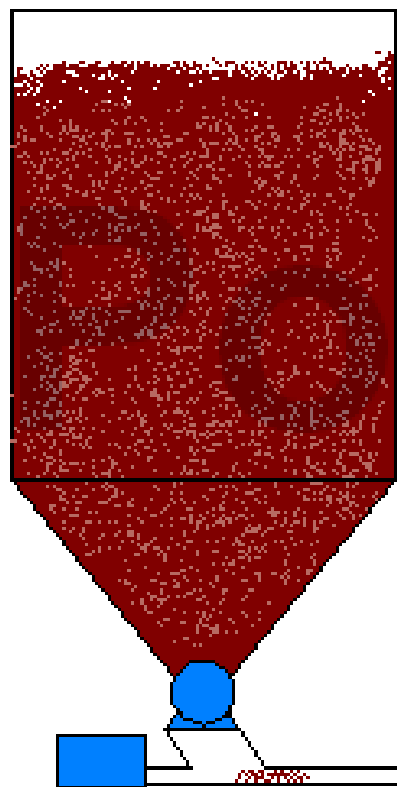




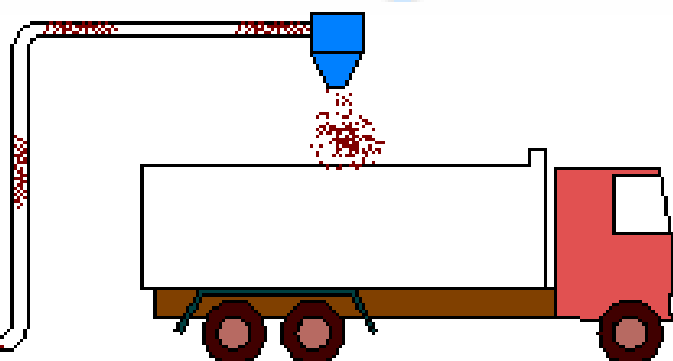


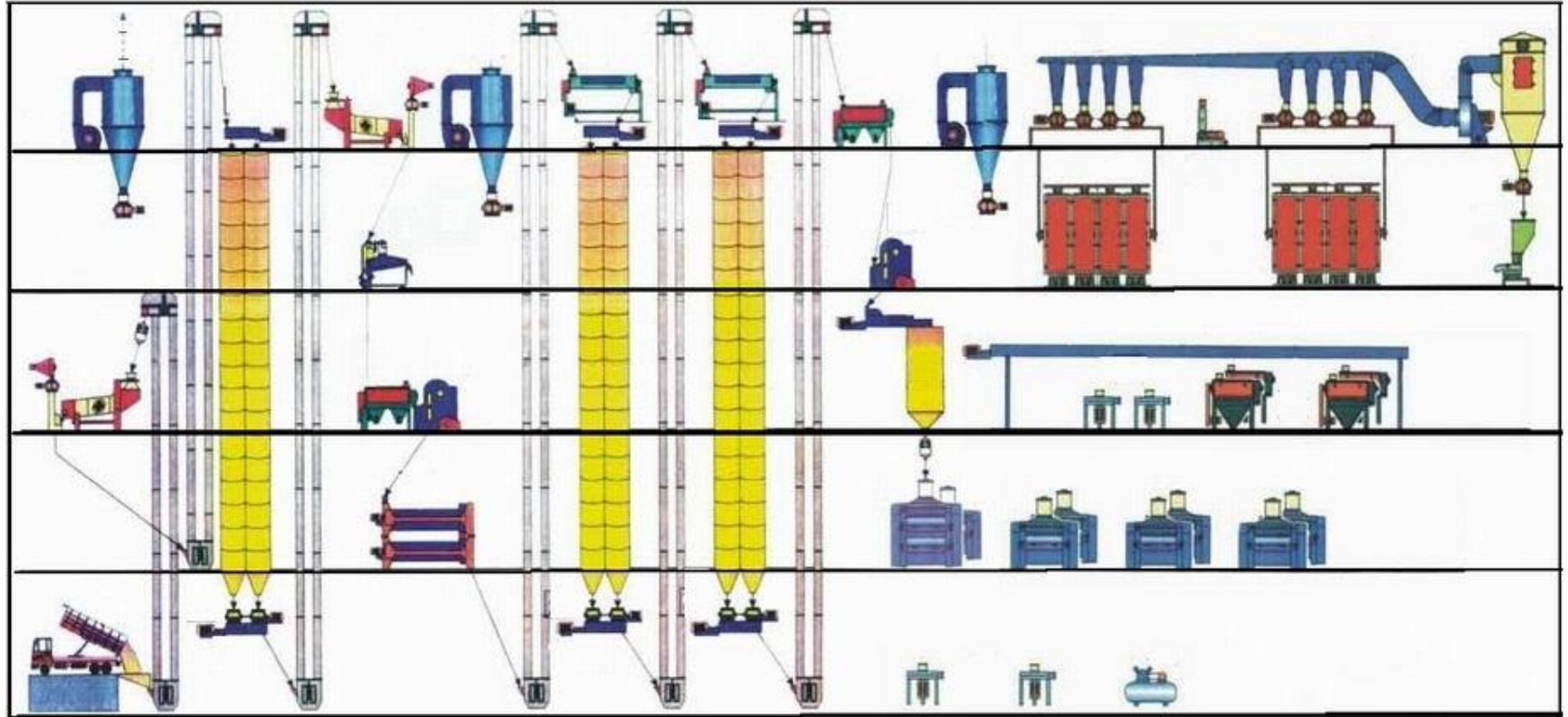






limak






BUĞDAYIN ÖĞÜTÜLMESİ

Öğütme işlemi 4 sisteme ayrılmaktadır:


1. Kepek ve ruşeymin endospermden ayrıldığı **KIRMA SİSTEMİ**
2. Kabuğa yapışık halde bulunan az miktardaki endosperm parçalarının ve ruşeym parçalarının ayrıldığı **KAZIMA SİSTEMİ**
3. Endospermi una indirgeyen **REDÜKSİYON SİSTEMİ**
4. Diğer 3 sistemden geri alınan endospermden kepeğin ayrıldığı **KUYRUK SİSTEMLERİ** (Tailings System)



Öğütme işlemleri **kırma, ufalama, ayırma ve sınıflama** işlemlerini kapsar. Kırma ve ufalama işlemleri değirmenin kırma ve redüksiyon sistemlerinde, ayırma ve sınıflama işlemleri ise pürifikasyon (irmik temizleme) ve eleme sistemlerinde gerçekleştirilir.

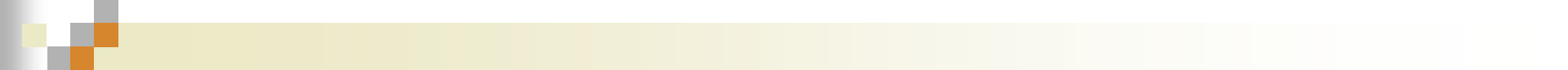
Öğütmede bir vals çifti ve hemen ardından gelen elekten oluşan sistemlerde gerçekleştirilir. Bu sistemlere **pasaj** denir. Pasajlarda kırma ve inceltme işlemlerinde 4 farklı ürün elde edilmektedir;

- Endospermin yapışık olduğu iri kabuk parçaları **2.kırma mak.**
- İri endosperm parçaları (irmik) **redüksiyon vals.**
- İnce endosperm parçaları (dunst) **redüksiyon vals.**
- En ince endosperm parçaları (un, 1-150 μ) **kırma unu silosu**




Kırma sisteminin görevi tanenin endosperm kısmını mümkün olduğunca ayırmak, bunu yaparken en az miktarda kepek tozu ve un oluşturmaktır. Kırma sırasında endosperm partikülleri mümkün olduğunca iri kalmalıdır. Böylece pürifayrlarda (irmik temizleme) iri endosperm kepekten kolayca ayrılır.


