



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, netolerancija na laktozu

Laktoza je ugljeni hidrat, disaharid koji se sastoji od molekula glukoze i galaktoze, koji su međusobno povezani glikozidnim vezama. Sadržaj laktoze u mleku različitih sisara kreće se između 0 - 10%, prosečna vrednost laktoze u mleku goveda je 4,7%.

Vrsta mleka	Laktoza (%)
KRAVLJE	4,7
KOZIJE	4,7
OVČIJE	4,5
KOBIJE	6,2
BIVOLICE	4,8
LJUDSKO MLEKO	7,0

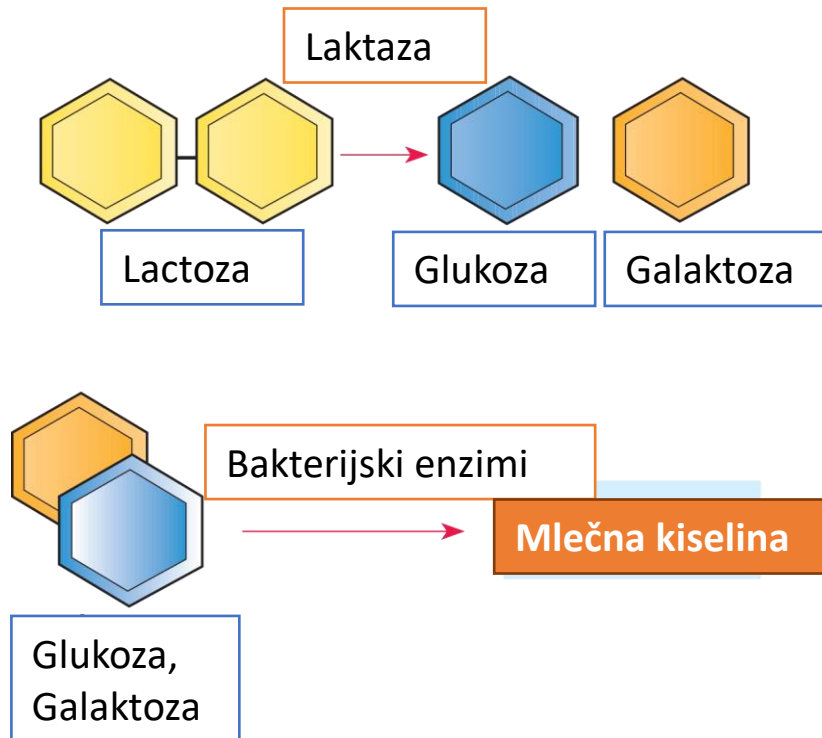
Laktoza nije mnogo slatka (16% laktoze je slatko kao 1% saharoze), pa se ne koristi često kao zaslađivač. Laktoza se može naći samo u mleku, ali se zbog svojih korisnih svojstava dodaje drugim proizvodima. U prvoj godini života deteta, laktoza u majčinom mleku je najvažniji izvor energije, ali nema posebnu nutritivnu vrednost za odrasle.

Mlečni šećer je tipično jedinjenje mleka i predstavlja najveći udeo čvrste materije mleka, pokazatelj je kvaliteta mleka i zdravlja životinja. Ako životinja boluje od mastitisa, njeno mleko ima manji sadržaj laktoze.

O enzimu laktazi

Postoje dve vrste razlaganja laktoze u preradi i potrošnji mleka. U **digestivnom traktu** i u **fermentaciji mlečne kiseline**.

U oba slučaja, proces zahteva **enzim laktazu**. U procesu hidrolize, laktaza prvo razdvaja laktozu na glukozu i galaktozu, a zatim fermentira glukozu u mlečnu kiselinu.



Razgradnja laktoze u digestivnom traktu

Naše telo razlaže laktozu pre nego što dođe u digestivni trakt. Crevne resice luče enzim laktazu (β -D-galaktozidazu), koji u procesu hidrolize razlaže laktozu na dva jednostavna šećera, glukozu i galaktozu, koji se mogu apsorbovati. Kako se unos mleka (i laktoze) smanjuje, proizvodnja laktaze se takođe postepeno smanjuje kod većine sisara (obično povezano sa odrastanjem).

Primarna netolerancija na laktozu

Osobe koje su netolerantne na laktozu ne mogu da luče enzim, pa se laktoza ne razgrađuje i tako pa mikroorganizmi u digestivnom traktu razlažu laktozu i dovode do stvaranja gasova, izazivajući nadimanje, naduvanje, loše varenje i druge simptome. Odsustvo enzima laktaze se ređe javlja ako je mleko (goveda, koze, ovce,...) važan deo ishrane. Osobe sa netolerancijom na laktozu mogu da koriste lekove i dijetetske suplemente sa aktivnošću enzima laktaze ili da konzumiraju mleko i mlečne proizvode bez laktoze (tj. razgrađuju se tokom proizvodnje).

