

TAHIL VE ÜRÜNLERİ TEKNOLOJİSİ I

ÖĞR. GÖR. DR. HİCRAN UZUN KARKA

TAHILLARIN KİMYASAL BİLEŞİMLERİ

Tanenin Kimyasal Yapısı

1. Su
2. Karbonhidratlar
3. Azotlu maddeler: Protein, amino asit
4. Lipitler
5. Mineral maddeler
6. Vitaminler
7. Enzimler

Tahıl Tanelerinin Yaklaşık Kimyasal Bileşimleri

Bileşenler	Sert Buğday	Çavdar	Diş Mısır	Kavuzlu Arpa	Kavuzlu Yulaf	Pirinç	Sorgum
Su (%)	10,0	10,5	15,0	10,6	9,8	11,4	10,6
Protein (Nx25) (%)	14,3	13,4	10,2	13,0	12,0	9,2	12,5
Yağ (%)	1,9	1,8	4,3	2,1	5,1	1,3	3,4
Selüloz (%)	3,4	2,2	2,3	5,6	12,4	2,2	2,2
Kül (%)	1,8	1,9	1,2	2,7	3,6	1,6	2,0
N'siz Ekstrakt (%)	68,6	70,2	67,0	66,0	57,1	74,3	69,3

Nişasta fraksiyonu N'siz ekstraktın içindedir.

Su

- **Bağlı Su:** Kimyasal olarak bağlanmış sudur.
 - Bağlı su çözücü olma niteliğinde değildir.
 - Bağlı su kurutma işlemi ile tahıllardan ayrılamaz (Kül fırınında yakma hariç)
 - Bağlı su donmaz.
 - Bağlı su yalnızca yapısal faktör olarak kimyasal bileşime dahil olur.
- **Serbest Su:** Su haricindeki bileşenlerden uzak konumda olan, başlıca su-su hidrojen bağları ile yapıya katılan hareketli sudur.
 - Çözücü olma niteliği taşır.
 - Kurutma işlemi gıdalardan kolaylıkla ayrılabilir (kurutulabilir, dondurulabilir)
 - Mikrobiyolojik ve enzim aktiviteleri için kullanılan sudur.
 - Serbest su bağlı suya oranla her zaman daha fazla bulunur.

Tane Suyu

- Tanenin hayati fonksiyonlarını idame ettirebilmesi için %7'nin altında olması istenmez.
- %14'ün üzerine çıkınca ise tanede solunum artar, küflenme, yığınlarda kızışma ve çimlenme olur.

Tahıllarda Suyun Önemi

1. Tahılın Saklanması/Depolanması

- Tanenin hayati fonksiyonlarını idame ettirebilmesi için %7'nin altında olması istenmez.
- %14'ün üzerine çıkınca ise tanede solunum artar, küflenme, yığınlarda kızışma ve çimlenme olur.

2. Tahılın İşlenmesi:

- Buğdayın öğütülmesinde %15-17'lik tane suyunun öğütmenin daha kolay ve sağlıklı yapılmasını ve unu endospermin kepekten daha kolay ayrılmasını sağlar.

3. Tahıl Ticareti:

- Alıcılar suya para vermek istemediklerinden yüksek tane suyu istemezler.

Karbonhidratlar

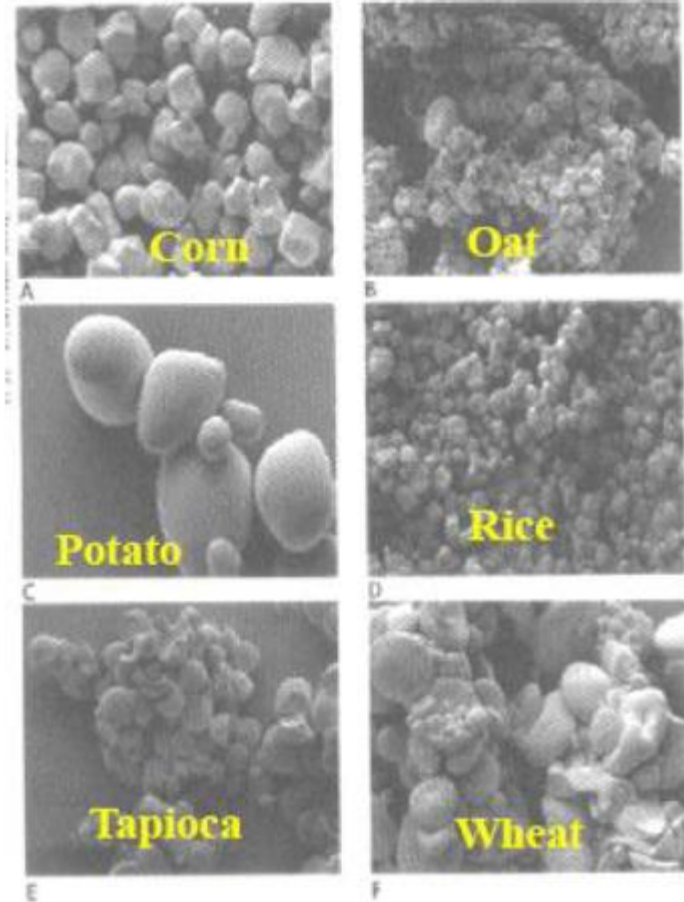
- Nişasta
- Selüloz
- Diğer karbonhidratlar
 - Serbest Şekerler
 - Dekstrinler
 - Hemiselüloz
 - Pentozanlar

Nişasta

- Tahıllarda gerek miktarı, gerekse besinsel ve teknolojik işlevleri açısından en önemli bileşenlerden biridir.
- Bitkilerde meydana gelen fotosentez sonucu oluşan D-glikozun polimeridir.
- Yiyeceklerde (bitkilerde) enerji depo materyali olarak bulunur.
- Tanenin endosperm hücreleri içinde protein matriksi içinde gömülü nişasta tanecikleri (granülleri) şeklinde bulunurlar.
- Tanedeki Nişasta Miktarları:
 - Buğday: %66
 - Mısır: %71
 - Pirinç: %60
 - Çavdar: %59
 - Kavuzlu Arpa: %40
 - Kavuzlu Yulaf: %35

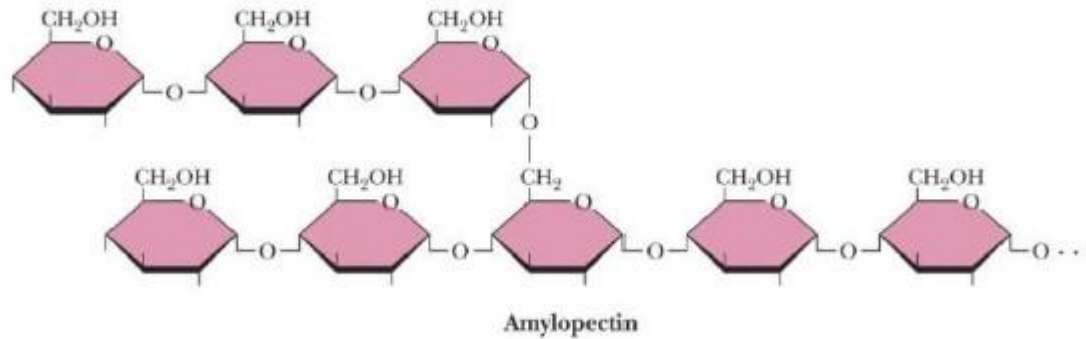
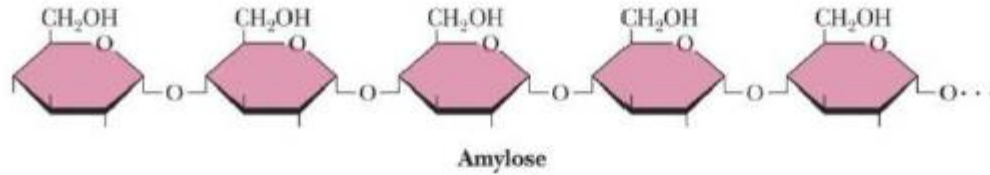
Nişasta

- Tanenin endosperm hücreleri içinde protein matriksi içinde gömülü nişasta tanecikleri (granülleri) şeklinde bulunurlar.
- Tahıl çeşidine göre nişastanın şekil ve boyutu da değişmektedir.



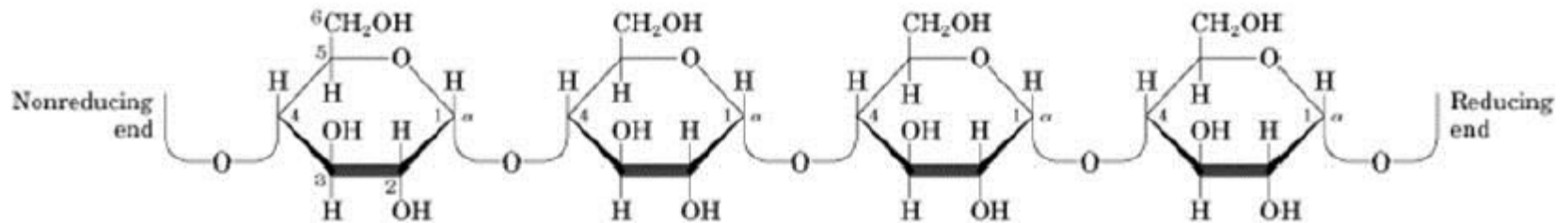
Nişastanın Kimyasal Yapısı

- Amiloz ve amilopektin adı verilen 2 kimyasal yapıdan oluşur.



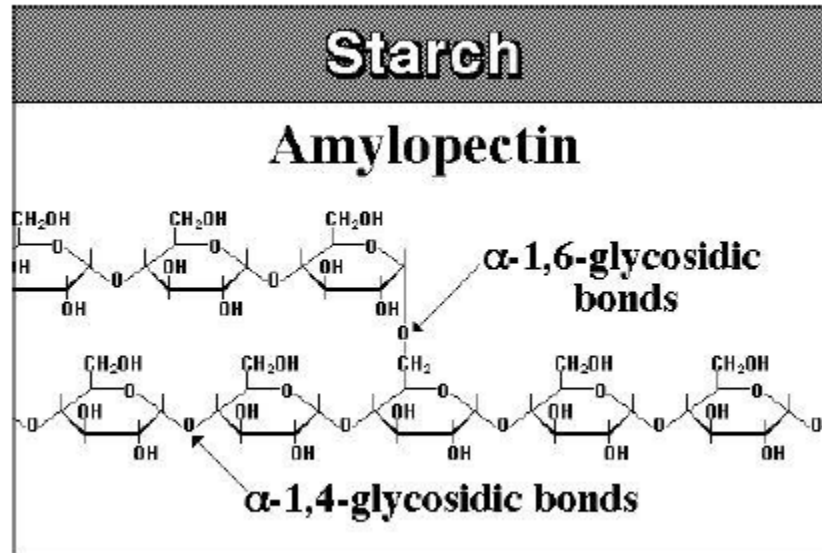
Amiloz

- D-glukozun α -1,4 glikozidik bağları ile düz zincir halinde bağlanmış polimeridir.
- Zincirde 500 – 2000 glikoz ünitesi bulunur ve bir ucu indirgeyicidir.
- Sıcak suda çözünür.



Amilopektin

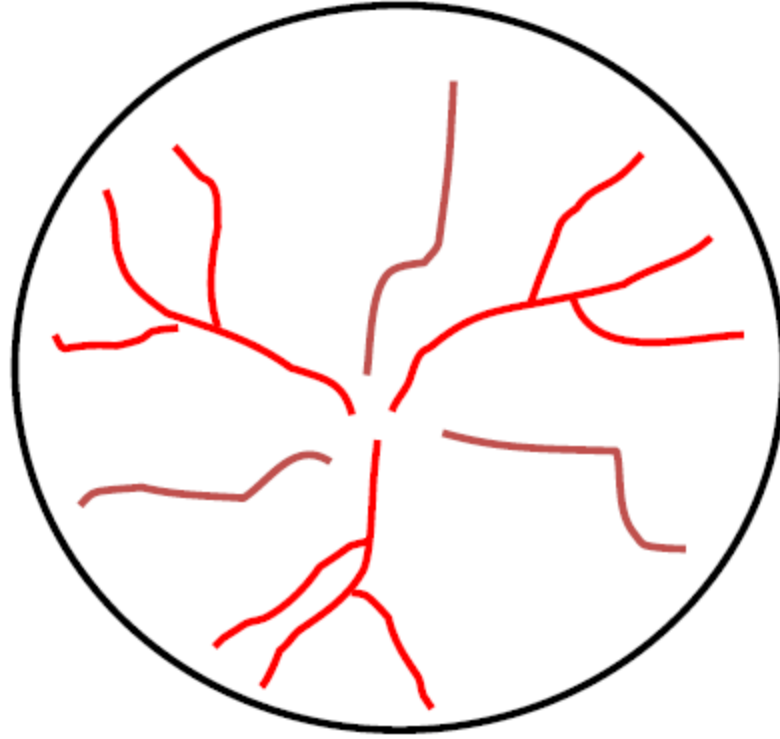
- Amilopektin dallanmış bir yapıdadır.
- 10.000 – 1.000.000 glikoz biriminden oluşur.
- Amilopektinin ana zincirini α -(1-4) glikozidik bağı ile bağlanmış glikoz molekülleri oluşturmakla beraber yaklaşık 10-20 glikoz ünitesi içeren yan zincirler α -(1-6) glikozidik bağı yapmışlardır.
- Amilopektin sıcak suda şişer.



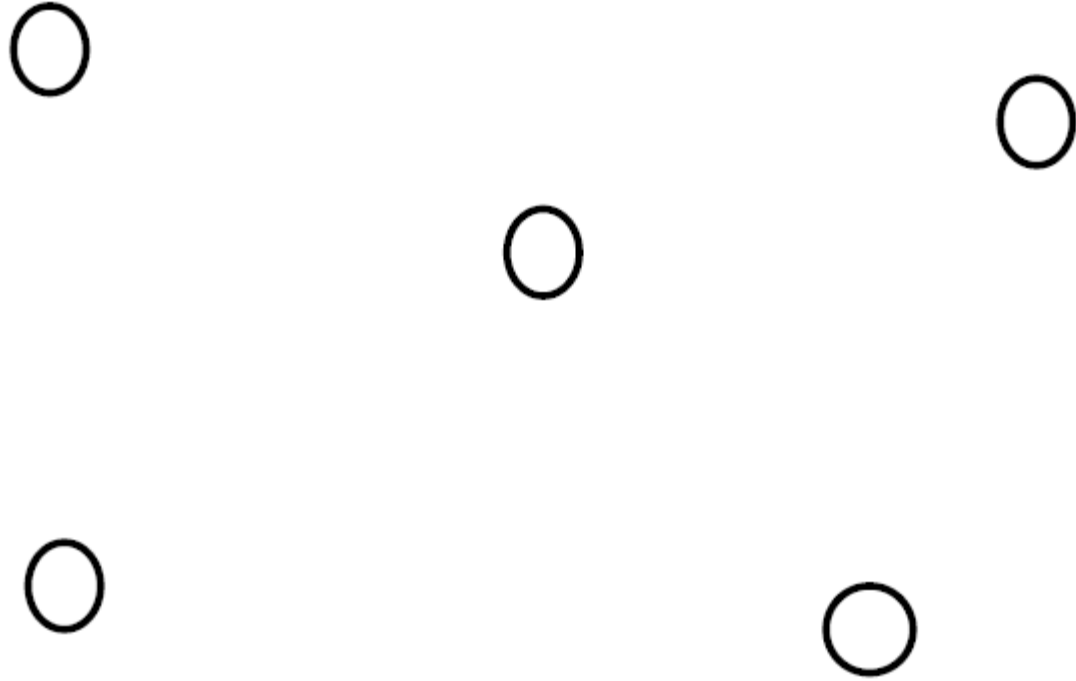
Tahıllarda Amiloz ve Amilopektin Oranları

- Buğday, arpa ve yulafta amiloz miktarı %23 dolaylarında
- Pirinç ve at dişi mısırdaki yulafta amiloz miktarı %27
- Amilo-mısır çeşitlerinde amiloz miktarı %50
- Mumsu (waxy) nişastada %100 amilopektin bulunur.

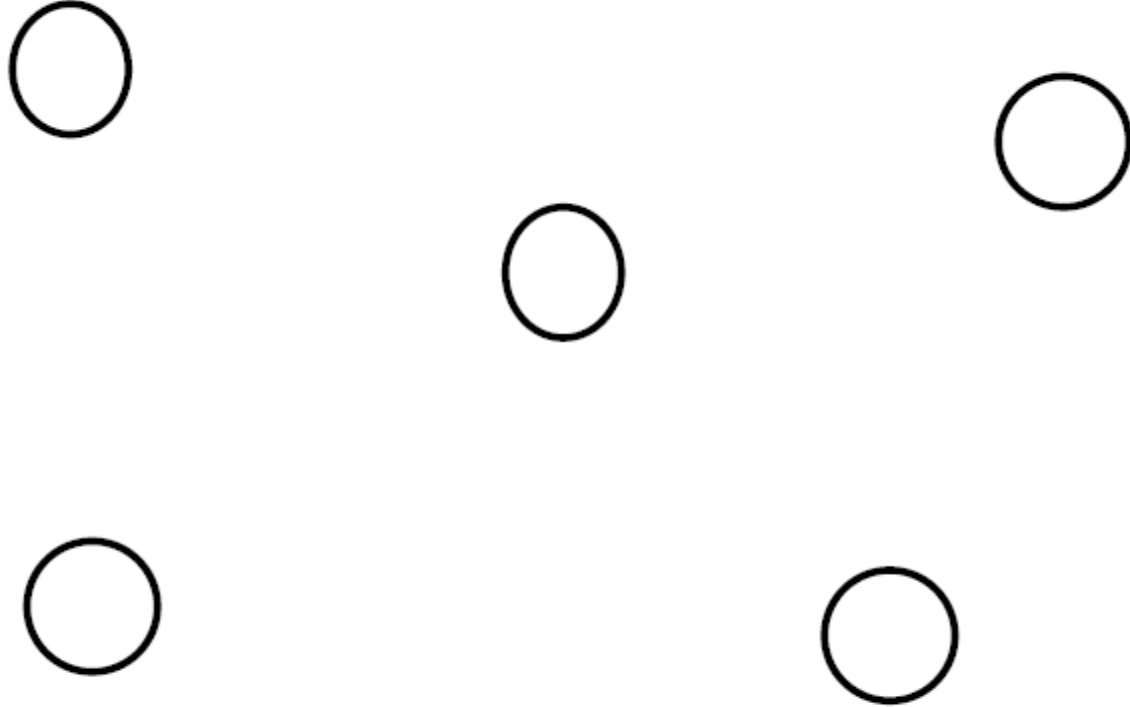
ÇİRİŞLENME (LAPA OLUŞUMU)



Nişasta granülleri lineer amiloz ve dallanmış amilopektin birimleri içerir.

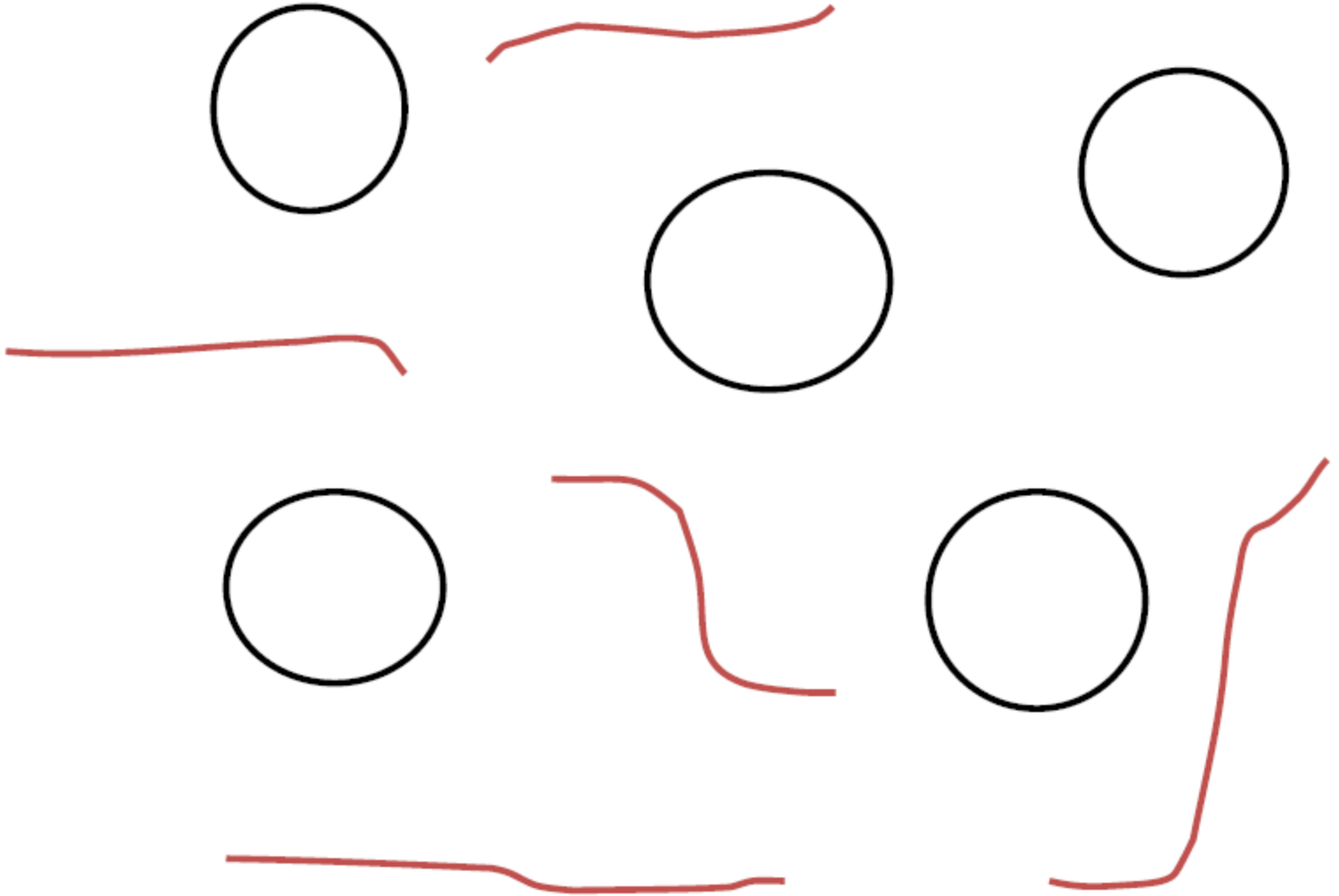


Nişasta granülleri su içinde ısıtılır.



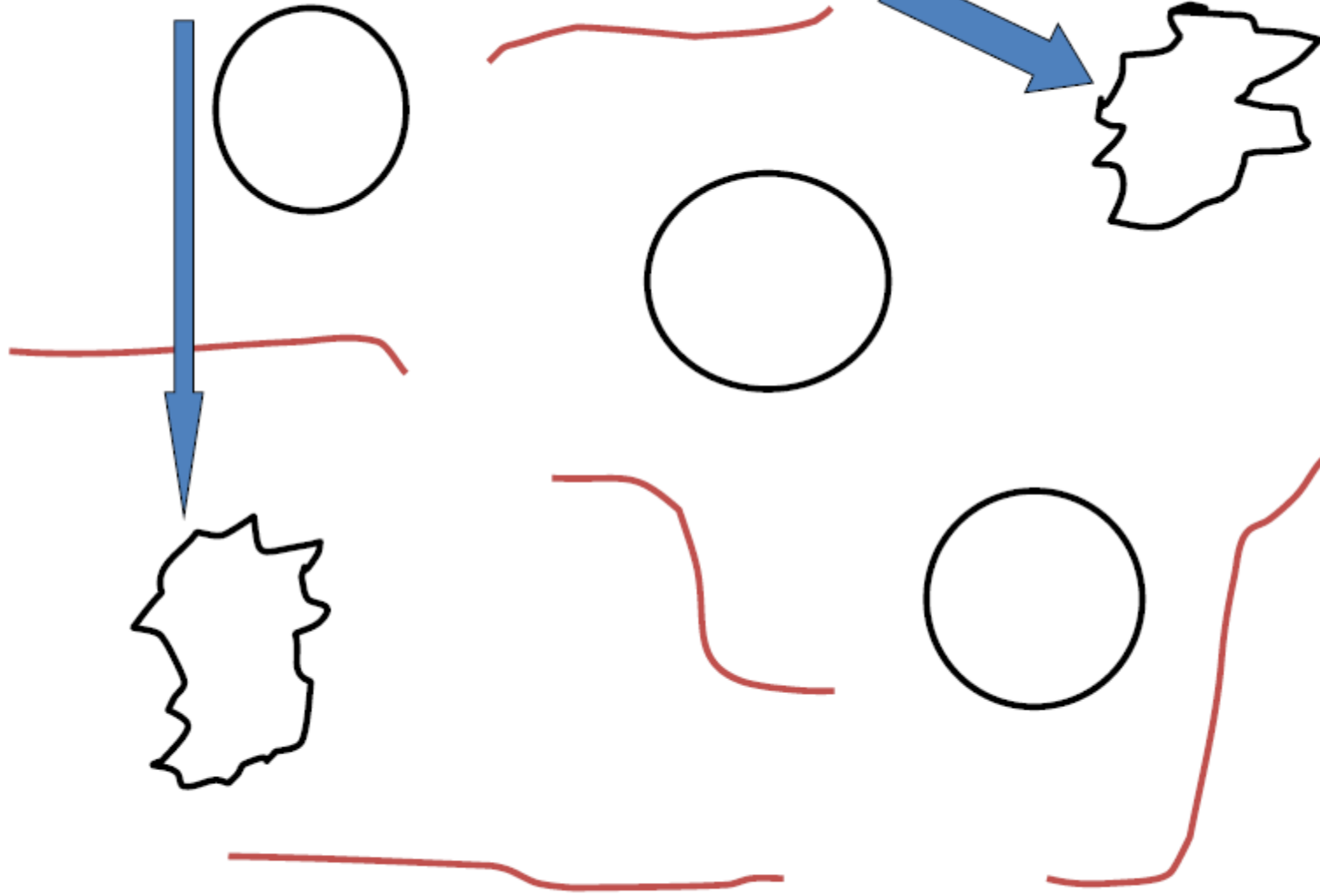
Granüller su alarak şişer.

Hacim artışı ve su absorpsiyonu geri dönüşlüdür.