Hedef; mümkün olduğunca az un, fazla irmik ve middlings meydana getirmektir.



Kazıma sisteminin görevi kabuğa yapışık halde bulunan az miktardaki endosperm parçacıkları ve ruşeym parçacıklarını ayırmaktır. Bu işlem için irmik temizleme makineleri kullanılır.



Redüksiyon sisteminin görevi kırma sisteminden çıkan iri endosperm parçalarını un haline getirmektir. Redüksiyon sisteminde materyal inceltirirken nişasta granüllerinin zedelenmesinin kontrol altında tutulması, kabuk ve ruşeym parçacıklarının olabildiğince az aşındırılması esastır.



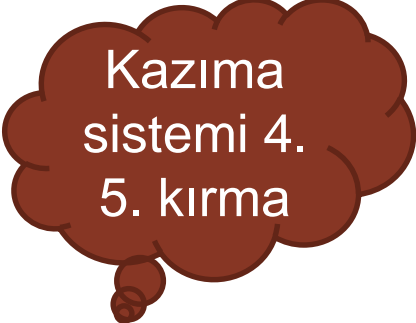
Her üç sistemde de farklı özellikteki çelik valsler kullanılır (Şekil 13). Valslerin yüzeyi su verilerek sertleştirilmiştir. **Kırma valsleri dişlidir** (yivlidir). Kırma valsleri buğdayı kesip açma, kazıyıp aşındırma, kırıp parçalama görevini yerine getirmek üzere valsler üzerinde hafif eğim yaparak uzanan dişler bulunmaktadır. Vals yüzeyine yivler oyulmuş durumdadır. Yivlerin şekli, testere, vida veya oluk şeklinde olabilir. **En yaygın olarak kullanılan yiv şekli testeredir.**




Şekil 13. Çelik Vals

Bir işletmenin kırma sisteminde işlevleri birbirinden farklı 4 veya 5 kırma değirmeni bulunmaktadır. Diş sayısı kırma sisteminde sona doğru gidildikçe vals yüzeyindeki diş sayısı artar. 250 mm çaplı valslerin diş sayısı şu şekildedir:

- 1.kırmada 250-335 diş/vals, 3.2-4.1 diş/cm
- 2.kırmada 400-450 diş/vals, 5.1-5.7 diş/cm
- 3.kırmada 500-550 diş/vals, 6.4-7.0 diş/cm
4. kırmada 675-750 diş/vals, 8.6-9.6 diş/cm
- 5.kırmada 800-850 diş/vals, 10.2- 10.8 diş/cm



Kazıma sistemi 4.
5. kırma



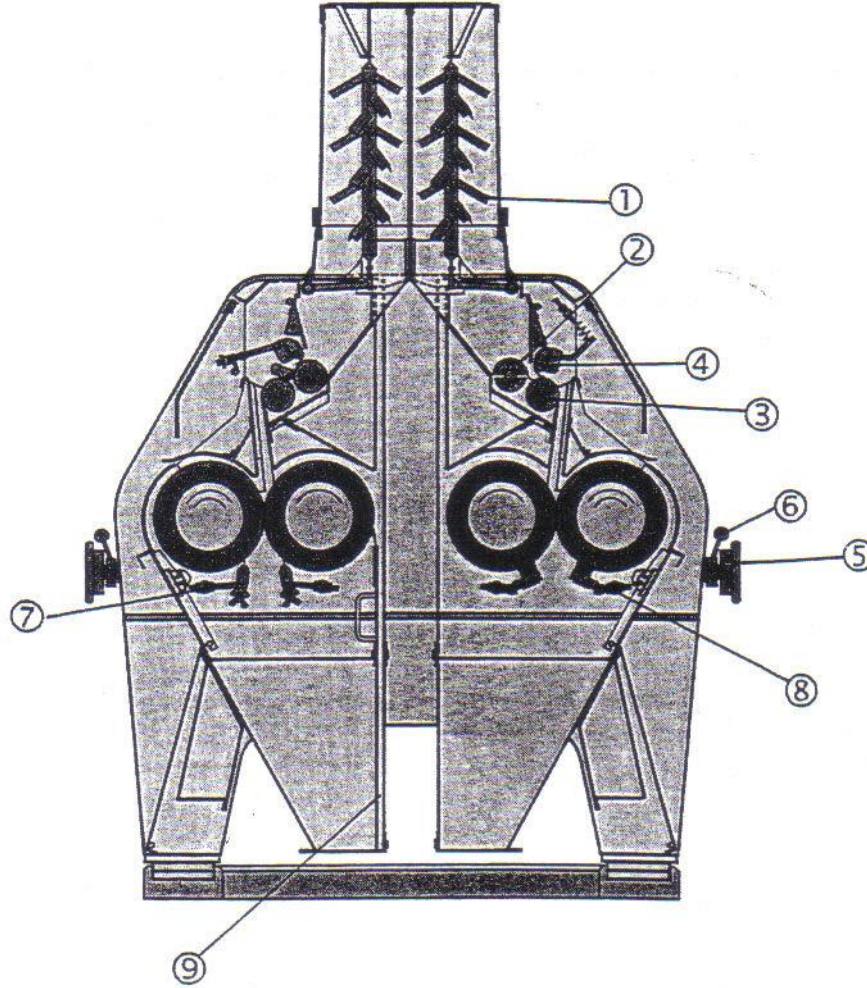
Redüksiyon valsleri ise düz valsler (liso valsleri de denir) dir. Vals yüzeyi ayna gibi parlak olabildiği gibi donuk ve pürüzlü de olabilir. **Düz ve parlak vals yüzeyi ürünü ezme ve yassılma görevi görür.** Hafif pürüzlü olduğu taktirde valsler ürünü ovalayarak ezmeden inceltir. Valslerin yüzeyi parladığı taktirde yüzeye kum püskürtülerek pürüzlü hale getirilir.

ÖĞÜTME MAKİNALARI

Valsli Değirmen

Valsli değirmen günümüzde taş değirmenlerin yerini almış ve un fabrikalarında kullanılan en önemli makinelerdir. Bir işletmede bir değil bir dizi valsli değirmen kullanılır. Bunlar ard arda yerleştirilerek buğdayın kademeli olarak kabuğu ayrılır ve endosperm inceltir. Böylece istenen derecede un elde edilir (Şekil 14).

Bir valsli değirmende partiküller vals yüzeyindeki dişler ve valsler tarafından uygulanan basınç nedeniyle vals aralığına doğru itilirken oluşturulan kesme ve sıkıştırma kuvvetlerine maruz kalırlar.