Ljudi koji su netolerantni na ovaj šećer imaju nedostatak β -galaktozidaze u tankom crevu. Ovaj enzim je prisutan kod sisara tokom perioda konzumiranja majčinog mleka, ali kod većine pojedinaca

aktivnost β -galaktozidaze opada nakon ovog perioda, što je karakteristično za primarnu hipolaktaziju i izaziva simptome netolerancije na laktozu. Ovaj poremećaj pogađa oko 70% odrasle populacije u svetu. Prevalenca netolerancije na laktozu u zapadnim zemljama kreće se od 4 do 50%.

Sekundarna netolerancija na laktozu

Sekundarna netolerancija na laktozu je uzrokovana medicinskim stanjima kao što su Kronova bolest, ulcerozni kolitis, gastroenteritis, celijakija... bolesti koje izazivaju deformaciju crevnih resica i smanjenje lučenja laktaze. Važno je napomenuti da netolerancija na laktozu nije isto što i alergija na mleko. Alergiju na mleko izazivaju proteini, a ne ugljeni hidrati, pa stoga mleko bez laktoze nije pogodno za osobe sa alergijom na mleko.

Laktoza je važna za proizvodnju fermentisanih mlečnih proizvoda

Neki mikroorganizmi, posebno bakterije mlečne kiseline, mogu razgraditi ili fermentisati laktozu u mlečnu kiselinu i neka druga jedinjenja, što je izuzetno važno za mlečnu industriju. Laktoza, disaharid, se hidrolizuje u monosaharide, glukozu i galaktoze. Mogu se potpuno razložiti na CO₂ i vodu (oksidativni metabolizam) ili fermentisati. Fermentacijom obično nastaju različiti proizvodi kao što su organske kiseline (mlečna kiselina, buterna kiselina itd.), alkoholi (etil alkohol, butil alkohol itd.) i gasovi (vodonik, ugljen-hidroksid itd.). Najvažniji oblik fermentacije u mleku je mlečnokisela fermentacija laktoze u mlečnu kiselinu. Ova reakcija se koristi u proizvodnji sira, jogurta i drugih kiselih proizvoda. Pored toga, bakterijski enzimi luče laktazu i izazivaju razgradnju laktoze na glukozu i galaktozu. Glukoza se fermentiše u mlečnu kiselinu, a galaktoza postaje deo glikolipida i glikoproteina.

Laktaza u procesu proizvodnje mleka

Proizvodnja mleka zahteva upotrebu industrijski proizvedene laktaze, koja se može dobiti od kvasaca kao što su *Kluyveromyces fragilis* i *Kluyveromyces lactis*, ili od gljiva kao što su *Aspergillus niger* i *Aspergillus oryzae*. Primarna svrha je da se laktoza razgradi u mleku i učini je pogodnom za ljude koji su netolerantni na laktozu. Laktaza se takođe koristi u proizvodnji sladoleda. Pošto su glukoza i galaktoza slađe od laktoze, sladoled ima bolji ukus. Laktoza kristališe u sladoledu na niskim temperaturam.

Dostupnost enzima

Enzim laktaza se može naći u bakterijama, gljivama i kvascima. U biljkama se nalazi uglavnom u bademima, breskvama, jabukama i kajsijama. Prema komercijalnim i industrijskim kriterijumima, najčešće korišćeni izvori β -galaktozidaze (laktaze) su plesni *Aspergillus* i *Kluyveromyces*.

Poreklo iz bakterija

β -galaktozidaza dobijena iz bakterija koristi se za hidrolizu laktoze zbog svoje visoke aktivnosti, lake fermentacije i stabilnosti enzima. Dobija se od probiotičke bakterije *Bifidobacterium* i koristi se u ishrani i u farmaceutske svrhe. Bakterije vrste *Lactobacillus*, prvobitno izolovane iz gastrointestinalnog trakta prasadi i koje se široko koriste u proizvodnji fermentisanih mlečnih proizvoda, se najčešće koriste (pored *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* je starter kultura u proizvodnji jogurta). Zbog bakterije *Lactobacillus*, β -galaktozidaza (laktaza) je takođe prisutna u ljudskom digestivnom traktu, gde ubrzava fermentaciju laktoze. Merenjem aktivnosti ove bakterije možemo utvrditi aktivnost mikroorganizama digestivnog traktae.

