



# Karbonhidratlar ve Metabolizması

**Doç Dr. Özge SIZMAZ**

University of Ankara Faculty of Veterinary Medicine Department of  
Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Ankara, Turkey

# Karbonhidratlar



- Karbonhidratlar alkol, keton ve aldehit fonksiyonları içeren ve C, H, O'den oluşan maddelerdir.
- Sütteki laktoz, karaciğer ve kastaki glikojen dışında karbonhidratların tamamı bitkisel orijinlidir.
- Bitkisel dünyada güneş enerjisi, CO<sub>2</sub> , H<sub>2</sub>O kullanılarak ve O<sub>2</sub> ile birlikte fotosentez yoluyla sentezlenmektedirler.



# Karbonhidratlar



Bitkilerde %70 (50-80)/KM

Hücre duvarı maddesinde ham selüloz

Tane, kök ve yumrulara nişasta ve şekerdir.

Karbonhidratlar hayvan vücudunda basit şekerler ve glikojen halindedir.



# Karbonhidratlar



## Temel enerji kaynağıdır.

Hayvansal organizmada glikojen tek depo karbonhidrattır.

Ayrıca kemik, kıkırdak, mukus zarı, kan grubu maddeleri ve pıhtılaşmayı önleyen maddelerde önemli görev alırlar.

Esansiyel olmayan aminoasitler, laktik asit ve yağ sentezinde önemlidir.

Yeşil bitkilerde güneş ışınları ve klorofil eşliğinde su ve karbondioksitten fotosentez ile formaldehit, bundan da nişasta ve selüloz gibi karbonhidratlar sentezlenir.



# Karbonhidratların Sınıflandırılması



Kimyasal yapılarına göre;

1. Monosakkaritler (1 molekül içerenler)
2. Oligosakkaritler (2-8 molekül basit şeker içerenler)
3. Polisakkaritler (8 molekülden fazla basit şeker içerenler)

Ayrıca yapılarındaki basit şekerlerin tipine göre de;

- a) Homopolisakkaritler (sadece bir çeşit basit şeker içerenler, nişasta, glikojen gibi)
- b) Heteropolisakkaritler (Yapısında birden farklı basit şeker içerenler, hemiselüloz ve pektin gibi)



# Karbonhidratların Sınıflandırılması

Yine bitkisel dünyadaki fonksiyonları ve hayvanlar için kullanılabilirliği bakımından karbonhidratlar,

- a) Yapısal karbonhidratlar (Selüloz, hemiselüloz, lignin, NDF, ADF, B-glukan)
- b) Yapısal olmayan (depo) karbonhidratlar (Nişasta ve şekerler)

Bitkisel karbonhidratlar, hücre içeriği (şekerler ve nişasta) ve hücre duvarı elemanlarından (selüloz, hemiselüloz) oluşmaktadır.



# Karbonhidratların Sınıflandırılması

Hayvan beslemede ise yapısal ve yapısal olmayan (depo) karbonhidratlar olarak sınıflandırmak daha doğrudur.



# Monosakkaritler

- Yapılarında bulunan C-atomu sayısına göre monosakkaritler **biyoz, triyoz, tetroz, pentoz ve heksoz** gibi isimler alırlar.
- Beslenme açısından en önemli monosakkaritler **pentoz ve heksoz**lardır.





# Pentozlar

- **Arabinoz (Arap zamkı):** Pancar ve şeker pancarı posasında araban olarak yer alır.
- **Ksiloz (Odun şekeri):** Saman, kuru ot, kepek, yulaf kavusu, mısır koçanında ksilan şeklinde bulunur.
- **Riboz:** DNA, RNA, riboflavin ve enzimlerin yapısına katılır.



# Hekzozlar

- **Glikoz (Dekstroz, üzüm şekeri, kan şekeri):**
- En önemli basit şekerdir.
- Tatlı meyve ve balda serbest halde bulunur.
- Nişasta, selüloz ve glikojenin oluşumuna katılır.
- Karbonhidrat sindiriminin en önemli son ürünüdür. Tek mideli ve kanatlı hayvanlarda nişasta sindirimi sonucunda glikoz serbestleşir ve emilir.
- Bu hayvanlarda esas enerji kaynağıdır.