Şekil 14.Valsli değirmen, 1: Besleme, 2: dağıtma vidası, 3: ön besleme valsleri, 4: besleme ayarlama plakası, 5: öğütme aralığını belirleyen manuel kol, 6:kilitleme kolu, 7: düz valsler için bıçak kazıyıcı, 8: dişli valsler için fırça kazıyıcı, 9: öğütme aralığı aspirasyonu



Şekil 15. Bir dizi valsli değirmen



Şekil 16. Valsli değirmen

ÖĞÜTME MAKİNALARI

Valsli değirmende partiküller üzerine uygulanan basıncın büyüklüğü şu faktörlere bağlı olarak değişir.

- Valslere mal akışının oran ve tekdüzeliği
- Vals hızları
- Vals yüzeylerinin tipi ve durumu
- Vals aralığı
- Partiküllerin özellikleri

ÖĞÜTME MAKİNALARI

Valsli değirmende öğütme zıt yönde dönen çelik valslerle yapılmaktadır. Bunlar ürünü öğütme bölgesi denilen valslerin arasına çeker. Valsler kullanım amacına göre düz yüzeyli (liso) olabilir veya yüzeyine diş (yiv) oyulabilir. **Dişli valsler kırma sisteminde, düz valsler redüksiyon sisteminde kullanılır.**

Bir değirmende 2 çift, yani 4 adet vals bulunur. Vals çiftleri makine gövdesi içerisine üst üste (vertical), yan yana (horizontal) veya 45 derecelik açı ile diagonal yerleştirilebilir. Yan yana pozisyonda vals başına düşen verim yüksektir, ağır beslemeye ve yüksek vals hızına uygundur. Diagonal tarzda yerleşimde ise valsler az alan kaplamaktadır.

BUĞDAYIN ÖĞÜTÜLMESİ (Kırma Sistemi)

Öğütme işlemi temizlenen ve tavlanan buğdayın 1.kırma valsine gelmesiyle başlar. Kırma sistemi, yüzeyleri dişli kırma valsleri ve bunların her birinden sonra gelen eleme makinalarından oluşur. **Kırma sisteminin görevi buğday tanesini kırmak, açmak ve endospermi kabuk ve ruşeymden ayırmaktır.** Kırma sisteminde 4-6 arası genelde ise **5 kırma kademesi** bulunur. Her kademedен sonra materyal elenerek sınıflanır. Bunun sonucunda un iriliğine gelmiş materyal ayrılırken, kabuk ve endospermin tam olarak ayrılmamış olduğu partiküller bir sonraki kademeye gönderilir. Orta irilikteki partiküllerden, kabuk partiküllerinden ve saf endosperm partiküllerinden oluşan materyal pürifikasyon sistemine gider. Bu işlemler her kırma kademesinde tekrarlanır ve en son kademedede kabukla endosperm birbirinden ayrılmış olur.

5 kırma valsli bir sistemde ilk üç kırma valsinin görevi buğday tanesini kırmak, açmak ve iri middlings elde etmek, son iki kırma valsinin görevi ise kabuktaki endospermi kazıyarak almaktır. Son kırma valsleri kepekteki endospermi alırken una bir miktar kabuk karışacağından son iki kırmanın materyali diğerlerine karıştırılmaz ve temizleme ve redüksiyon için değirmenin kuyruk kısmına gönderilir.

Kırma sisteminde iri irmik ve iri kepek partiküllerinden başka herhangi bir materyalin meydana gelmemesi **en ideal olanıdır**. Ancak bu pratikte mümkün değildir. Amaç kırma ununun oranının azaltılmaya çalışılmasıdır. **Ortalama %12-18 oranında un oluşmaktadır.**

Tablo VII-6. Sınıflandırma Yapılmış Materyalin İşlendiği Valslerdeki Diş Sayısı ve Değişik Kademelerdeki Tahliye Oranı (*)

	İnçteki diş sayısı	Vals çevresindeki diş sayısı	Tahliye olan materyal %
2. kalın kırma	14	425	45
2. ince kırma	16	500	62
3. kalın kırma	18	550	30
3. ince kırma	21	650	40
4. kalın kırma	26	800	12
4. ince kırma	28	850	17
5. kalın kırma	28	850	8
5. ince kırma	31	950	12

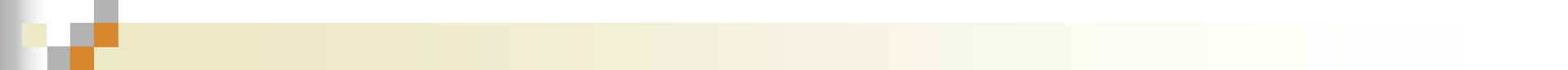
* Tahliye oranları her kırmaya gelen materyalin % si olarak verilmiştir.

Kaynak (4)

Kırma valslerinde son kademelere doğru inç'teki diş sayısı artmaktadır. **Yiv sıklığı arttıkça kazıyıcı etki de artmaktadır.** Kırma valslerinin 4. ve 5. kademeleri kazıma fonksiyonu görmekte olduğundan inçteki diş sayısı ve vals çevresindeki diş sayısı artmaktadır.

BUĞDAYIN ÖĞÜTÜLMESİ (Pürifikasyon Sistemi)

Pürifikasyon sistemi kırma valslerinden gelen orta irilikteki partiküllerin tekrar işleme tabi tutularak **kabuk, saf endosperm ve kompozite partiküllerin birbirinden etkin olarak ayrıldığı sistemdir.** Kırma valslerinden geçerken parçalanmış, kaba eleklerden geçmiş olan kepek partikülleri ve kompozite partiküller bu aşamada endosperm partiküllerinden (irmik ve middlings partiküllerinden) ayrılmaktadır.

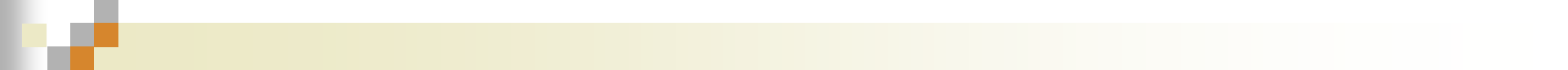


Kırma sisteminde kepek partiküllerinin iri parçacıklar halinde kalması hedeflenirse de bir kısım kepek öğütme sırasında parçalanarak eleklerden geçer ve irmik içerisine karışır. Bu kepek parçaları **purifikasyon** aşamasında ayrılır.

Burada ayrılan **kabuk** yem materyaline, **kompozite partiküller** tekrar işlem görmek üzere işletmenin kırma sistemine, **endosperm partikülleri** ise redüksiyon valslere gönderilirler. Pürifikasyon işleminde purifayr da denen irmik sasörleri kullanılmaktadır (Şekil 17).

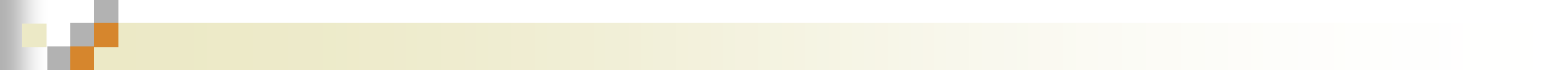


Şekil 17. İrmik sasörü



İrmik sasörleri hava geçirmez bir sandık içerisine alınmış titreşim hareketli baş kısmından kuyruk kısmına doğru hafif eğimli uzun bir elektir. Purifier elekleri baştan sona doğru giderek kalınlaşmaktadır. Sasörde bir ekzost kanalı vardır. Bu kanal sayesinde eleklerin altından üstüne doğru bir hava akımı oluşmaktadır.

