



Fakultet veterinarske medicine  
Univerzitet u Beogradu  
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

# DEFINICIJA MLEKA HEMIJSKI SASTAV MLEKA:

## VODA, MLEČNA MAST, LAKTOZA

Prof.dr Radoslava Savić Radovanović

# Definicija mleka

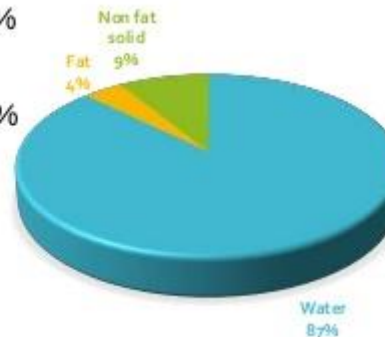
- Mleko je proizvod mlečne žlezde dobijen pravilnom i redovnom mužom zdravih, ispravno hranjenih krava, ovaca, koza i bivolica, a da mu pri tome nije ništa dodato i oduzeto.
- Sirovo mleko krava može se staviti u promet ako je dobijeno redovnom, neprekidnom i potpunom mužom zdravih, pravilno hranjenih muznih životinja, najkasnije 30 dana pre partusa i najranije osam dana posle partusa, koje nije zagrevano na temperaturi višoj od 40°C i kome ništa nije dodato niti oduzeto.

# Hemijski sastav mleka

- Suva materija (SM) – 12,75% (TOTAL SOLIDS/SOLIDS NON FAT- SNF)
- Voda – 87,25%

## WHAT DOES MILK CONTAIN?

- Milk primarily consists of **water, non fat solid and fat.**
- The composition may **vary with each breed of the cow.**
- Composition may normally contain:
  - Water – 87.3%
  - Non-fat solid – 8.8%
  - Fats – 3.9%\*
- \*Buffalo milk contain 7.44%
- Cow milk contain 3.66%



# VODA

- Voda – 87,25% (86-89%)
- Slobodna + vezana voda (2-4%)
- Vezana voda: kazein (50%); laktalbumin i laktoglobulin (30%); apsorpcioni omotač masne kapljice (15%); laktoza, mineralne materije i ostali sastojci mleka (4%)
- STABILNOST KOLOIDNOG RASTVORA PROTEINA U MLEKU

# MLEČNA MAST

- Najsloženija prirodna mast – emulzija ulja u vodi – najvarijabilniji sastojak mleka (3-6%) – **3,8-4,2%**

<b>Prosti lipidi</b>	<b>Zastupljenost (%)</b>
Gliceridi	98,5
Trigliceridi	96
Digliceridi	2-3
Monogliceridi	0,1
Steridi	0,1
Ceridi	0,1
<b>Složeni ili polarni lipidi</b>	<b>1</b>
Diacilfosfatidiletanolamin (kefalin)	30
Diacilfosfatidilholin (lecitin)	28
Sfingomijelin	19
Fosfatidilserin	8
Fosfatidilinositol	5
Ceramid monoheksozid	3
Ceramid diheksozid	3
Vinil etar fosfatidilholin	3
Vinil etar fosfatidiletanolamin	1
<b>Liposolubilni sastojci</b>	<b>0,5</b>
<b>Liposolubilni sastojci</b>	<b>(mg/100 g mleka)</b>
Holesterol	280-300
Skvalen	50
Fiten i fitadien	30
β- karoten	12
α-tokoferol (vitamin E)	3
Vitamin A	1,6
Vitamin D	0,06
Vitamin K	0,14
Slobodni alkoholi	tragovi

# Proste masti (lipidi)

- Estri glicerola i masnih kiselina
- Biosinteza: glatki endoplazmatični retikulum
- Glicerol –GL iz krvi (hidratacijom dioksiacetonfosfata); TG ili glicerol poreklom krvne plazme
- Masne kiseline – 4 izvora:
  1. Hraniva
  2. Aktivnost mikrobiote buraga
  3. Mobilizacija iz depoa telesne masti
  4. MK koje se sintetišu *de novo* u ćelijama sekretornog epitela mlečne žlezde

