



# Sacharidy



# Osnova

- Úvod
- Význam
- Dělení a klasifikace
- Vlákna
- Trávení
- Vstřebávání
- Metabolismus sacharidů

# Sacharidy

- Sacharid (z lat. *saccharum* = cukr)
- Též glycid, nepřesně cukr, zastarale a chybně uhlovodan nebo karbohydrát
- Organická látka patřící do skupiny polyhydroxyderivátů - aldehydů nebo ketonů  
Nízkomolekulární sacharidy jsou rozpustné ve vodě a mají více či méně sladkou chuť
- Makromolekulární polysacharidy jsou většinou bez chuti a jsou ve vodě jen omezeně rozpustné (škrob, agar) nebo zcela nerozpustné (celulosa)

# Sacharidy

- Jsou sloučeniny uhlíku, vodíku a kyslíku, lišící se strukturou a velikostí molekuly
- Zákl. stavební jednotka - monosacharidy
- Vazba glykosidická
  
- Zdroj energie pro činnost svalů a mozku
- Primární zdroj energie při intenzivním tréninku
  
- U rostlin vznikají asimilací vzdušného  $\text{CO}_2$  za přítomnosti vody a denního světla - fotosyntézou
  
- Denní příjem 50 - 60% z celkového energ. příjmu
  
- Množství energie v 1g = 4 kcal = 17 kJ
  
- Zásobní glykogen (jaterní a svalový)

# Dělení a klasifikace sacharidů

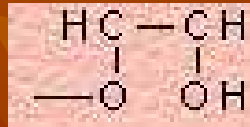
- Jednoduché sacharidy
  - Monosacharidy 1 x 6C
  - Disacharidy 2 x 6C
- Složené (komplexní) sacharidy
  - Polysacharidy 10 a více 6C

# Jednoduché cukry

## ■ Monosacharidy

- Výskyt: ovoce (10 - 12%), med (35%G, 35%F), zelenina, džusy...

- Sladká chuť

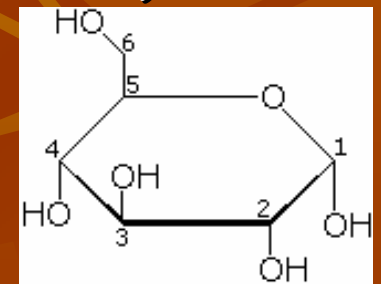


- **Glukóza** (hroznový, škrobový cukr, dextróza)

- Nejrychlejší zdroj energie
- Nezbytná pro mozek a ery (150 g/d)

- **Fruktóza** (ovocný cukr, levulóza)

- **Galaktóza** (součást mléčného cukru)



# Jednoduché cukry

## ■ Disacharidy

- **Maltóza** (sladový cukr) - klíčky obilovin a sladu

glukóza + glukóza

- **Sacharóza** (řepný, třtinový cukr) - řepa cukrová, cukrová třtina, javorový sirup
  - spotřeba 100 - 120 g/os./d
  - denní příjem max. 10 %

glukóza + fruktóza

- **Laktóza** (mléčný cukr) - mléko a mléčné produkty
  - spotřeba 10 - 30 g/os./d

glukóza + galaktóza

# Složené cukry

- Polysacharidy

- Stravitelné (amylóza + amylopektin)

- Složené z jednotek glu
- Škrob - rostlinný
- Glykogen - živočišný
- Hl. zdroje v potravě: obiloviny a jejich výrobky (mouka, chléb, rýže, těstoviny, kukuřice, oves..), brambory, luštěniny, zelenina



# Složené cukry

- Polysacharidy
  - Nestravitelné (vláknina)
  - Částečná až úplná rezistence vůči hydrolýze trávicími šťávami
  - S výjimkou rozpustné vlákniny, prochází nezměněné tenkým střevem
  - Fermentace enzymy mikroflóry tlustého střeva → MK
  - 1 g vlákniny = 3 kJ
    - DDD 25 - 30g poměr R:N 1:3
      - Dělení
        - Rozpustná - pektiny, inulin, fruktooligosacharidy, slizy, gummy, hemicelulózy ...  
ovoce, oves, slad, luštěniny, brambory
        - Nerozpustná - celulóza, Lignin, hemicelulózy...  
zelenina, otruby, celozrnné výrobky