İrmik sasörüne gelen materyal 3'e ayrılır: Eleklerden geçen materyal (**1. materyaller**); baştaki materyal **saf endosperm parçalarıdır**, irmik sasörünün sonuna doğru elek kalınlaşmakta ve elek altı **endosperme yapışık kepek parçaları** olmaktadır.



Eleklerden alta geçen materyal bir toplama konisinde toplanarak kalitelerine göre farklı çıkışlardan çıkararak redüksiyon valslerine giderler.


İrmik sasrlerinden çıkan **2. materyal** elek üstünde kalan kirli materyaldir. Bu kısım kepeğe yapışık endosperm parçaları veya kepek partikülleri olabilmektedir.

3. materyal ise hava akımı ile ayrılan ve daha çok tanenin arı kanadı tabakası veya tozdan ibaret olan ekzost kanalına giden materyaldir.

BUĞDAYIN ÖĞÜTÜLMESİ (Redüksiyon Sistemi)


Bir değirmende redüksiyon (inceltme, öğütme) sisteminin görevi, kırma ve pürifikasyon sisteminden geçmiş ve temizlenmiş olan materyali, kepek ve ruşeym partikülleri karıştırmadan, gluten ve nişasta özelliklerine zarar vermeden gerekli inceliğe getirmektir.

Redüksiyon sistemi, kırma sisteminde olduğu gibi bir dizi vals ve bunların her birinden sonra gelen eleme makinalarından oluşur. Redüksiyon valslerinin kırma valslerinden farkı **vals yüzeyinin kırma valslerinin dışı değil düz oluşudur.**



Redüksiyon valslerinde endospermin bir defada ufalanıp un haline getirilmesi mümkünse de pratikte uygulanmaz. Çünkü çok fazla vals basıncı gerektirir ve una kepek ve ruşeym karışma riski artar. Gluten zarar görür ve aşırı nişasta zedelenmesi meydana gelir. Sonuç olarak unun rengi ve ekmeklik kalitesi bozulur.

Redüksiyon kademesi değirmenin büyüklüğüne göre 8-14 arasında olabilmektedir. Redüksiyon sisteminin görevi **kabuğundan ayrılmış endosperm partiküllerini ufaltarak un haline getirmektir.** Her kademe sonunda bir kısım un ayrılır ve daha iri olan materyal bir sonraki kademeye gönderilir. Yassılmış ve yüzeyi genişlemiş olan kepek ve ruşeym partikülleri de uzaklaştırılır.



Kademeli redüksiyonda sistemin sonuna doğru gidildikçe materyal içerisindeki **endosperm oranı düşer, kepek oranı artar.** Ayrıca materyalin fiziksel karakterleri de değişir. Başlangıçta iri ve granüllü olan, kolay ufalanabilen endosperm giderek küçülür, yumuşak ve yapışkan bir hal alır, öğütülmesi elenmesi zorlaşır.

Redüksiyon sisteminde de kırma sisteminde olduğu gibi valsli değirmenler kullanılır. Kırma sisteminden çıkan materyal redüksiyon sisteminde boyut küçültme işlemine tabi tutulur.

Vals yüzeyi: 100 kg buğdayın 24 saatte öğütülmesi için gerekli vals uzunluğu (mm) olarak ifade edilir. Redüksiyon vals yüzeyi toplam değirmenin %62'sine karşılık gelmektedir. Kırma valslerinde ise bu oran %38'dir. Bir anlamda öğütme işleminin %62'si redüksiyon valslerinde %38'i ise kırma valslerinde gerçekleşir.

ÖĞÜTMEMEYE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Bir çift çelik valsın öğütme niteliği birçok faktörden etkilenmektedir:

1. Valslerin Çapı

Ticari valslerin çapı 225- 450 mm arasında değişim gösterir. Ticari değirmenlerde en yaygın olarak kullanılan vals çapı 250 mm'dir. **Vals çapı büyüdükçe inceltme-ezme etkisi artar.** Geniş çaplı valsler tabaka haline getirme işleminde tercih edilirler. Küçük çaplı valsler ise kırma sisteminde basıncı minimuma indirmek ve kesme işleminin etkisini arttırmak için tercih edilirler. **Çap arttıkça öğütme etkisi artar.**

2. Valslerin Uzunluğu

Ticari bir değirmende vals uzunluğu 450- 1500 mm arasında değişmekle birlikte en yaygın olarak kullanılan vals uzunluğu **1000 mm'dir**. Valsli değirmenin öğütme kapasitesi vals uzunluğuna bağlıdır. **Kapasite**; belli vals uzunluğuna düşen materyal miktarı olarak ifade edilir. 1.2. ve 3. kırma valslerinde valsler arası açıklık fazla olduğundan ve sapma riski olmadığından uzun valsler tercih edilirken birbirine yakın çalışan 4. ve 5. kırma valsleri ve redüksiyon sisteminde daha kısa valsler tercih edilir. Çünkü bu valslerde vals açıklığı hassas ayar gerektirir. Sapma minimum olmalıdır. **Uzun valslerde düzgün bir vals aralığını sağlamak zordur.**

3. Vals Yüzeyi

Valsler yüzeylerinin ömrünü ve çalışmasını arttırmak için farklı materyallerden yapılmışlardır. **Valslerin çoğu dökme demirden yapılmış ve daha uzun ömürlü olmaları için yüzeyi sertleştirmek üzere hızlıca soğutulmuşlardır.**

4. Valslerin Dönüş Hızı ve Diferansiyel

Değirmenlerde valsler oldukça yüksek hızlarda dönerler. Kırma ve redüksiyon sistemlerinde hızlı valsın dönüş hızı 500- 550 dev/dak'dır. **Valsin dönüş hızı arttırıldıkça öğütme performansı zarar görmekte, ince materyal oluşumu ve güç sarfiyatı artmaktadır.**

Bir vals çiftinde iki valsın dönüş hızları (rpm cinsinden) arasındaki orantıya diferansiyel denir. 2:1'lik bir diferansiyel hızlı valsın yavaş vals devrinin 2 katı ile döndüğünü gösterir. 1:1'lik bir diferansiyel ise valslerin hızının eşit olduğunu ifade eder.

Öğütme işi valsler arasındaki hız farkı nedeniyle gerçekleşir.

Kırma ve redüksiyon valslerinde üstteki vals alttakinden hızlı dönmektedir.

Valsler arasındaki öğütme şöyledir: Dönen valsler arasına düşen parçacıklar her iki valsın yüzeylerinin arasının parçacıkların büyüklüğü kadar olduğu yerde valsler tarafından yakalanır. Yivler valsın dönme hareketi ile parçacıkları çekerler ve öğütme aralığı daraldığı için parçacıklar yivlerin basıncı ile kesilirler, hız farkı nedeniyle birbirinden ayrılırlar ve birçok parçalar halinde dağılırlar. **Yavaş dönen vals tarafından tutulan partikülü hızlı dönen valsın yivleri keserler.**

5. Yiv Şekli ve Sayısı

Kırma valslerinin üzerindeki yiv ve setlerin profili (enine kesitinin şekli) ve sayısı valsın yaptığı işi etkiler. Bu nedenle yapılan işe göre valsın yüzeyine oyulacak dişlerin özellikleri ve sayısı özenle seçilir.