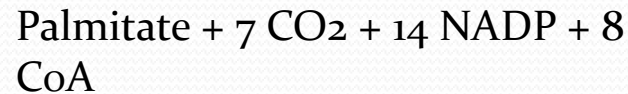
# Proste masti - lipidi

- Masne kiseline ( $C_4$ - $C_{14}$ ) i deo masne kiseline ( $C_{16}$ ) – *de novo* u mlečnoj žlezdi iz acetata i  $\beta$ -hidroksibutirata
- Deo masne kiseline ( $C_{16}$ ) i ostale dugolančane masne kiseline – masti iz hrana ili mobilizacija telesnih masti

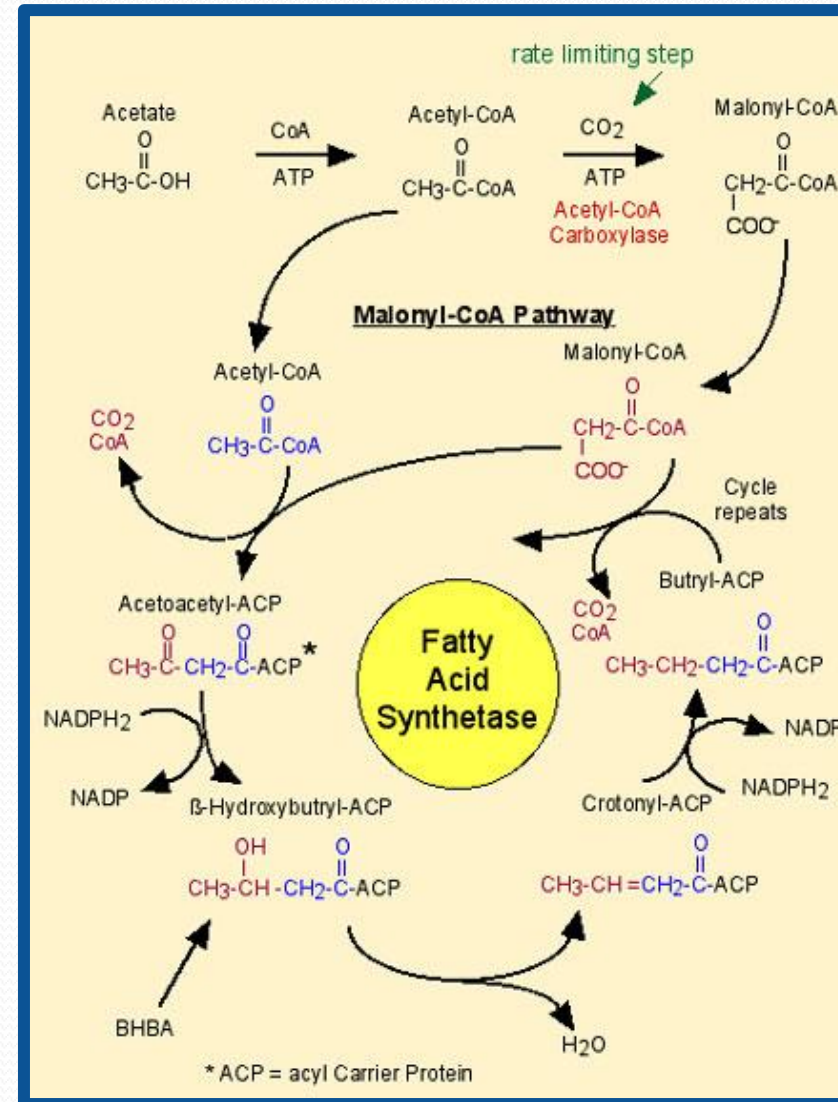


# BIOSINTEZA MLEČNE MASTI

- Svaki ciklus kroz malonyl-CoA put rezultira u dva atoma C koji se dodaju masnokiselinskom lancu.
- Ukupna reakcija (data za sintezu palmitinske kiseline; C<sub>16</sub>):
- Acetyl-CoA + 7 Malonyl-CoA + 14 NADPH<sub>2</sub> katalizovani od strane Fatty Acid Synthetase daju =



- Biosinteza mlečne masti uključuje sledeće korake:
- Aktivacija - acetyl-CoA karboksilacija
- Elongacija - malonyl-CoA put
- kondenzacija
- redukcija
- dehidracija
- redukcija
- Ciklus se, potom, ponavlja