# Hekzozlar

- **Fruktoz (Meyve şekerini):**
- En tatlı basit şekerdir.
- Yeşil yapraklar, meyve ve balda serbest halde bulunur. Balın kristalleşmesinin önlenmesinde önemli görevi vardır.
- Sperm enerji deposudur.
- Fötal kanda yüksek yoğunlukta bulunur.
- Glukoz ile birlikte sakkarozu (sukroz=çay şekerini) oluşturmaktadır.
- Birçok fruktoz molekülünün birleşmesinden oluşan **inulin** yer elmasında yoğun olarak bulunur.
- Fruktoz glikozdan daha iyi değerlendirildiğinden, diabet hastalarının beslenmesinde önem kazanır.



# Hekzozlar

- **Galaktoz:** Laktoz, galaktolipit, galakturonik asit, zamk ve müsinlerin yapısında yer alır. Glukoz ile birlikte süt şekerini (laktozu) oluşturmaktadır.
- **Mannoz:** Çeşitli bitkilerde mannan olarak bulunur. Bazı proteinlerin (glukoprotein) yapı taşıdır.



# Disakkaritler



- İki molekül hekzozun su vererek birleşmesi sonucu oluşurlar.
- **Sakkaroz** (Sükroz): glikoz + früktoz. Şeker kamışı (%20) ve pancarında (%15-20) bulunur.
- **Laktoz** (Süt şekeri): glikoz + galaktoz. İnek sütü %4.6-4.8; koyun sütü %4, keçi sütü %4.6, kadın %7, kısırak %5.87.
- **Maltoz**: 2 mol glikozdan (glikoz + glikoz) oluşur. Arpa çimlendiğinde enzim etkisi ile nişastadan oluşur ve malt şekeri denir.
- **Sellobiyoz**: 2 mol glikozdan oluşur. Selülozun yıkılması ile açığa çıkar.
- **Trehaloz**: Mantar ve deniz yosununda bulunur



# Polisakkaritler-Homopolisakkaritler



- Bitkide yedek besin deposu ve yapı maddesidir.

**1. Glukanlar:** Çok sayıda glikoz molekülünün çeşitli şekillerde bağlanmaları ile meydana gelirler.  $\beta$ -glukanlar.

**a) Nişasta:** Bitkilerde karbonhidratların depo formudur. Amiloz ve amilopektin'den oluşur. Tane yemlerde iç kısımda amiloz (% 20-28), dış kısımda ise amilopektin (% 72-80) yer alır.

patateste % 15-20

tahıl tanelerinde % 65-70 arasındadır.



# Polisakkaritler-Homopolisakkaritler



- **Nişastanın** hayvan beslemede daha etkin kullanılabilmesi için kimi teknolojik uygulamalarla fiziksel özellikleri değiştirilmektedir.

1) Kuru metotlar (öğütme ve kuru ezme): Nişastaca zengin yem hammaddelerinin öğütülmesi partikül boyutunu küçültür, yüzey alanını artırır ve sindirimi iyileştirir.

2) Yaş Metotlar (ekstrüzyon ve buharda ezme): Nişastaca zengin yem hammaddelerinin (mısır, arpa, buğday, sorgum gibi) ekstruderden geçirilmesi ve buharda ezilmesi, jelatinleşmeyi ve nişasta sindirimini artırır.

- **Jelatinleşme**, nişastanın sıcaklık ve nemle muamele edilmesiyle granül yapısının bozularak şekilsiz forma dönüşmesidir.