Diş çok derinse, materyal diş içine gizlenerek öğütülmeden geçebilir veya vals endospermi kazımaksızın kepeği parçalar. Çok sığ (kısa) olan bir diş endospermi kepekten kazımaya yetecek derecede içine işlemeyecek veya partikül üzerinde bölme kuvvetinden çok sıkıştırma kuvveti uygulayacaktır.



Günümüzde en yaygın olarak kullanılan diş şekli testere dişidir.

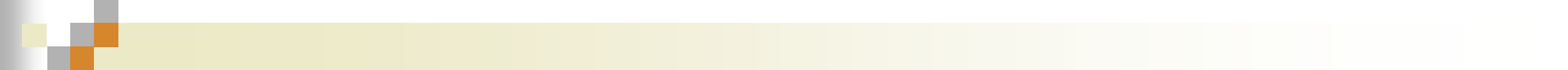
Diş sayısı dişler arasındaki açıklığı belirler. Yiv sıklığı cm'de ortalama 4-16 yiv arasında (10-40 /in) değişmektedir.

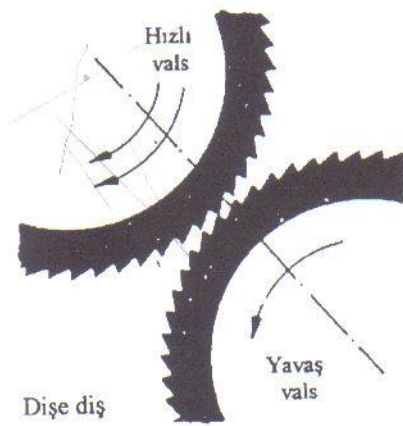
6. Yiv Pozisyonu

Valslerin kesme ve öğütme etkisi dişlerin pozisyonuna göre değişir. Buğday tanesi veya üzerine kepek yapışık bulunan iri endosperm parçaları valsler arasından geçerken alttaki valsın dişleri taneyi tutar, üstteki hızlı dönen valsın dişleri taneyi keser ve endospermden kabuğu kazır.

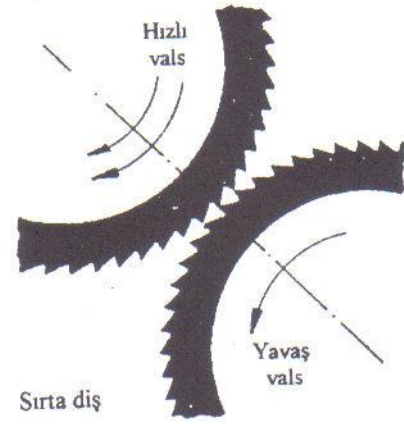
Dört farklı diş pozisyonu mevcuttur (Şekil 18):

- **Dişe diş pozisyonu:** Üstteki hızlı dönen valsın dişlerinin kesme veya kısa kenarları altta, alttaki yavaş dönen valsın dişlerinin kesme kenarları ise üsttedir. Materyal valsler arasından geçerken yavaş dönen valsın dişlerinin kesme kenarı partikülü tutarken, hızlı dönen valsın dişlerinin kesme kenarı kırpar. Dişe diş pozisyonu en şiddetli etkiye sahip pozisyonudur. Çok yumuşak buğdaylarda kullanılır.

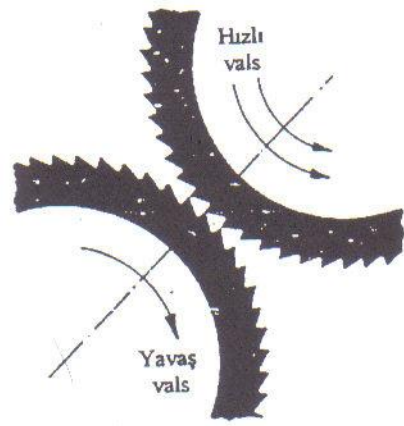
- 
- **Sırta diş pozisyonu:** Hızlı dönen valsın dişlerinin kesme kenarı yavaş dönen valsın dişlerinin uzun kenarına yani sırt kısmına karşılık gelir. Partikül yavaş dönen valsın dişlerinin sırt kısmı ile hızlı dönen valsın dişlerinin keskin kenarı arasında kalır. Kabuğu orta derecede dayanıklı yumuşak buğdaylara daha uygundur.
 - **Dişe sırt pozisyonu:** Her iki valsın dişlerinin kesme kenarları yukarı doğrudur. Hızlı dönen valsın dişlerinin sırt kısmı yavaş dönen valsın dişlerinin keskin kenarına karşılık gelir. Bu pozisyon orta sert kırılğan buğdaylar için uygun sayılır.



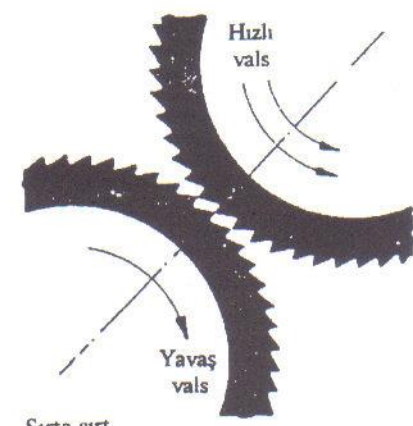
Dişer diş



Sırta diş



Dişer sırt



Sırta sırt

Şekil 18. Diş pozisyonları

- **Sırta sırt pozisyonu:** Şiddeti en az olan pozisyonudur. Hızlı dönen valsın dişlerinin kesme kenarları yukarı, yavaş dönen valsın kesme kenarları ise aşağı doğrudur. Partikül valsler arasından geçerken valslerin sırt kısımları arasında kalır. Bu pozisyon çok sert buğdaylara uygundur.

Sırta sırt pozisyonunda kepeğin parçalanması olasılığı en az, diş ömrü ise en uzundur. Bu pozisyon en fazla tercih edilen pozisyonudur.

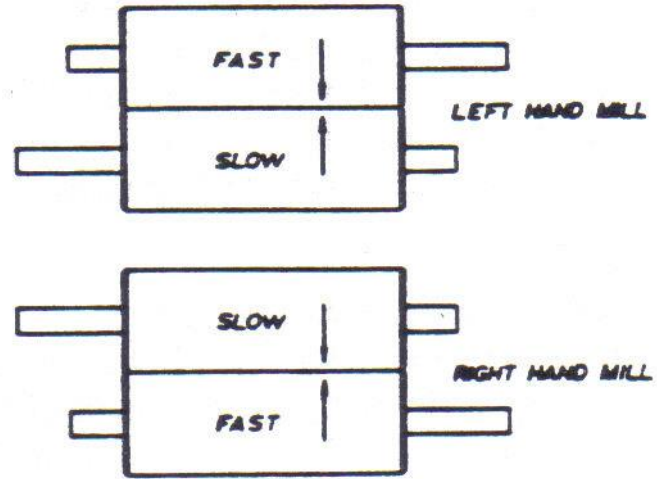
Çok yumuşak buğdayların öğütülmesinde dişe diş, orta yumuşak buğdayların öğütülmesinde dişe sırt, orta sert buğdayların öğütülmesinde sırta diş, sert buğdayların öğütülmesinde sırta diş tercih edilir.