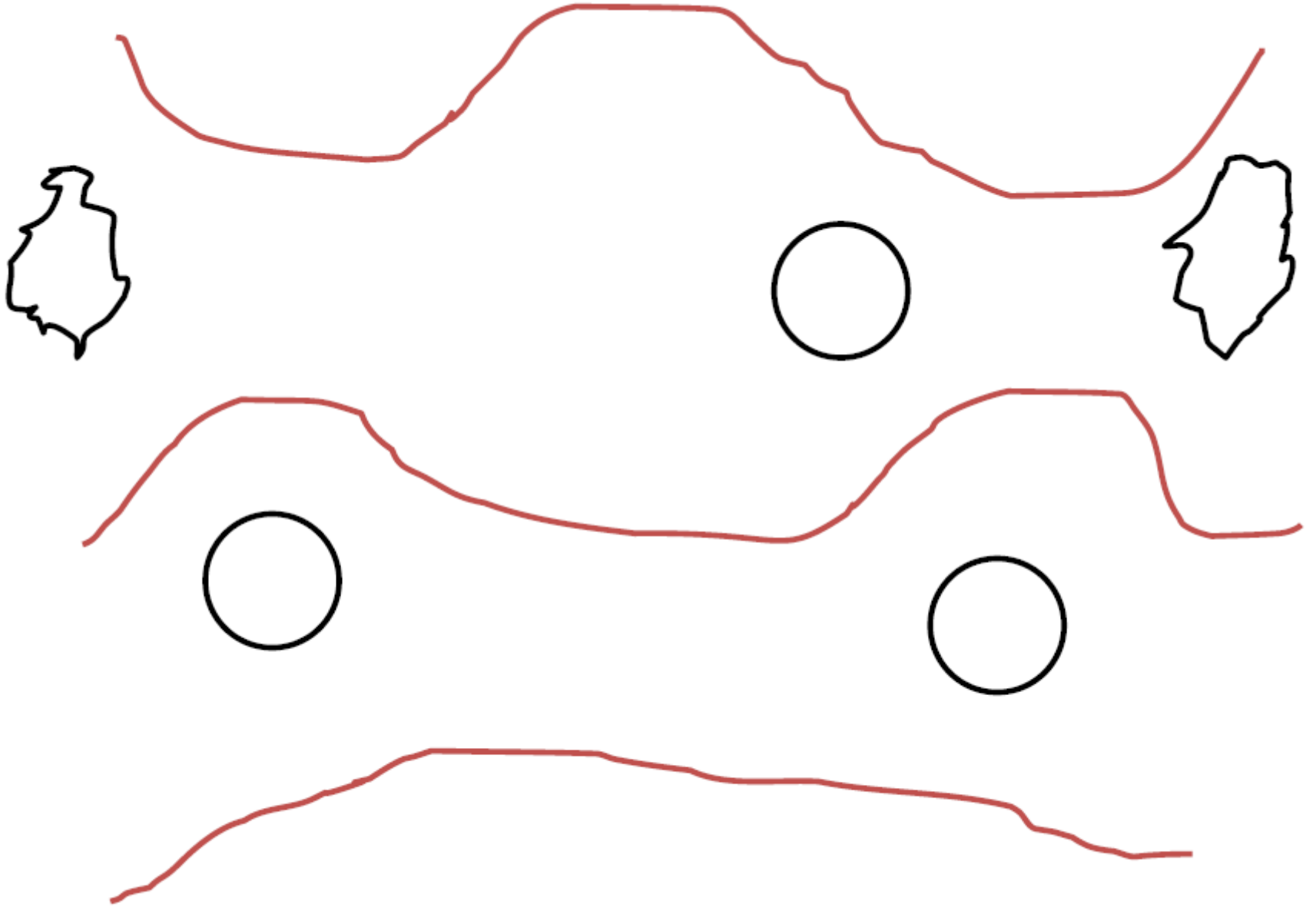
Amiloz nişasta granülünden ayrılır.

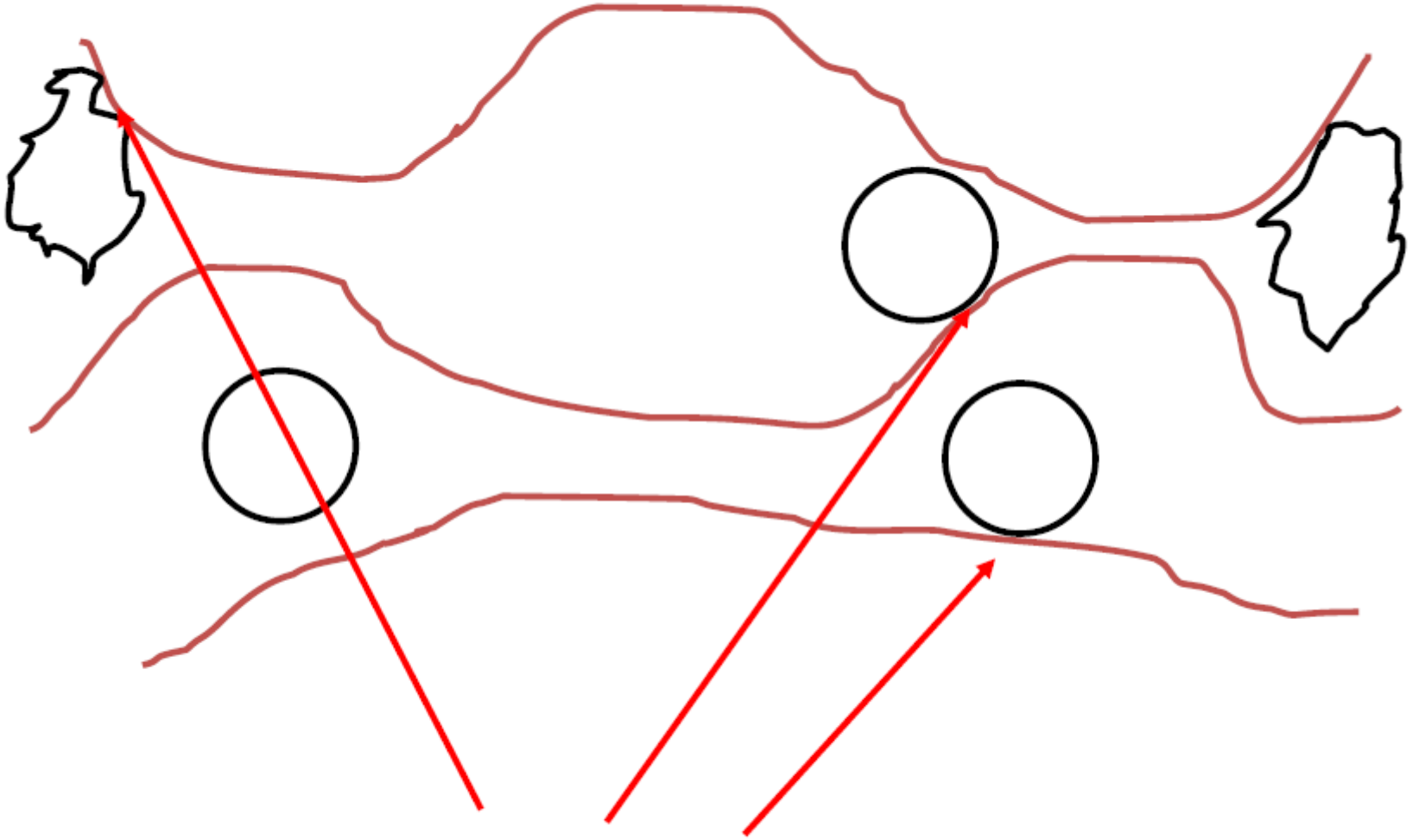
Bazı granüller parçalanır.



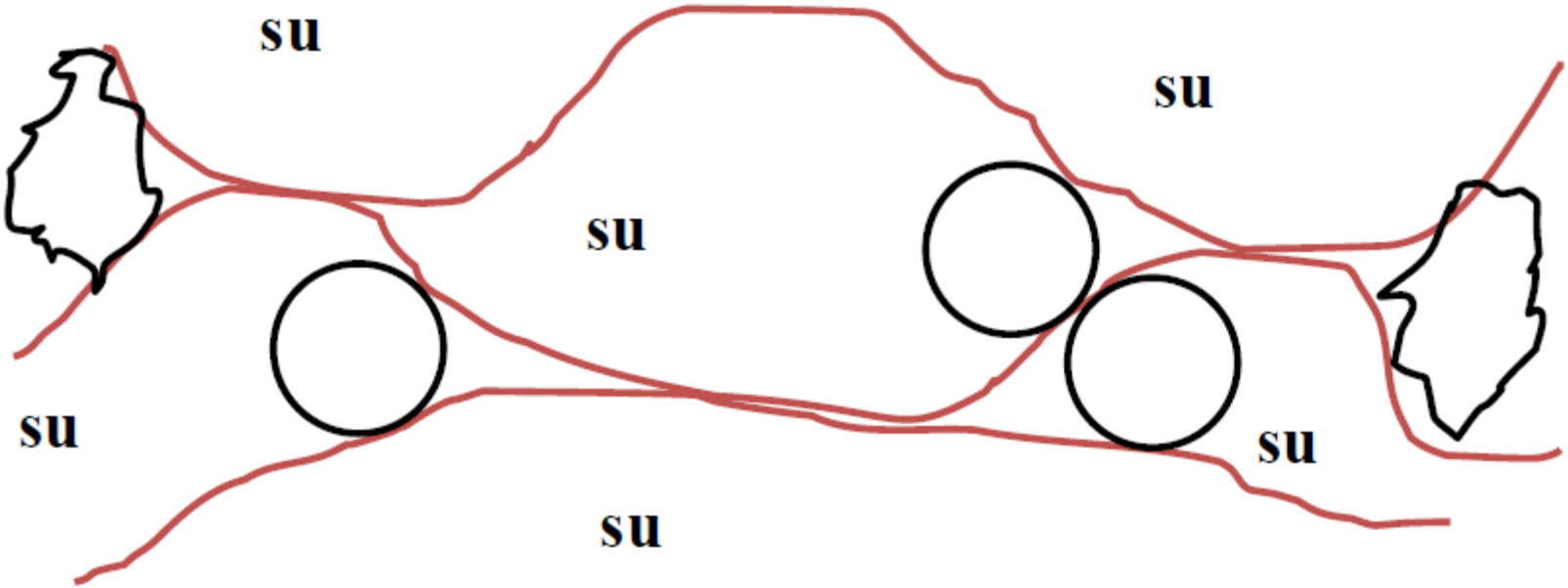
Jelatinizasyon tamamlanır.

JEL YAPININ OLUŞMASI





Kesişme bölgeleri oluşur.

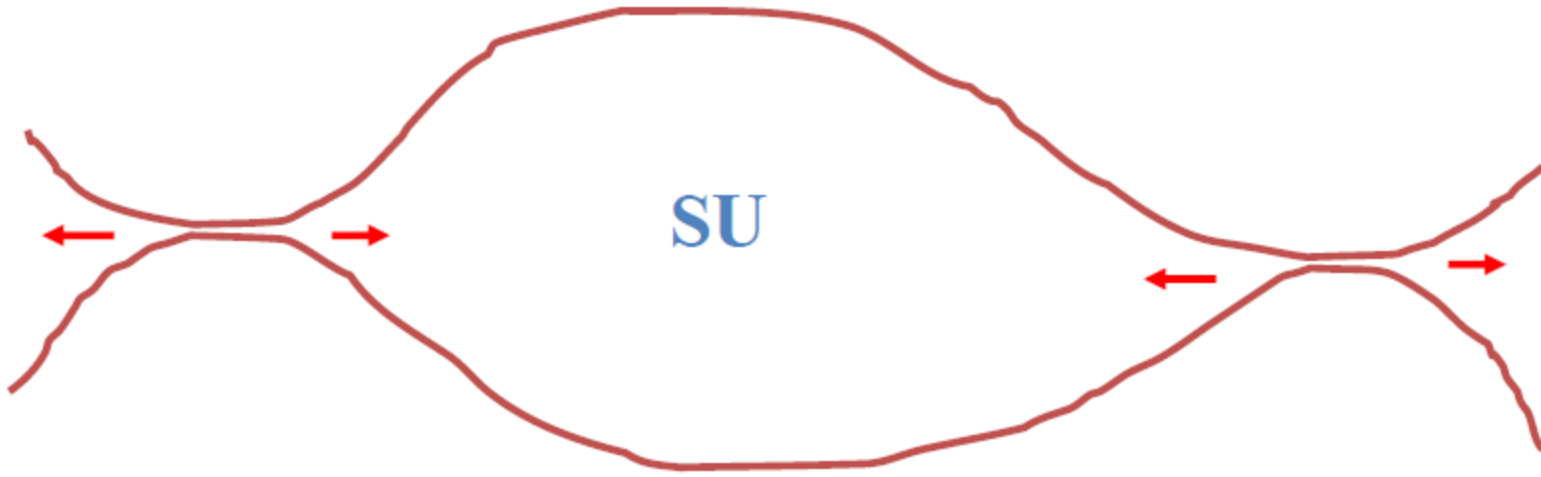


Nişasta jeli oluşur.

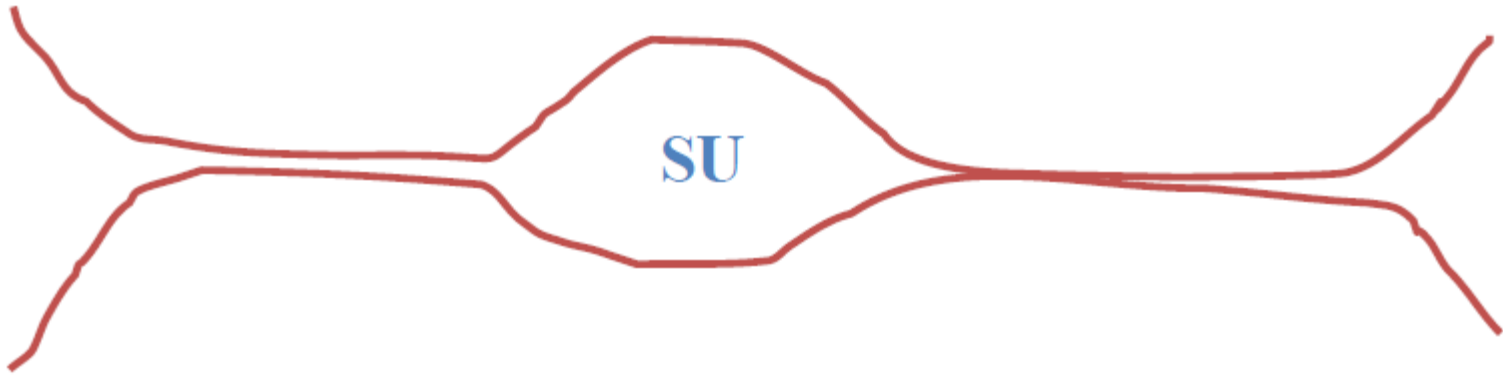
SİNERESİS VE RETROGRADASYON

Sineresis ve Retrogradasyon

- Jel çok bekletilince veya dondurulup çözündürüldüğünde, amiloz zincirleri daha güçlü şekilde etkileşime girerek suyu sistemin dışına çıkmaya zorlar. Bu şekilde suyun sızarak jelin dışına itilmesine “**sineresis**” yani su salma denir.
- Daha uzun süreli depolama, amiloz zincirleri arasında daha fazla etkileşime ve sonunda amiloz zincirlerinin paralel bir yapı kazanmasına neden olur.
- Buna olaya “**retrogradasyon**” denir.
- Retrogradasyonun ekmek gibi fırıncılık ürünlerinin bayatlamasında da rol oynadığı düşünülmektedir.



Oluşan jelin bekletilmesi ya da dondurulması sırasında kesişim bölgeleri genişler.
Sinereşis (su salma) meydana gelir.



Amiloz zincirleri iyice yakınlaşarak bağ kurmaları sonucu paralel hale gelirler.
Bu olaya retrogradasyon denir.

Jelleşme Sıcaklıkları

- Sıcaklık belli bir noktaya ulaştığında amiloz molekülleri nişasta granülünden ayrılarak suda kolloidal olarak çözünmeye başlarlar.
- Bu olaya çirilenme, bu sıcaklığa da jelleşme sıcaklığı denir.
- Jelleşme sıcaklığı nişastanın cinsine göre değişmektedir.
- Jelleşme sıcaklığı, nişasta granülündeki amiloz oranı arttıkça yükselir.

Jelleşme Sıcaklıkları

	Jelleşme Sıcaklığı Aralığı	Amiloz Oranı
Mısır	70 – 75°C	27
Sorgum	70 – 75°C	
Pirinç	68 – 75°C	27
Buğday	52-54°C	23
Arpa	61-62°C	23

Amiloz – Amilopektin Arasındaki Farklar

	Amiloz	Amilopektin
İyotla Muamele (Sağlam nişasta iyot ile renk vermez)	Mavi renk verir	Kızıl-kahverengi renk verir
Yapı	Düz zincir	Dallanmış
Glikoz Birim Sayısı	500 - 2000	10.000 – 1.000.000
Sıcak Suda Çözünme Özelliği	Çözünür	Şişer
Jelleşme Sıcaklığına Etkisi	Amilozun jelleşmesi için daha yüksek sıcaklar gerekmektedir.	Daha düşük sıcaklıklarda jelleşir.
Jel Yapısı	Düz zincir yapısından dolayı daha sert bir yapıya sahiptir.	Jel yapısı oldukça yumuşaktır.
Retrogradasyon Eğilimi	Meyillidir	Fazla meyilli değildir

Tahıl Cinsine Göre Değişen Özellikler

Tahıllarda amiloz/amilopektin oranının aynı olmaması ve bu iki yapının farklı özellikler taşıması nedeni ile aşağıdaki özellikler tahıl cinsine göre değişmektedir:

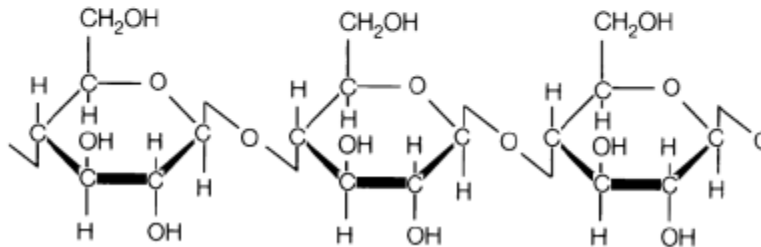
- Nişasta granüllerinin şişme özellikleri
- Nişastaların jelatinleşme sıcaklıkları
- Retrogradasyona eğilim
- Elde edilen hamurun viskozitesi

Zedenlenmiş Nişasta

- Nişasta granüllerinin dışında zar kadar ince koruyucu bir tabaka bulunmaktadır.
- Söz konusu bu tabaka granülleri α -amilaz enzimi etkisinden korumaktadır.
- Tahılın öğütülmesi sırasında bu tabaka zedelenebilir.
- Öğütülme sırasında etrafındaki ince tabaka zedenmiş olan nişasta granüllerine **zedelenmiş nişasta** denir.
- Zedelenmiş nişasta granüllerini sağlam granüllerden ayıran 2 özellik:
 - α -amilaza karşı hassasiyetlerinin yüksek olması
 - Su tutma kapasitelerinin yüksek olması (Sağlam nişasta granülleri 30°C'de %30 oranında su tutarken, zedelenmiş nişasta kendi ağırlığı kadar su tutabilmektedir)
- Bu iki özellik hamur ve ekmek özelliğini olumlu yönde etkilediğinden zedelenmiş nişastanın belli bir orana kadar olması istenir.

Selüloz

- D-glikozun β -1,4 glikozidik bağları ile düz zincir halinde bağlanmış polimeridir.
- β -1,4 glikozidik bağları oldukça kuvvetli olup, koparılması ve sindirilmesi zordur.
- İnsan vücudu selülozu sindiremez.
- İnsanlar için besin maddesi özelliğinde değil, doyum sağlayıcı, sindirim sistemini düzenleyici özelliktedir.
- Geviş getiren hayvanlar tarafından sindirilebildiğinden tahıl tanesinin selülozca zengin kepek kısmı ucuz bir hayvan yemi olarak önem kazanmıştır.



Selüloz Miktarı

- Kavuzsuz tahıllarda: % 2-4
- Arpa: %5
- Yulaf: %12
- Pirinç: 2,6
- Çeltik: %4

Diğer Karbonhidratlar

- **Şekerler:**

- Tahıl tanesinde serbest şeker olarak en fazla bulunan sakarozdur.
- Daha sonra rafinoz (Rafinoz = Galaktoz + Fruktoz + Glikoz) gelmektedir.
- Maltoz, glikoz, fruktoz, melibioz (galaktoz + glikoz; α -1-6 bağı)

Diğer Karbonhidratlar

- **Dekstrinler:**
 - Suda eriyebilen maltoz ile nişasta arasında kalan ara üründür.
- **Hemiselüloz:**
 - Hücre duvarının yapısında bulunan polisakkaritlerdir.
 - Yapısında heksoz ve pentoz monosakkaritleri ile üronik asit bulunur.

Diğer Karbonhidratlar

- **Pentozanlar:**

- Kabuğa yakın kısımlarda fazla bulunurlar.
- Hidroliz olduklarında pentozlardan özellikle D-ksiloz ve L-arabinozu verirler.
- Ağırlıklarınının 15 katı su tutarlar.
- 2 formda bulunurlar:
 1. Suda çözünen pentozanlar: Oksidasyon sonucu su ile jel haline gelirler. Yeterli glutene sahip olmayan çavdar unundan ekmek yapımında ekmeğin iskeletinde önemli rol oynarlar.
 2. Suda çözünmeyen penozanlar

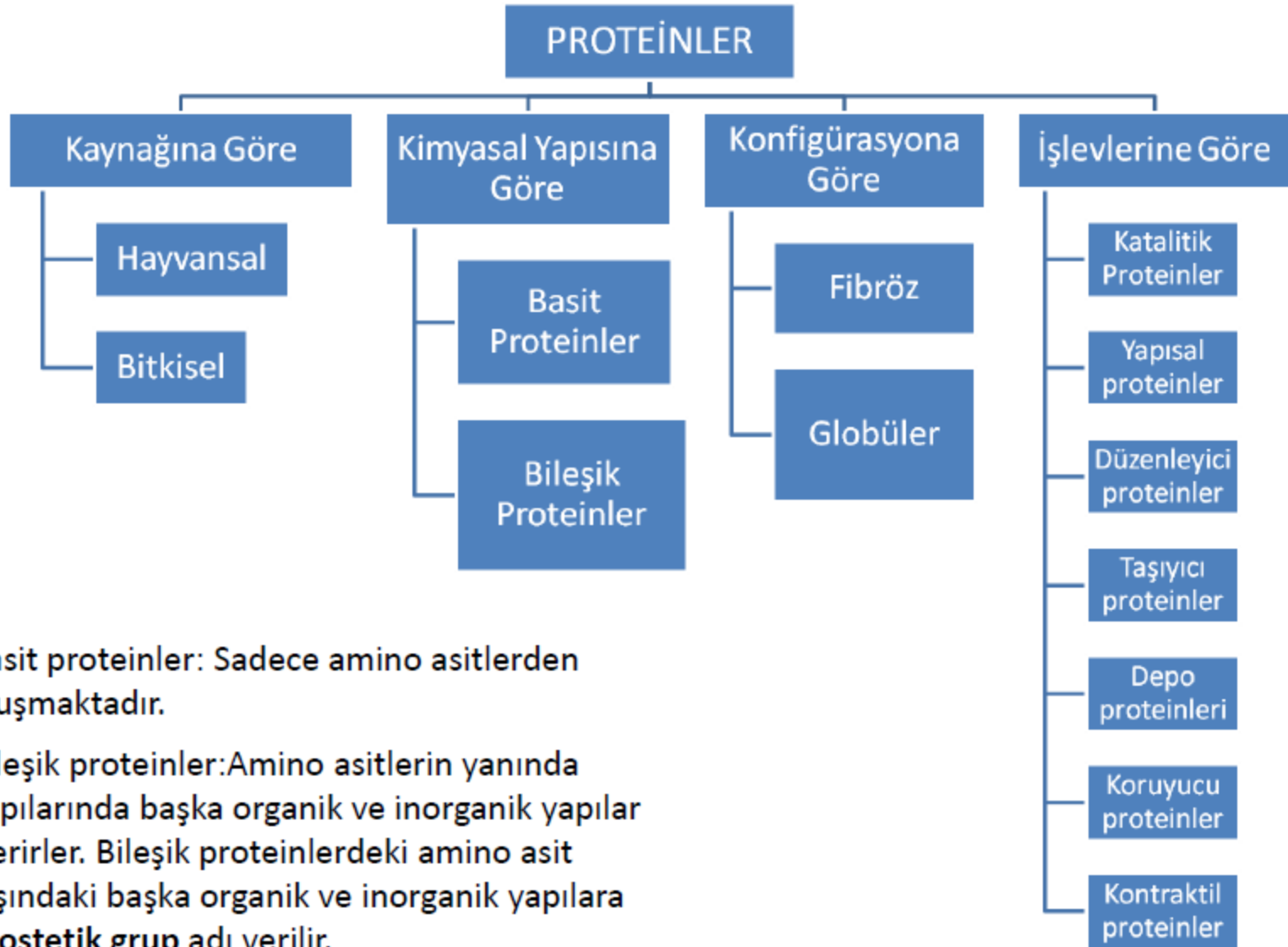
<i>Buğday Tanesinin Bileşimi</i>	
Madde	%
Su	12
Karbonhidrat	70
Protein	12
Yağ	2
Selüloz	2,2
Kül	1,8

Proteinler

- Buğday tanesinde yaklaşık %12 protein vardır.
- Protein içeriği buğdayın cinsine ve yetiştirilme şartlarına göre değişiklik gösterir.
- Yüksek sıcaklık ve kıraç topraklar (ve topraktaki zengin azot miktarı) proteinin biriktiği süt olum evresinin uzun, nişastanın biriktiği sarı olum evresinin kısa olmasına yol açar.
- Protein miktarı çok, nişasta miktarı az: Camsı (sert) tane yapısı => Makarnalık buğday
- Protein miktarı az, nişasta miktarı çok: Unsu (yumuşak) tane yapısı => Bisküvilik buğday

Proteinler

- Tahıl proteinlerinin %70'i unso endosperm kısmında bulunmakla beraber tanede bütün dokulara yayılmış durumdadır.
- Embriyo, skutellum ve aleuron tabakalarında protein **daha yoğun (daha çok değil)** bulunur.
- Endospermdeki protein derişimi merkezden çevreye doğru artar.



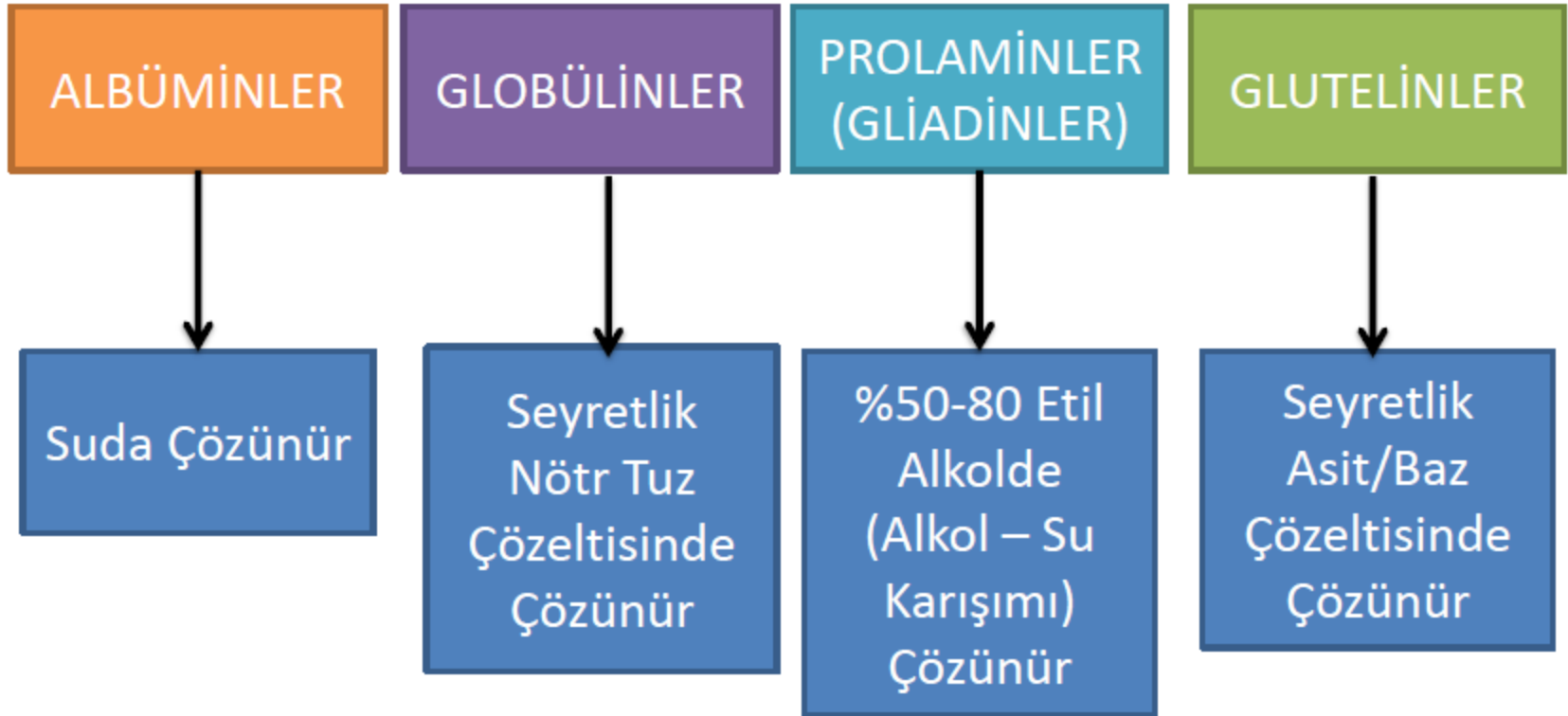
Basit proteinler: Sadece amino asitlerden oluşmaktadır.

