



**MILK-ED**

MODERN AND INNOVATIVE ONLINE-BASED  
KNOW-HOW ON EUROPEAN DAIRY PROCESSING

# Laktoza

*In love with  
milk industry!*



Funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.  
This document reflects the view only of the author and the Commission cannot be held  
responsible for any use which may be made of the information contained therein.

## Laktoza, laktaza, laktozna intoleranca

Laktoza je ogljikov hidrat, disaharid, sestavljen iz glukoze in galaktoze, ki sta medsebojno povezani z glikozidnimi vezmi. Koncentracija laktoza v mleku se pri različnih sesalcih giblje med 0 – 10 %, pri govedu je povprečna vrednost laktoze 4,7 %.

Vrsta mleka	Laktoza (%)
KRAVJE	4,7
KOZJE	4,7
OVČJE	4,5
KOBILJE	6,2
BIVOLJE	4,8
HUMANO	7,0

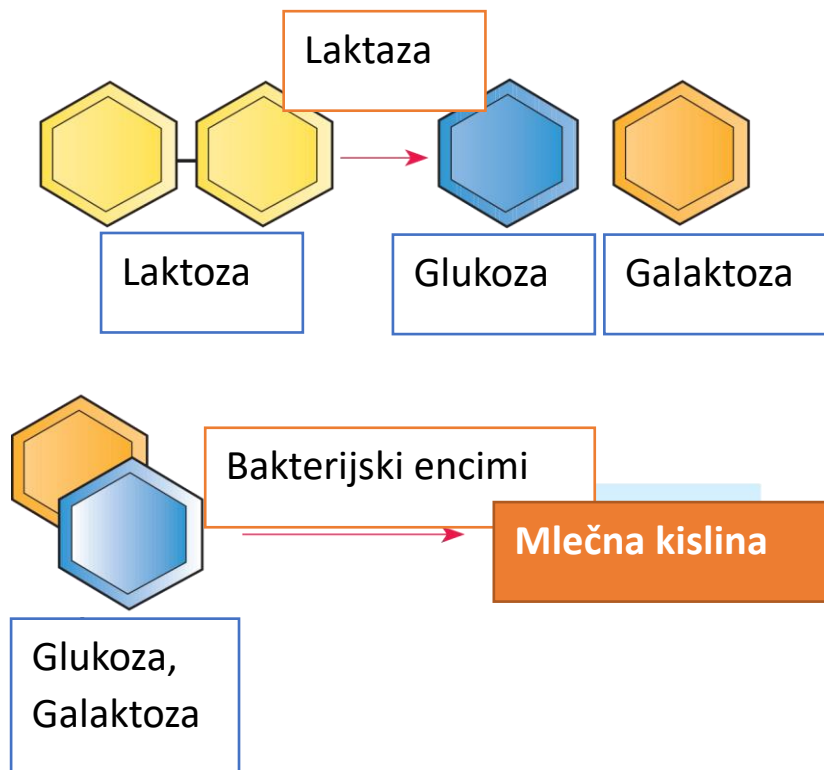
Laktoza ima nizko sladkost (16-odstotna laktoza ima enako sladkost kot 1-% saharoza), kar omejuje uporabnost laktoze kot sladila. Naravno prisotna je le v mleku, vendar ga zaradi ugodnih lastnosti dodajajo tudi v druge izdelke. V prvem letu otrokovega življenja je laktoza, prisotna v materinem mleku najpomembnejši vir energije, za odrasle pa nima posebne prehranske vrednosti.

Značilna spojina mleka je imenovana mlečni sladkor in predstavlja največji delež suhe snovi mleka, je pokazatelj kakovosti mleka in zdravstvenega stanja živali. Pri govedu, obolelim za mastitisom je vsebnost laktoze nižja.

### Osnovno o encimu laktaza

Pri predelavi mleka in uživanju mleka govorimo o dveh vrstah razgradnja laktoze, in sicer primarno **poteka v prebavnem traktu**, proces pa izkoriščamo tudi pri **mlečnokislinski fermnetaciji**.

Za proces v vsakem primeru potrebujemo **encim laktazo**, ki v procesu hidrolize najprej loči laktozo na glukozo in galaktozo in nato glukozo fermentira v mlečno kislino.