7. Yiv eğimi, Spiralite (Drall)

Vals yüzeyi üzerinde eksene paralel, boydan boya çizilmiş bir hatta göre yivin eğimine spiralite (drall) denir. Kırma valslerinde spiralite genelde %2- 8 arasındadır. Yani bir yivin vals boyunca 100 mm'de 2 yada 8 mm yataydan uzaklaştığı anlamına gelir.

Küçük drall'ın daha fazla kesici, büyük drall'ın daha fazla aşındırıcı etkisi olduğundan ilk öğütme pasajlarında 1. kırma valsinde %8-10, sonuncu kırmada %12- 16 drall kullanılır.

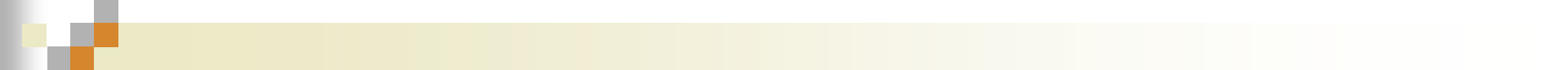
8. Yön (Hand): Yön dişlerin materyali hangi tarafa doğru kestiğini belirten bir ifadedir. Şekil 19'da farklı dönüş aranjmanındaki valslerin yönleri gösterilmiştir. Yön belirlenirken hızlı dönen valse yüzümüz dönük vaziyette durunca valsin hangi uçtan hareket aldığına bakılır. Yani hızlı vals dışta veya bize yakın tarafta olacak şekilde durduğunuzda hareket veren kasnak sağda ise değirmenin yönü sağ, solda ise değirmenin yönü soldur.



Şekil 19. Valsin yönü

9. Vals Uçlarının Darlığı ve Vals Kavisi

Redüksiyon valsleri çalışırken vals hızları arasındaki farklılık ısınmaya neden olur. Ancak ısınma ve buna bağlı olarak da genleşme vals her tarafında eşit değildir. Vals uçları yataklardaki ilave ısınma nedeniyle orta kısımlara kıyasla biraz daha genişler. Orta kısımlarda ürünün öğütülmesi daha hafif, uç kısımlarda ise ağır olur. Uç kısımlarda materyal aşırı incelir.



Vals uçlarının biraz daha dar yapılması kırma valslerinde rastlanan bir durum değildir. Çünkü dişli valslerde basınç düşük olduğu için ve valsler arasındaki açıklık fazla olduğu için vals uçları inceltilmez.

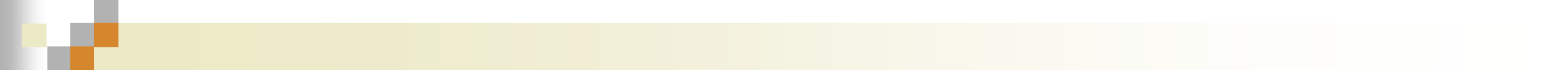
Sapma, uzun valslerde kısa valslerle göre daha fazladır.

BİRİM VE TOTAL EKSTRAKSİYONUN HESAPLANMASI

Kırma tahliyeleri birim ekstraksiyon ve total ekstraksiyon olarak ifade edilir. Bir işletmenin kırma sisteminde yükün dağılımı ürün kalitesi ve un verimi bakımından önemlidir. Bu nedenle kırma valslerine gelen yük dağılımı bilinmelidir. Ayrıca her kırmaya gelen materyalin partikül iriliği ve kalitesi de farklı olduğundan her kırmanın % ekstraksiyonu, partikül iriliği dağılımı, total ekstraksiyonu gibi özelliklerinin tayini gereklidir.

Total ekstraksiyon= Valse gelen yük* Birim ekstraksiyon /100

Birim ekstraksiyon= Total ekstraksiyon/ Valse gelen yük*100



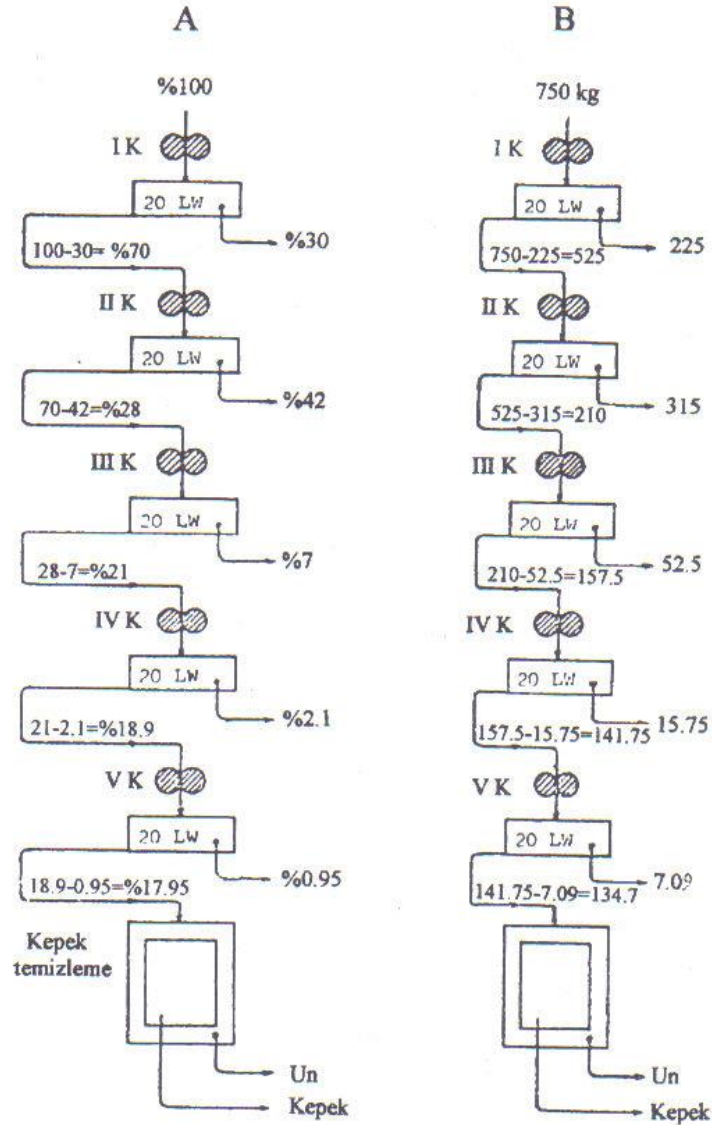
Birim ekstraksiyon: Her kırma valsinden geçen % ürün miktarıdır. Yani bir kırma valsine gelen 100 kg buğdayın öğütülerek eleklerden geçen oranı birim ekstraksiyonu verir (%30 demek gelen ürünün %30'u geçiyor demektir.)

Total ekstraksiyon: Her kırma valse sonunda elde edilen ürün miktarıdır. Yani total ekstraksiyonu 20 demek valse gelen buğdayın 20 kg'ı aşağıya geçmiş demektir.

İlk kırma valsinde birim ve total ekstraksiyonlar aynıdır. Diğer valslerde değişiklik göstermektedir.