Bileşik proteinler: Amino asitlerin yanında yapılarında başka organik ve inorganik yapılar içerirler. Bileşik proteinlerdeki amino asit dışındaki başka organik ve inorganik yapılara **prostetik grup** adı verilir.

Basit Proteinler

- **Globulinler: Bitki ve hayvanlarda bulunur**
- **Albuminler: Bitki ve hayvanlarda bulunur**
- **Prolaminler (Gliadinler): Sadece bitkilerde**
- **Glutelinler: Sadece bitkilerde**
- Protaminler
- Histonlar
- Skleroproteinler (İskelet Proteini)
- Miyofibriller
- Fibrinojen

Tahıllarda Bulunan Proteinlerin Çözünürlük Özellikleri



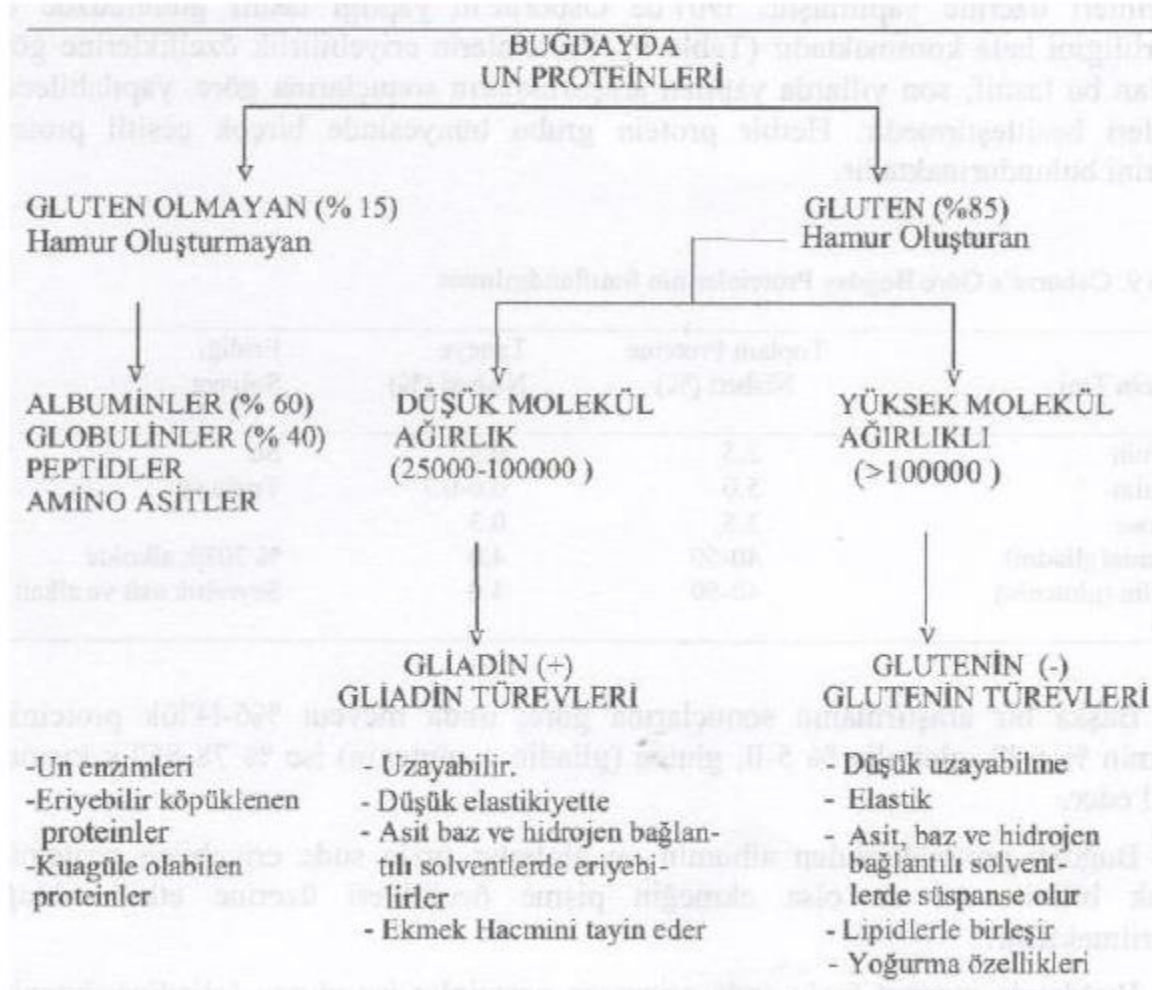
Gluten Saflaştırma

- Buğday proteinlerinden albumin ve globulin **tuzlu suda eriyebilen proteinler** olarak bilinir.
- Buğdayda tuzlu suda erimeyen proteinler ise **gluten (gliadin + glutenin)** olarak bilinir.

Diğer Tahıllardaki Prolamin ve Glutelinler

	Prolamin	Glutelin
Buğday	Gliadin	Glutenin
Mısır	Zein	Zeanin
Yulaf	Avenin	
Arpa	Hordein	Hordenin
Çavdar	Sekalin	

Buğday Unu Proteinleri

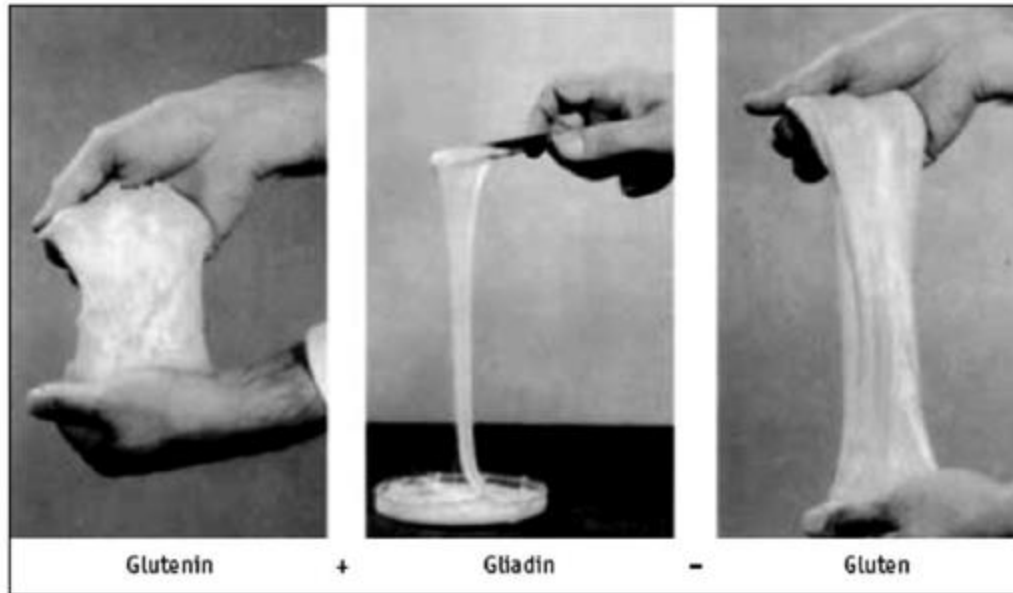


Kepek ve Esansiyel Aminoasitler

- Beslenme açısından daha yüksek biyolojik değere sahip (esansiyel amino asit miktarı daha yüksek) **albumin ve globulin proteinleri** aleuron ve endospermin dış katmanlarında daha yoğundur.
- Buğdayın öğütülmesi sırasında aleuron kepek olarak atılmakta ve hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.
- Kepek ile birlikte vitamin, mineral kaybı ile birlikte esansiyel amino asitler açısından da kayıp yaşandığı görülmektedir.

Proteinlerin Hamur Oluşturma Özelliği

- Buğday proteinleri, hamurun visko-elastik yapısının temel unsurudur.
- Gluten = Glutenin (elastik) + Gliadin (akışkan)

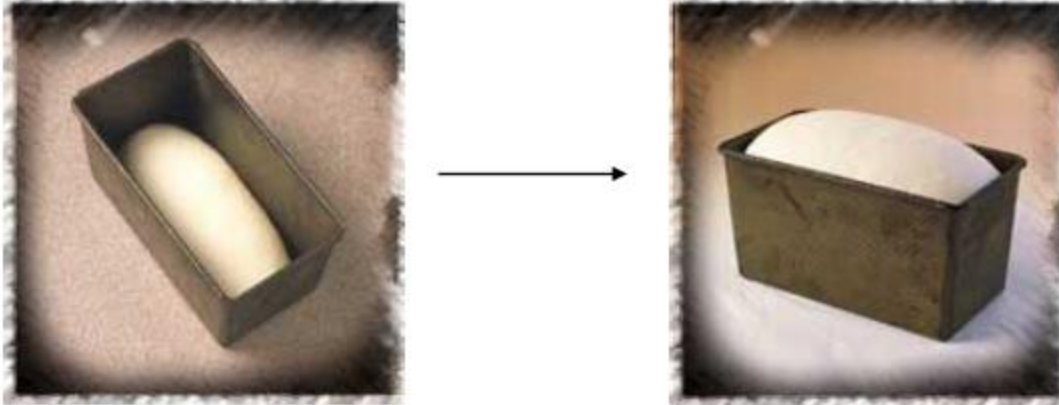


Proteinlerin Hamur Oluşturma Özelliği

Gluten proteinleri:

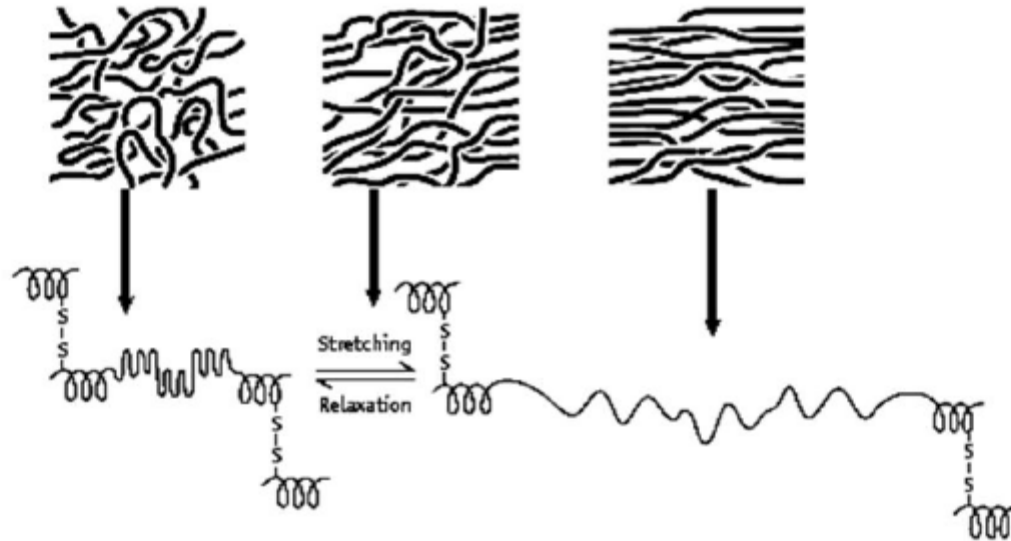
Hamurun yoğurulma ve işleme özelliklerini tayin eder.

Hamurun kabarmasını sağlar.



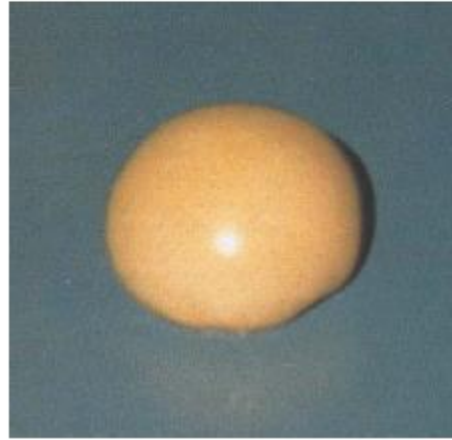
Proteinlerin Hamur Oluşturma Özelliği

- Hamur yoğurulmak suretiyle geliştirilir:
- Yoğurma ile uygulanan fiziksel kuvvet, sülfid bağları ile bağlanmış gluteni uzatarak paralel tabakalar haline getirir. Hamura esneklik kazandıran bu yapıdır.



Dolayısı ile **gluten miktarı** ve **kalitesi** özellikle ekmeklik buğdaylarda büyük önem taşır.

Kuvvetli gluten



Zayıf gluten



Lipitler

- 1. Basit lipitler:** Yağ asilerinin çeşitli alkollerle olan esterleri (trigliseritler)
- 2. Bileşik lipitler:** Alkol ve yağ asitlerinden başka kimyasal grupları da içerenler (Fosfolipitler, glikolipitler, aminolipitler, sulfolipitler, vb.)
- 3. Türev lipitler:** İlk iki grup lipitin hidrolizi sonucu oluşan ürünlerdir (yağ asitleri, mono ve digliseritler, b.)

Lipitlerin Önemi

A. Hücre yapısı ve işleyişinde yer alırlar:

1. Hücre ve sitoplazmik organel zarlarının %50'si lipitlerden oluşmaktadır. Lipit çeşitlerinden olan fosfolipitler, hücre zarının önemli bir bileşenini oluşturur.
2. Mitokondride elektron taşıma işlevine yardımcı olur.

B. Metabolizmadaki fonksiyonları:

1. Yağda eriyen A, D, E, K vitaminlerinin taşıyıcısıdır. Bazı vitaminler ve hormonların biyosentezinde lipidler ön madde olarak gereklidir.
2. Büyüme ve normal metabolik olaylar için gerekli olan ve vücutta sentezlenemeyen elzem yağ asitlerinin alınmasını sağlar.
3. Yağların en önemli işlevi yedek enerji sağlamaktır. İçerdikleri karbon miktarı, oksijene göre daha fazla olduğundan yağlar vücutta yakıldığı zaman karbonhidrat ve proteinlere göre daha çok enerji verir. 1 gram yağ yakıldığında 9,3 kcal enerji verir.
4. Lipitlerin hücrede yanması ile çok miktarda metabolik su açığa çıkar. Kış uykusuna yatan, uzun yolları kullanan hayvanların vücudunda depo ettikleri yağın yakılması sonucu enerji sağlanırken açığa çıkan metabolik su da ihtiyaç duyulduğunda kullanılır.
5. Bazı enzimleri aktive eder.

C. Sindirim ile ilgili fonksiyonları:

1. Doyma duyusunun oluşmasına yardımcı olur, mide boşalmasını geciktirir, uzun süre tokluk hissi verir.
2. Gıda ürünlerinin tadının arttırılmasında yer alır.
3. Hazmı kolaylaştırır.

D. Organ ve dokulardaki fonksiyonları:

1. Sinir sistemine olumlu etki yapar, miyelinli sinirler boyunca uyarıların hızla yayılmasına olanak sağlar.
2. Vücut derisinin esnekliğini korumasında etkilidir. Uzun süre yağsız beslenen kişilerin derilerinde pul pul dökülmeler görülür.

E. Fizyolojik fonksiyonları:

1. Yastık görevi: Organların çevresini sararak desteklik yapar ve dış etkenlere, çarpmalara karşı korur.
2. Yalıtım görevi: Vücuttan ısı kaybını önler.

Tahılların Lipit İçerikleri

- Mısır ve yulaf: %4-6
- Sorgum: %3
- Diğerleri: %1-2

- Buğday ruşeyminde (özünde) lipit miktarı % 6-11
- Mısır özünde lipit miktarı: %35'e kadar çıkar.

Lipitlerin Tahıl Tanesindeki Dağılımı

1. Embriyo ve skutellum
2. Kabuk/kepek
3. Endosperm



Tahıllarda Bulunan Yağ Asitleri

Doymuş Yağ Asitleri

- Miristik asit
- **Palmitik asit**
- Stearik asit

Doymamış Yağ Asitleri

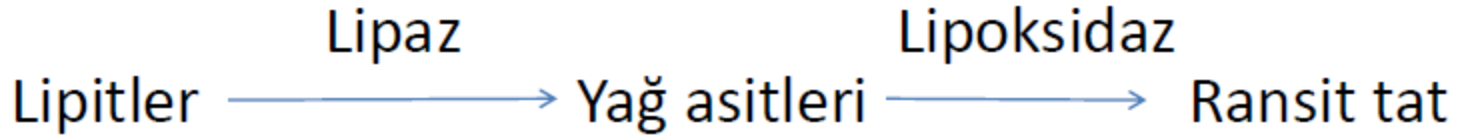
- Palmitoleik asit
- **Oleik asit**
- **Linoleik asit**
- Linolenik asit

- Maviler hakim yağ asitleridir.

Tahıllardaki Bileşik Lipitler

- Özellikle fosfolipitler (lesitin) ve glikolipitler bulunur.
- Tahıllar %4'e varan oranlarda fosfolipit bulundurabilirler.
- Lesitin yüzey-aktif madde (emülgatör) olarak görev yapar.
- Nişasta ve proteinlerle etkileşime girerek hamur bileşenlerinin homojen şekilde dağılmalarını, hamurun daha iyi işleme özelliği kazanmasını ve daha kaliteli son ürün elde edilmesini sağlar.
- Bisküvi-kek-kraker endüstrisinde geniş kullanım alanı bulan emülgatör lesitin, mısırözü yağından elde edilmektedir.

Tahıl Ürünlerinde Ransit Tat Oluşması



- Sağlam tanede lipaz enzimi ile yağ molekülleri bir araya gelemmez.
- Zedelenmiş ya da öğütülmüş tanede lipaz enzimi ile yağların bir araya gelmeleri kolaylaşır.
- En yüksek lipaz aktivitesi embriyo ve aleurondadır.
- Özellikle yağca zengin tahıl çeşitlerinde lipaz aktivitesi olma olasılığı yüksek ruşeym ve kepeğin undan ayrılarak daha titiz şartlarda saklanması gerekir.
- Nem, sıcaklık, oksijen ransit tat oluşumunu tetikleyen parametrelerdir.

Lipitlerin Tahıllardaki Teknolojik Önemi

Undaki lipit hamurun işlenmesini kolaylaştırır, kaliteli ve geç bayatlayan ekmek yapımını sağlar:

- Doymamış yağ asitlerinin oksitlenmesi sonucu gluten bağlarının kuvvetlenmesine, hamurun olgunlaşması ve güçlenmesine yardımcı olur.
- Lipitlerin gluten proteinleri yaptığı etkileşim sonucu hamurun gaz tutma kapasitesi artar.
- Lipitlerin nişasta ile etkileşimi bayatlamayı geciktirici rol oynar.
- Lipitler fırın ürünlerinde gevreklik sağlar: Hava kabarcıklarını tutarak yapıyı hafifletir, gevreklik verir.

Mineral Maddeler

Makro Elementler

- Sodyum
- Potasyum
- Kalsiyum
- Magnezyum
- Klor
- Fosfor

Eser (iz) Elementler

- Demir
- Bakır
- Çinko
- Mangan
- Flor
- Kobalt
- İyot
- Selenyum

Mineral Maddeler

- **Kavuzlu** tahıl çeşitleri **silisyum** bakımından zengindir.
- Arpa ve yulafın kavuz külünün yaklaşık %65'i, pirinç kavuzunun %95'i silisyumdur.
- Karyopsiste silisyum miktarı çok düşüktür.

Mineral Maddeler

- Karyopsiste bulunan mineral maddenin (külün) yaklaşık %95'ini potasyum (K), magnezyum (Mg) ve kalsiyumun (Ca) fosfat ve sülfat tuzları oluşturmaktadır.
- Karyopsisteki başlıca eser elementler:
 - Demir (Fe)
 - Mangan (Mn)
 - Çinko (Zn)
 - Bakır (Cu)

Tanede Mineral Dağılımı

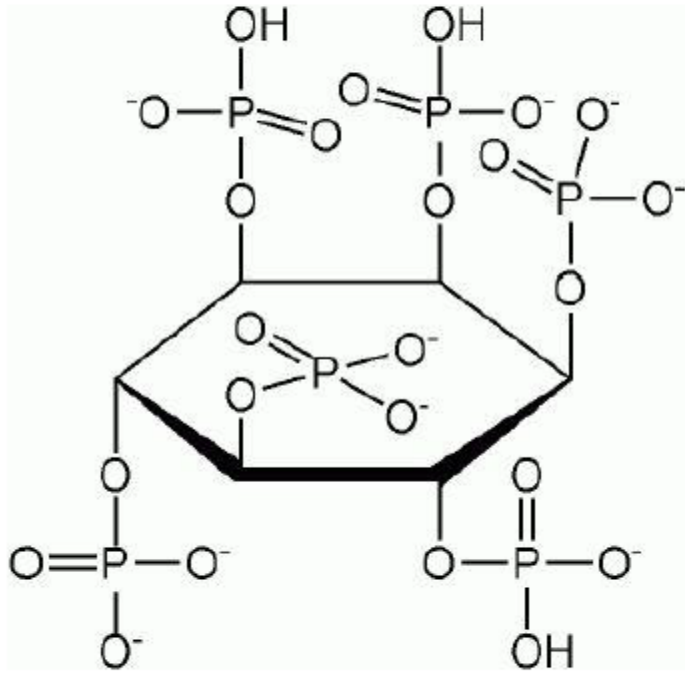
1. Kabuk
2. Embriyo
3. Aleuron tabakası
4. Unsu endospermin dış tabakaları
5. Unsu endospermin merkezi



Fitik Asit

- Fosforlu bir bileşiktir.
- Fitik asitin bitkideki birçok biyolojik fonksiyonu içinde en önemlisi, tohumun çimlenmesi için gerekli olan yüksek enerjili fosforu depolamasıdır.
- Tahıl tanelerinde temel depo fosfor bileşeni olan ve toplam fosforun %70'inden fazlasını oluşturur.
- Tahıllarda fitik asidin önemli bir miktarı aleuron tabakasında ve daha az olmak üzere embriyoda yer almaktadır (İstisna olarak mısırdaki fitik asidin %80'i embriyoda, gerisi endospermde yer alır).

Fitik Asit ve Mineral Eksikliği



- Fitik asit merkez inositol halka yapısının etrafında altı fosfat grubundan oluşan yüklü bir molekül olmasından dolayı kationlar (artı yüklü iyonlar) için çok yüksek afiniteye sahip olan çelatlama özelliğindeki bir bileşiktir.
- Fitik asit, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko gibi önemli mineraller ile bağ oluşturur ve mineraller fitat tarafından serbest bırakılmadığı için ve vücutta bulunmadığı için vücudun mineral eksikliğine neden olur.

Fitik Asidin Etkisiz Hale Getirilmesi

- Fitik asit miktarının düşürülmesi için kullanılan yöntemler: Çimlendirme, fermentasyon, pişirme, otoklavlama
- Fermentasyon (Fitaz enzimi):
 - Tahıl ve tohumların fermentasyonu ile bu minerallerin kullanılabilirliğini arttırmaktır.
 - Ekşi hamur: Laktik asit bakterileri tarafından tahıl ve tohumların fermentasyonu sonucu, fitat molekülü parçalanarak minerallerin kullanılabilirliği (biyoaktivitesini) arttırılmıştır.
 - Mayanın fitaz enzimi, ekmekte fitik asit miktarını azaltır.
 - Ekşi hamurdaki laktik asit bakterilerinin ekme mayasına göre fitik asit üzerindeki yıkıcı etkinliğinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Vitaminler

- Vitaminler, **organik** besin maddelerinin bir grubudur.
- Kimyasal yapı bakımından birbirleri ile benzerlikleri bulunmamakta, biyolojik fonksiyonları açısından da farklılıklar göstermektedirler.
- Bu organik bileşiklerin birlikte “vitamin” olarak gruplandırılmalarının sebepleri aşağıdaki ortak özelliklerinden dolayıdır:
 - Hücrel metabolik tepkimeler için gereklidirler.
 - Çok az miktarları söz konusu hücrel metabolik tepkimeler için yeterlidir.
 - Herhangi birinin eksikliği özel bir bozukluk ve hastalık meydana getirir.
 - İnsan vücudu tarafından ya hiç yapılamamakta ya da yeterli miktarda yapılamadıkları için besinlerle dışarıdan sağlanmaları gerekmektedir.

Vitaminler

Suda Çözünen Vitaminler

- B1 Tiamin
- B2 Riboflavin
- B3 Niasin, nikotinamid
- B4 -
- B5 Pantotenik asit
- B6 Pridoksin
- B7 Biotin (H vitamini)
- B8 -
- B9 Folik asit
- B10 -
- B11 -
- B12 Siyanokobalamin (B12 hariç suda çözünen vitaminler, bitkiler tarafından sentez edilebilirler)
- C Askorbik asit

Yağda Çözünen Vitaminler

- A
- D
- E
- K

VİTAMİN EKSİKLİKLERİNİN SEBEP OLDUĞU RAHATSIZLIKLAR

A VİTAMİNİ EKSİKLİĞİ

Vitamin **A**

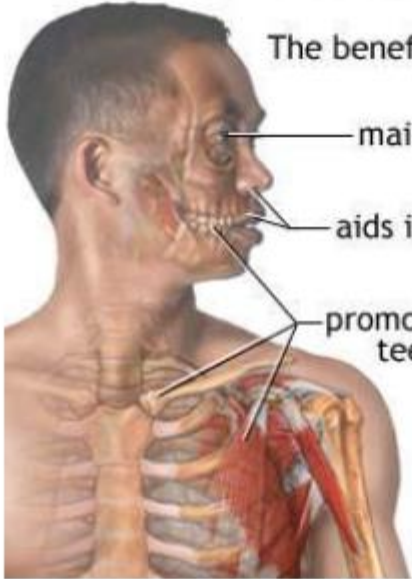
The benefits of vitamin A:

- maintains health of specialized tissues such as the retina
- aids in growth and health of skin and mucous membranes
- promotes normal development of teeth, soft and skeletal tissue

Adult RDA: 1000 µg RE

Fat-soluble

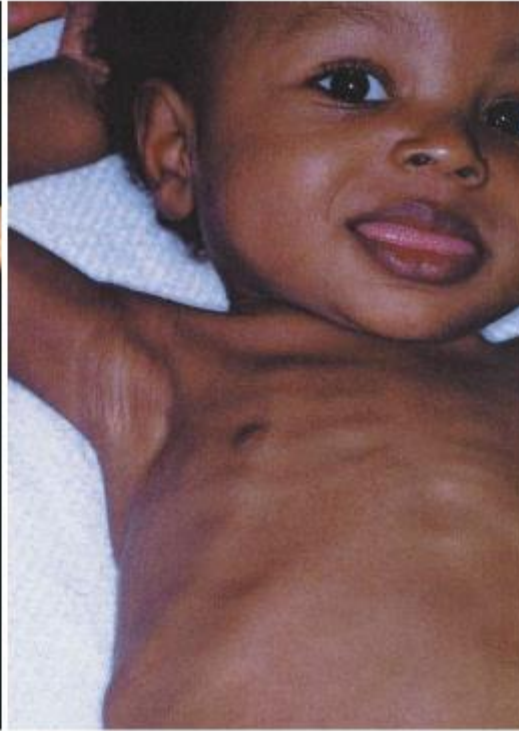
ADAM.