# Význam vlákniny

## ■ Rozpustná

- Částečné rozštěpení v tenkém střevě → gely → zpomalení pasáže v horní části GIT → zvýšení viskozity střevního obsahu  
→ ↓ přístup trávicích šťáv k substrátům, vazba miner. látek  
→ ↓ vstřebávání živin a žluč. kyselin, zpomalení rychlosti resorpce glu, prebiotikum

## ■ Nerozpustná

- ↑ obsah stolice (zředění a vazba toxických látek), zkrácení transitního času → omezení resorpce toxických látek, ↓ vstřebávání některých živin
- Fermentace => MK s krátkým řetězcem (acetát, propionát, butyrát)= zdroje energie pro kolonocyty (80%), snížení pH

=> Preventivně x zácpě, polypy a nádory tl. střeva, žl. kameny, snižuje cholesterol v krvi

Potravina	Vláknina (g/100 g)	Hrubá vláknina (g/100 g)	Koncentrace na 100 kcal
<b>Obilí, výrobky z mouky</b>			
Pšenice	9	2	3,5
Žito	11	2	4,2
Ječmen	7	2	2,7
Oves	8	3	3,2
Rýže (neloupaná)	8	3	3,2
Pohanka	8	3	3,2
Kukuřice	4	1	4,9
Chléb Knaecke-Brot	9	2	3,1
Celozrnný žitný chléb	6	1	3,3
Celozrnný pšeničný chléb	5	1	2,9
Tmavý žitný chléb	3	1	1,7
Tmavý pšeničný chléb	3	1	1,7
Bílý pšeničný chléb a pečivo	1	0	0,4
Celozrnná žitná mouka	10	2	3,9
Žitná mouka	4	2	1,8
Celozrnná pšeničná mouka	9	2	3,4
Pšeničná mouka	2	0	0,6
Žitné otruby	42	8	19,9
Pšeničné otruby	40'	9	18,5
<b>Ovoce, zelenina, bobule, houby</b>			
Brambory	2	1	4,2
Brokolice	4	2	18,0
Fazole	3	1	11,5
Hrách	5	2	8,8
Kapusta	4	2	11,5
Kukuřice	4	1	4,9
Květák	2	1	11,1
Mrkev	3	1	9,8

Potravina	Vláknina (g/100 g)	Hrubá vláknina (g/100 g)	Koncentrace na 100 kcal
Paprika	2	2	12,5
Rajče	2	1	14,3
Reveň	3	1	22,2
Ředkev	1	1	10,0
Salát hlávkový	2	1	17,6
Zelí bílé	3	1	16,0
Angrešt	3	2	13,2
Banány	3	1	4,2
Hroznové víno	1	1	2,7
Hrušky	2	2	6,7
Jablka	2	1	5,3
Jahody	2	1	8,1
Maliny	7	4	24,0
Meruňky	2	1	5,5
Ostružiny	7	4	22,5
Rybíz černý	9	3	22,6
Rybíz červený	8	4	26,7
Švestky	7	1	12,0
Třešně	2	0	3,0
Houby	2 - 3	1 - 2	12 - 20

# Trávení škrobů

- Dutina ústní
  - škrob - slinná  $\alpha$ -amyláza (ptyalin)
  - Optim. pH 6,7
- Žaludek
  - Utlumení aktivity ptyalinu

# Trávení škrobů

## ■ Tenké střevo

### ■ Enzymy slinivky břišní -

#### ■ pankreatická $\alpha$ -amyláza

#### ■ Hydrolýza 1,4 $\alpha$ vazby

=> maltóza, maltotrióza, polymery glu,  
 $\alpha$ -limitní dextriny (8 glu)