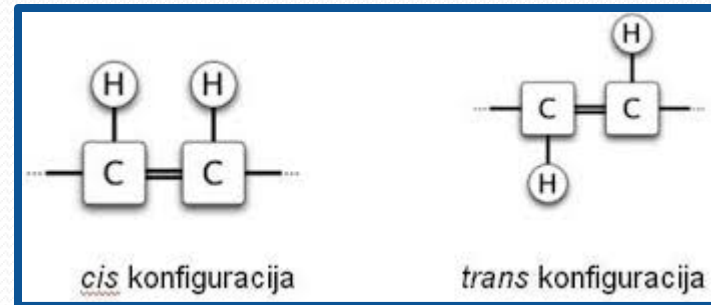


# Proste masti – lipidi

Tabela 11. Vrste i učešće masnih kiselina u mlečnoj masti

Masna kiselina	Broj C atoma	Granice kolebanja (%)	Prosečan sadržaj (%)
<b>Zasićene</b>			
Buterna	4:0	1,3-5,4	3,3
Kaprnska	6:0	1,3-3,4	1,8
Kaprilna	8:0	0,8-2,2	1,3
Kaprinska	10:0	0,9-2,5	1,6
Laurinska	12:0	1,7-3,7	2,7
Miristinska	14:0	9,8-12,1	10,7
Palmitinska	16:0	23,5-28,4	24,4
Stearinska	18:0	6,7-13,8	9,5
Arahinska	20:0	0,5-0,9	0,6
<b>Nezasićene</b>			
Oleinska	18:1	28,0-40,0	32,2
Linolna	18:2	3,0-4,6	3,6
Linolenska	18:3	0,1-0,3	0,2
Arahidonska	20:4	1,0-1,2	1,0

# Proste masti - lipidi



- Trans MK sa jednom ili više *trans* – dvostrukih veza (2,7%)  
– glavni *trans* (18:1) izomer je vakcenska kiselina
- Rumenska kiselina (*cis*-9, *trans*-11) – 75-90% konjugovane linolne kiseline

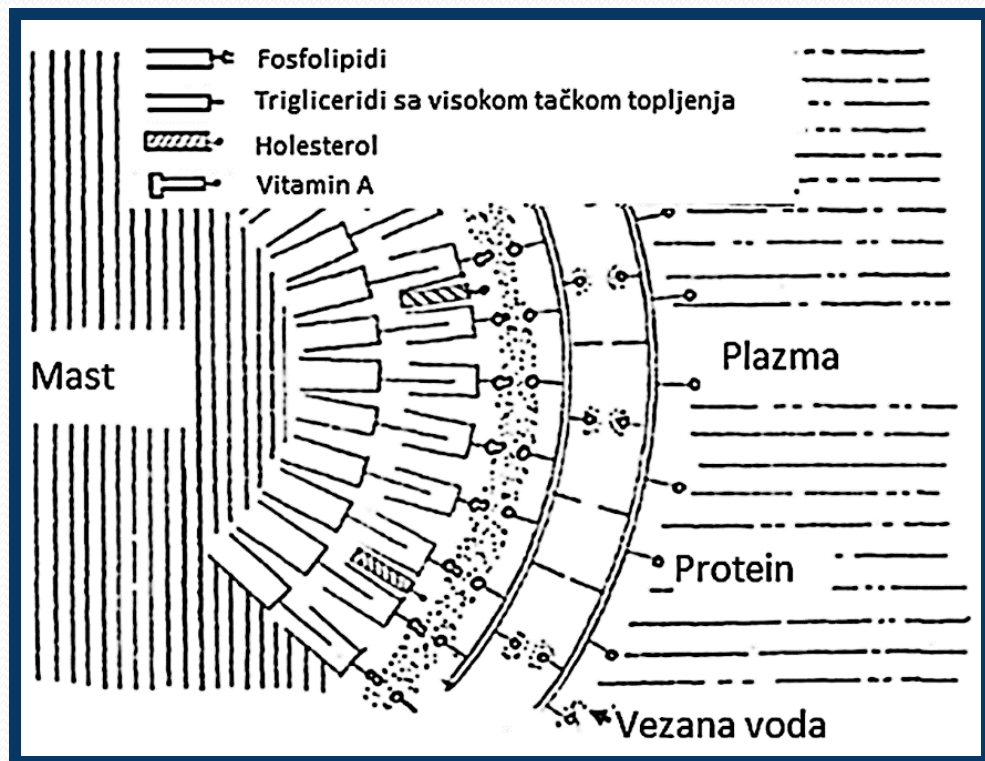
Tabela 12. Procentualna zastupljenost masnih kiselina u mleku, njihova tačka topljenja i agregatno stanje (Bylund, 2003)