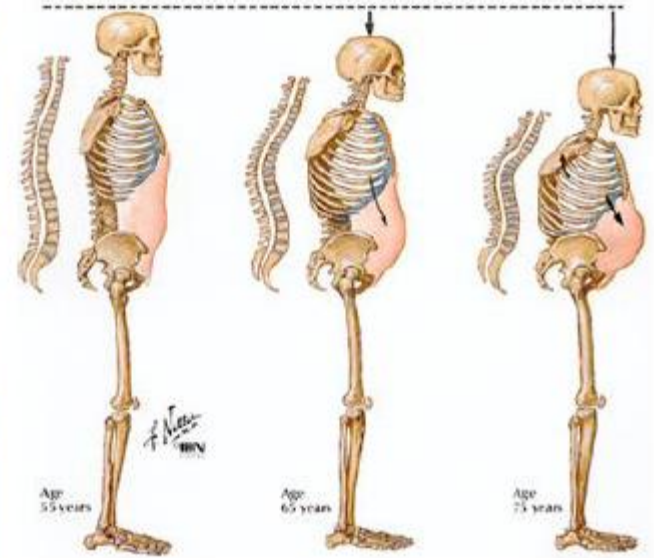
D VİTAMİNİ EKSİKLİĞİ: RAŞİTİZM VE OSTEOMALAZİ



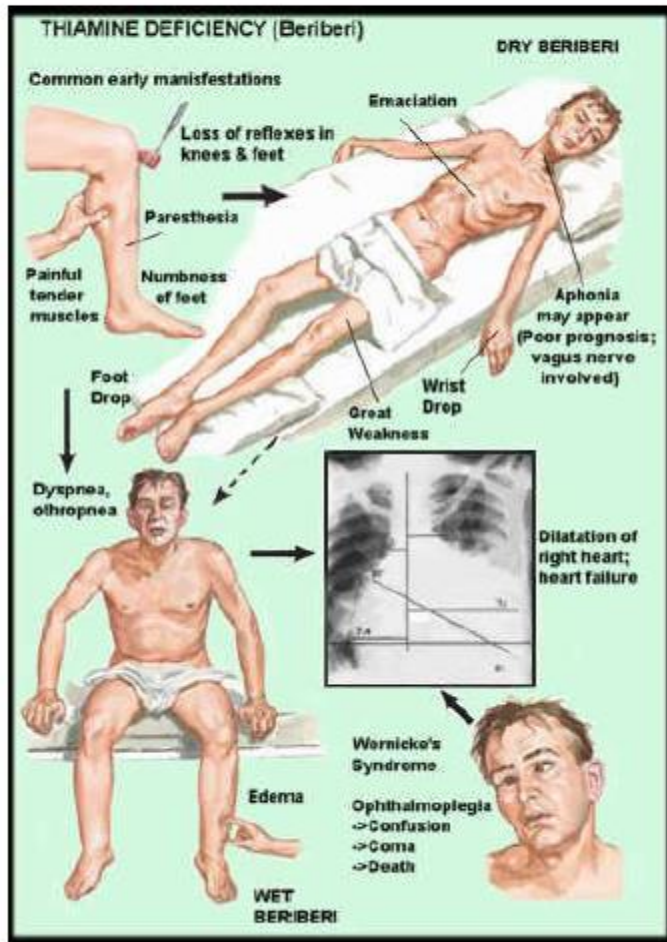
© 2006 Elsevier - Thomson



© 2006 Elsevier - Thomson



B1 TIAMİN EKSİKLİĞİ: BERİBERİ



Dry beriberi (and Wernicke-Korsakoff syndrome) results in the loss of strength and of some feeling in the limbs due to nerve degeneration. Symptoms of dry beriberi include:

- Wet beriberi is caused by accumulated fluid in the limbs (edema) and in the abdomen (ascites) because of a heart malfunction, increased heart rate (tachycardia), enlarged heart related to congestive heart failure, lung congestion, nerve degeneration is commonly present as well

B2 RİBOFLAVİN EKSİKLİĞİ



B3 NİASİN EKSİKLİĞİ: PELLEGRA



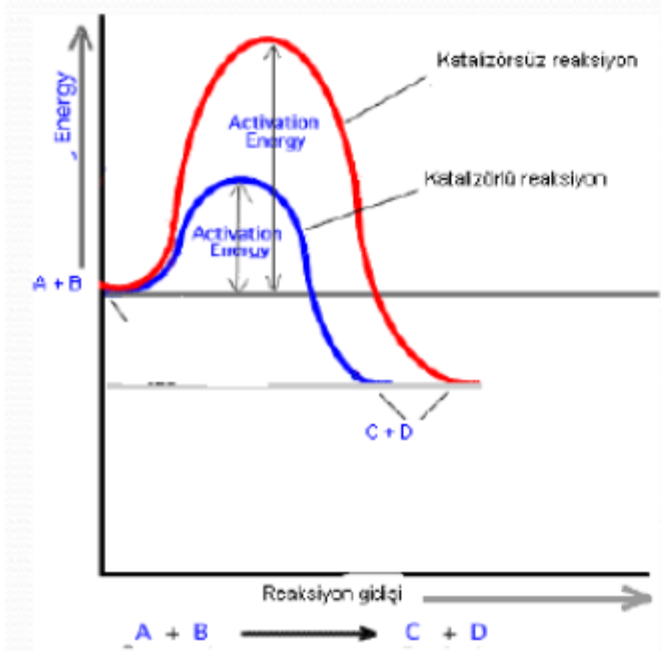
Tahıllardaki Vitaminler

- B1 Tiamin: Skutellumda yoğunlaşmıştır.
- B2 Riboflavin: Homojen dağılım
- B3 Niasin: Aleuron
- B5 Pantotenik asit: Homojen dağılım
- B6 Pridoksin: Aleuron ve ruşeym (az miktarda unsu endosperm)
- **Kepek ve ruşeymde yoğunlaşma**

Tahıllarda Vitaminler

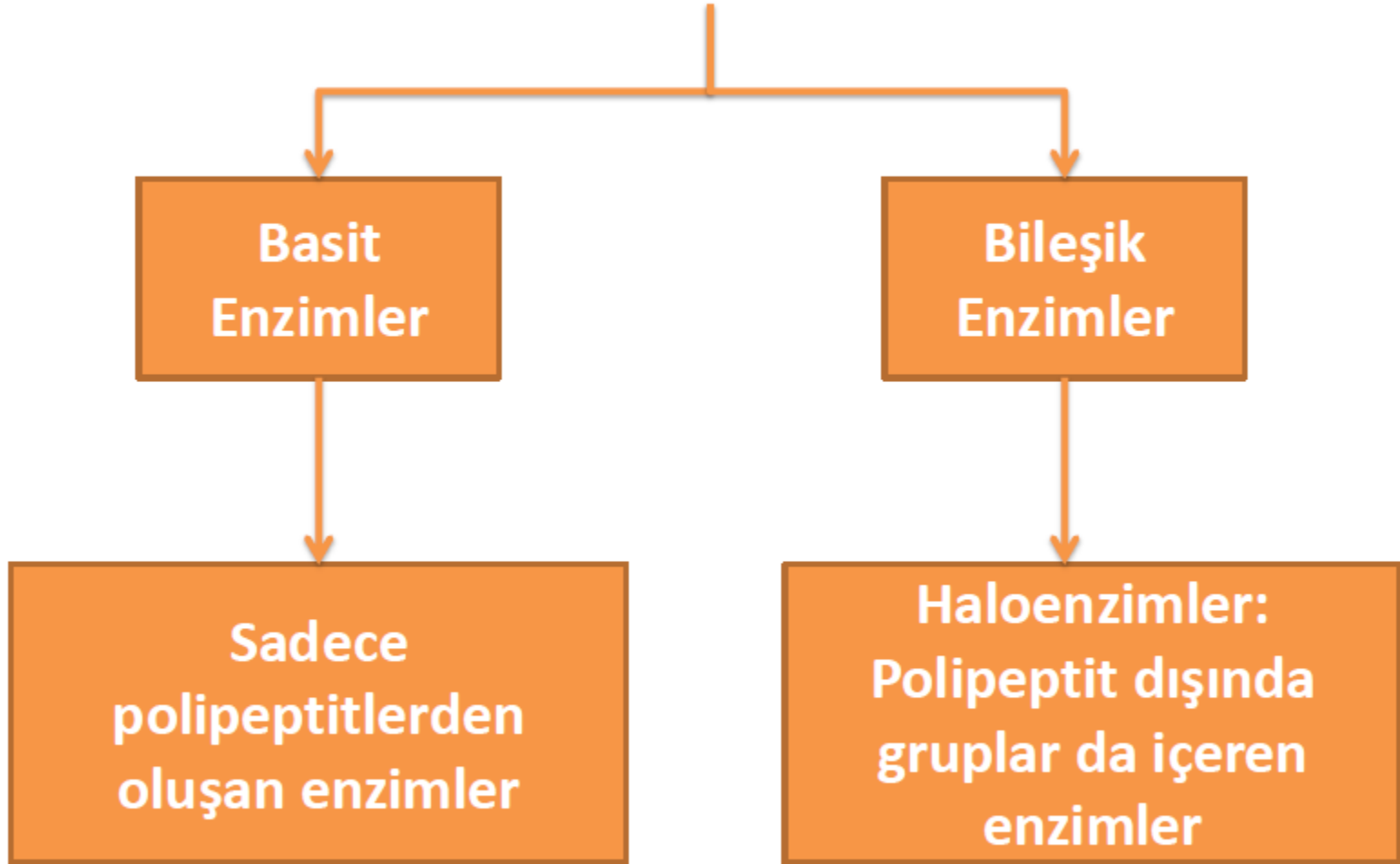
- Tahıllarda B1 yeterli sayılacak düzeydedir.
- Çavdar, yulaf, mısır, darı B3 (niasin bakımından fakir, diğer tahıllarda yeterlidir.
- Riboflavin bütün tahıllarda yetersiz düzeydedir.
- Mısır ve darı beta-karoten (provitamin A) ve E vitamini bakımından zengindir: Mısır ve darı rengini beta-karotenden alır.

Enzimler

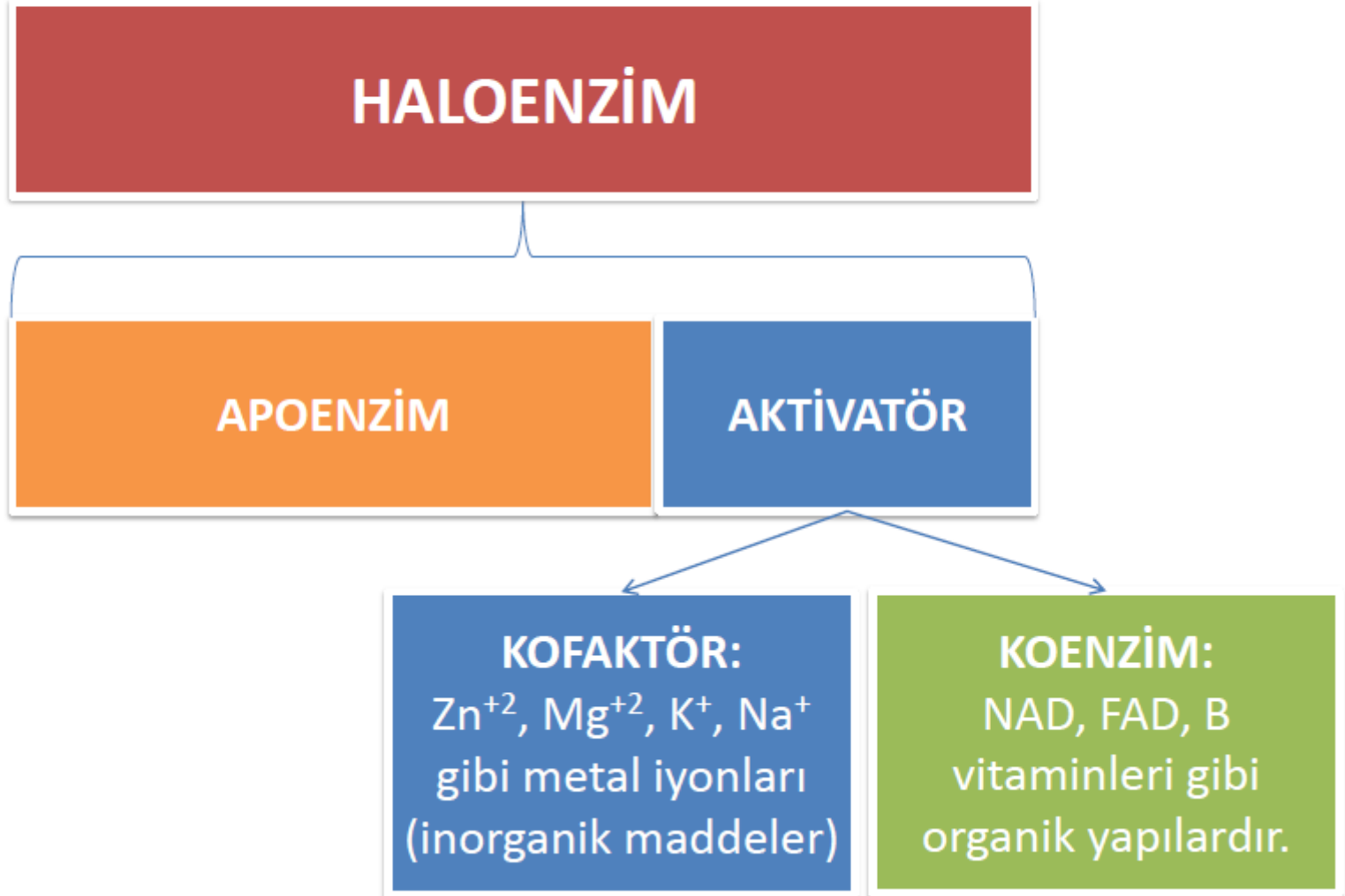


- Kimyasal tepkimeleri hızlandıran protein yapısındaki biyolojik katalizörlere **enzim** denir.
- Enzimin etki ettiği bileşiğe **substrat** denir.
- Tepkime sonunda meydana gelen maddeye ise **ürün** adı verilir.

Enzimler



Bileşik Enzimler



Enzimler

- Her enzimin etki ettiği substrat ya da katalizlediği tepkime farklıdır.
- Substrat tipine göre enzimlerin adlandırılmasına örnekler:
 - Lipolitik enzimler: Lipitler üzerinde etkili
 - Proteolitik enzimler: Proteinler üzerinde etkili
 - Amilolitik enzimler: Nişasta üzerinde etkili

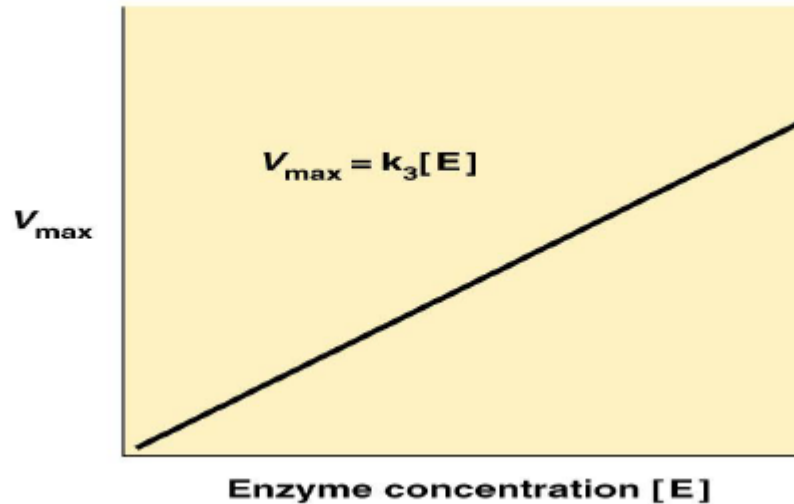
Enzim Komisyonuna (EC) Göre Enzimlerin Sınıflandırılması

(Katalizlenen Tepkime Tipine Göre)

1. **Oksidoredüktazlar:** İki substrat arasında oksitlenme (yükseltgenme) – indirgenme tepkimelerini katalizlerler.
2. **Transferazlar:** İki substrat arasında C, N veya P taşıyan işlevsel grupların aktarım tepkimelerinde görev alırlar.
3. **Hidrolazlar:** Substratın yapısına göre ester, glikozidik, peptit, vb. bağların yıkıldığı tepkimelerde görev alırlar (C-C, C-N, C-P, C-S gibi bağlara H₂O katarak yıkımı katalizlerler).
4. **Liyazlar:** Hidroliz harici, substrattan fonksiyonel gruplar koparan tepkimelerde yer alırlar.
5. **İzomerazlar:** Substratların izomerleşmesini sağlarlar.
6. **Ligazlar:** Daha büyük molekülü oluşturmak için iki substratın birleşmesini sağlayan tepkimelerde görev alırlar (ATP'nin hidrolizi ile C-C, C-S, C-O, ve C-N arasında bağ oluşumunu katalizlerler).

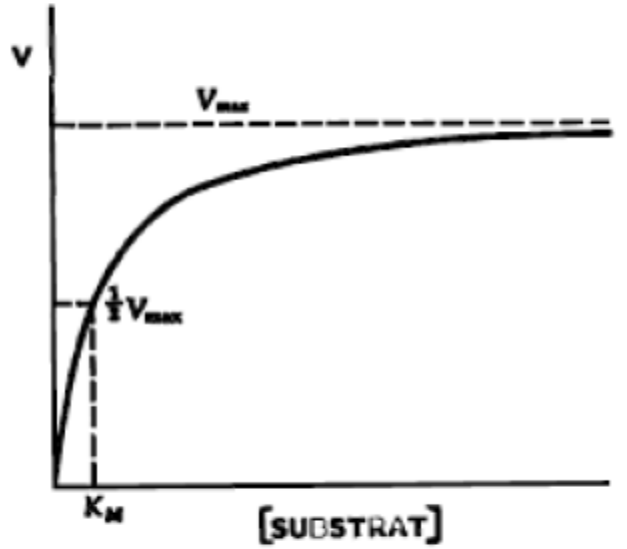
Enzimatik Tepkimelerin Başlıca Özellikleri

1. Substratın çok bol olduğu bir ortamda optimal şartlarda enzimatik bir reaksiyonun ölçülen ilk hızı (V_o), enzim konsantrasyonu E ile doğru orantılıdır.



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

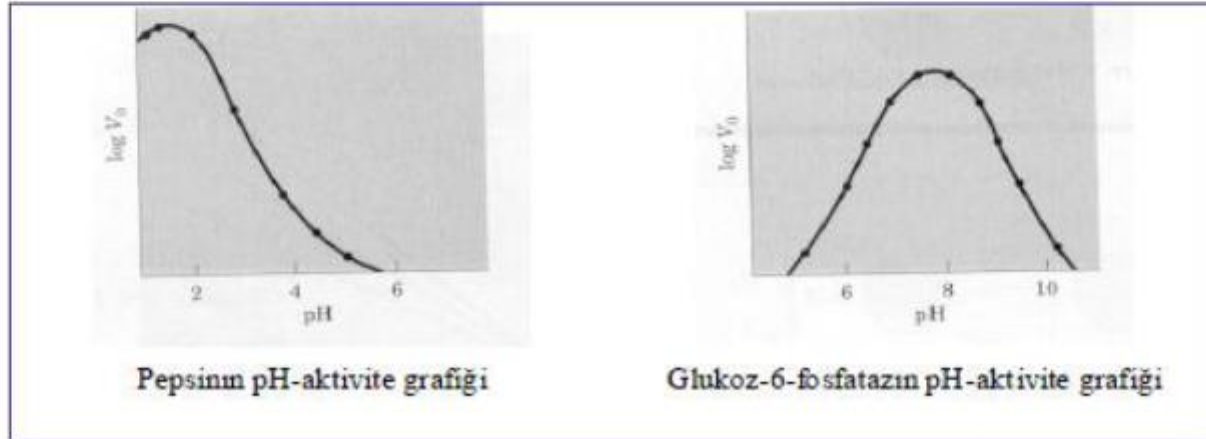
Enzimatik Tepkimelerin Başlıca Özellikleri



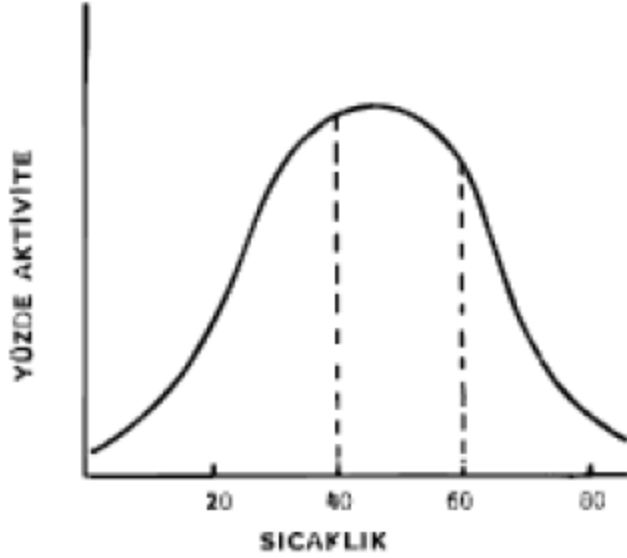
2. Enzim konsantrasyonu ve diğer bütün şartların sabit olduğu bir ortamda enzimatik tepkimenin hızı, substrat konsantrasyonunun artırılmasıyla başlangıçta doğrusal bir artış gösterir; fakat substrat ilave edildikçe hız giderek daha az artar ve belirli bir V_{max} düzeyinde sabit kalır.

Enzimatik Tepkimelerin Başlıca Özellikleri

- Her enzimin maksimum aktivite gösterdiği bir pH değeri vardır ki bu pH değerine enzimin **optimal pH değeri** denir.



Enzimatik Tepkimelerin Başlıca Özellikleri



4. Sıcaklık artışıyla enzimatik reaksiyonun hızındaki artış, sıcaklık belli bir değere yükselinceye kadar devam eder; daha yüksek sıcaklıklarda enzim denatüre olarak aktivitesini kaybeder ve reaksiyon hızı azalır.

Enzimatik reaksiyonun hızının maksimum olduğu sıcaklık derecesine **optimal sıcaklık** denir.

Tahıllardaki Önemli Enzimler

1. Amilazlar

- Alfa-amilaz
- Beta-amilaz
- Glukoamilaz
- İzoamilaz

2. Proteazlar

- Proteinazlar
- Peptidazlar

3. Lipazlar

4. Lipoksidaz

5. Fitaz

6. Diğerleri

- Katalaz
- Peroksidaz
- Polifenol oksidaz
- Glikoz oksidaz

Amilazlar

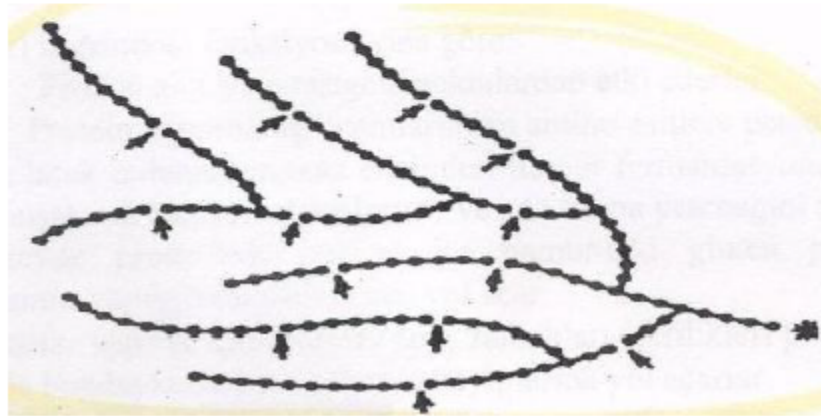
- Amilazlar **diastazlar** diye de bilinir
- Substratları **nişasta** polimeridir.
- Amilaz enzimlerinin katalitik (yıkım) aktivitesi **amilolitik ya da diastatik aktivite** olarak tanımlanır.
- Amilazlar EC sınıflamasına göre:
 - Hidrolazlar
 - Karbonhidraz
 - Polisakkaridaz

Amilazlar

- Tahıllardaki amilazlar:
 - α -amilaz
 - β -amilaz
 - Glukoamilaz
 - İzoamilaz

Alfa-Amilaz (α -Amilaz)

- Nişastanın amiloz ve amilopektin moleküllerine rastgele noktalardan hücum ederek α -1,4 glikozidik bağlarını kırmasından dolayı **ENDOAMİLİZ** diye bilinmektedir.
- İlk ana değişik molekül ağırlıklı dekstrinler meydana geldiğinden **dekstrinojen amilaz** ismini alır.
- Amilopektine etkisi ile düşük molekül ağırlıklı **sınır (limit) dekstrinler** meydana getirir.



α -Amilaz

- Alfa-amilaz aktifliği:
 - Sağlam nişasta (çok sınırlı) < Zedelenmiş nişasta (sınırlı) < Jelleşmiş nişasta
- Alfa-amilaz aktivitesi ile jelleşmiş nişastada jeli sıvılaştırır (viskoziteyi azaltır) ki bu özelliği ile de **sıvılaştırıcı amilaz** adını alır.

α -Amilaz

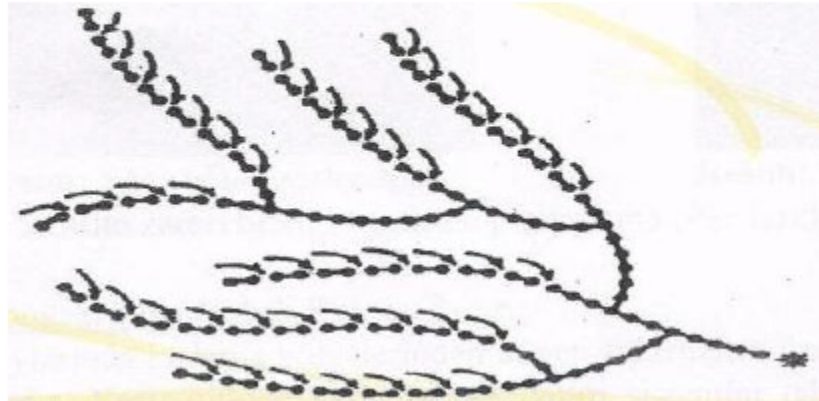
- Yalnızca α -amilaz'ın çalıştığı bir ortamda oluşacak ürünler:
 - Çok değişik büyüklükte dekstrinler
 - Düşük molekül ağırlıklı sınır dekstrinleri
 - Maltotrioz
 - Maltoz
 - Glikoz

α -Amilaz

- Termostabilitesi yüksektir, 70-80°C'ye kadar aktivitesini sürdürülebilir.
- Optimum pH aralığı 4,5 – 5,5'tir.