# Polisakkaritler-Homopolisakkaritler



- **Nişasta**nın nem ve sıcaklıkla muamelesi glukoz molekülleri arasındaki hidrojen bağlarını kırar, granül yapıyı şekilsiz forma sokar.
- Sıcaklık ve nemle muamele nişastanın yıkılabilirliğini ve sindirilebilirliğini artırır.
- Granül yapısının küçüklüğü nedeniyle arpa, buğday, yulaf, çavdar nişastasının sindirilebilirliği çok yüksektir.
- Mısır ve sorgum nişastası bu kaynaklardan biraz daha zor sindirilebilen kaynaklardır.
- Ancak patates nişastası çok zor sindirilen nişasta grubunda değerlendirilir. Bu nedenle hayvan beslemede kullanılmadan önce sıcaklık ve nemle muamele edilmelidir.





# Polisakkaritler-Homopolisakkaritler



**b) Glikojen:** Hayvan vücudunda ve mikroorganizmalarda yer alır. Kimyasal yapısı amilopektine benzer. Hayvanlarda **depo edilebilen tek karbonhidrattır**. Hayvanlarda karaciğer ve kas dokuda depolanarak, sınırlı da olsa hayvanın glikoz ve enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynar.

**c) Selüloz:**  $\beta$ -glikozidik bağlı glikoz moleküllerinden oluşur. Saf olarak körpe bitkilerde, pamuk liflerinde rastlanır. Bitki hücre duvarı yapı taşıdır. Bakteri, mantar, çimlenmiş tohumda selülaz enzimi ile sellobiyoz ve glikoza parçalanır. Rumen ve kör barsak mikroorganizmaları ile UYA'ya, metan, karbondioksit ve hidrojene yıkımlanır.



# Polisakkaritler-Homopolisakkaritler



**2. Fruktanlar:** Fruktoz moleküllerinden oluşur. Yer elması, tapioka ve çayır otunda inulin formundadır.

**3. Galaktan ve Mannanlar:** Bitki hücre duvarında yer alır.



# Polisakkaritler-Heteropolisakkaritler



**Pektin:** Bitki hücre duvarının yapı taşıdır. Baklagil kaba yemlerinde buğdaygil kaba yemlerinden daha fazladır. Şeker pancarı KM'sinde % 15-30 bulunur.

**$\beta$ -glukanlar:** Buğdaygillerde hücre duvarlarında çok az miktarda bulunurlar. Fakat arpa ve yulaf kepekleri önemli miktarda  $\beta$ -glukan içerirler. Kanatlılarda ve memelilerde  $\beta$ -glukanları sindirecek enzim bulunmamaktadır.



# Polisakkaritler-Heteropolisakkaritler



**Hemiselüloz:** Hücre duvarı elementlerinden biridir. Yıkıma karşı selülozdan daha az dirençlidir. Ruminantlarda rumende selüloz hem selülozdan daha fazla sindirilir, fakat önemli miktarda hemiselüloz rumen fermantasyonundan kurtularak sindirim sisteminin aşağı kısımlarında fermente edilir. Bunun nedeni yem materyalindeki hemiselülozu çevreleyen selüloz-lignin katmanları rumende sindirilinceye kadar yemlerin rumeni terk etmesidir.