### ■ Sliznice tenkého střeva - oligosacharidázy

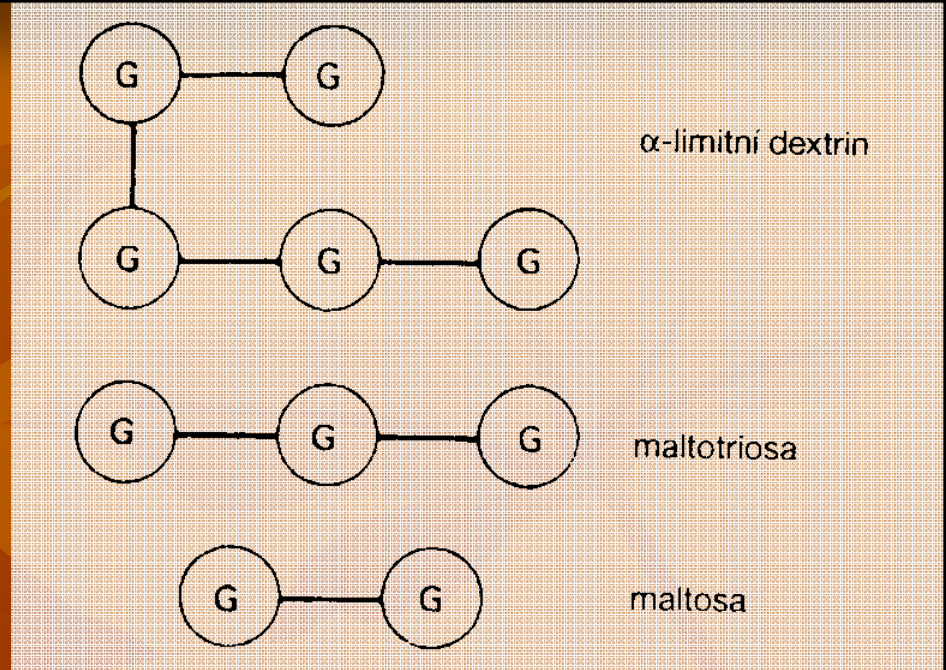
#### ■ Zevní strana kartáčového lemu

#### ■ $\alpha$ -limitní dextrináza - $\alpha$ -limitní dextriny

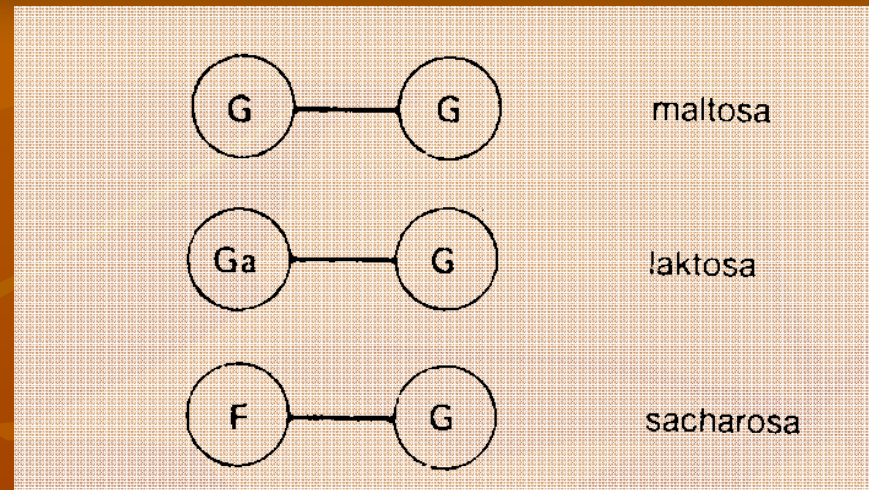
#### ■ Glukoamyláza - maltóza => glu

- maltotrióza => glu

- polymery glu => glu



# Trávení disacharidů



## ■ Tenké střevo

- Sliznice tenkého střeva - disacharidázy
  - **Laktóza** → *laktáza* ⇒ glu a gal
  - **Maltóza** → *maltáza* ⇒ glu a glu
  - **Sacharóza** → *sacharáza* ⇒ glu a fru
- Nedostatek disacharidáz ⇒ průjem, nadýmání, flatulence
  - *Zvýšené množství osmoticky aktivních molekul oligosacharidů a tvorba plynů*
- Laktáza - aktivita klesá s věkem
  - intolerance laktázy
- Poruchy digesce i resorpce při zánětech

# Trávení oligosacharidů

- Stachyóza, vebaskóza
- Zastoupeny v luštěninách
- Člověk neprodukuje enzymy schopné štěpit oligosacharidy
  - ⇒ tlusté střevo ⇒ tvorba plynů, průjem
- Oligosacharidy - rozpustné ve vodě
  - ↓ obsahu = několik hod. máčení luštěnin ve vodě, klíčení