Beta-Amilaz (β -Amilaz)

- α -1,4 glikozidik bağlarına etki eder.
- Nişastanın amiloz ve amilopektin moleküllerinin indirgen olmayan uçlarından başlayarak ikişer ikişer glikoz (maltoz) ünitelerine ayırdığı için **ekzoamilaz** denir.
- Ekzoenzim olduğundan viskozite üzerine etkisi azdır.



β -Amilaz

- Beta-amilaz aktifliği:
 - Sağlam nişasta granölüne etki edemez çünkü β -amilaz nişastanı zedelenmesi, jelleşmesi ya da daha önce α -amilaz tarafından nişasta zincirinin rastgele noktalardan kırılması sonucu ağığa çıkan **indirgen olmayan zincir uçlarından saldırmaktadır.**
 - Jelleşmiş ve zedelenmiş nişasta üzerinde aktiftir.

β -Amilaz

- Amilopektine etkisi ile yüksek molekül ağırlıklı sınırdextrinleri oluşturur.
- Zedelenme ya da α -amilaz aktivitesi olmadığı durumlarda amilopektin polimerinin ancak 1/3'ünü hidroliz edebilir.



β -Amilaz

- Yalnızca β -amilaz'ın çalıştığı bir ortamda oluşacak ürünler:
 - Maltoz
 - Maltotrioz (zincir sonunda 3 glikoz ünitesi kalırsa, enzim bunu maltotrioz olarak bırakır)
 - Yüksek molekül ağırlıklı sınır dekstrinleri

β -Amilaz

- Termostabilite özelliği α -amilazdan düşüktür: 55-60°C'ye kadar aktivitesini sürdürebilir.
- Optimum pH'sı 4-5 civarındadır.

Glukoamilaz

- α -1,4 glikozidik bağlarının yanı sıra α -1,6 glikozidik bağlarına da etki ettiği düşünülmektedir.
- Alfa ve beta-amilaz aktiviteleri sonucu meydana gelen ürünleri glikoza dönüştürür.
- Özellikle çimlenmiş tahılda (malt unu) miktarı yüksektir.
- 55-60°C'ye kadar aktivitesini sürdürebilir.
- Optimum pH'sı 5'tir.

İzoamilaz

- Yalnızca α -1,6 glikozidik bağlarına etki eder.

Amilazlar Hakkında Son Notlar

- Tahıllarda genelde β -amilaz enzimi yeterli düzeydeyken, α -amilaz yetersizdir.
- Çimlenme ile beraber diğer enzimlerle beraber amilolitik aktivite de yükselir.
- Düşük α -amilaz sorunu malt unu, bakteriyel ve fungal α -amilaz katkıları ile giderilebilmektedir.

Proteazlar

- Proteazlar da amilazlar gibi hidrolaz grubuna aittir.
- Proteaz aktivitesi **proteolitik aktivite** olarak da ifade edilir.
- Tahıl proteazları için:
 - Sıcaklık sınırı 55-60°C,
 - Optimum pH 3-4 civarındır.

Proteazlar

- Proteazlar protein zinciri üzerindeki işlevlerine göre 2 grupta toplanır:
 1. Proteinazlar
 2. Peptidazlar

Proteinazlar

- Protein zincirlerindeki peptit bağlarını kırarlar.
- Protein zincirlerine rastgele noktalardan saldırırlar.
- Bu özelliklerinden dolayı proteinazlar α -**proteinaz** ya da **endopeptidaz** isimlerini de alırlar.
- Sağlam buğday tanesinde bulunurlar ancak aktiviteleri oldukça düşüktür.

Peptidazlar

- Peptit bağlarını kırarlar.
- Protein zincirlerini uç kısımlarından amino asit ünitelerini kırarak parçalarlar.
- Bu özelliklerinden dolayı **β -proteinaz** ya da **ekzopeptidaz** olarak da adlandırılırlar.
- Etkiledikleri zincir uç gruplarına göre:
 - **Karboksi-peptidaz** HOOC- ucundan
 - **Amino-peptidaz** NH₂-ucundan
 - **Di ve tri-peptidazlar:** Oluşan di ve tri-peptitleri amino asitlere parçalarlar.

Tahıl Teknolojisinde Proteazlar

- Unda doğal olarak bulunan proteaz enzimleri hamur fermentasyonu sırasında faaliyet gösterip gluteni yumuşatarak hamuru olgunlaştırır ve gaz tutma yeteneğini arttırır.

- **ANCAK:**

- Yüksek düzeyde proteaz aktivitesi hamurdaki gluten proteinlerinin parçalanmasına ve hamurun akıcı özellik kazanması sonucu işlenmesinin zorlaşmasına yol açmaktadır.
- Tahılın yetişmesi sırasında meydana gelen süne ve kımıl zararı sonucu olarak tükürük salgılarının bitki öz suyuna geçmesi tanede proteolitik aktivitenin aşırı yükselmesine yol açmaktadır.
- Tahılın çimlenmesi sırasında da proteaz aktivitesi artmaktadır.



Lipaz

- Hidrolazlar grubuna ait **esteraz** alt grubuna aittir.
- Ester bağlarını yıkarak trigliseritlerin aşağıdaki sıra ile dönüşümünü sağlar:
 - Digliserit
 - Monogliserit
 - Gliserol + yağ asitleri
- Tahıl tanesinde en yüksek lipaz aktivitesi embriyo ve aleuron tabakasındadır.
- Lipaz 60°C'ye kadar aktivitesini korumaktadır.
- Optimum pH değeri 4,5'tir.

Yüksek Lipaz Aktivitesi: Ransit Tat Oluşumu Sorunu

- Lipaz aktivitesi tanede serbest yağ asidi oranının artmasına neden olur.
- Doymamış yağ asitleri oksitlenerek peroksitleri, peroksitler de parçalanarak ransit (acı) tat veren karbonil bileşiklerini oluşturur.
- Doymamış yağ asitlerinin çok az miktarda oksitlenmesinin S-S bağlarının kurulmasında yani glutenin kuvvetlenmesini sağladığını hatırlayınız.

Tahıllarda Ransidite Sorununu Arttıran Etmenler

- Tane suyunun %15'e yükselmesi
- Sıcaklığın artması
- Tahıllardaki yüksek yağ içeriği (mısır, yulaf, sorgum)
- Lipaz enzimi ile lipitlerin bir arada bulunacağı durumların oluşması: Zedelenmiş ya da öğütülmüş tahıllar
 - Zedelenmiş tahıllar ya hemen değerlendirilmeli ya da düşük nem ve sıcaklıkta saklanmalıdır.
 - Öğütülmüş tahıllarda lipazca zengin ruşeym ve kepek kısmı undan ayrılmalıdır.

Fitaz

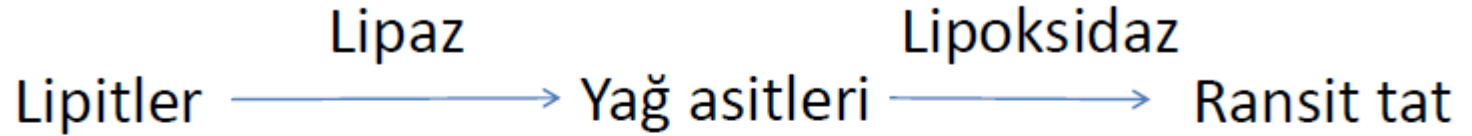
- Fitaz hidrolazlardan bir esteraz olup fosfotaz alt grubuna girmektedir.
- Fitaz enziminin substratı fitik asit ve fitatlardır.
- Fitik asit tahılda embriyo ve kepekte fazladır.
- Fitaz aktivitesi özellikle kepekli unlardan yapılmış unlu mamullerde olması istenen bir aktivitedir çünkü:
 - Fitik asit ve fitatlar parçalandığında tahıldaki mineraller insana faydalı hale gelmektedir.
 - Fitik asit fitaz aktivitesi yardımı ile inositol (boş kalan B8'i hatırlıyor musunuz?) ve ortofosforik aside parçalanarak ek besin maddesi kaynağı oluşturur.

Fitaz

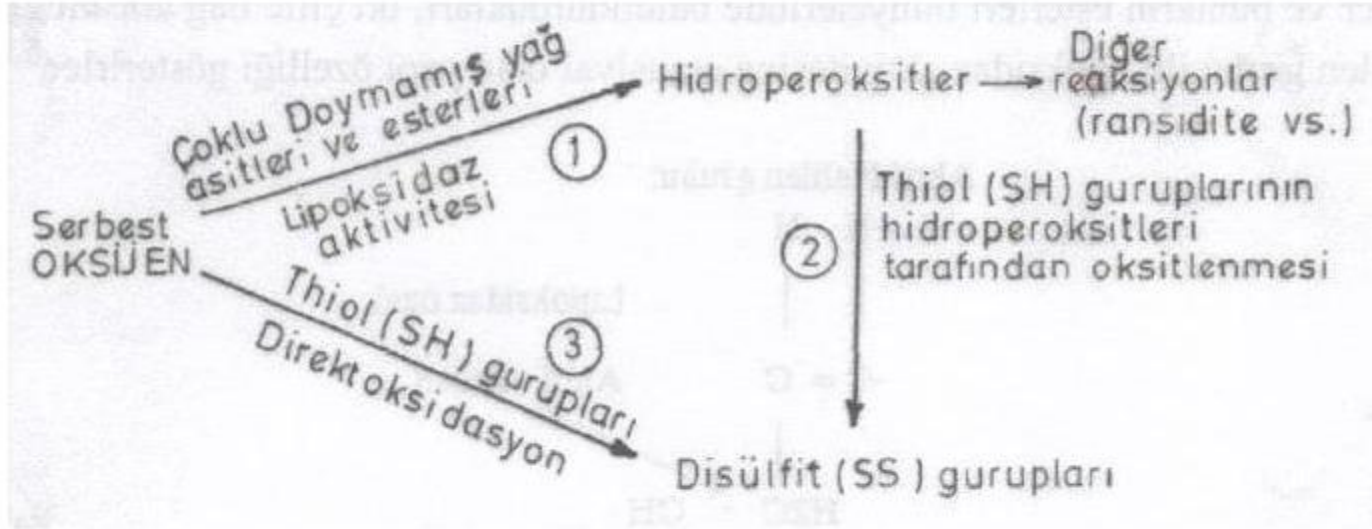
- Fitazın pH aralığı 4,5 – 6,0, optimum pH değeri 5,2'dir.
- Fitazın optimum sıcaklık aralığı 45-60°C'dir.
- Sağlam tanede fitaz etkinliği yeterli değildir.
- Çimlenmiş tanede fitaz aktivitesi yüksektir.
- Ekmek mayasında ve bundan biraz daha etkin olacak şekilde ekşi hamurda (laktik asit bakterileri) fitaz aktivitesi vardır, fitik asidin fermentasyon sırasında önemli ölçüde yıkılmasını sağlarlar.

Lipoksidaz

- Oksidoredüktazlardan oksidazlar alt grubuna girmektedir.
- Lipoksidaz havanın serbest oksijenini kullanarak karotenoidleri ve serbest çoklu doymamış yağ asitlerini (linoleik, linolenik, araşidonik asit) oksidasyona uğratır.



Hamur Oksidasyonunda Lipoksidaz Aktivitesi



- Lipoksidaz aktivitesinin yüksek olması durumunda ransidite oluşumu artar.

Lipoksidaz

- Lipoksidazın karoteni yıkması ona ağartıcı özelliği kazandırmaktadır.
- Aktif soya unu lipoksidaz açısından zenginliği nedeni ile fırıncılar tarafından ağartıcı olarak kullanılmaya başlanmış, daha sonra hamur geliştirici özellikte (glutende S-S bağlarının kurulmasına yardımcı) olduğu da farkedilmiştir.
- Lipoksidazın ağartıcı fonksiyonu ekmeklik unlarda aranılan bir özelliktir (Ransidite yapmayacak miktarlarda).
- Makarnalık buğdaylar ve irmikte lipoksidaz enziminin ağartıcı özelliği arzu edilmez, işleme sırasında enzim aktivitesini kısıtlayıcı tedbirler alınarak parlak sarı renk korunmaya çalışılır.

Diğerleri

- **Katalaz:**

Metabolik olaylar sonucu hücrede oluşan ve toksik etkisi söz konusu olan H_2O_2 'yi su ve oksijene parçalar.

- **Peroksidaz:**

- Oksidoredüktazlar grubuna aittir.
- Hücrede oluşan aromatik fenol ve aminleri H_2O_2 ile oksitler.

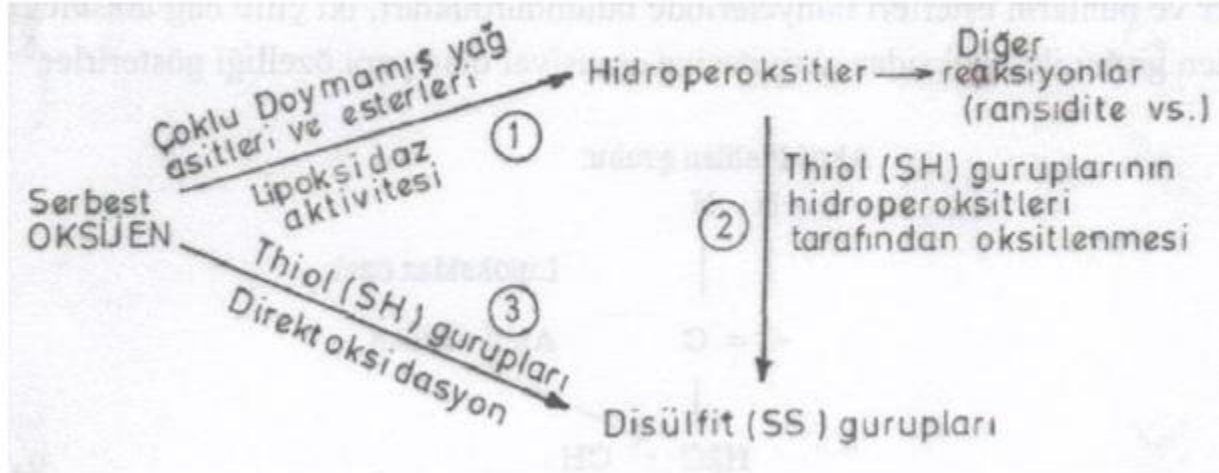
- **Polifenol oksidaz:**

- Miktarca azdır.
- Fazla bulduklarında polifenollerin oksidasyonu sonucu kararmaya neden olurlar.

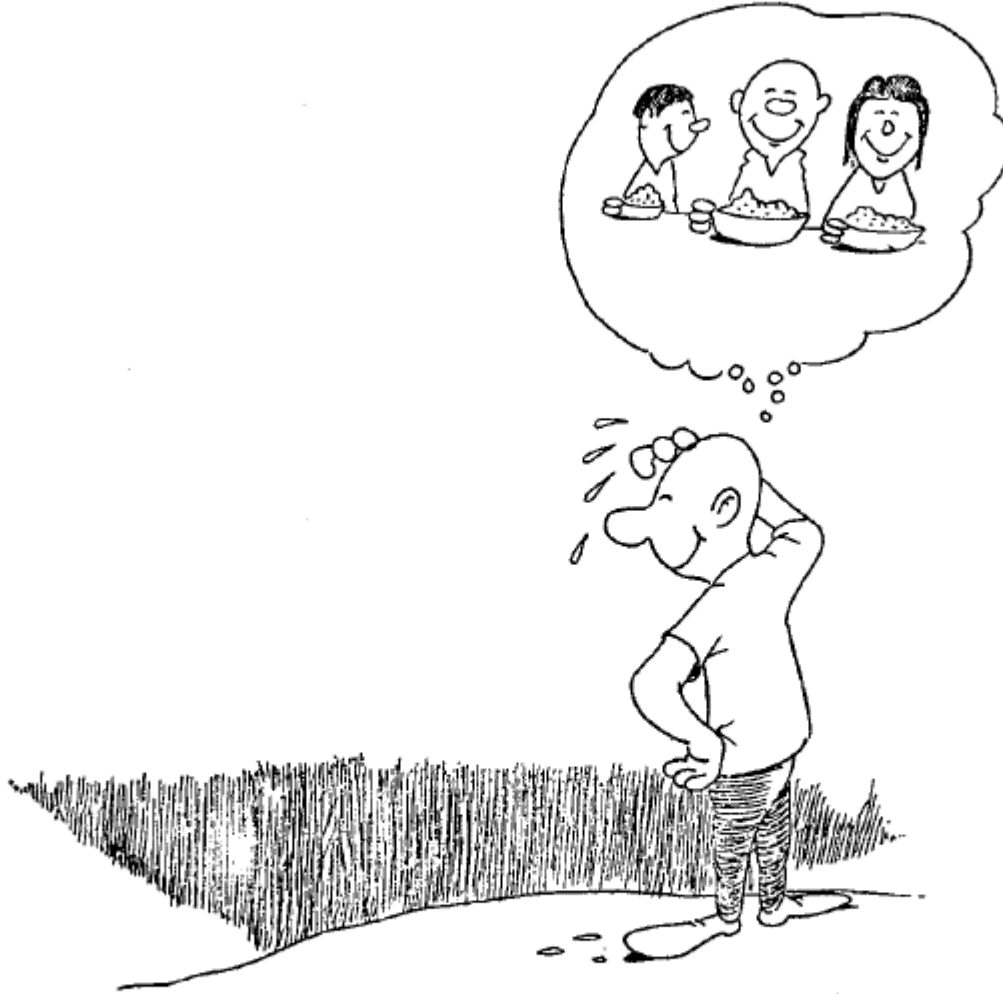
Diğerleri

- **Glikoz oksidaz:**

- Glikozdan, glukonik asit ve H_2O_2 oluşmasını sağlar.
- H_2O_2 unda katkı olarak kullanılan L-askorbik asidi dehidroaskorbik aside (DHA) okside eder.
- Oluşan DHA 2 thiol grubunun (SH) disülfid bağı oluşturmasında görev alarak gluten yapısının kuvvetlenmesini sağlar.



TAHILIN DEPOLANMASI



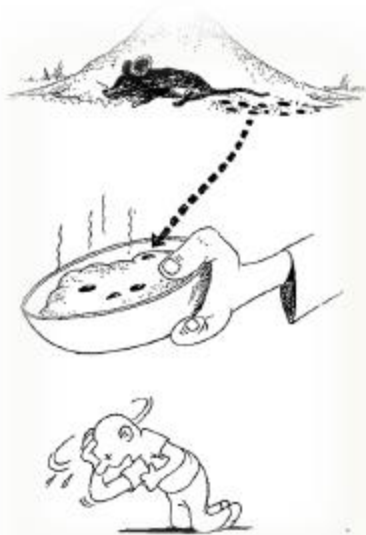
Çok çalıştım ve ürün iyi. Yiyecek çok tahılıımız olacak.

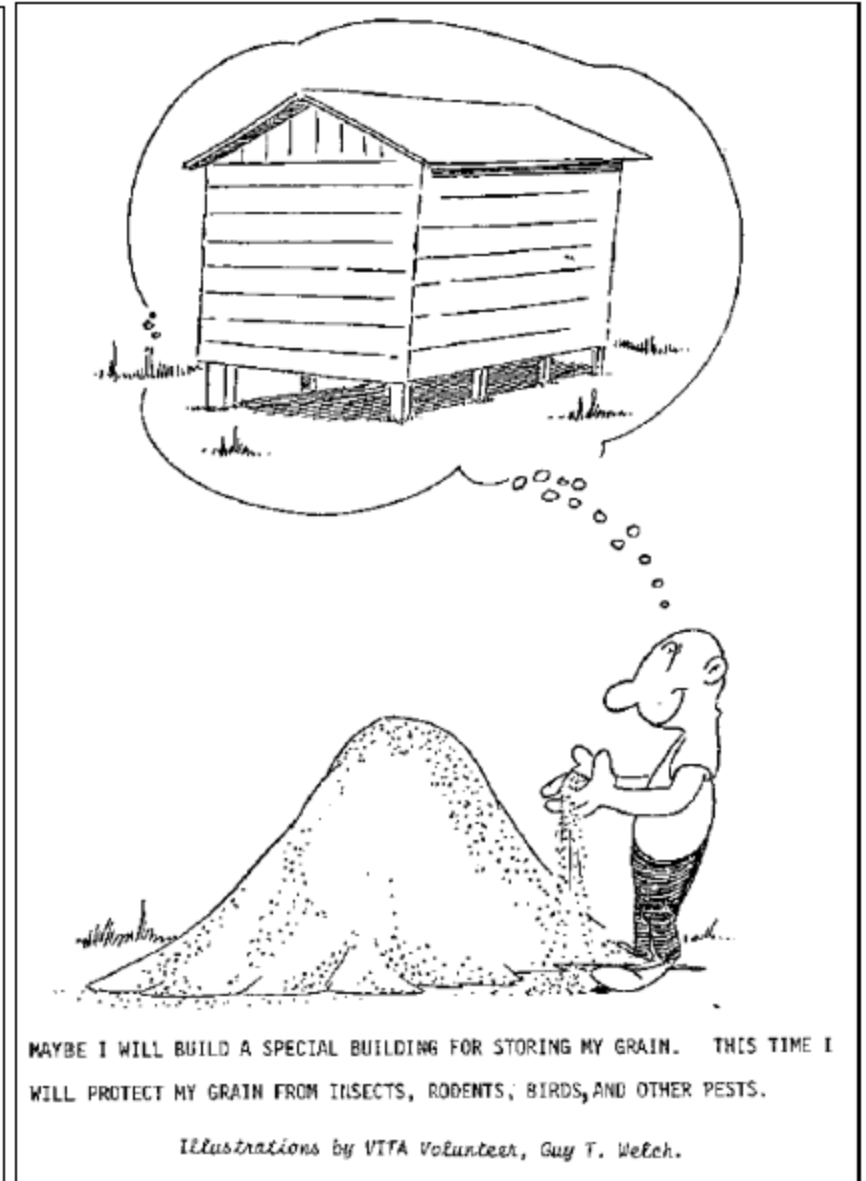
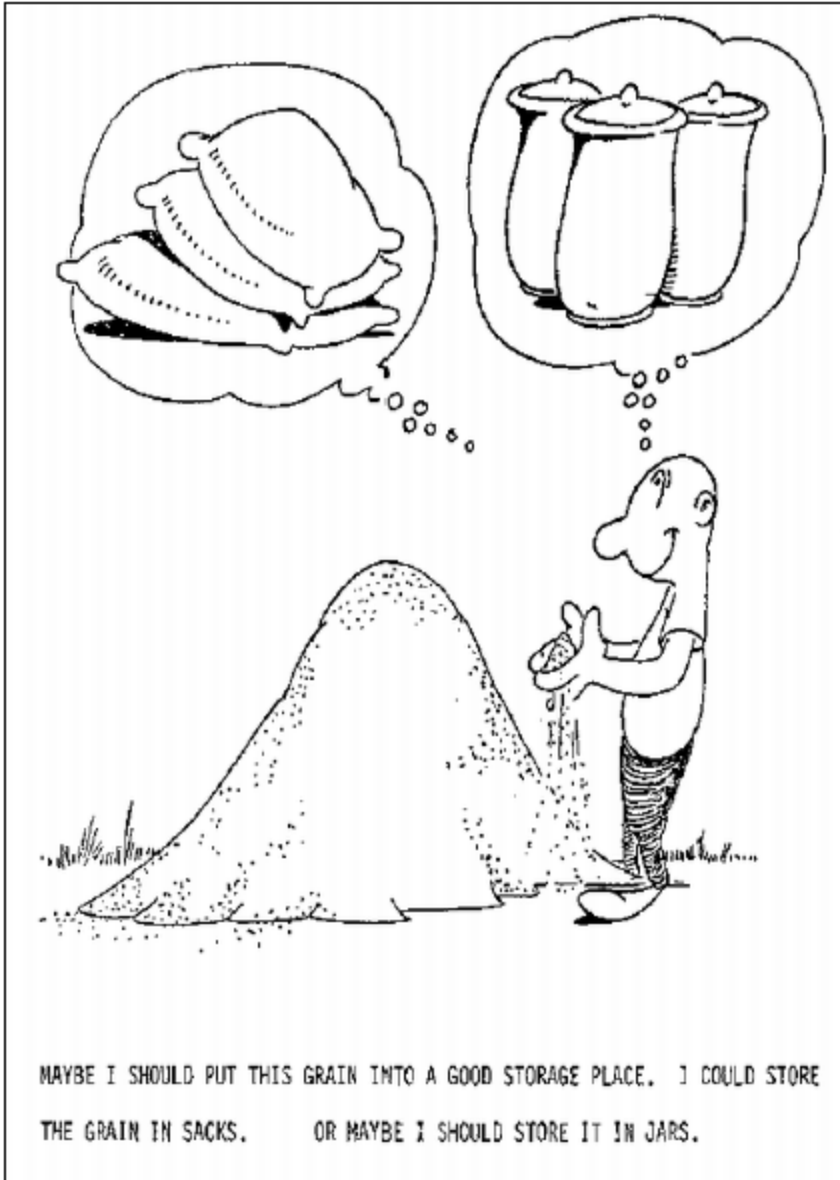
Senenin geri kalan kısmında da yiyebilmek üzere tahılı korumak için ne yapmalıyım?



Korumazsam fareye, kuşa yem olacak bizim tahıl...







Depolama

- Hasat edilen tahılın işleninceye kadar, işleme için arzulanan tane özelliklerinin korunarak saklanması gerekmektedir.
- Aksi takdirde oluşacak zararlar:
 - Böceklenme
 - Küflenme
 - Kızışma
 - Embriyo zedelenmesi
 - Çimlenme gücü kaybı
 - Çürüme (Kızışma olayının ilerlemiş safhası olup taneyi meydana getiren maddelerin tamamen parçalanması ve gıda özelliğini yitirmesidir)

Depolama

- Tahıl olması gerektiği şartlarda depolansa bile, depolama süresinin uzunluğuna bağlı olarak **bileşenlerinin kompozisyonunda oluşan değişim ve kayıplar** aşıağıdaki sonuçları doğurur:
 - Çimlenme gücünde düşüş
 - Kuru madde kaybı
 - Koku, besin değerı ve sindirim derecesinde değişim
 - İşlenme değerinde değişim

Tahıl Depolamasının Amacı

- Tanenin biyolojik aktivitesini, besin, ticari ve teknolojik değerini, hijyenik şartlarda en az kuru madde kaybı ile en uzun süre koruyabilmektir.

Uzun Depolama İçin Gereken Şartlar

Tahıl İçin Gerekli Şartlar

- Yeterince olgun olmalı
- Tane suyu düzeyi %15'in altında , «kuru» olmalı
- Taneler hasat, harman ve nakliye sırasında zedelenmemiŐ, «sağlam» olmalı
- Kırık ve haşere zararına uđramıŐ taneler temizlenmiŐ olmalı

Depo İçin Gerekli Şartlar

- Depo sıcaklığı 15°C'nin altında olmalı (5-10°C en uygunu)
- Bağıl nem %65'i geçmemeli
- İzolasyonunun iyi bir Şekilde yapılmış olması (Sıcaklık, nem, kuş)

Tahıl Tanesinde Fizyolojik Aktivite

- Dinlenme durumundaki durgun (dormant) tahıl tanesi hayati fonksiyonlarını çok düşük düzeyde de olsa sürdürmektedir.
- Bunun sonucu olarak:
 - Tane solunum yapar.
 - Bünyesinde meydana gelen metabolik olaylar sonucu bazı fiziksel ve biyokimyasal değişimler meydana gelir.