### Razgradnja laktoze v prebavnem traktu

V telesu se razgradi pred absorpcijo v prebavnem traktu, črevesne resice izločajo encim laktazo ( $\beta$ -D-galaktozidaza), ki se v procesu hidrolize razgradi v **dva enostavna sladkorja**, in sicer **glukozo in galaktozo**, ki se lahko absorbirata. Pri zmanjševanju uživanja mleka (in laktoza) se pri večini sesalcev proizvodnja laktaze postopno zmanjšuje (ponavadi je to povezano z odraščanjem).

### Primarna laktozna intoleranca

Pri posameznikih z laktozno intoleranco se encim ne izloča, zato se laktoza ne razgraja in s tem povzroča nastajanje plinov v črevesni mikrobioti, kar povzroča napenjanje, vetrove, prebavne motnje in druge simptome. Odsotnost encima laktaze, se redkeje pojavlja v področjih, kjer mleko sesalcev (govedo, koze, ovce, ...) predstavlja pomemben del prehrane. Posamezniki s laktozno intoleranco se lahko poslužujejo zdravih in prehranskih dopolnil z encimsko aktivnostjo laktaze, ali pa uživajo mleko in mlečne izdelke brez laktoze (torej je le-ta razgrajena tekom proizvodnje).

Ljudje, ki ne prenašajo tega sladkorja, imajo pomanjkanje  $\beta$ -galaktozidaze v tankem črevesu. Ta encim je pri sesalcih prisoten v obdobju dojenja, vendar se pri večini posameznikov aktivnost  $\beta$ -galaktozidaze po tem obdobju zmanjša, kar je značilno za primarno hipolaktazijo in povzroča simptome laktozne intolerance. Ta motnja prizadene približno 70 % odraslega svetovnega prebivalstva. Prevalenca laktozne intolerance v zahodnih državah znaša od 4 do 50 %.

### **Sekundarna laktozna intoleranca**

Sekundarno laktozno intoleranco povzročijo zdravstvena stanja kot so npr. Crohnova bolezen, ulcerozni kolitis, gastroenteritis, celiakija, kjer gre za deformacijo črevesnih resic in zmanjšanje izločanje laktaze. Ob tem je pomembno omeniti, da laktozna intoleranca ni enaka alergiji na mleko, kjer težave povzročajo beljakovine v mleku in ne ogljikov hidrat in zato brezlaktozno mleko pri alergiji na mleko ne pomaga.

### **Laktoza pomembna za proizvodnjo fermentiranih mlečnih izdelkov**

Nekateri mikroorganizmi, predvsem mlečnokislinske bakterije, lahko razgradijo ali fermentirajo laktozo v mlečno kislino in nekatere druge spojine, kar je izredno velikega pomena za celotno mlekarstvo. V mleku poteka hidroliza disaharida laktoze do monosaharidov glukoze in galaktoze. Lahko se popolnoma razgradijo do  $\text{CO}_2$  in vode (oksidativni metabolizem) ali pa pride do fermentacije. Pri fermentaciji običajno nastanejo različni proizvodi, kot so organske kisline (mlečna kislina, maslena kislina itd.), alkoholi (etilni alkohol, butilni alkohol itd.) in plini (vodik, ogljikov dioksid itd.). Najpomembnejša oblika fermentacije v mleku je mlečnokislinska fermentacija laktoze v mlečno kislino. Ta reakcija se uporablja pri proizvodnji sira, jogurta in drugih kislinskih izdelkov. Ob tem bakterijski encimi izločijo laktazo in povročijo razkroj laktoze na glukozo in galaktozo. Glukozo fermentirajo v mlečno kislino, galaktoza pa postane del glikolipidov in del glikoproteinov.

### **Laktaza v procesu predelave mleka**

Uporablja se industrijsko proizvedena laktaza, ki je lahko pridobljena iz kvasovk kot so *Kluyveromyces fragilis* in *Kluyveromyces lactis* ali iz gliv, kot so *Aspergillus niger* in *Aspergillus oryzae*. Primarni namen je uničiti laktozo v mleku in jo narediti primerno za ljudi z laktozno intoleranco. Laktaza se uporablja tudi v proizvodnji sladolede. Ker sta glukozo in galaktozo bolj sladka kot laktoza, laktaza proizvede boljši okus. Laktoza tudi kristalizira sladolede pri nizkih temperaturah, vendar je pomembno da produkti ostanejo tekoči in bolj fine strukture.