# Vstřebávání sacharidů

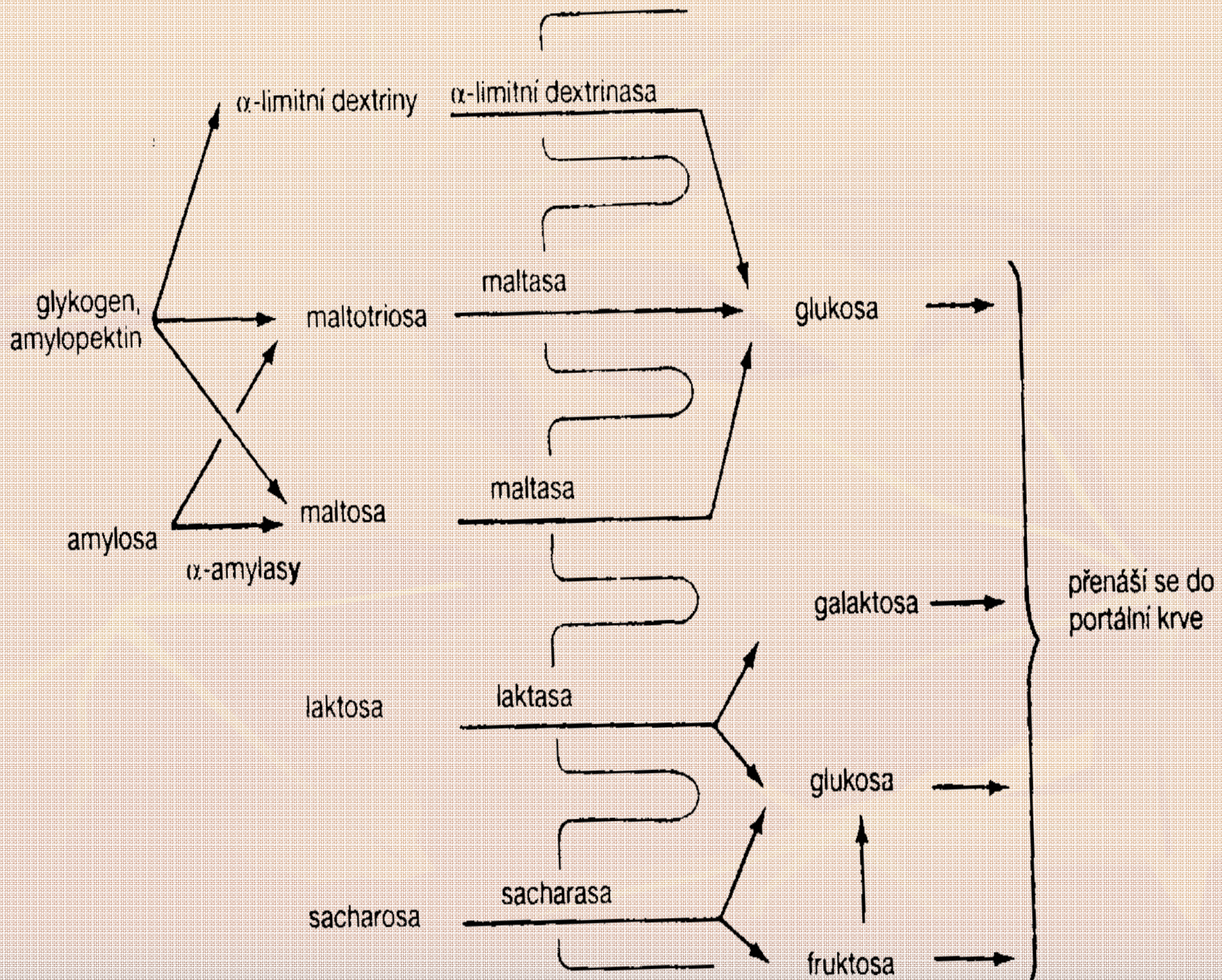
- Rychlé - stěnou tenkého střeva => *v. portae*
- Resorpce - dřív než se zbytky stravy dostanou do terminálního ilea
- Max. rychlost 120 g/hod.
- Místo vstřebávání - duodenum a proximální jejunum
- Vliv Na<sup>+</sup> na transport sacharidů
  - ↑ c Na<sup>+</sup> na slizničním povrchu bb. → usnadnění vstupu glu do bb. a naopak
    - Společný kontransport
  - Na<sup>+</sup> - transport dle koncentračního spádu + glu = sekundárně aktivní transport do ICT, usnadněná či prostá difúze do ECT
  - Gal - stejný mechanismus
  - Fru - absorpce nezávislá na Na<sup>+</sup>
    - pomalejší resorpce
    - usnadněná difúze
    - část fru → glu (slizniční bb.)