Tablo VII-4. Kırma Valslerinde Birim ve Total Ekstraksiyon

Kırma kademesi	Valse gelen yük (%)	Birim ekstraksiyon (%)	Total ekstraksiyon (%)	Σ Ekstraksiyon (%)
1	100	30	30	30
2	70	60	42	72
3	28	25	7	79
4	21	10	2.1	81.1
5	18.9	5	0.95	82.05



Şekil 20. Birim ve total ekstraksiyonlar



BUĞDAYIN ELENMESİ

ELEME

Eleme, öğütülmüş materyal içerisinde bulunan değişik irilikteki partiküllerin birbirinden ayrılması işlemidir. Değirmenlerde eleme her öğütme operasyonundan sonra elde edilen materyali bir sonraki öğütme veya purifikasyon aşaması için sınıflamak veya materyal içindeki unu ayırmak için yapılır.

Eleme işlemi materyalin elek üzerinden hareket ettirilmesi ve elek deliklerinden geçebilecek olanların yerçekimi ile elek altına geçirilmesidir. Bazı durumlarda materyalin elek deliklerinden geçmesi için hava akımından veya özel paletlerin zorlayıcı etkilerinden de yararlanır.

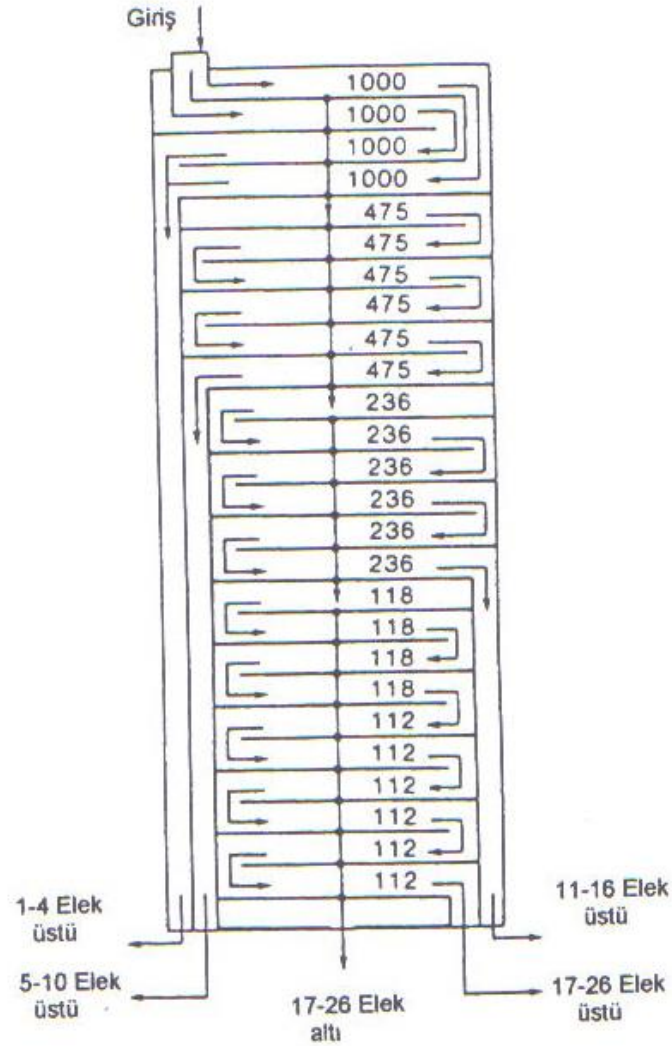
ELEME (KARE ELEK)

Un değirmenciliğinde en çok kullanılan eleme makinası

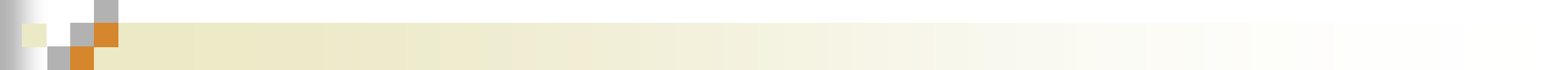
- Yaklaşık 30 adet eleğin üst üste bulunduğu, 1- 8 arası bölümden oluşan ve her bölümde maksimum 8 boyutta eleme yapabilen **kare çerçeveli dairesel hareketli elekler**dir. Bu eleklere **kare elek veya plansifter** denir.
- Kare elekler yatay düzlem üzerinde dairesel hareket yaparak çalışırlar. Birçok elek üst üste yerleştirilerek geniş bir eleme yüzeyi elde edilmiştir. Eleme yüzeyi eğik değil tamamen yataydır. Çok sayıda elek blok şeklinde üst üste yerleştirilmiştir. Her bir elek bloğu bir seksiyon oluşturur. Bir eleme makinasının bir, iki veya üç seksiyonu bir sandık (veya kasa) içerisinde bulunur. İki sandık ve bir güç ünitesi bir eleme makinasını oluşturur.



Şekil 21. Kare elek



Şekil 22. Plansifterde bir bloğun şeması



Elek bloklarının altında taban distribütörleri vardır. Bunlar farklı pasajları elek panelinin altındaki uygun çıkışa göndermek için konulmuştur. Elekte elde edilen farklı boyutlardaki öğütme ürünleri distribütörlerden geçerek pnömatik sistemle makinaya gönderilir.

Un fabrikalarında önemli bir kural; istenilen boyuta küçültülmüş materyalin sistemi terk ederek sonraki öğütme ve eleme işlemlerine tabi tutulmamasıdır. Aksi takdirde hem uygun boyuttaki materyal gereksiz yere makinaları işgal edecek hem de ileri aşamalarda kalın materyal içine karışarak ayrılması güçleşecektir.



Elemenin Prensipleri (Elemeye etki eden faktörler)

- Elek hareketinin şekli
- Elek yüzeyi ile materyal arasındaki hız oranı
- Elek delik açıklığı
- Elek yüzey alanı ve elek bezinin etkin açık alanının yüzdesi
- Elek yüzeyindeki materyal miktarı
- Elek yüzeyindeki materyalin özellikleri

Elemenin Prensipleri (Elek hareketinin şekli)

Öğütme sanayiinde kullanılan düz eleklerin hareketi ya yatay düzlem üzerinde dairesel hareket (gyrating), ya ileri geri titreşim hareketi (reciprocating) ya da bunların kombinasyonudur. Silindir ve poligonal elekler ise dönme hareketi yapar ve kullanımları sınırlıdır.

Öğütme sanayiinde en çok kullanılan eleme makinaları Şekil 19'da görülen çok seksiyonlu kare çerçeveli dairesel hareketli eleklerdir. Bu elekler 30 adet eleğin üst üste bulunduğu, 1- 8 arası bölümden oluşan ve her bölümde maksimum 8 boyutta eleme yapabilen eleklerdir.

Elemenin Prensipleri (Elek hareketinin şekli)

Eleklerin bir diğer hareket şekli **titreşim hareketidir**. Titreşim hareketli elekler esneklik ve kapasitenin sınırlı olduğu özel durumlarda kullanılmaktadır. İleri geri titreşimli elekler bir eksantrik düzen veya yüksek-frekanslı titreşimle hareket etmektedir. Eleğin titreşim sıklığı ve salınım genişliği işleme göre değiştirilebilmektedir. Bu düzenleme genel olarak irmik sasöründe kullanılmaktadır.