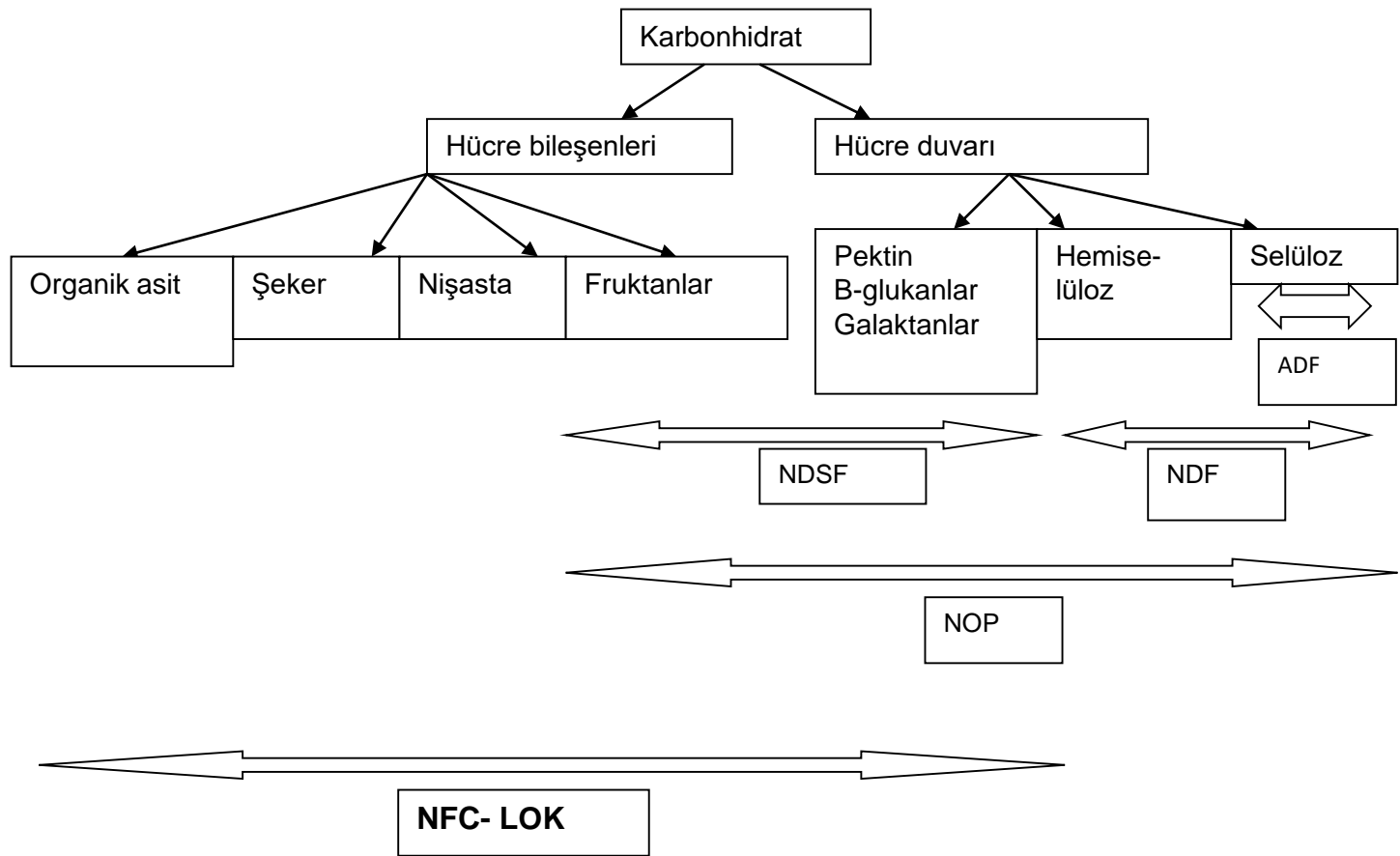


# Polisakkaritler-Heteropolisakkaritler



**Lignin:** Lignin tam olarak bir karbonhidrat değildir. Hücre duvarı elemanlarıyla birlikte tespit edildiğinden hayvan beslemede bu grup altında değerlendirilmektedir. Lignin selüloz ve hemiselülozu sarmak suretiyle bitki hücrelerinin sağlamlığını geliştirir. Bu arada selüloz ve hemiselülozun sindirilebilirliğini de düşürür. Bitkinin vejetasyonu ilerledikçe ligninleşme artar ve sindirilebilirliği kötüleşir. Lignin hem memeli hem de mikrobiyal enzimler tarafından sindirilememektedir. Bu nedenle yemlerin sindirilebilirliğinde kullanılan indikatör yönteminde indikatör olarak kullanılabilir. Öte yandan, lignin, bazı funguslar ve aerobik mikroorganizmalarca sindirilebilmektedir.