<b>Masna kiselina</b>	<b>% od ukupnog sadržaja masnih kiselina</b>	<b>Tačka topljenja (°C)</b>	<b>Agregatno stanje</b>
<b>Zasićene</b>			
Buterna	3,0-4,5	-7,9	Tečne pri sobnoj temperaturi
Kapronska	1,3-2,2	-1,5	
Kaprilna	0,8-2,5	+16,50	
Kaprinska	1,8-3,8	+31,4	Čvrste pri sobnoj temperaturi
Laurinska	2,0-5,0	+43,6	
Miristinska	7,0-11,0	+53,8	
Palmitinska	25,0-29,0	+62,6	
Stearinska	3,0-7,0	+69,3	
<b>Nezasićene</b>			
Oleinska	30,0-40,0	+14	Tečne pri sobnoj temperaturi

# Hemijske konstante mlečne masti

- Reichert-Meissl-ov broj predstavlja broj mililitara 0,1 mol/L NaOH ili KOH utrošenih za neutralizaciju isparljivih, u vodi rastvorljivih masnih kiselina, sadržanih u 5g mlečne masti i iznosi 20–30.
- Polenske-ov broj predstavlja broj mililitara 0,1 mol/L NaOH ili KOH utrošenog za neutralizaciju isparljivih, u vodi nerastvorljivih masnih kiselina sadržanih u 5 g mlečne masti, a kreće se od 1,3 do 3.
- Jodni broj predstavlja broj grama joda koji je potreban za zasićenje nezasićenih masnih kiselina sadržanih u 100 g mlečne masti, a kreće se od 25 do 35. Maslac optimalne konzistencije ima jodni broj 32–37.
- Saponifikacioni broj je broj miligrama KOH utrošenog za neutralizaciju 1g mlečne masti i iznosi 200.

# Masna kapljica



0,1-22  $\mu\text{m}$

Membrana masne kapljice  
2-6% mase masne kapljice;  
materijal – 30% polarni lipidi  
+70% pridruženi proteini