## Dostopnost encima

Encim laktazo najdemo v bakterijah, glivah in kvasovkah. V rastlinah ga najdemo predvsem v mandljih, breskvah, jabolkih in marelicah, v komercialnem in industrijskem merilu se najpogosteje uporabljata vira  $\beta$ -galaktozidaze (laktaze) plesni *Aspergillus* in *Kluyveromyces*.

## Bakterijski viri

$\beta$ -galaktozidaza, pridobljena iz bakterijskih virov, se uporablja za hidrolizo laktoze zaradi visoke aktivnosti, enostavne fermentacije in stabilnosti encima. Pridobljena je iz probiotične bakterije *Bifidobacterium* in se uporablja v živilih in v farmacevtske namene. Pogosto se uporabljajo bakterije iz vrste *Lactobacillus*, ki so jih prvotno izolirali iz gastrointestinalnega trakta pujskov in so zelo priljubljeni v proizvodnji fermentiranih mlečnih izdelkov (poleg bakterije *Streptococcus thermophilus* je *Lactobacillus bulgaricus* starterska kultura pri proizvodnji jogurta).  $\beta$ -galaktozidaza (laktaza) je pri ljudeh, zaradi bakterije *Lactobacillus*, prisotna tudi v črevesni mikrobioti, kjer pospešuje fermentacijo laktoze, z merjenjem aktivnosti te bakterije se tudi ugotavlja sposobnost črevesne mikrobiote.

## Kvasovke

Kvasovka *Kluyveromyceslactis* je eden od komercialno pomembnejših virov laktaze in je prisotna v mlečnem okolju. Optimalni pH laktoze, pridobljene iz te kvasovke je med 6,0 in 7,0.

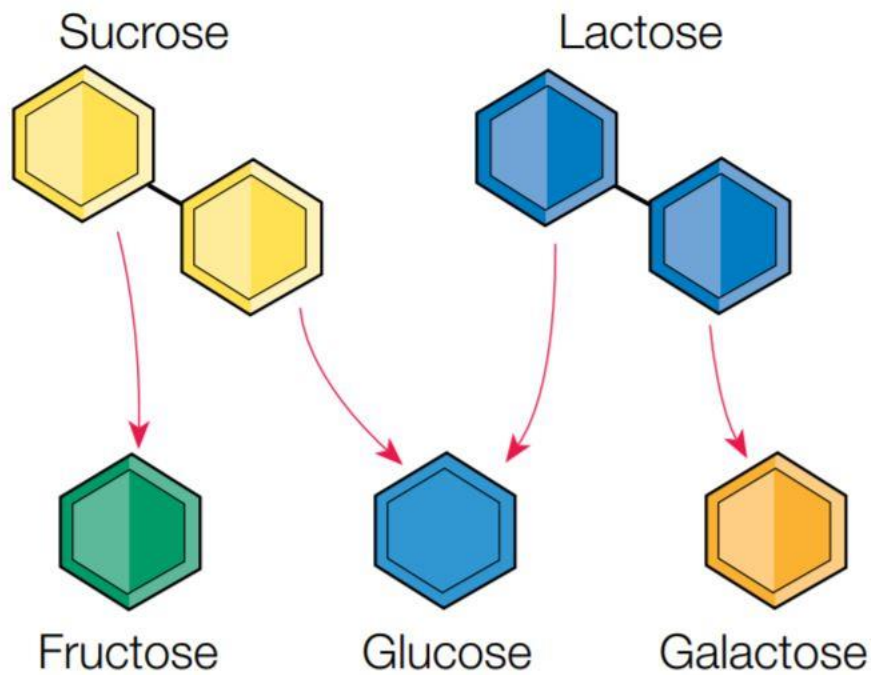
Poleg tega se v živilski industriji za hidrolizo sirotke in mleka uporablja hladno aktivna kislata laktaza, izolirana iz seva psihrofilne vrste kvasovk *Guehomyce spullulans*. Na aktivnost različnih laktaz vpliva prisotnost različnih ionov. Kvasni laktazi iz *Kluyveromyces lactis* in *Kluyveromyces fragilis* potrebujejo ione, kot so mangan ( $Mn^{2+}$ ), natrij ( $Na^{+}$ ) in magnezij ( $Mg^{2+}$ ), medtem ko prisotnost težkih kovin in kalcija ( $Ca^{2+}$ ) zavira aktivnost encima.