Tanede Solunum

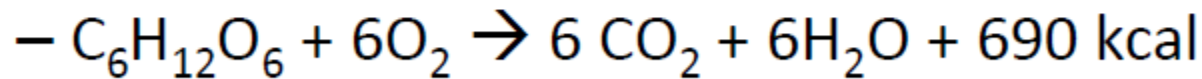
- Tane hayati fonksiyonlarını devam ettirmek için gerekli enerji ve metabolitleri bünyesindeki glikozu yakarak sağlar:
- $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 690 \text{ kcal}$
- Açığa çıkan enerjinin bir kısmı tanenin fizyolojik aktiviteleri için tüketilir.
- Geriye kalan %40 kadarı çevreye ısı enerjisi olarak yayılmaktadır.
- Tane suyu %15 olduğunda solunum hızı artmaya başlar.

Tanede Gerçekleşen Biyokimyasal Aktiviteler

- Durgun (dormant) haldeki tanede metabolik aktiviteler çok düşük bir hızla da olsa devam eder.
- Su:
 - Solunum sırasında bir miktar su açığa çıkar.
 - Yapım (anabolizma) sırasında bir miktar su kullanılır.
 - Bu miktarlar küçüktür ve hücre içindeki bağlı su ile ilgilidir.
 - Tahılda su ile ilgili esas değişimler depodaki bağlı neme göre değişen serbest su sebebi ile gerçekleşir.

Tanede Gerçekleşen Biyokimyasal Aktiviteler

- Karbonhidratlar:



- Solunum ile şekerlerin yıkılması sonucu açığa çıkan CO_2 ile birlikte karbon kaybı yaşanır.

- Bu da tanede ağırlık kaybına sebep olur.

- Normal şartlar altında 1 yıllık kuru madde kaybının %1 olduğu deneylerle bulunmuştur.

Tanede Gerçekleşen Biyokimyasal Aktiviteler

- Proteinler:
 - Depolanmış durgun tanede proteaz aktivitesi de söz konusudur ancak protein kaybı önemli miktarlarda değildir, depolanmış tanede görülen protein miktarı artışı karbonhidrat kaybından kaynaklanan bağıl bir yükseliştir.
 - Tanenin prolamin grubu proteinleri (gliadin, zein, hordein, vb.) depolama sırasında artar, tuzlu suda çözünen proteinler ise azalır: Besin değeri düşer, bunun yanında tane teknik üstünlük kazanır.

Tanede Gerçekleşen Biyokimyasal Aktiviteler

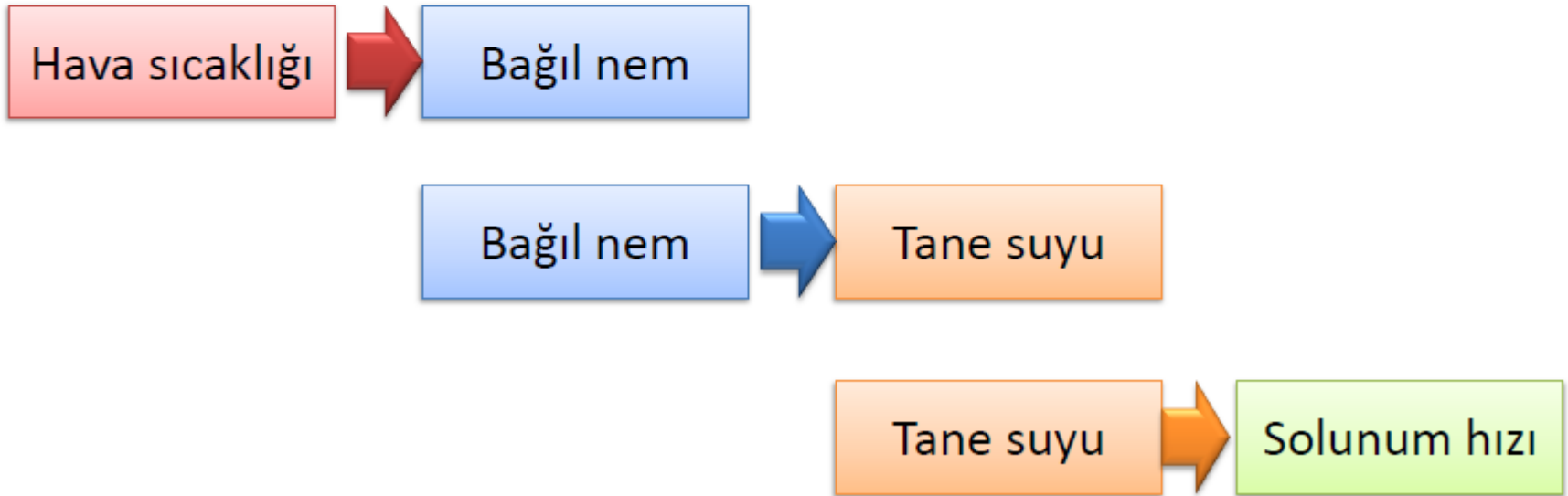
- Lipitler:
 - Depolama sırasında tahıl tanesinde gerçekleşen hidrolitik aktivitenin en yüksek düzeyde görüldüğü bileşen lipitlerdir.
 - Lipolitik aktivite sonucu tanede su, sıcaklık ve depolama süresine bağlı olarak serbest asit miktarında artış görülür.
 - Lipaz aktivitesi sonucu tanede serbest hale geçen çoklu doymamış yağ asitlerinin yanında bunların **sağlam tanede** lipoksidaz enzimi tarafından oksidasyonunu engelleyecek kadar tokoferoller (antioksidan) mevcuttur.
 - Zedelenmiş ya da kırılmış tanedeki serbest yağ asitleri daha fazla oksijene maruz kalacağından, tokoferoller bu şartlarda yetersiz kalır.

Tanede Gerçekleşen Biyokimyasal Aktiviteler

- Mineraller:
 - Depolamada tahıl tanesinin mineral içeriğinde kayda değer bir değişme olmamaktadır.
 - Tanede mevcut fitik asit, depolama sırasında düşük de olsa aktivitesinin sürdüren fitaz aktivitesi sonucu inositol ve ortofosforik aside parçalanmakta, fitik asit tarafından tutulan katyonlar serbest alarak insan beslenmesi açısından kullanılabilir hale gelmektedir.
- Uçucu Organik Bileşikler:
 - Tanenin bileşiminde yer alan uçucu organik bileşiklerin %73'ü depolamada uçarak kaybolur.

Depo Atmosfer Şartları İle Tane İlişkileri

- Depolanmış tahıl tanesi normal şartlarda atmosfer ile çevrelenmiş olup, sürekli olarak atmosfer şartları ile etkileşim halindedir:



Hava Sıcaklığı – Bağıl Nem İlişkisi

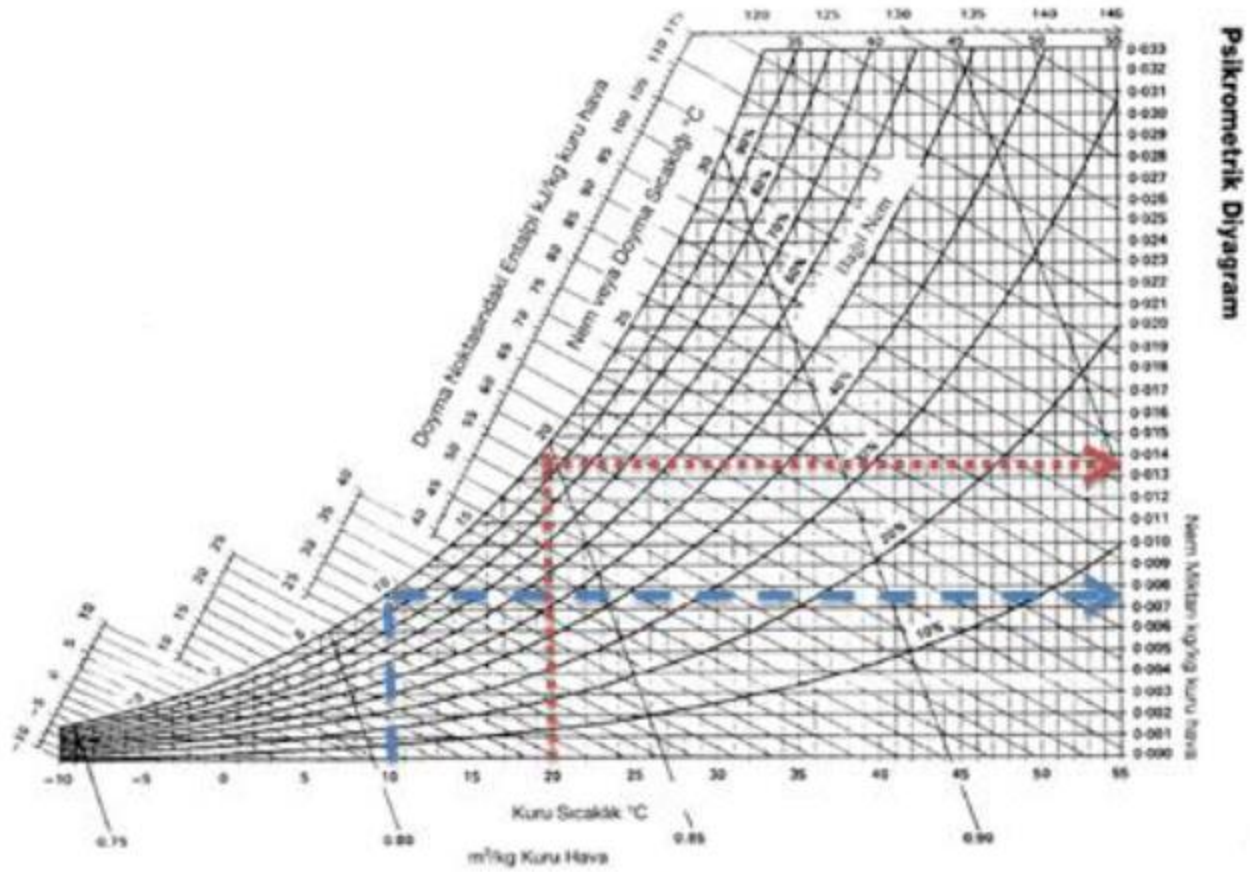
- **Mutlak nem (H):** Hava-su buharı karışımının mutlak nemi, 1 kg kuru hava tarafından taşınan suyun kilogram cinsinden miktarıdır. Birimi kg su/kg kuru havadır.
- **Bağıl nem (Hr):** 1 kg kuru havanın taşıdığı nem miktarının aynı sıcaklıkta taşıyabileceği maksimum nem miktarına oranı olarak ifade edilebilir.
- **Su Aktivitesi:** Bir gıda maddesinin su aktivitesi gıda maddesinin içerdiği suyun kısmi buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı olarak ifade edilir.
- Buradan su aktivitesi ile bağıl nem arasında yandaki bağıntı olduğu görülür:

$$H_r = \frac{P_w}{P_w^o} \times 100$$

$$a_w = \frac{P_w}{P_w^o}$$

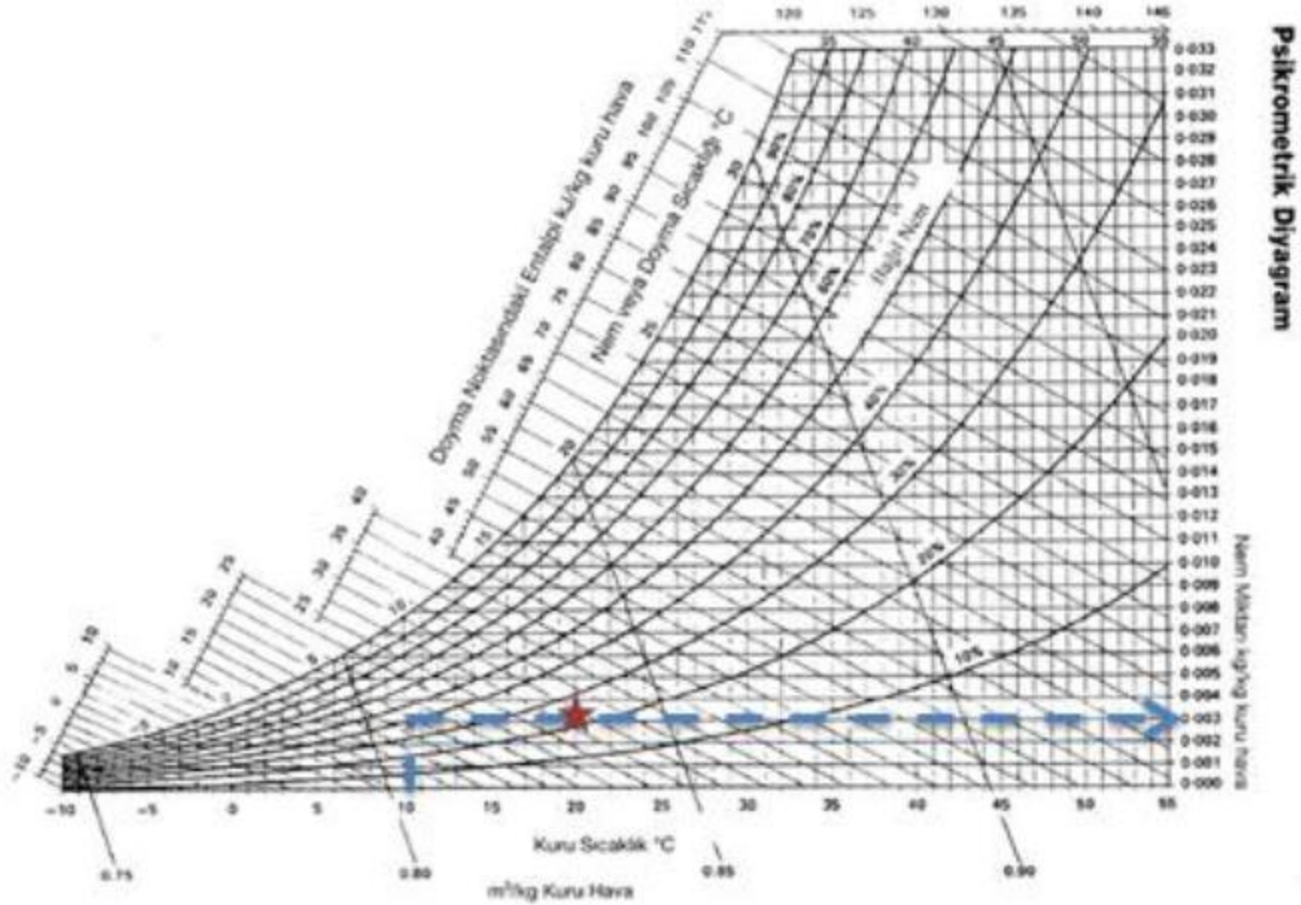
$$a_w = \frac{H_r}{100}$$

1. Sıcaklık arttıkça havanın kaldırabileceği en yüksek su miktarı da artar:



Çizelge 1

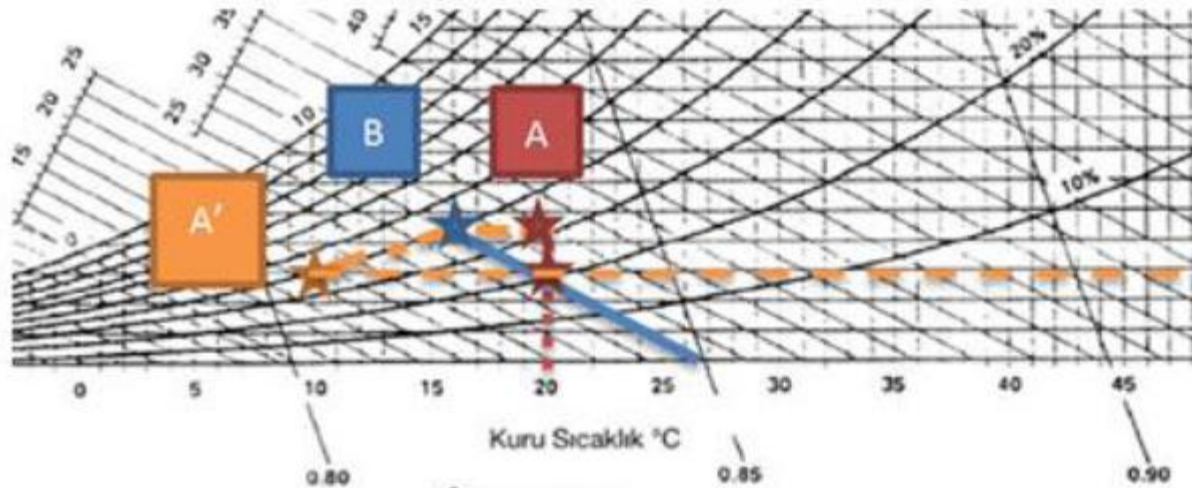
2. Sıcaklığı artan havanın bağıl nem oranı düşer:



Çizelge 2

3. Hava ve hava ile temas eden maddeler arasında dengenin bozulması ve havanın su alma eğilimine girmesi

4. Havanın nem miktarının artması ile sıcaklığının düşmesi (A)



Çizelge 3

5. Soğutma işlemi sonucunda yoğuşma olayının meydana gelmesi (B ve A')

Havanın Bağıl Nemi – Tane Suyu İlişkisi

$$a_w = \frac{H_r}{100}$$

- **Higroskopik denge**, bir maddenin su aktivitesi ile onu çevreleyen atmosferin bağıl neminin dengede olması, yani madde ile hava arasında su alış-verişi olmaması durumudur.

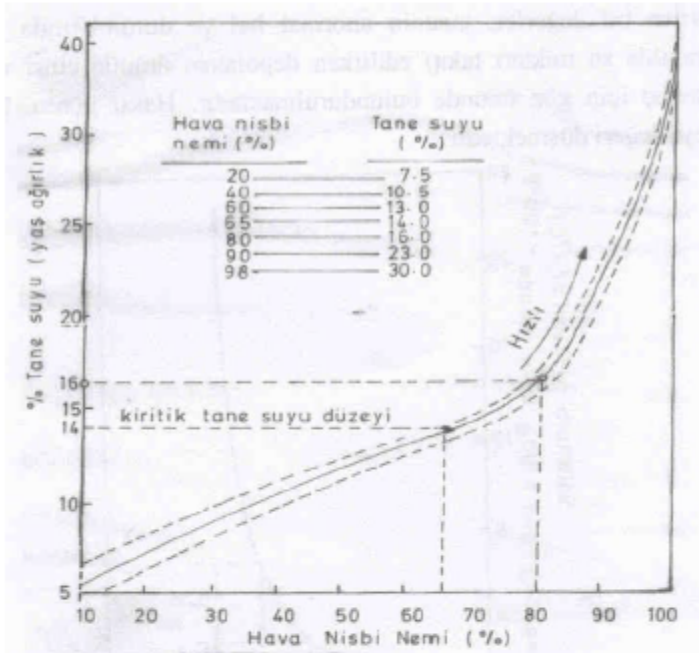
Havanın bağıl nemi artarsa, hava ile temas halindeki madde havadan su alarak, su aktivitesi değerini artırır ve havanın yeni bağıl nemi ile tekrar dengeye gelir.

Bu durum tahıllar için de geçerlidir.

Örneğin buğdayda, %65'e kadarki hava bağıl nemi artışı, düzeyde tane suyunu oldukça doğrusal olarak ve düşük miktarda etkiler.

%65'lik bağıl nemden sonra tane suyu artışı ivme kazanır ve dolayısı ile tanede solunum hızlanır. %65'lik bağıl neme karşılık gelen %14'lük tane suyu buğday için **kritik tane suyu düzeyi**dir ve depolamada aşılması gereken düzeydir.

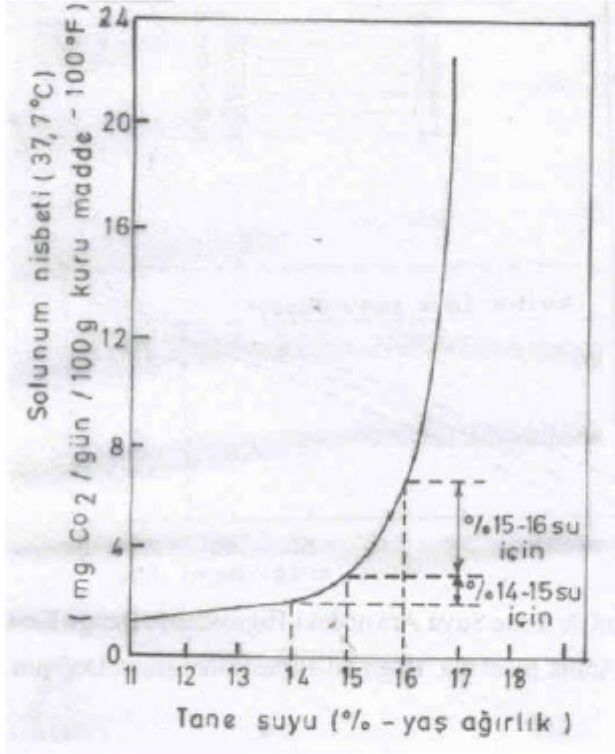
- %80'lik bağıl nemden sonra tane suyu artışı üssel olarak artış gösterir.



Tane Suyunu Etkileyen Diğer Faktörler

- Tahıl yığnına ilave edilen su içeriği yüksek bir başka tahıl partisi,
- Yığına ilave edilen daha sıcak bir tahıl partisi, dolayısı ile depo içerisindeki hava sıcaklığının yükselmesi,
- Tahıl tanesinin yıkama suyu, yağmur, vb. nedenlerle su alması.

Tane Suyu – Solunum Hızı İlişkisi



- Toplam tane suyu tanenin solunum hızını belirleyen önemli bir özelliktir.
- Tanenin solunum hızı tanenin dışarı attığı CO₂ miktarı ile takip edilmektedir.
- Özellikle %14-15 tane suyundan sonra solunum hızı yani CO₂ üretimi hızla yükselmektedir.
- Bu dönüm noktası “Kritik tane suyu” düzeyi diye tanımlanır.
 - Kritik tane suyu düzeyi:
 - Buğdayda %14.6
 - Mısırdaki %13.8
 - Keten tohumunda %11.5
 - Soya fasulyesinde %14
- Hasar gören, kırılan tanelerde kritik tane suyu düzeyi değeri düşmektedir.

Depolama Sorunları

1. Ambar Zararlıları

- Kemirgenler
- Böcekler ve Akarlar

2. Tahıl Mikroflorası

Ambar Zararlıları

- 2 grupta incelenebilir:
 - Kemirgenler
 - Böcekler ve akarlar
- Ambar zararlılarının aktivitesi %9 tane suyu ve 5°C depo sıcaklığında yok denecek kadar azdır.
- Öte yandan %13 tane suyu ve 21°C sıcaklıkta bu zararlıların etkinliği en yüksek düzeyine ulaşır.
- Ambar zararlılarının tahıl yığınlarındaki zararlarını onları kemirerek, zedeleyerek olur.
- Bir taraftan ağırlık bakımından kayba neden olurken, diğer taraftan zedelenmiş tanelerde biyokimyasal aktivite ve küf zararı artar.



Kemirgenler

- Kemirgenler, depo ve ambarlardaki tahılları yemekle kalmazlar, pisletirler.
- Bazı hastalıkların da yayılmasına sebep olurlar. Örneğin; tifo, tifüs, kolera, veba gibi.
- Depolarda aşağıdaki kemirgenlere rastlanmaktadır:
 - *Mus musculus* (ev faresi)
 - *Muscardinus avellanarius* (fındık faresi)
 - *Microtus güntheri* (tarla faresi)
 - *Rattus rattus* (ev sıçanı)
 - *Rattus rattus frugivorus* (limon sıçanı)
 - *Rattus norvegicus* (göçmen sıçanı)
- Ambar zararlıları hayati fonksiyonları sonucu tahıl yığına sıcaklığına az da olsa katkıda bulunur.



Böcekler ve Akarlar

- Zararlılar canlı olması nedeniyle yaşamlarını tahılları yemek suretiyle sürdürürler.
- Böcek ve akarlar, genel olarak taneleri delmek, yemek, unlaştırmak, çimlenme gücünü azaltmak veya tamamen kaybettirmek, mikroorganizmaların çalışmasına zemin hazırlamak, noksanlık ve kıymet kayıplarına neden olmaktadır.
- Akarlar, özellikle buğday ve tahılların embriyolarını yiyerek zarar verirler.
- Böcek ve akarların birinci derece zararlı olanlar sağlam taneleri ve bu tanelerin embriyolarına; ikinci derece zararlılar ise, birinci derecede zararlı olan haşerelerin tahrip ettiği taneler ile kırık, unlanmış olan tanelere zarar verirler

Depolanmış Tahıllarda Zararlı Olan Böcekler



Buğday biti (Sitophilus granarius)	Tanelere delik açarak yumurtlarlar. Çıkan kurtçuklar tane içeri kemirirler.	Birinci Derece Zararlı
Pirinç biti (Sitophilus oryzae)		Birinci Derece Zararlı
Mısır biti (Sitophilus zeamais)		Birinci Derece Zararlı
Ekin kambur biti (Rhizopertha dominica)		Birinci Derece Zararlı
Khapra böceği (Trogoderma granarium Everts)	En tehlikeli ambar zararlısıdır. Açlığa ve ilaçlara karşı çok dayanıklıdır. Zarar verdiği taneyi toz ve kavuza çevirir. 3-5 yıl aç olarak hayatini koruyabilen bu böcek, yılda 12 döl verebilmektedir. Ülkemizde Güney Doğu Anadolu'da yaygındır.	Birinci Derece Zararlı
Arpa güvesi (Sitotroga cerealella Oliv.)	Ergini kelebektir. Kurtçukları tanede delik açar ve içine yerleşirler.	Birinci Derece Zararlı

Depolanmış Tahıllarda Zararlı Olan Böcekler



Kırma bit
(*Tribolium castaneum*)



Testereli böcek
(*Oryzaephilus surinamensis*)



Kuru meyve güvesi
(*Plodia interpunctella*)

Kırma ve un bitleri (<i>Tribolium confusum</i> Duv., <i>Tribolium molitor</i> L.)		İkinci Derece Zararlı
Testereli böcek (<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.)		İkinci Derece Zararlı
Un kurdu (<i>Tenebrio molitor</i> L.)		İkinci Derece Zararlı
Ekin kara böceği (<i>Tenebriodes mauritanicus</i> L.)		İkinci Derece Zararlı
Değirmen (un) güvesi (<i>Ephestia kuehniella</i>)	Ergini kelebektir, çıkan kurtları taneyi kemirir.	İkinci Derece Zararlı
Ekin ambar güvesi (<i>Tinea granella</i>)	Ergini kelebek olup, taneyi kemirir ve tane arasına ağ yapar.	İkinci Derece Zararlı
Kuru meyve güvesi (<i>Plodia interpunctella</i>)		İkinci Derece Zararlı

Depolanmış Tahıllarda Zararlı Olan Akarlar



Un Akarı
(Acarus siro L.)

Acarus siro L. (un akarı)

Un akarı denilmesine karşın, tane üzerinde de hayatyetini sürdürür. Taneden una geçer ve insanda bazı sindirim sistemi bozukluklarına yol açar. Un ambarlarında salkım saçak kitleler oluşturur ve elemde elek üstünde kalır.