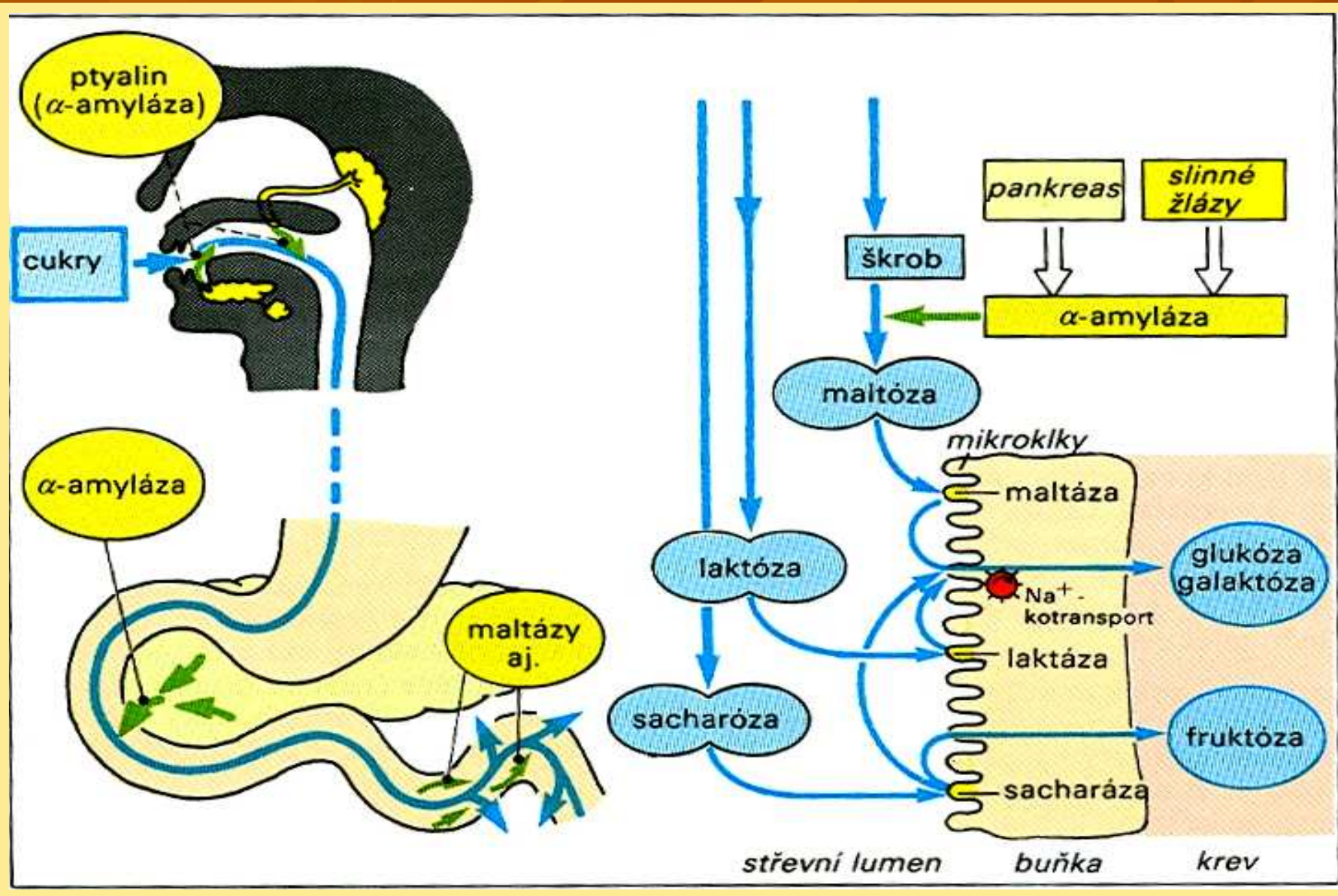
střevní lumen

mikroklky

buňka střevní sliznice



# Přehled trávení - sacharidy



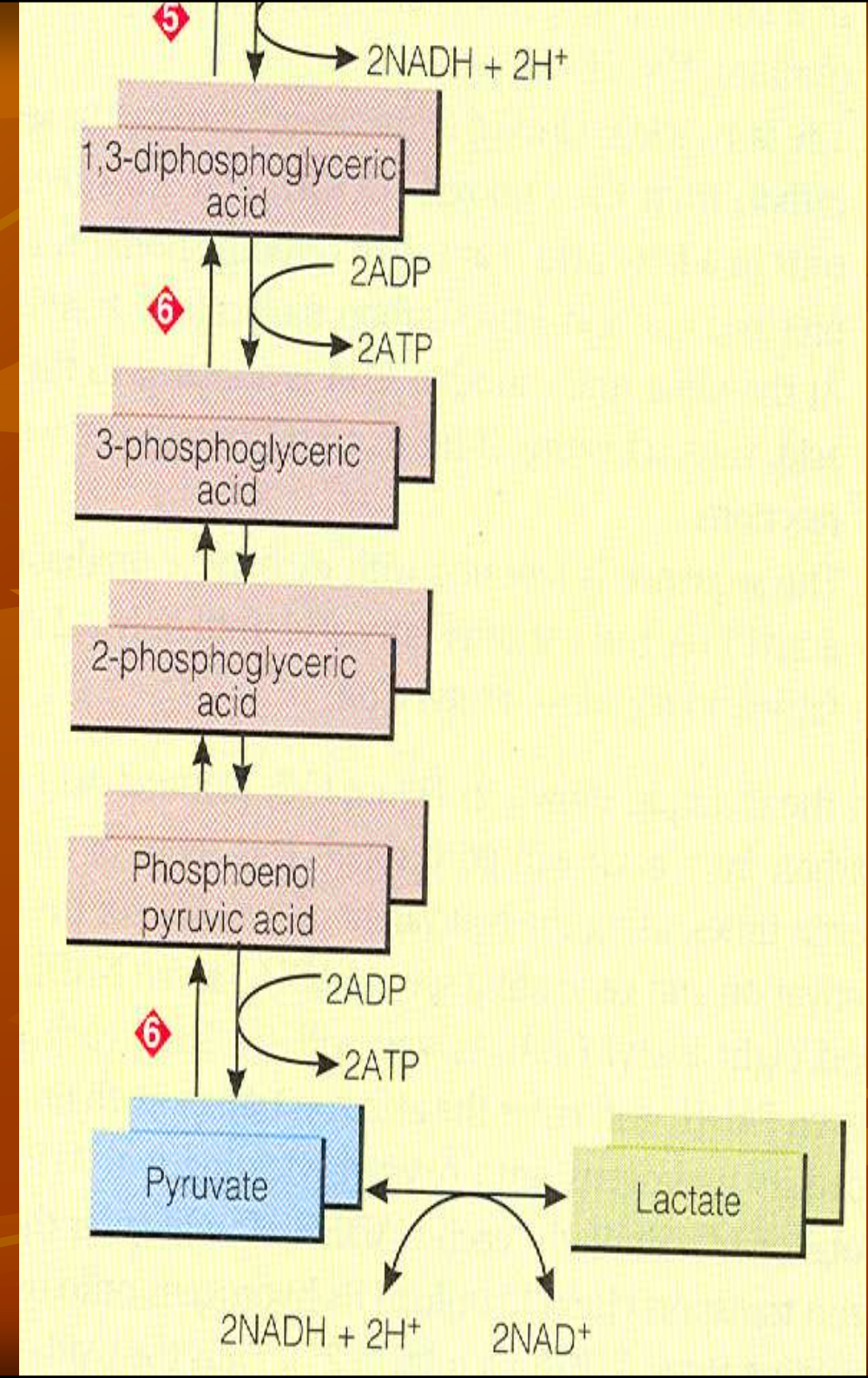
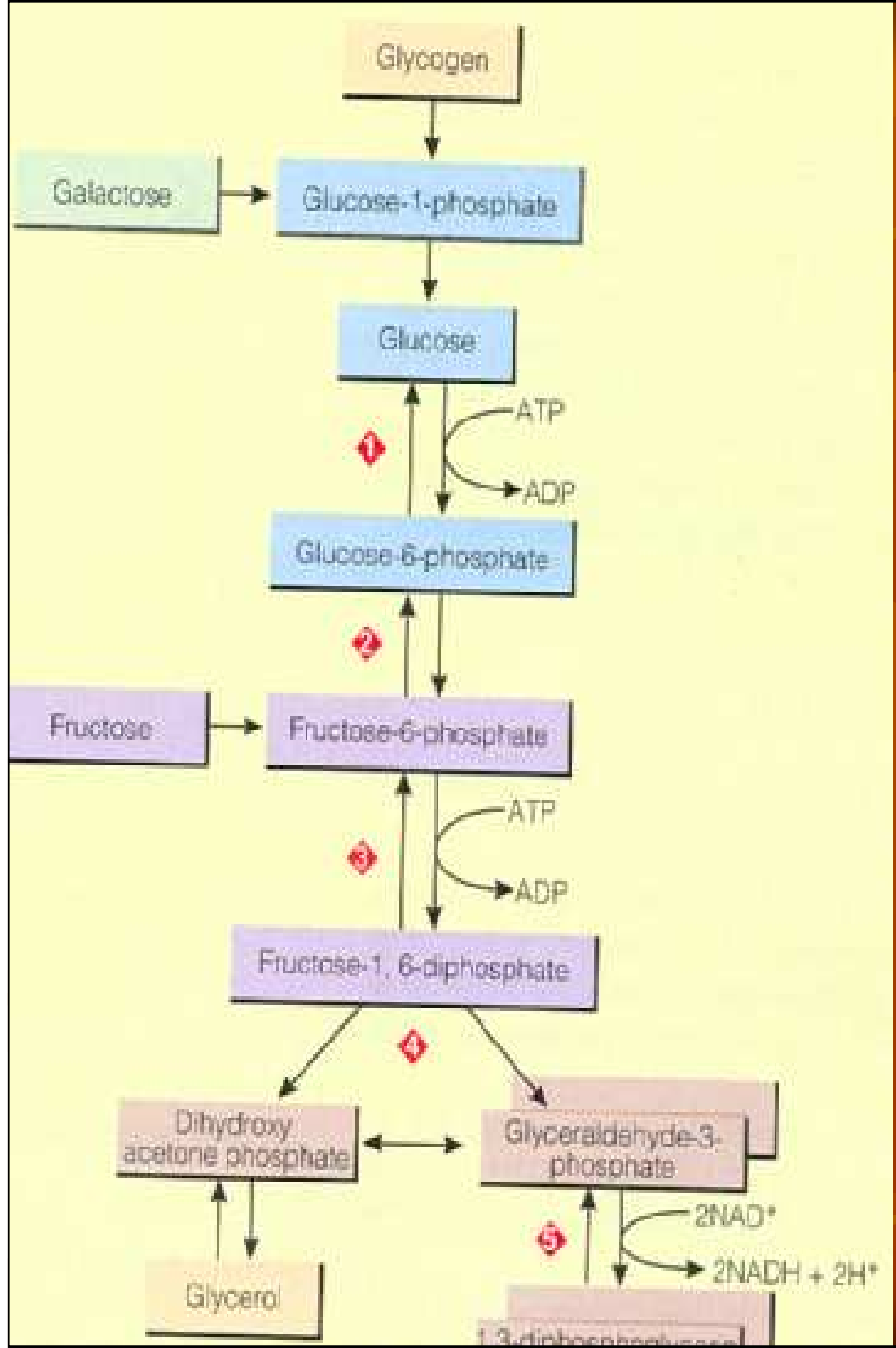
# Metabolismus sacharidů