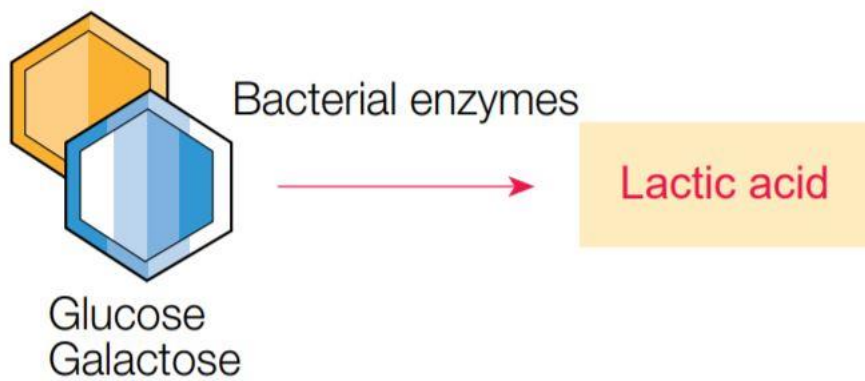
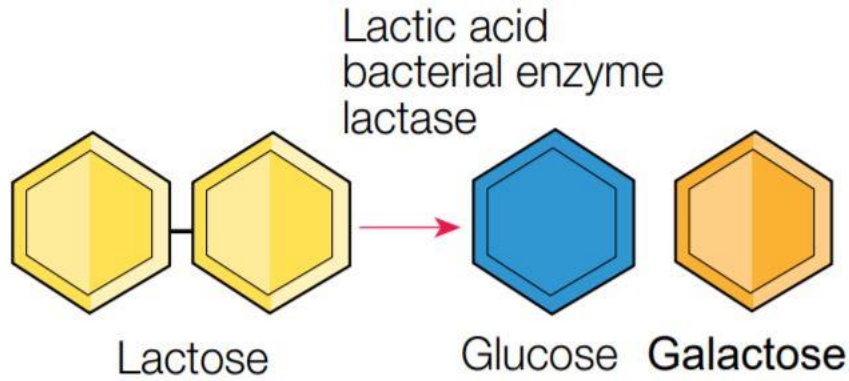
## Plesni

Laktaze, pridobljene iz plesni, imajo optimalno kislo pH območje od 2,5 do 5,4, zato so učinkovitejše pri hidrolizi laktoze v kislinskih snoveh, kot je sirotka. Plesni proizvajajo zelo stabilne encime. Najpogostejši viri laktaz iz plesni so nekatere vrste *Aspergillus*. *Aspergillus oryzae* proizvaja laktazo, ki jo uporabljamo v prosti prodaji, kort prehransko dopolnilo. Povprečen čas med zaužitjem zdravila/dopolnila in kalitivijo je 4 ure, torej aktivnost encima laktaza nastopi po 4 urah po zaužitju.

## Rastline

Laktaze so razširjene tudi v rastlinah, kjer prispevajo k rasti rastlin, hidrolizi laktoze in zorenju plodov. Encim sodeluje pri zorenju sezamov z zmanjšanjem vsebnosti galaktozila v celični steni, kar olajša proces zorenja plodov. Laktaze iz vira papaje povzročajo hidrolizo celične stene in posledično mehčanje plodov med zorenjem. Aktivno laktazo so našli tudi v celični steni jagode (*Fragaria ananassa*), kjer se plodovi zmehčajo zaradi sproščanja prostih sladkorjev med zorenjem.





Viri:

Lactose (1995) (29-30 str.) Dairy processing handbook. TetraPak

Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani. 2010. Laktoza. Ljubljana. (elektronski vir) <http://wiki.fkkt.uni-lj.si/index.php/Laktoza> (2021)

Prehrana.si. Nacionalni portal o hrani in prehrani. Vse o mleku, laktozi in laktozni intoleranci. Ljubljana <https://www.prehrana.si/clanek/217-vse-o-mleku-laktozi-in-laktozni-intoleranci> (2021)

Saqib, S., Akram, A., Halim, S. A., & Tassaduq, R. (2017). Sources of  $\beta$ -galactosidase and its applications in food industry. *3 Biotech*, 7(1), 79. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0645-5>