Troglyphus farinae L. (un akarı)

Carpoglyphus lactis L. (kuru meyve akarı)

Tahıl Mikroflorası

- Tahıl mikroflorasının durumu ve yarattığı sorunlar, tane suyu itibarı ile 3 aşamada incelenebilir:
 - A. Birinci Bozulma Aşaması: Tane Suyu Kritik Düzeyi Aşarak %16'ya Yaklaştığında
 - B. İkinci Bozulma Aşaması: Tane Suyu %16'dan %20'ye Doğru Yükseldiğinde
 - C. Üçüncü Bozulma Aşaması: Tane Suyunun %20'yi Aşıp %30'a Dayandığı Yığınlarda

A) Birinci Bozulma Aşaması: Tane Suyu Kritik Düzeyi Aşarak %16'ya Yaklaştığında

- Çevre atmosferinin bağıl nemi %80 dolaylarındadır.
- Havalı şartlar tanenin biyolojik (çimlenme) ve mikrobiyal aktivitesini hızla artırır.
- Söz konusu tane suyu düzeyinde etkin olan mikroorganizmalar küflerdir.
- Küf misellerinin gelişmesiyle solunumda önemli artış olur.
- Su, özellikle lipolitik aktiviteyi teşvik ederek tanede serbest asitliğin hızla artmasına neden olur.
- Küflerin enzimleri lipitler yanında, karbonhidrat ve proteinlerin hidrolizine yol açar.
- Tanede oluşan indirgen şekerler hızlıca harcanır.
- Özellikle rüşeym çevresinde biyokimyasal aktivite hızlanır.
- +40°C'ye varan sıcaklık sonucunda tanede Maillard reaksiyonu ürünleri görülür.
- Üretilen CO₂ yağın içerisinde belli bir düzeye ulaştınca (%12 civarı) küf aktivitesi ve biyolojik aktivite yavaşlar, solunum ve çimlenme fizyolojisi yavaşlar.
- Esmerleşmiş, rüşeymi küf kokan, serbest yağ asidi düzeyi yüksek, çimlenme gücü azalmış buğdaya hasta buğday denir.

B) İkinci Bozulma Aşaması: Tane Suyu %16'dan %20'ye Doğru Yükseldiğinde

- Çevre atmosferinin bağıl nemi %85'e çıkmıştır.
- Bu şartlarda küflerin aktivitesi daha da artar, solunum hızlanır.
- Yığında hızlı bir sıcak artışı gözlenir.
- Sıcaklık 55°C dolayların geldiğinde küfler canlılıklarını yitirmeye başlarlar.
- Özellikle büyük siloların yığın merkezlerinde küf kokulu, koyu kahve renkte yanık taneler oluşur ki, bu olgu **silo yanığı** ya da **ambar yanığı** olarak tanımlanır.

C) Üçüncü Bozulma Aşaması: Tane Suyunun %20'yi Aşıp %30'a Dayandığı Yığınlarda

- Çevre atmosferi bağıl nemi %98 dolaylarında olup, atmosfer doymuşluk derecesine çok yaklaşmıştır.
- Tane suyu %25'i bulduğunda, oksijenli şartlarda tane tamamen çimlenme biyolojisine girmiştir.
- Ortamdaki aerobik bakteri ve mayalar için de uygun aktivite ortamı oluşmuştur: Bu mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu yığında ekşime ve çürüme başlar.

Tahıl Mikroflorası

- Tahıl mikroflorasının doğurduğu sorunlar genellikle telafi edilemezler.
- Ancak bozulmanın ilk aşamasında bozulma fark edilirse, böyle yığınlar yıkanıp derhal kurutularak küf kokusundan arındırılabilirler.
- Küf üremesi sonucu tanede biriken mikotoksinler göz ardı edilmemelidir (Mikotoksinlerin ikincil metabolit olduğunu yani büyüme evrelerinden durağan evrede üreilmeye başladığını unutmayınız).

Ambar Zararlıları İle Mücadele Yöntemleri

- Ambar zararlılarına karşı mücadele 2 yolla yapılabilir:
 1. Depoların hazırlanması
 2. Tahıl deposunda zararlıların kontrolü

Depoların Hazırlanması

- Bulaşık ambarlara ürün konulmaz.
- Böyle depoların önce temizlenmesi ve ilaçlanması gerekir.
- Ambara ıslak tahıl ve tuzak kurup çıkan böcekler imha edilmelidir.
- Boş ambar 5-10 gün ara ile birkaç kez ilaçlanmalı, son ilaçlamadan 20 gün sonra ürün ambara konulmalıdır.
- Ayrıca zaman zaman ambarlara bakım yapılmalıdır:
 - Ürün ambara konmadan 15 gün önce duvarlardaki çatlaklar onarılıp, sıva ile kapatılmalı ve badana yapılmalıdır.

Tahıl Deposunda Zararlıların Kontrolü

- Sıcaklık
- Elektriksel Alan
- Radyasyon
- Mekanik Mücadele
- **Kimyasal Mücadele**

Sıcaklık

- Düşük sıcaklıklarda; 12°C ve daha düşük sıcaklıklarda böceklerin; 5°C ve daha düşük sıcaklıklarda da akarların faaliyetleri yavaşlamaktadır.
- Sıcaklık muamelesi: 55°C'de 10 dakikalık muamele böceklerin büyük çoğunluğunu yok etmektedir.
- 60°C'yi aşan sıcaklıklar tahılın biyolojik ve teknolojik değeri üzerinde olumsuz etkide bulunmaktadır.

Elektriksel Alan

- Elektriksel alana maruz bırakılan böceklerin ölümü oluşan sıcaklığın etkisi ile meydana gelmektedir.

Radyasyon

- Araştırmalar ile böceklerin üreme yeteneklerini kaybetmeleri için gereken doz tespit edilmiştir.
- Belirlenen bu dozda tanenin biyolojik aktivitesinde herhangi bir kayıp görülmemiştir.
- Bu teknik radyasyon kalıntısı endişesi ile ticari olarak uygulama bulmamıştır.

Mekanik Mücadele

- Mekanik mücadelede **entoleter** denilen bir alet kullanılmakta, bu işleme de **entolasyon** adı verilmektedir.
- Darbeye dayanıklılık farkına göre ayırma prensibine göre çalışmaktadır.
- Entoleter, içinde hızla dönen bir tablası bulunan konik şekilde bir makinadır. Tahıl makinaya üstteki açıklıktan verilir. Alete giren materyal bir döner tabla üzerine gelince merkezkaç kuvvetinin etkisiyle aletin yan duvarlarına doğru fırlatılır. Böylece böcek ve böcek yumurtaları tahrip olur, böcek bulaşık taneler parçalanır. Buğday aleti terk ederken bir aspirasyon kanalından geçer, böylece sağlam tane dışındaki kırıntılar ayrılır.
- Disk hızı çok önemli olup, zararlıları ve zarar görmüş taneleri parçalayacak ancak sağlam taneye zarar vermeyecek değerde olmalıdır. Bu değer tahıl tanelerinde 1750 devir/dakika; unda ise 2900 devir/dakikadır.

Kimyasal Mücadele

- Böcek ve akarlar karşı etkili kimyasallara/ilaçlara **insektisitler** ve **akarisitler** denilmektedir.
- İnsektisitler uygulama yöntemine göre 2'ye ayrılmaktadır:
 - **Temas insektisitleri:** Toz ve sıvı formda olurlar. Böceklere temas ederek zehirlerler.
 - **Fumigantlar:**
 - Hava geçirmeye ilaçlama hücrelerine gereksinim vardır çünkü fumigantlar havaya gaz olarak yayılarak homojen dağılımla böceklere etki ederler. Bu sebepten temas insektisitlerine göre daha hızlı etkili olurlar.
 - Fumigantlar ya doğrudan gaz halinde ilaçlama hücrelerine verilir ya da sıvı halde atılarak bilahare buharlaşarak ortama yayılırlar.
 - **Gaz fumigantlara** örnek hidrojen siyanid, metil bromid, etilen oksit ve fosfindir. Tahılın gerek biyolojik, gerekse teknolojik kalitesi üzerinde olumsuz etkisi olmayan fosfin uygulaması ülkemizde yaygındır.
 - **Sıvı fumigantlar** özellikle boş çuval, ambar, silo kuyuları ve makinaların fumigasyonunda yaygın olarak kullanılır. Karbon tetraklorür tek başına ya da kombinasyon halinde uygulanır.

Saklama Şekilleri

1. Dökme Yığınlar
2. Örtülü Toprak Altı Kuyuları ve Örtülü Toprak Üstü Yığınlar
3. Çuvalla Depolama
4. Ambar ve Hangarlar
5. Silolar

Dökme Yığınlar Halinde Depolama

- Tane suyu miktarı %14'ten yüksek, az miktarda tahılın, kısa süre depolanmasını sağlar.
- Doğrudan doğruya açıkta, bir çatı altında ya da ambar denilen depolarda, yere ya da yerden biraz yüksek platformlara dökülerek yapılır.
- Yığın tabanı sıkıştırılmış toprak ya da beton olabilir.
- Bu tip depolama hava şartlarına açık fakat tahıl kolayca gözlenebilir niteliktedir.
- Fare, kuş ve böcek gibi zararlıların saldırılarına açıktır
- Genellikle asıl depolamadan önce, fazla tane suyunu gidermek amacı ile yapılan geçici bir depolama şeklidir.

Örtülü Toprak Altı Kuyuları ve Örtülü Toprak Üstü Yığınlar

- Kapalı depoların yetersizliği durumunda yaygın şekilde kullanılmaktadır.
- Bu tip yığınlarda, tane suyu %13'ün altında olan tahılların 1 yıldan daha uzun süre saklanmaları mümkün olur.
- Bu tür saklamada esas, ürünün dış etkenlerden mümkün olduğu kadar iyi yalıtılmasıdır.
- Sıkı bir şekilde örtülmüş bu yığınlarda CO₂ birikimi sonucu zararlıların aktivitesi yok denecek düzeye iner.
- Bu tip depolamada toprak ile temas söz konusu olduğundan, taban suyunun düşük, arazinin su birikimini önleyecek şekilde eğimli, toprak su geçirgenliğinin yüksek, depolama sathının sağlam ana toprak yapısında bulunması istenir.
- Örtülü toprak altı kuyular ve örtülü toprak üstü yığınlarda su miktarı yüksek tahıl partileri depolanmaz.
- Kavuzundan dolayı yüksek tane suyu eğiliminde olan arpa ve yulaf gibi kavuzlu tahıllar zorunluluk olmadıkça bu şekilde saklanmaz.
- Ülkemizde ihracatı düşünülen tahılların bu tipte depolanmaları yasaklanmıştır.

Çuvalla Depolama

- Çuvalla yapılan depolama ile, dökme yığınlarda söz konusu olan fare, kuş ve böcek zararı mümkün olduğunca kontrol altına alınmıştır.
- Dökme depolamaya nazaran birim alanda daha az ürün depolanmaktadır.
- Ürün muhafazasında kullanılan çuvalların öncelikle tamamen haşeresiz olmasına dikkat edilmelidir. Çuvallar esaslı bir muayeneden geçirilmeli haşereli olanlar dezenfekte edilip sonra kullanılmalıdır.
- Çuvallanacak tahılın tane suyunun %14'ün altında olması istenir.
- En fazla 4 çuval üst üste yığılmalı ve toplam yığın yüksekliği 1 – 1,5 metre arasında kalmalıdır.
- Yıgmada çuvallar aralıklı yerleştirilmelidir.
- Düz, aykırı ya da dikey olarak yığılabirler.
- Çuval yığınları haftada en az bir kere alt-üst edilmelidir.



Ambarlar

- Ambarlar kapalı depolama mekanlarıdır.
- İlk 3 yöntemle göre çok daha korunaklı ve emindirler.
- Ahşap, kargir ve metal yapıda olurlar (Kargir Depolar: Temel ve duvarları taş ve tuğla, çatısı kiremit kaplıdır. Ahşap depolara nazaran muhafaza için daha elverişlidir).
- İç kısmındaki tahta ya da kendi yapı malzemesinden perdeler ile farklı çeşit tahıl ve kalitelerin ayrı bölmelerde saklanmasına olanak tanırırlar.
- Ambarlarda en geç ayda bir ürün aktarılması gerekir, bağıl nemi yüksek yerlerde daha sık aktarma yapmak gerekir.

Hangarlar

- Ambarlar kadar iyi teçhiz edilmemiş pratik depolardır.
- Tesis masrafları düşüktür.
- Ahşap ya da metalden inşa edilirler.



Silolar

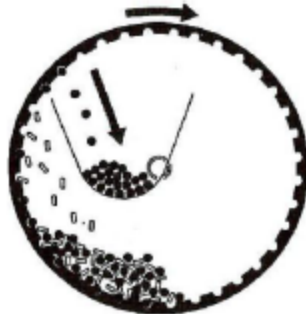
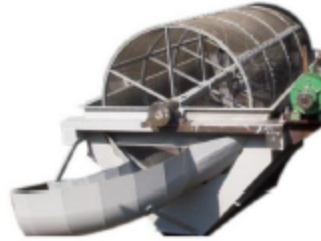
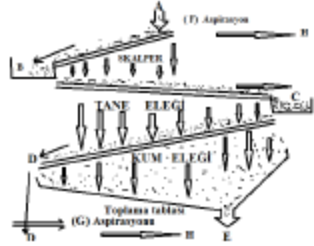
- Tahıl saklamada en ileri teknolojik olanaklarla donatılmış yüksek kapasiteli depolardır.
- Genel özellikleri aşağıdaki gibidir:
 1. Yan yana dizilmiş, 4 adetten 4 düzineye kadar varan sayıda, dikey hücrelerden oluşmuştur. Hücrelerin yatay kesitleri (üstten bakınca) düşük kapasitelilerde dörtgen, yüksek kapasitelilerde çokgen ya da saire şeklindedir (Yarıçapları 2-9 metre arası, yükseklikleri 10 – 23 metre arası).
 2. 50 – 250 ton arası hücre depolama kapasitesine sahiptirler. İş hacimleri yüksek ve daha ekonomiktirler.
 3. Farklı hücrelerde farklı cins ve kalitede tahıl depolanabilir.
 4. Her türlü depolama tedbir ve kolaylıkları açısından donatılmışlardır
 5. Çeşitli yapı malzemesinden inşa edilirler (Ahşap, beton, çelik)

Yapı Malzemesine Göre Silo Çeşitleri

- Ahşap Silolar:
 - Kare ve dikdörtgen prizma şeklindedir.
 - Düşük kapasiteli olup özellikle küçük değirmenler tarafından kullanılır.
 - En büyük dezavantajları yangın tehlikesine maruz kalmalarıdır.
- Beton Silolar:
 - Hücreleri silindirik, dörtgen ya da çokgen prizma şeklinde olabilir.
 - Oldukça güçlü olup, çok büyük kapasiteli olanları yapılabilir.
 - Isı ve gaz geçirgenliği düşük olup, sıcak yerler ve sahil bölgeleri için çok uygundur.
 - Haşere ve kemirgenlere karşı tedbir almak daha kolaydır.
 - İlk yatırım masrafları yüksek fakat işletme giderleri düşüktür.
 - Sabit ve uzun ömürlü tesislerdir.
- Çelik Silolar:
 - Hücreler silindirik şekilde olup, üstü bir konik çatı ile örtülü, alt kısmı ise huni şeklinde çıkışa sahiptir
 - Silo hücreleri güneş radyasyonunu yansıtmak üzere beyaza boyanır.
 - Atmosfer sıcaklığından fazla etkilenirler ve ısı iletkenlikleri yüksektir.
 - Özellikle serin iklimlere uygun silo tipidir.

Silolardaki Yardımcı Donanımlar

- Kaba temizleme ünitesi
- Elevatörler (Konveyörler)
- Karıştırma sistemleri
- Havalandırma sistemleri
- Kurutma sistemleri
- Yiğın sıcaklığının takibi
- Bağıl nem takibi
- Tane suyunun takibi
- Ölçme ve paçal sistemleri
- Hava geçirmeyen hücreler
- Ürün seviye göstergeleri
- Toz atım sistemleri



Kaba Temizleme Ünitesi

- Tahıllardan çok iri ve çok ufak yabancı maddelerin ayrıldığı ünedir.
- Kullanılan ayırma sistemleri:
 - Toz filtresi
 - Yatay ya da silindirik elekli kalburlar
 - Aspiratör elekler
 - Triyörler
 - Entoleter: Hem canlı böcek faunasını düşürmede hem de kırık taneleri ve tanelere yapışık toz-toprak gibi kirleri temizlemede kullanılır.

Taşıyıcı Tipleri (Yatay – Dikey Taşıma)



1. Elevatörler:

- Silo hücrelerine tahıl tepeden doldurulur ve kazandığı potansiyel ile alt kısımdan kolayca alınabilir.
- Tahılın hücreye doldurulmasında yükseğe taşınması elevatörler ile gerçekleştirilir.



2. Konveyörler:

- Tahılın yatay olarak bir noktadan diğer bir noktaya taşınmasında kullanılan taşıyıcılara konveyör denir.

Taşıyıcı Tipleri (İşleyişlerine Göre)

1. Helezon taşıyıcılar
2. Kovalı ve köşebentli taşıyıcılar
3. Sarsak taşıyıcılar
4. Zincirli taşıyıcılar
5. Pnömatik taşıyıcılar
6. Bant taşıyıcılar

Helezon Taşıyıcılar



- Alt ucu/bir ucu yığına daldırılmış, bir boru içinde dönen bir helezondan (sonsuz vida) oluşur.
- Tahılı yüksek yerlere taşımada ya da yatay dağıtımda kullanılır.

Kovalı ve Köşebentli Taşıyıcılar



- Biri aşağıda diğeri yukarıda bulunan iki kasnağa bağlı olarak dönen sonsuz bant üzerine belli aralıklarla kova ya da yukarıya meyilli köşebentler yerleştirilmiştir.
- Sistemin alt ucu yığına daldırıldığında, kovalar (ya da köşebentler)aldıkları tahılı bantın dönmesi ile üst kısımlara taşırlar ve kasnak dönüşünde ters dönerek yüklerini başka bir yatay taşıyıcıya boşaltırlar.
- Dikey taşıma

Sarsak Taşıyıcılar



- İki uçtan askılı yatay borular olup, bu sisteme bir krank sistemi ile uzunlamasına ileri geri hareket verilir.
- Ürün bir ucun üst tarafından bırakılır ve salınım sırasında yayılan ürün diğer uçta borunun alt tarafından dışarı alınır.
- Yatay taşıma

Zincirli Taşıyıcılar

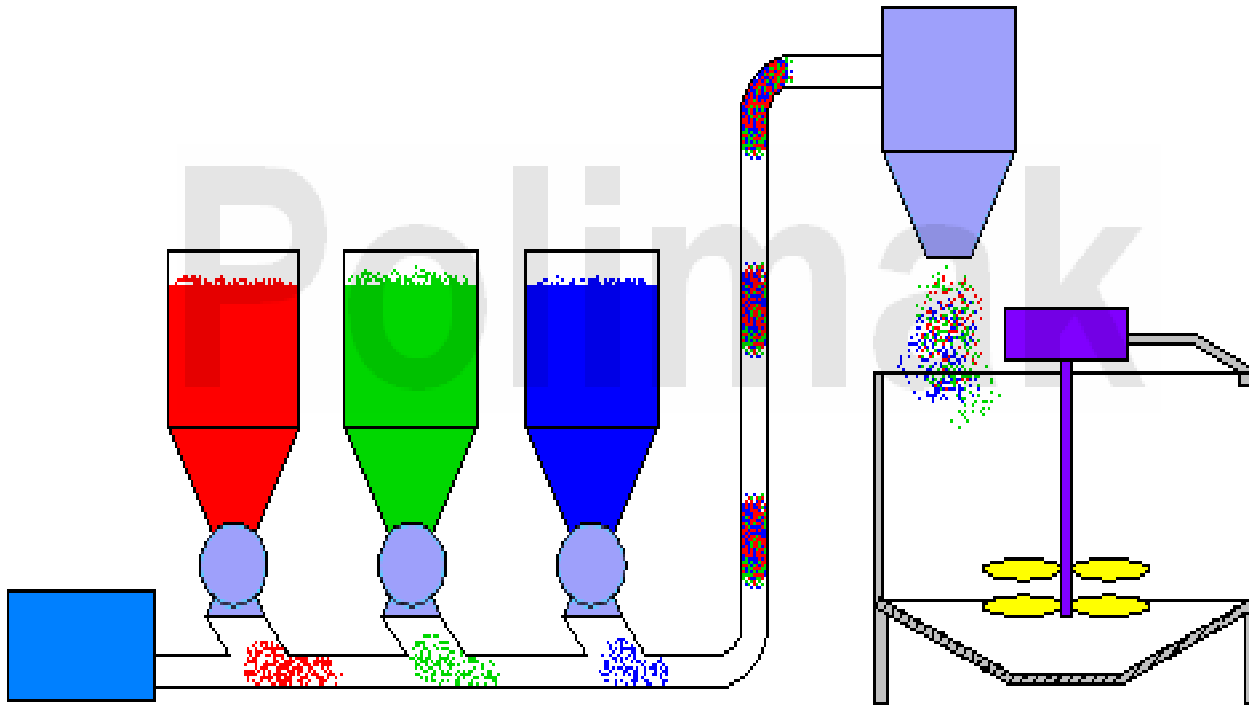


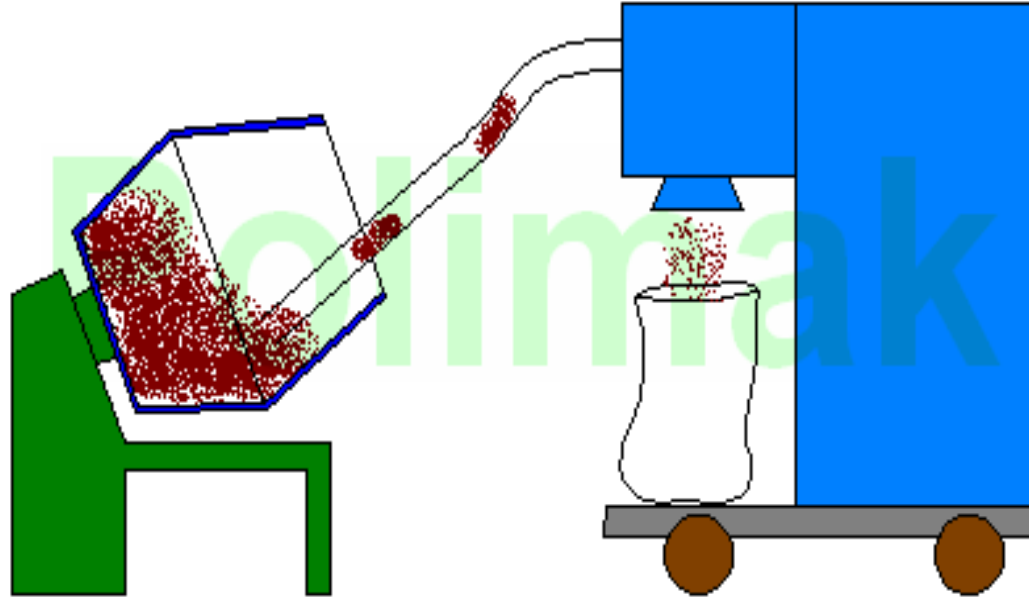
- Bir düz tabanlı oluk tabanında, hareket eden merdiven şeklinde bağlantılı zincir, aralıkları içine aldığı tahılı yatay olarak sürükler.
- Zincir, iki zincir kasnağı arasında sürekli dönmekte, oluk tabanı ise sabit kalmaktadır.
- Yatay taşıma