# MEMBRANA MASNE KAPLJICE / MILK FAT GLOBULE MEMBRANE – MFGM

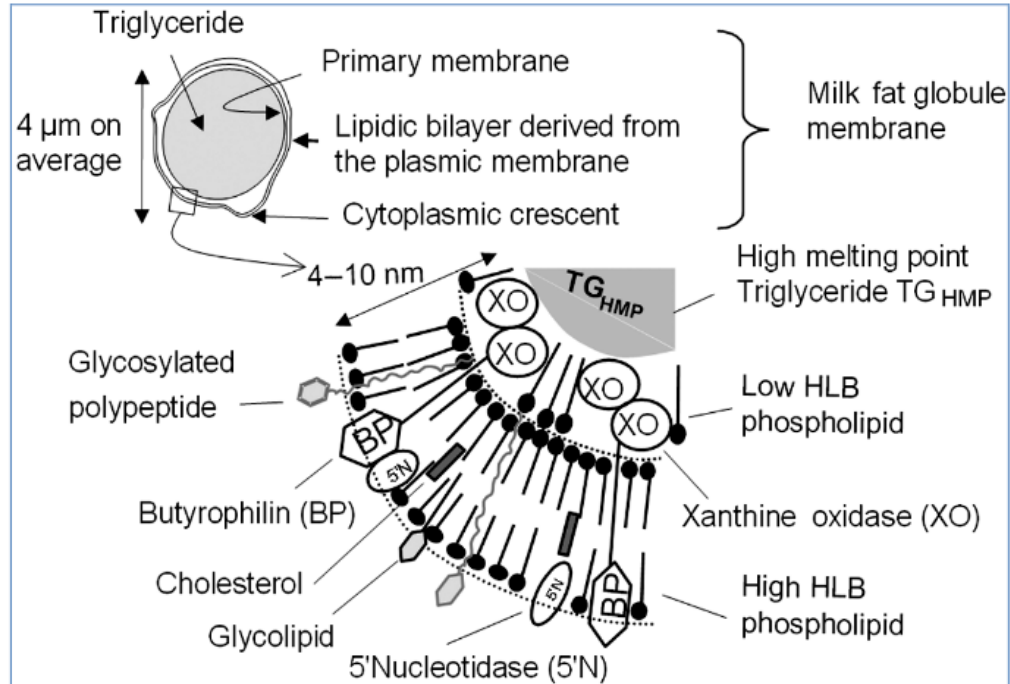


Figure 1: Typical structure of the native milk fat globule. Schemes are not to scale (Michalski et al, 2005).

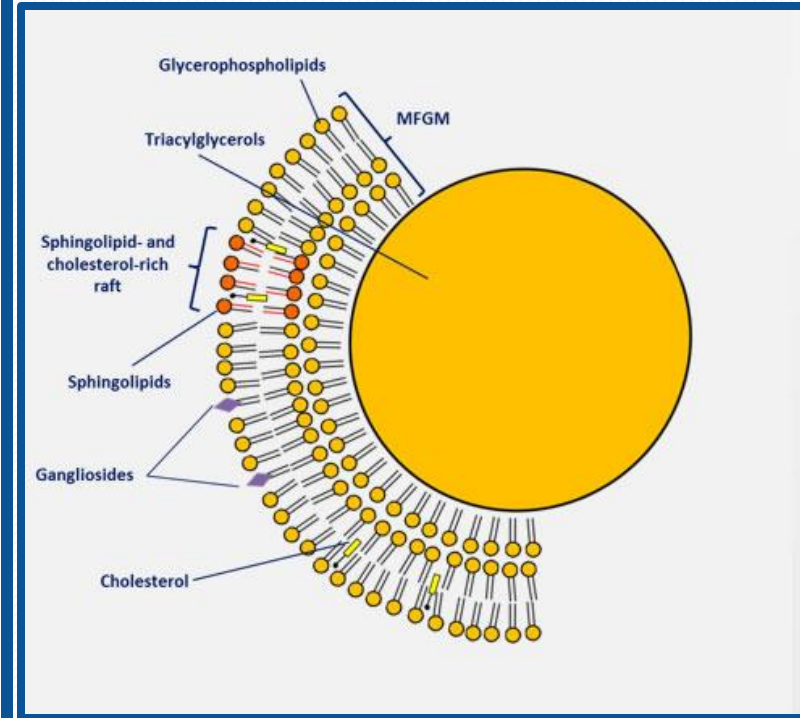
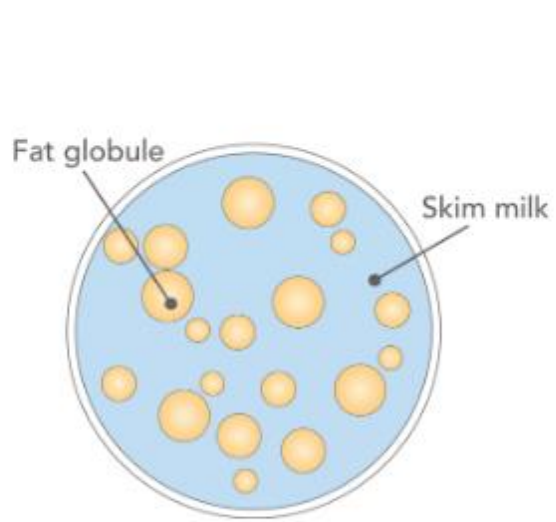