- Monosacharidy → portální oběh → játra
- 1. krok v metabolismu glu, fru, gal - fosforylace
- Galaktóza → gal-1-P → glu-1-P (→ glukóza)
  - Podíl na syntéze glykogenu, reverzibilní reakce
  - Gal - tvorba glykolipidů, mukoproteinů
- Fruktóza → fru-6-P → fru-1,6-diP →  
→ fru-1-P → dihydroxyaceton a glyceraldehyd → metabol. dráhy glu
  - glukóza, syntéza glykogenu a TAG
    - Játra - vysoká schopnost syntézy TAG
- **Využití fosfátů hexóz**
  - Štěpení jako energetického substrátu v tkáních
  - přeměna na glykogen (játra, kosterní svalstvo)
  - Přeměna na MK a triacylglyceroly (TAG) (játra, tuková tkáň) - energetická rezerva
  - Minoritní část - metabolizace v pentózovém cyklu, syntéza glykoproteinů, glykolipidů

# Metabolismus glukózy

## ■ Glykolýza

- odbourávání glu za anaerobních podmínek na pyruvát či laktát
- získá energie 2 ATP/ 1 mol glu
- Proces zahrnující několik kroků - viz obr.
- Neprobíhá v mitochondriích, ale v cytoplasmě
  - Pyruvát => acetyl-CoA (nevratná reakce)  
=> laktát  
=> alanin => proteiny