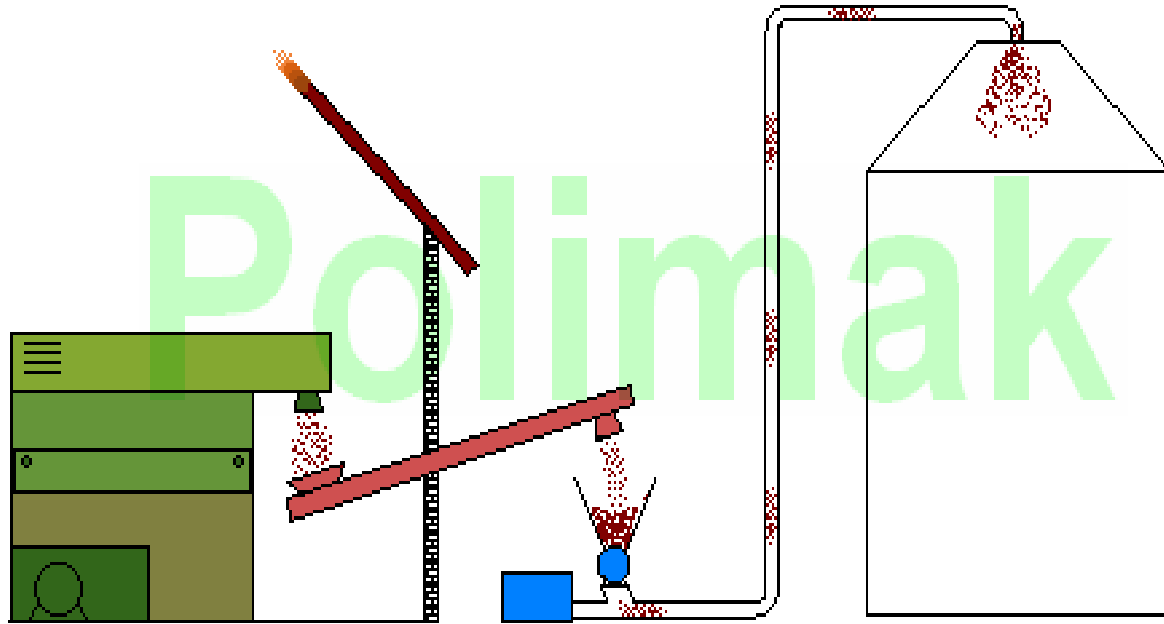
Pnömatik Taşıyıcılar

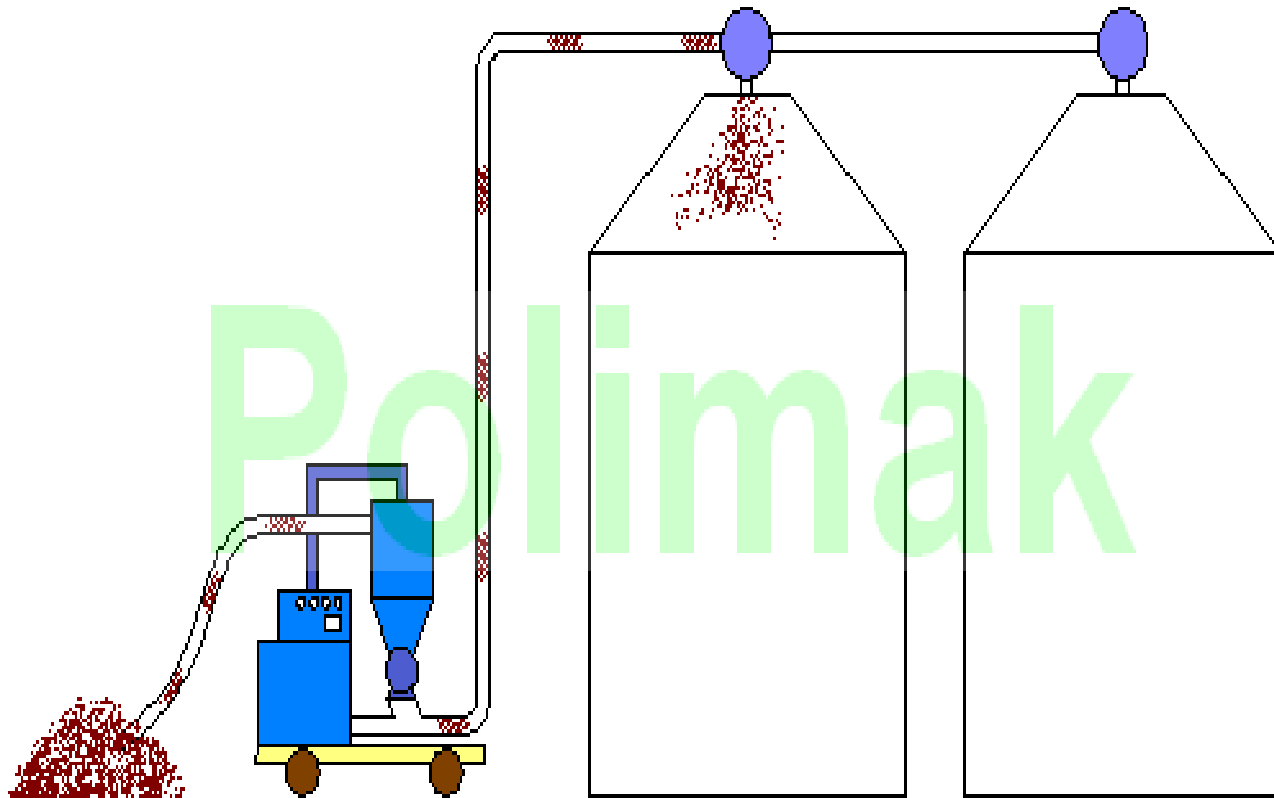


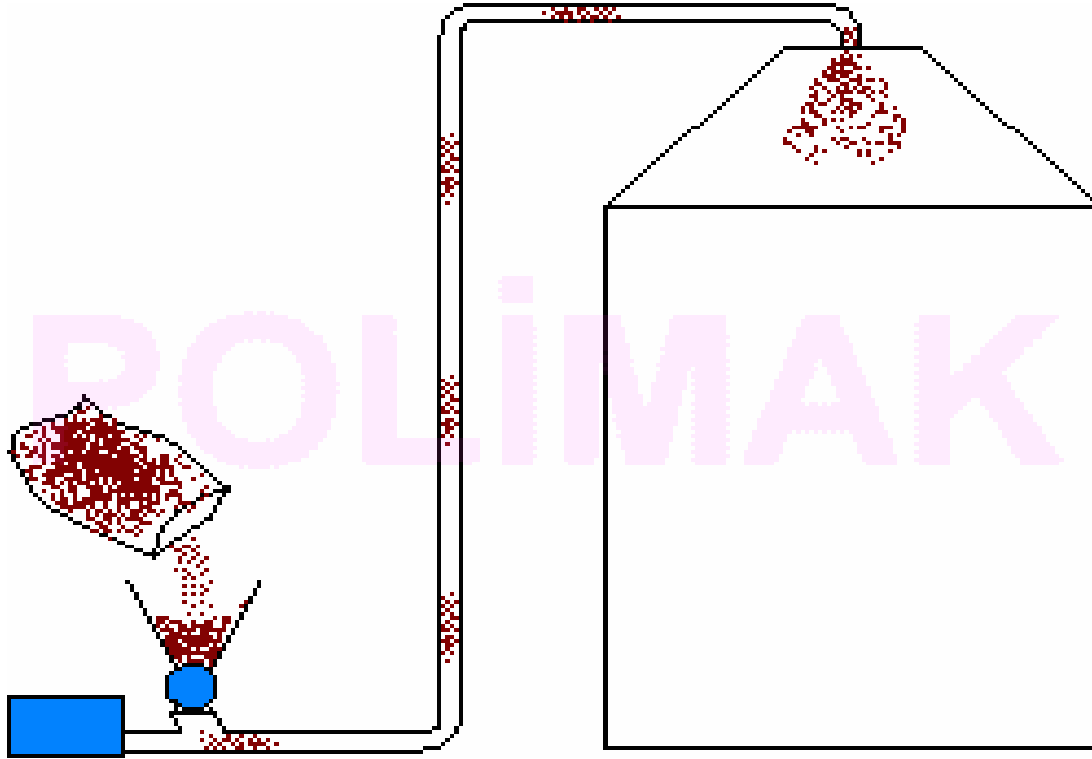
- En fonksiyonel, bunun yanında en fazla işletme giderine sahip olan taşıyıcı tipidir.
- Alt ucu tahıl yığınınına daldırılmış yatay ya da dik bir borunun üst ucundan kuvvetli bir aspiratörle emiş sağlanır.
- Bu şekilde yukarı çekilen ürün, bir genişleme odasına alınarak hızı düşürülür, birlikte çıktığı havadan ayrılır.
- Daha sonra kazandığı potansiyel ve diğer taşıyıcılar ile ürün gerekli yere ulaştırılır.
- Dikey ya da yatay taşıma

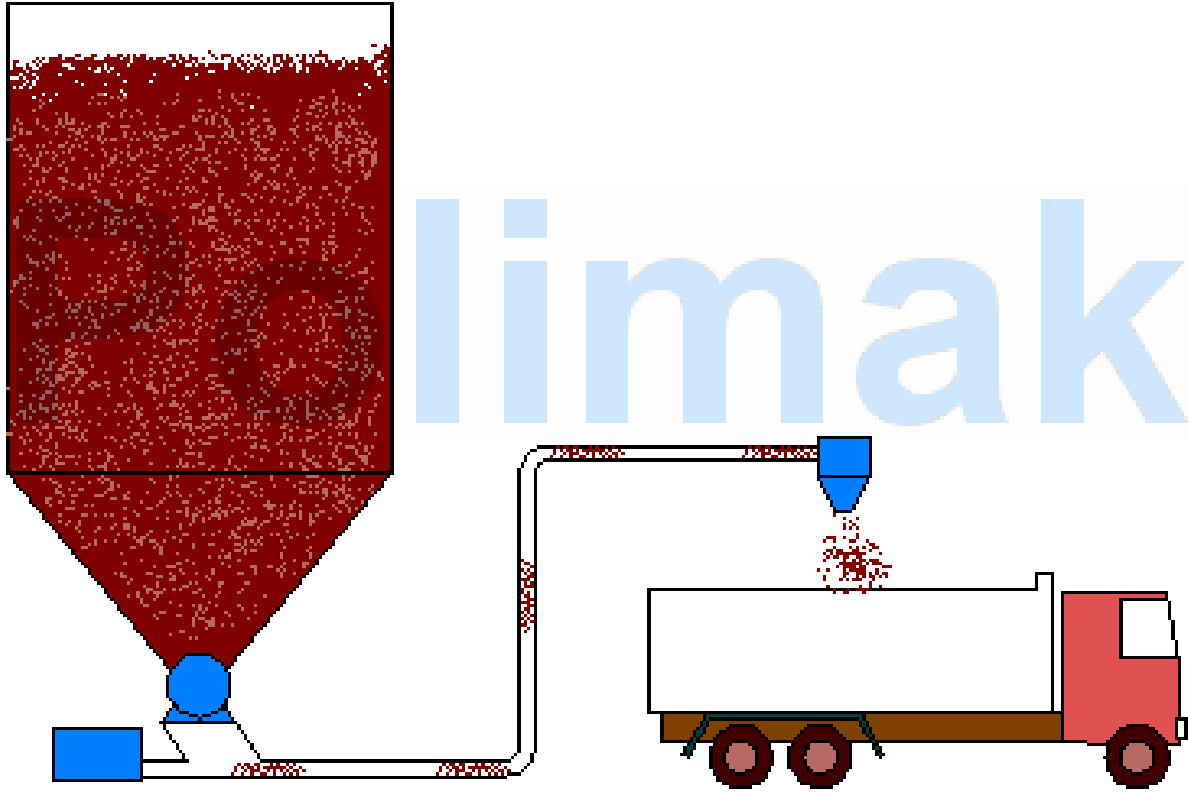


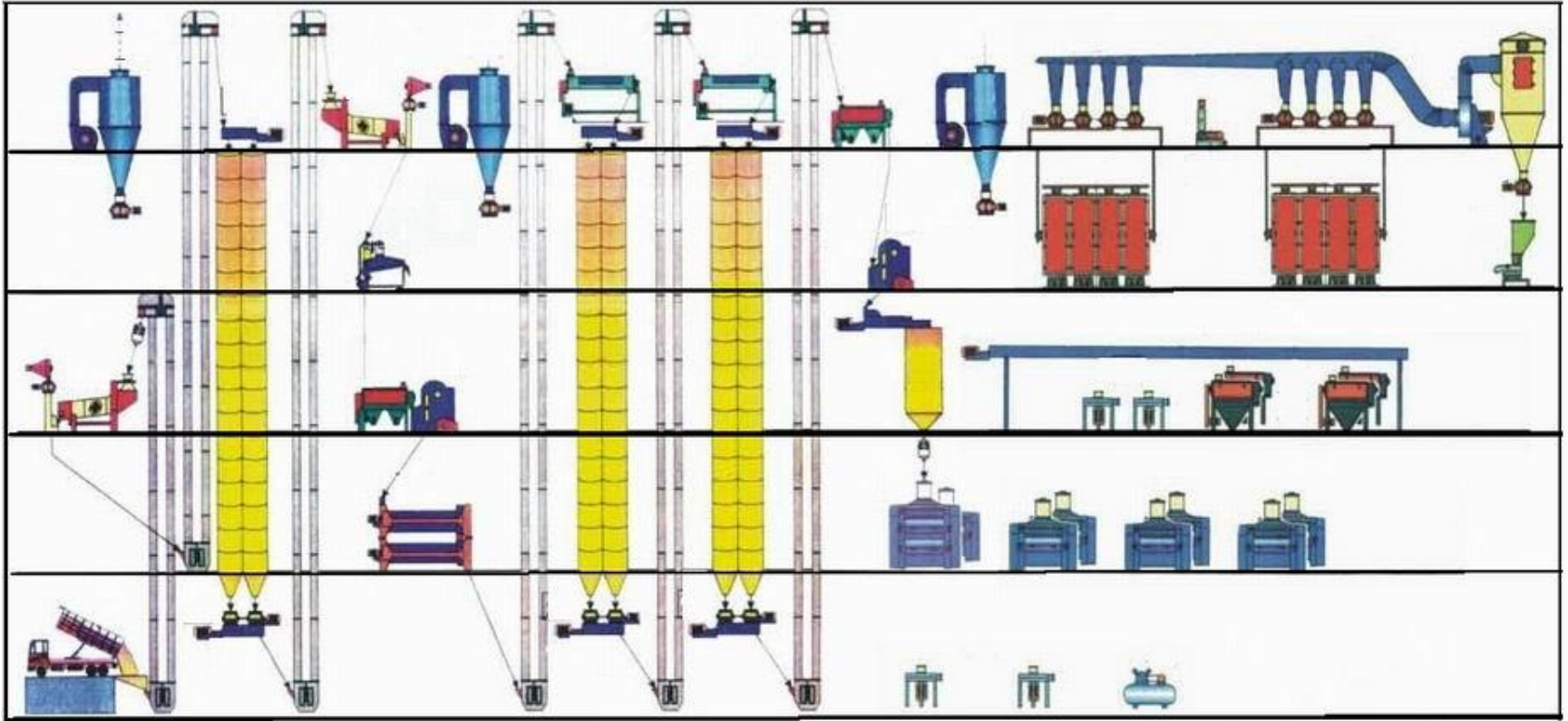














Bant Taşıyıcılar

- Bant taşıyıcılar özellikle yatay taşımada kullanılır.
- İki kasnak arasında dönen sonsuz bant üzerinde taşıma yapılır.
- Bandın taşıyıcı yüzeyinin etkinliğini arttırmak için dönüş yönüne dik köşebentler monte edilmektedir.
- Taşıma bandı olarak kullanılan kasnak kayışları 4 gruptur:
 1. Bez kayış
 2. Ballatta kayış (Balatta: Ağaç sakızı, pili yapıştırmada kullanılır)
 3. Dikişli bez kayış
 4. Sıkı dokunmuş kayışlar



Karıştırma Sistemleri

- Karıştırma işleminin en ilkel olanı, insan gücüne dayalı el aletleri ile yapılandır.
- Bu tip karıştırma açık yığınlarda ve ambarda kürek, kova ve teneke gibi araçlarla yığının bir yerden başka bir yere aktarılması şeklinde yapılır.
- Çuvallar birinden diğerine aktarılarak karıştırılır.

Karıştırma Sistemleri

- İyi donatılmış depolarda karıştırma sistemleri:
 1. Katlı ambar ve silolarda üst hücreden alttakine bir vana ile ürün akıtılarak karıştırma yapılır, dökülen ürün konik ya da diğer dağıtıcı sistemlerle saçılarak karıştırmanın etkinliği arttırılır.
 2. Bir ambardan ya da hücreden diğerine, tahıl alttan bir elevatör sistem ile çekilerek diğerinin üst kapağında verilerek karıştırılır.

Havalandırma Sistemleri

- Karıştırma sistemlerinde bahsedilen yöntemlerin bir işlevi de havalandırma yapmaktır.
- Bunun yanında kapalı yerlerde, silolarda bulunan tahılın karıştırılmadan da havalandırılması mümkündür.
- Depo içi bağıl nemi, havanın bağıl neminden yüksek olduğu, ya da ürün sıcaklığının ambar içi sıcaklığını 5°C geçtiği durumlarda karıştırma ve havalandırma işlemine başvurulur.

Havalandırma Sistemleri

- Kapalı depolarda yer alan havalandırma sistemlerinde hava ya tabandan verilip çatıdan çekilir, ya da bir yan duvardan verilir, karşısındakinden çekilir.
- Böylece geçirilen hava aradaki tahıl yığınının boydan boya geçerek taneler arası atmosferde hava değişimi sağlar, atmosferin nemini homojenize eder.

Karıştırma ve Havalandırmanın Faydaları

1. Yığın içi atmosferinin bağıl nemi ve tane suyu bakımından lokal (yerel) farklılıklar giderilerek homojen nem dağılışı ve higroskopik denge sağlanır. Yığında oluşacak bozulmalar önlenir.
2. Genel ve lokal olarak yığını tehdit eden sıcaklık artışı ve kızışma gibi sorunlar bertaraf edilir.
3. Daha önceki işlemlerden kaynaklanan küf, ilaç, vb. yabancı kokuların yığından uzaklaştırılması sağlanır.
4. Havalandırma işlemi, bağıl nemi düşük ve ürüne göre sıcak bir hava akımı ile sağlanırsa, tahıl tanesi su kaybederek karıştırma ve havalandırma işlemi ile birlikte kurutma işlemine de tabi tutulmuş olur.

Kurutma Sistemleri

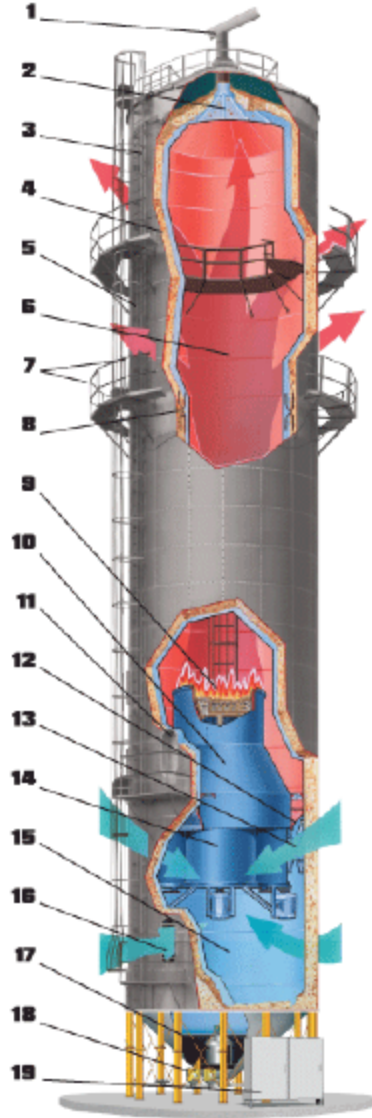
- Kurutma işlemi, tane ile atmosfer arasındaki higroskopik denge ilişkisinden faydalanarak, fazla tane suyunun taneden uzaklaştırılmasıdır.
1. Bağıl nemin düşük olduğu yerlerde:
 - Tahıl güneşe karşı yayılarak kurutma gerçekleştirilebilir. Temizliğin sağlanabilmesi için temiz bir beton tabana ya da çeşitli yaygılar üzerine yayılan tahılın kalınlığı 15 cm'yi geçmemelidir. Yayararak yapılan kurutmada açık havalarda saat 10:00 – 16:00 arası en uygun zamandır. Bu şekilde kurutma uzun zaman alır, çevreden gelen kirlenmeye açıktır.
 - Karıştırma ve havalandırma sistemleri (önceki bölümde bahsedilen) tanenin kurutulmasını da sağlamaktadır.

Kurutma Sistemleri

2. Isıtılmış Hava:

- Hasat edildiği sırada tane suyunun yüksek oluşu ya da saklama şartlarının elverişsizliği sebebi ile tane suyunun yükselmesi gibi acil müdahale edilmesi gereken durumlarda, kurutmanın etkinliğini arttırmak için ısıtılmış hava kullanılır.
- Isıtılmış hava sağlamak için fueloil ya da hava gazı yaygın şekilde kullanılmaktadır.
- Son zamanlarda güneş kollektörleri de kullanılmaya başlanmıştır.

Kurutma Sistemleri



3. Kurutma Kuleleri:

- Ticari olarak kullanılan sistem, seri ve yüksek hacimde iş gören kurutma kuleleridir.
- İçine sıcak hava basılan delikli metalden yapılmış bir silindir ile, bunun etrafını çeviren delikli bir kafes arasından, yukarıdan aşağıya doğru bırakılan tahıl, deliklerden dışarı çıkan sıcak hava ile karşılaşır.
- Seri şekilde yan yana kurulan kulelerle işlem tekrarlanabilir.
- Bu tip kurutma, yüksek kurutma kapasitesinde olup pahalıdır.

This content is protected under one or more of the following ILM patents:
8255049, 6100932, 6141866, 6131745, 0046302, 0008868, 0076270, 0375007,
8172081, 8172081, 8457295, 8008864, 8883291, 8883342, 8881100, 8883346,
8884473, 8402029

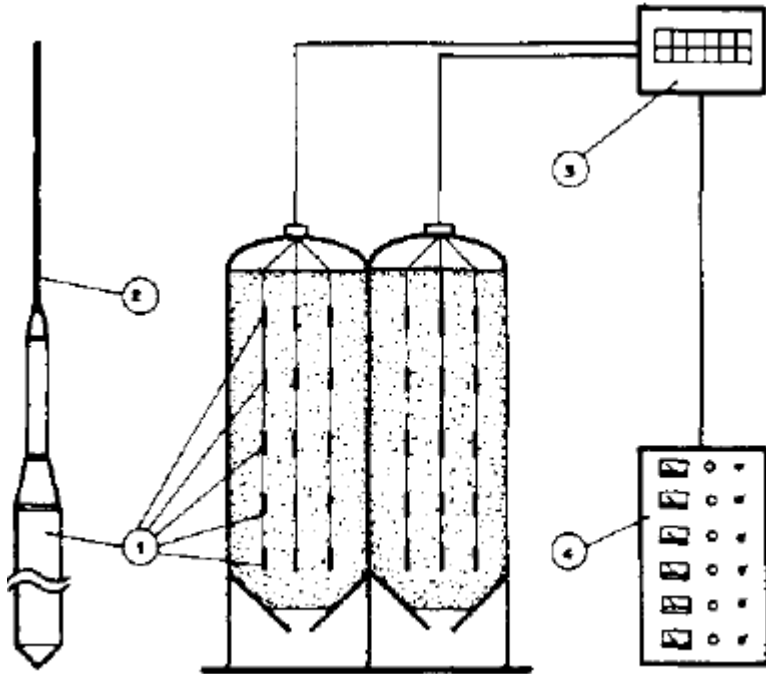
Kurutma Sistemlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

- Isıtılmış hava ile yapılan kurutmada tahılın teknolojik özelliklerinin zarar görmemesi için sıcaklığın 65°C'yi geçmemesi sağlanmalıdır.
- Zarar gören teknolojik özellikler:
 - Nişasta ayırım kabiliyeti
 - Gluten kalitesi
 - Çimlenme gücü
 - Maltlık değeri



Yığın Sıcaklığının Takibi

- En ilkel şekli ile, küçük yığınlar ve çuvallarda, tahıl içine el daldırılarak sıcaklık artışı kontrol edilebilir.
- Küçük depolama ünitelerinde tahıl yığına daldırılarak sıcaklığın ölçüldüğü termokapl sondalar vardır.
- Büyük silolarda, 2-3 metrelik aralıklarla sabit yerleştirilmiş sistemlerle sürekli sıcaklık takibi yapılır. Sıcaklığın 15°C'nin üzerine çıktığı durumlarda tedbir almak gerekir.



Bağıl Nem Takibi

- Bağıl nem takibi küçük depolama ünitelerinde yazıcısız, büyüklerinde ise yazıclı higrometreler ile yapılır.
- Atmosfer bağıl neminin %65'in üzerine çıktığı durumlarda tedbir almak gerekir.

Tane Suyunun Takibi

- Depolanmış ürünün hacmine ve depolanma şekline göre, basit ya da otomatik sondalar ile örnek alınarak tane suyu tayini yapılır.
- Bu işlem için çok seri bir şekilde kabaca ölçüm yapan dielektrik nem ölçerler kullanılır.
- Tane suyu miktarı %14'ü aştığı durumlarda mevcut şartlara göre havalandırma ya da kurutma yapmak gerekir.
- Tane suyunun düşük olduğu yığınlarda, sıcaklığın 32°C'ye kadar yükselmesi tehlikeli olmayabilir.

Ölçme ve Paçal Sistemleri

- Temizleme ve depolama işlemlerinin giriş çıkışlarında yapılan miktar ölçümleri 2 şekilde yapılabilir:
 1. Hacim ölçümü ve tahılın cinsine göre değişen hacim ağırlığı bilgisinin kullanımı
 2. Ağırlık ölçümü

Hacim Ölçümü ile Miktar Tayini

- Hacim esasına göre yapılan yaklaşık ölçümlerin pratik üstünlüğe sahip olduğu uygulamalar:
 - Depodan çekilen malın tahmininde,
 - Belli hacimdeki deponun alabileceği kadar tahılın doldurulmasında ve
 - Özellikle paçal tesisine verilecek malın ölçülmesinde
- Ancak alım-satım yapılacak tahıl mutlaka kantara çıkarılmalıdır.

Tahılların Hacim Ağırlıkları

Buğday	0,75 ton/m ³
Çavdar	0,72 ton/m ³
Arpa	0,60 ton/m ³
Yulaf	0,45 ton/m ³
Mısır	0,50 ton/m ³
Sorgum	0,55 ton/m ³

$$m \text{ (ton)} = V \text{ (m}^3\text{)} \times \text{Hacim ağırlığı (ton/m}^3\text{)}$$

Hacim Esasına Göre Ölçüm Şekilleri

1. Belli hacimdeki bir kabın dolma-boşalma sayısına göre
2. Akışın kontrolü ile

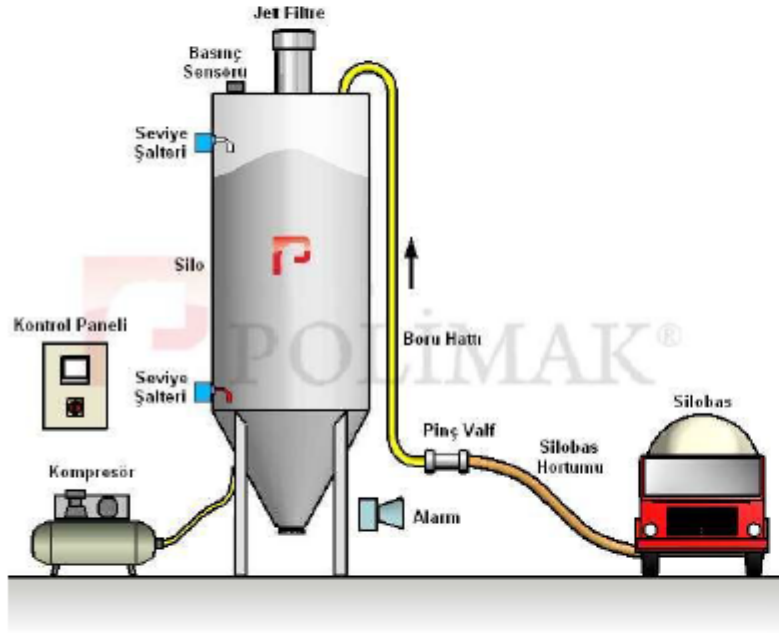
Ağırlık Ölçümü

- Hacim esaslı anında ağırlık esasına göre çalışan otomatik kantarlar da vardır.
- Doldurulmakta olan kantar kepçesinin belli bir ağırlığa ulaşması ile otomatik olarak boşalması esasına dayanır.
- Kullanımı oldukça yaygındır.

Hava Geçirmeyen Hücreler

- Hava oksijeni, durgun taneden çok, fizyolojik olayların arttığı çimlenmekte olan tane ve tane üzerinde yaşayan mikroorganizmalar için daha elzemdir.
- Hava geçirmeyen hücreler içine depolanmış tane suyu düşük olan tahıl, solunum sonucu taneler arası atmosferi kaplayan CO₂'nin yardımı ile daha uzun süre zarara uğramadan saklanma imkanına kavuşur.
- Taneler arası atmosferin CO₂ oranı %12'yi aştığında mikroorganizma ve diğer zararlıların aktiviteleri engellenmektedir.
- Benzer şekilde asal bir gaz olan azotun, havası boşaltılan depolara verilmesiyle, ürüne musallat olan küf, böcek ve kemirgenlerin hayatiyetleri sona erdirilebilmektedir.
- Oksijensiz ortamda tahıl hayatiyetini koruması için gerçekleştirilmesi gereken düşük düzeyde solunumu bile gerçekleştiremeyeceğinden çimlenme gücünün zayıflayacağı yönünde endişeler bulunmak ile birlikte, deneysel olarak bu konuda kesin bulgulara rastlanamamıştır.
- Oksijensiz ortam tahılın teknolojik değeri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip değildir.
- Hava geçirmeyen hücreler aynı zamanda ilaçlama hücresi olarak da kullanılmaktadır.

Seviye Göstergeleri



- Silo kuyularına belli aralıklarla yerleştirilmiş elektronik fotosel üniteler olup, ürün seviyesinin belirlenmesinde kullanılmaktadırlar.



Toz Toplama ve Atım Sistemleri

- Tahıl üzerine, tarladan depoya gelinceye kadarki aşamalarda yapışmış organik ve inorganik tabiatlı toz parçacıklarının silo ünitelerinin dış kısmında toplanmaları ve dışarı atılması gerekmektedir.
- Tozlar temizlenmeyip biriktiklerinde, tahılın siloya sevkiyatı sırasında sürtünme sonucu oluşan statik elektrik bu toz taneleri üzerinde toplanır. Aynı yüklü parçacıklar geniş yüzey yükü ile birbirini iterler. Oluşan bu itme gücü bazı durumlarda bir kıvılcım ile tahıl yığınının ve silonun mukavemetini aşarak büyük silo patlamalarına neden olmaktadır.
- Bu sebeple, yüksek depolama kapasiteli silolarda toz atım sistemleri monte edilmektedir.

Toz Toplama ve Atım Sistemleri

- Oldukça uçucu olan bu tozların çevre kirliliğine sebep olmaları, bunların değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.
- Tane tozundan alkol üretimi (Araştırma safhasında):
 - Selülozun kimyasal ve enzimatik yollarla hidrolizi
 - Hidroliz sonucu oluşan şekerlerin fermentasyon yolu ile alkole çevrilmesi.