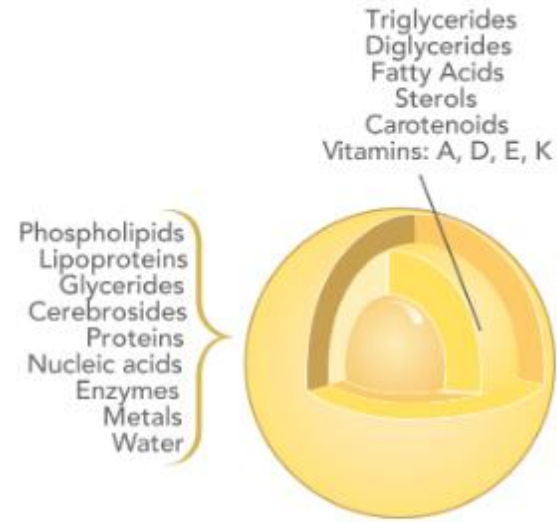
Table 5. Lipid composition of cow milk and localization in the physico-chemical fractions (g / 100 g fat) (FAO, 1998).

Lipid compositions	Proportions	Location
Triglycerides	96 - 98	fat globule
Di-glycerides	0.3-1.60	fat globule
Mono-glycerides	0.0-0.10	fat globule
Phospholipides	0.2-1.00	Fat globule membrane and whey
Cerebrosides	0.0-0.08	Fat globule membrane
Steroides	0.2-0.40	fat globule
Free fatty acid	0.1-0.40	Fat globule membrane and whey
Cholesterol esters	Traces	Fat globule membrane
Vitamin	0.1-0.20	fat globule



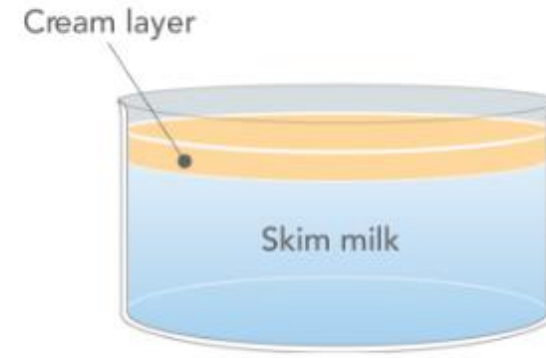
**Fig 2.15**

A look into milk



**Fig 2.16**

The composition of milk fat. Size 0.1 - 20  $\mu\text{m}$ . Average size 3 - 4  $\mu\text{m}$ .



**Fig 2.17**

If milk is left to stand for a while in a vessel, the fat will rise and form a layer of cream on the surface



# Izdvajanje masti iz mleka – Stoksov zakon

$$V = \frac{2gr^2(d_1 - d_2)}{9\eta}$$

- V – brzina izdvajanja u cm/sekund
- g– gravitacija (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- r– prečnik masnih kapljica u cm
- d<sub>1</sub> – gustina disperzne sredine
- d<sub>2</sub> – gustina masnih kapljica
- η –viskoznost sredine u Pa·s

## Složeni lipidi

- Fosfolipidi – 0,0337%
- LECITIN (65%) – GLICEROFOSFATIDILHOLIN
- KEFALIN – GLICEROFOSFATIDILETANOLAMIN i  
GLICEROFOSFATIDILSERIN
- SFINGOMIJELIN

# Liposolubilne materije

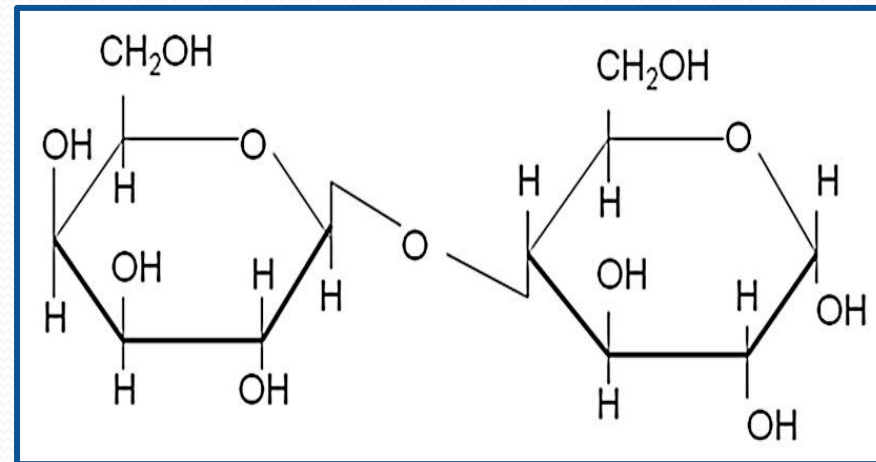
- HOLESTEROL
- VITAMINI A, D, E i K
- Provitamini vitamina D – ergosterol i 7-dehidroholesterol
- Provitamin vitamina A –  $\beta$ -karoten
- Fiten i fitadien