# Cyklus kyseliny citrónové

- Acetyl-CoA  $\Rightarrow$  tuky  
 $\Rightarrow$  Krebsův cyklus
- **Krebsův cyklus** - oxidace cukrů, tuků i některých AMK
- Krebsův cyklus  $\Rightarrow$  Acetyl-CoA  $\Rightarrow$   $\text{CO}_2$ , vodu a energii
- Aerobní oxidace - 38 mol ATP/1 mol glu
- Průběh - mitochondrie
- Vyžaduje přísun  $\text{O}_2$
- Nefunguje za anaerobních podmínek !!!!!

# Metabolismus glykogenu

## ■ Glykogeneze

- tvorba zásobního glykogenu z glu-1-P
- Kdy? - při nadbytku glukózy
- Uložení - játra (100 g), svaly (300 - 400 g)
- Glykogen - zadržuje vodu

## ■ Glykogenolýza

- rozpad glykogenu
- Kdy? - při nedostatku glu
- Adrenalin (aktivace fosforylázy)

# Fyziologický význam glukózy

- Glu - nejrychlejší zdroje energie
  - **Nezbytná pro ery a mozek, nerv. bb.**
- Min. potřeba 150 g/24 hod.
  - < 150 g/24 hod. => **glukoneogeneze, ketogeneze** (energie z MK, vznik ketolátek, pokud produkce předčí utilizaci => ketóza- narušení acidobazické rovnováhy, prevence min. 50 - 100 g sach./d )
- Hl. glukózy v krvi - **glykémie (3,9 - 6,1 mmol/l)**
  - Jaterní glukostat - játra udržují konstantní hl. gly
- **Hypoglykémie** => ↑ glukagon, adrenalin => mobilizace tvorby glu (glykogenolýza)
- **Glu** - nelze vytvořit z tuků, pouze z malého množství glycerolu



# Hormonální regulace

## ■ Inzulin

- Produkováný B-buňkami Langerhansových ostrůvků pankreatu
- Stimulační účinek na utilizaci glu
- Regulátor sekrece - hl. glykémie (gly)
  - $\uparrow$  hl. gly  $\Rightarrow$   $\uparrow$  inzulínu  $\Rightarrow$   $\uparrow$  utilizaci glu do bb.  $\Rightarrow$  normalizace hl. gly
- Je stimulován také fru, AMK (Arg), glukagonem

## ■ Glukagon

- Produkováný A-buňkami Langerhansových ostrůvků pankreatu
- Aktivuje jaterní fosforylázu  $\Rightarrow$  glykogenolýza  $\Rightarrow$   $\uparrow$  hl. gly

- Kortikoidy, katecholaminy, hormony štítné žlázy, růstový hormon

# Zisk glukózy za fyziologických podmínek

- **Přísun z vnějšího prostředí** - jednoduché či složené sacharidy
- Ze zásob - **glykogen**
- **Glukoneogeneze** - z AMK
  - Kdy ? - hladovění, nízký příjem sacharidů, DM, stres
  - Ize i naopak - transaminace produktů metabolismu glu → AMK

# Faktory určující hladinu glukózy

- Rovnováha mezi množstvím glu vstupující do krve a množství které krev opouští
  - Příjem sacharidů z potravy
  - Rychlost vstupu glu do sval. bb., bb. tukové tkáně a jiných orgánů
  - 5% glu → glykogen
  - 30 - 40 % glu → tuk (pokud jsou naplněny zásoby glykogenu)
  - Zbytek → metabolizace ve svalech a jiných tkáních
  - Jaterní glykogen za hladovění → glukóza
    - Déletrvající hladovění → vyčerpání glykogenu => glukoneogeneze

# Homeostáza sacharidů při námaze

- **V klidu a po námaze**
  - spotřeba MK kosterním svalstvem
  - spotřeba glu - mozek
- **Fyzická námaha** => glykogenolýza => ↑ hl. gly, postupné snižování při námaze  
=> ↑ glukoneogeneze, ↓ hl. inzulínu, ↑ hl. glukagonu a adrenalinu
- **Po fyzické námaze** => glukoneogeneze, pokles výdeje glu z jater (pro doplnění jaterního glykogenu)  
=> ↑ hl. inzulínu => podpora ukládání glykogenu