Elemenin Prensipleri (Elek yüzeyi ile materyal arasındaki hız oranı)

Dairesel hareketli elekler için eleme işleminde önemli olan faktörler, eleğin dakikada devir hızı ve eleğin fırlatması yani dairesel hareketin çapıdır. Bu faktörler materyalin elek üzerindeki hareketini belirler. Elek fırlatması arttıkça hareket artar.

Materyalin elenebilmesi için materyal ile eleme yüzeyi arasında bir hız farkı olmalıdır. Materyalin elek yüzeyi üzerinde kaymaya veya hareket etmeye başladığı hıza **kritik hız** denir. Elek hızı genelde materyalin kritik hızının %1.25- 1.75'i olacak şekilde ayarlanır.

Elemenin Prensipleri (Elek göz genişliği)

Elek göz genişliği arzu edilen partikül ayrılmasını etkileyen önemli bir faktördür. Elek numaraları mesh numarasıyla ilişkilidir. Ancak günümüzde üreticiler elek boyutunu belirtmek üzere göz genişliğini mikron olarak ifade etmektedirler. Tablo 1'de un değirmenciliğinde kullanılan eleklerin göz genişliği gösterilmektedir.

Örn: 7 mesh = $2.54 \text{ cm} / 7$ (göz sayısı)

Opening (µm)	U.S. Test Wire		Mill Grade			Stainless Steel		
	Mesh	Diam.	Mesh	Percent Open	Diam.	Mesh	Percent Open	Diam.
2030			10	64.0	0.020			
2000	10 US	0.0354						
1680	12 US	0.0319						
1678			12	60.8	0.018			
1410	14 US	0.0285						
1371			14	57.2	0.017			
1191	16 US	0.0256						
1190						18	70.2	0.009
1180			16	55.4	0.016			
1041						20	67.2	0.009
1030			18	53.4	0.015			
1000	18 US	0.0228						
910			20	51.8	0.014			
869						24	67.2	0.0075
841	20 US	0.0201						
813			22	49.6	0.0135			
730			24	47.4	0.013			
716						28	62.4	0.0075
706	25 US	0.0177						
698			26	51.1	0.011			
682						30	64.8	0.0065
650			28	51.8	0.010			
630						32	62.7	0.0065
610			30	51.0	0.0095			
594	30 US	0.0154						
581						34	60.7	0.0065
566			32	50.9	0.009			
541						36	58.7	0.0065
520			34	48.1	0.009			
503						38	56.7	0.0065
501	35 US	0.0134						
478			36	45.8	0.009			
471						40	54.8	0.0065
465						43	61.6	0.005
452			38	45.8	0.0085			
437						46	62.9	0.0045
420	40 US	0.0114	40	43.6	0.0085			
414						48	61.5	0.0045
368						54	61.5	0.004
353	45 US	0.0097						
351								

Tablo1. Un değirmenciliğinde kullanılan eleme materyalleri ve eleklerin göz genişlikleri

Tablo 1 Un değirmenciliğinde kullanılan eleme materyalleri ve eleklerin göz genişlikleri (devam)

Opening (μm)	U.S. Test Wire		Mill Grade			Stainless Steel		
	Mesh	Diam.	Mesh	Open	Diam.	Mesh	Open	Diam.
335						58	59.0	0.004
323						60	57.8	0.004
308						62	56.5	0.004
285						66	54.2	0.004
269						70	54.9	0.0037
259						72	53.8	0.0037
250	60 US	0.0071						
249						74	52.7	0.0037
243						76	51.7	0.0037
224						80	49.6	0.0037
213						84	49.8	0.0035
212	70 US	0.0060						
202						88	47.9	0.0035
180						94	45.0	0.0035
178	80 US	0.0052						
165						105	46.9	0.003
150	100 US	0.0043						
145						120	47.3	0.0026
130						135	47.4	0.0023
125	120 US	0.0036						
120						145	46.4	0.0022
107						165	47.1	0.0019
103	140 US	0.0030						
88	170 US	0.0025						
86						200	46.2	0.0016
73	200 US	0.0021				230	46.0	0.0014

Elemenin Prensipleri (Elek göz genişliği)

Unu elemelerde kullanılan eleklerin seçiminde göz önüne alınacak faktörler:

- Elenecek materyaldeki endosperm harici maddeler ve materyal külü
- Materyalin elenebilirliği
- Materyal içindeki unun miktarı ve yüzdesi
- Gerekli un granülasyonu (partikül boyutu)


Elemenin Prensipleri (Elek yüzey alanı ve elek bezinin etkin açık alanının yüzdesi)

Kontinü eleme işleminde, materyalin elenmesi için geçen süre ve elek bezindeki açık alanın yüzdesi, eleme ile ayrılan fraksiyonların granülasyonunu etkiler. Eleme süresi, elek numarasına ve bezdeki açık alanın yüzdesine bağlıdır. Eğer bu faktörler yeterli değilse (örneğin yeterli elek yüzeyi sağlanamamışsa) elek üzerinde kalan materyal içerisinde elek göz genişliğinden geçebilecek incelikteki partiküller de bulunmaktadır. Bu duruma **yetersiz eleme (undersifted, underbolted)** denir. Tam tersi bir durumla karşılaşırsa, yani aşırı elek yüzeyi varsa veya yetersiz besleme yapılıyorsa bu duruma ise **aşırı eleme (oversifted, overbolted)** denir.

Elemenin Prensipleri (Elek yüzey alanı ve elek bezinin etkin açık alanının yüzdesi)

Değirmenlerde kullanılan elek alanı aşırı değil fakat materyalin serbestçe akmasına yetecek kadar olmalıdır. Elek yüzeyinin fazla gelmesi durumunda küçük kapasiteli değirmenler dar elek ya da bölünmüş elek seksiyonları kullanarak problemi minimuma indirmeye çalışırlar.

Eleme yüzeyinde dikkate alınacak noktalardan biri de bezin etkin açık alanı yüzdesidir. Aynı alana sahip, aynı delik açıklığındaki elek bezlerinden kalın iple dokunmuş olanların etkin açık alan yüzdesi ince iple dokunmuş olanlara kıyasla daha düşük olmaktadır.



Elemenin Prensipleri (Elek yüzey alanı ve elek bezinin etkin açık alanının yüzdesi)

Eleğin etkin açık alanı:

$$\% A: L^2 / (L + d)^2 \cdot 100$$

A: Eleğin etkin açık alanı (%)

L: Delik açıklığı (μ)

d: dokuma ipliği çapı (μ)

Elemenin Prensipleri (Elek yüzeyindeki materyal miktarı)

Elek üzerindeki **madde miktarı yani yükleme oranı** eleme etkinliği için önemli bir faktördür. Materyal elek yüzeyini tamamen kaplamaya yetecek miktarda olmalı ve elek üzerinde spesifik ağırlık, partikül boyutu ve şekle göre ayrılmalıdır. Eleğin hareketi küçük partiküllerin dibе çökmesini büyük kepeksi partiküllerin ise yüzeye çıkmasını sağlayarak elemin etkinliğini arttırır. Eleğin üzerindeki yük çok fazla olmamalı aksi taktirde materyalin serbest hareketi engelleyecektir.