# Promene mlečne masti

- OKSIDATIVNE PROMENE
- HIDROLITIČKE PROMENE
- POLIMERIZACIONE PROMENE

# LAKTOZA

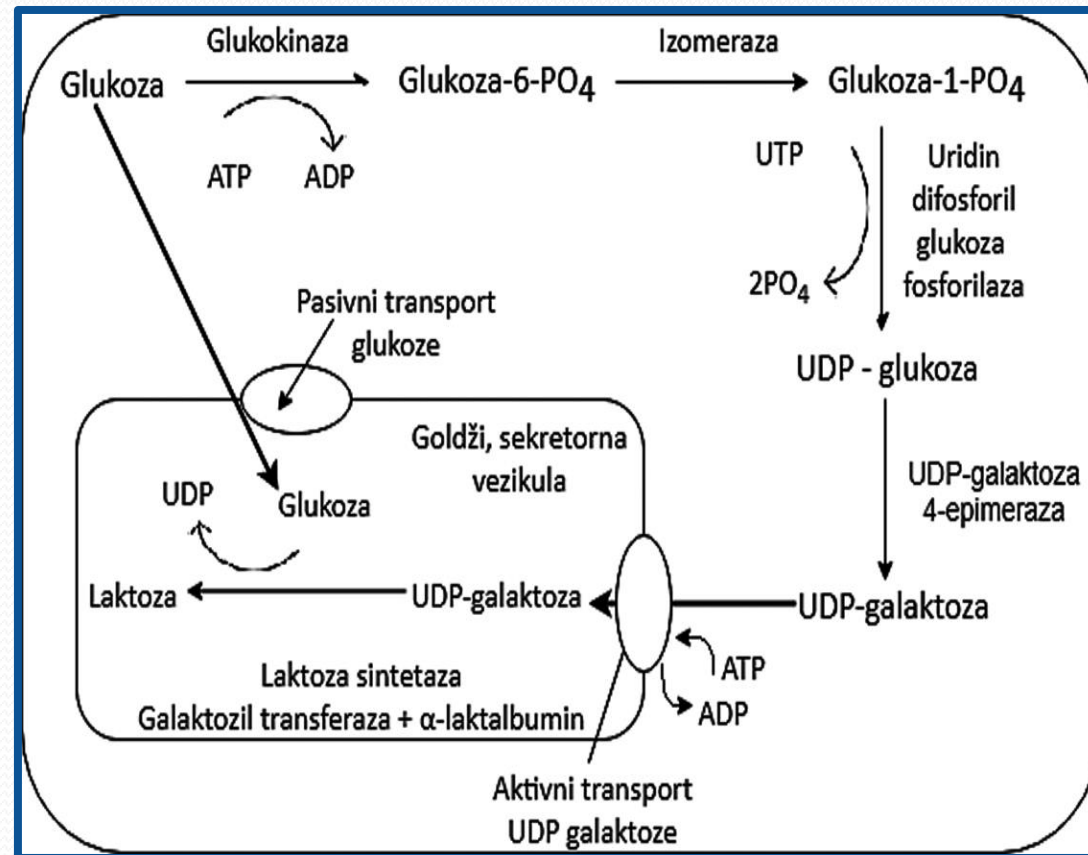
- Kravlje mleko sadrži ~4,8 g laktoze na 100 g mleka. Laktoza je odgovorna za 50% osmotskog pritiska mleka.



Slika 23.  $\alpha$ -laktoza ( $\beta$ -D-galaktopiranozil (1-4)-D-glukoza)

# SINTEZA LAKTOZE

- Goldži aparat sekretornih ćelija mlečne žlezde



FERMENTACIJA LAKTOZE: MLEČNOKISELINSKA, PROPIONSKA, BUTERNA I ALKOHOLNA