## Tek Midelilerde:

- Kanatlılar dahil tek midelilerde karbonhidratların sindirimi, ağızda tükürük amilazı ile başlar, incebağırsaklarda pankreas amilazı ile devam eder ve incebağırsaklardaki disakkaridazlarla (maltaz, sukraz ve laktaz (kanatlılar hariç)) tamamlanır.
- Ruminant olmayan hayvanların en önemli enerji kaynağı nişastadır.



## Tek Midelilerde:

- Nişastanın önce amiloz molekülü tükürükteki amilaz ile parçalanır ve glikoz + maltoz oluşur.
- Amilopektinin ise bir kısmı bu enzim ile parçalanır. Kalan kısmı bağırsaklara gelir ve pankreasdan salınan amilaz ve ilgili enzimlerle parçalanır. Son ürün olarak glikoz açığa çıkar. V. Porta ile k.c.'e gider.





# CHO'ların Sindirim Metabolizması



- Bağırsaklardan emilen karbonhidratlar;
- ✓ karaciğer ve kaslarda glikojen olarak depolanırlar
  - ✓ enerji üretmek için okside edilirler
  - ✓ ihtiyaç fazlası karbonhidratlar yağa dönüştürülerek yağ dokuda depolanırlar
  - ✓ esansiyel olmayan amino asitlerin biyosentezinde kullanılırlar



# CHO'ların Sindirim Metabolizması



- Emilen monosakkaritlerden fruktoz, fruktoz 6-fosfata,
- galaktoz ise glikoz 1-fosfata dönüştürülerek glikolize katılır ve **krebs siklusunda** enerji üretimi amacıyla kullanılırlar.



# CHO'ların Sindirim Metabolizması



## Ruminantlarda:

- Tükrüklerinde amilaz yoktur. Rumendeki mikroorganizmaların ürettiği amilaz ile yıkımlanır.
- Rumene ulaşan karbonhidratlar;
  - a) selüloz glikoza,
  - b) hemiselüloz ksiloza,
  - c) pektin galakturonik aside yıkılır.
  - d) basit şekerler pirüvata,
  - e) pirüvat ise asetat, propionat veya butirata dönüştürülür.



# CHO'ların Sindirim Metabolizması



## Uçucu Yağ Asitleri

- Emilen uçucu yağ asitleri portal ven aracılığı ile karaciğere taşınır.
- Propionat glikoneojenez yoluyla glukoz ve glikojene dönüştürülür.
- Asetat ve butirat, asetil Co (aktif asetik asit)'ya dönüştürülür.
- Ya krebs siklusuna girer ya da yağ asidi sentezi için kullanılır.
- Asetat doğrudan süt yağı sentezi için kullanılabilir.



# CHO'ların Sindirim Metabolizması



## Kan Glikoz Düzeyi (Glisemi)

- Tek mideli hayvanların temel enerji kaynağı glikozdur. Kan glikozu, karaciğerde glikogenez yoluyla glikoz depolanması ve glikogenoliz yoluyla glikoz serbestleşmesiyle kontrol edilir.
- Bu kontrolde hormonal mekanizmalar da önemli rol oynar, insülin ve glukagon.



# CHO'ların Sindirim Metabolizması



## Kan Glikoz Düzeyi

- Ruminant olmayan hayvanlarda 70-100 mg/100mL
- Ruminantlarda 40-70 mg/100mL
- Kanatlılarda 130-260 mg/100mL dir.



# CHO'ların Sindirim Metabolizması

**Kandaki glükozun kaynakları nelerdir?**

- İncebağırsaklardan emilen glikoz
- Glikogenoliz (glikojenin parçalanması)
- Glükoneogenez (Karbonhidratların dışındaki kaynaklardan glikoz sentezlenmesi)

**Glikoz sentezinde kullanılan karbonhidratlar dışındaki kaynaklar nelerdir?**

- Amino asitler
- Laktik asit
- Propionik asit
- Gliseroldür



«Bazı öğrenciler bilgi pınarından içerler, diğerleri sadece gargara yaparlar»

**E. C. Mckenzie**

«Zevkle öğrendiğimizi, hiçbir zaman unutamayız.»

**Alfred Mercier**