Poreklo iz kvasac

Kvasac *Kluyveromyceslactis* je jedan od najvažnijih izvora laktaze i često se koristi u mlečnoj industriji. Optimalni pH laktaze dobijen iz ovog kvasca je između 6,0 i 7,0.

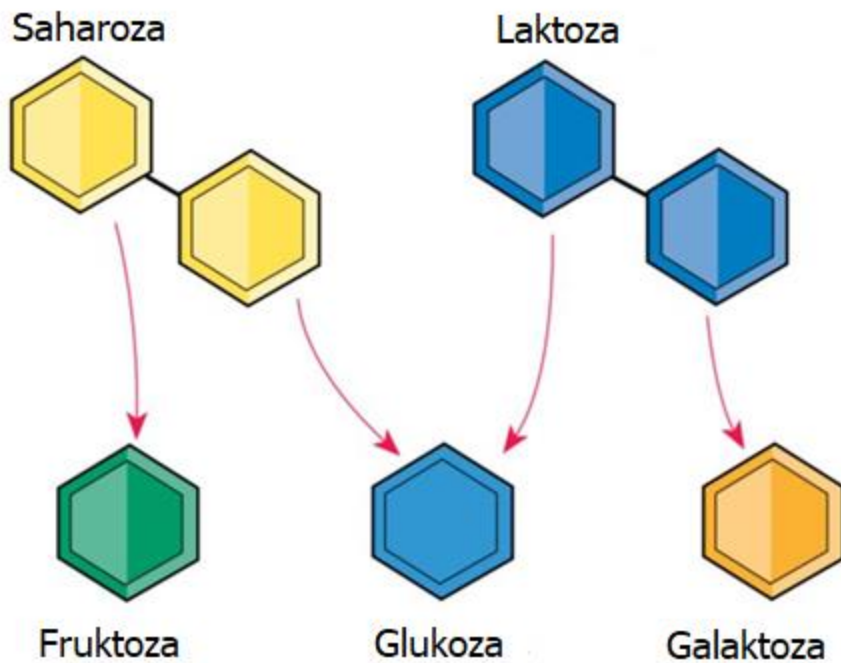
Pored toga, hladno aktivna kisela laktaza (izolovana iz soja psihrofilne vrste kvasca *Guehomyce spullulans*) se koristi u prehrambenoj industriji za hidrolizu surutke i mleka. Na aktivnost različitih laktaza utiče prisustvo različitih jona. Laktaze kvasca iz *Kluyveromyces lactis* i *Kluyveromyces fragilis* zahtevaju jone kao što su mangan (Mn^{2+}), natrijum (Na^{+}) i magnezijum (Mg^{2+}), dok prisustvo teških metala i kalcijuma (Ca^{2+}) inhibira aktivnost enzima.

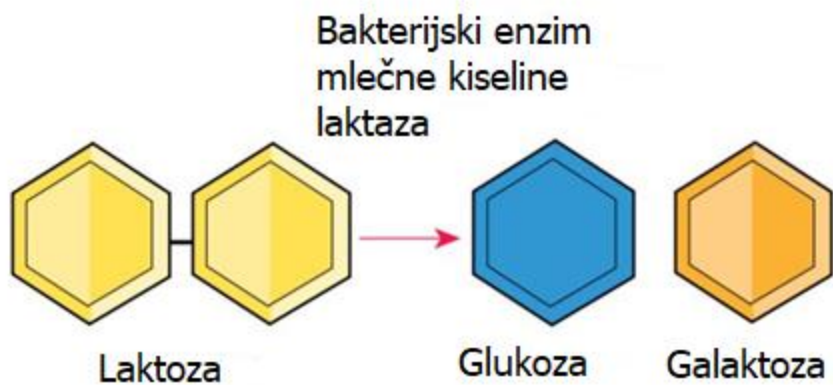
Poreklo iz plesni

Laktaze dobijene iz plesni imaju optimalni pH opseg od 2,5 do 5,4 i stoga su efikasnije u hidrolizi laktoze u kiselim supstancama kao što je surutka. Plesni proizvode veoma stabilne enzime. Najčešći izvori laktaza plesni su neke vrste *Aspergillus*. *Aspergillus oryzae* proizvodi laktazu, koja se otvoreno prodaje kao dodatak ishrani. Aktivnost enzima laktaze se javlja 4 sata nakon ingestije.

Poreklo iz biljaka

Laktaze takođe preovlađuju u biljkama, gde doprinose rastu biljaka, hidrolizi laktoze i sazrevanju plodova. Enzim učestvuje u sazrevanju semena susama tako što smanjuje sadržaj galaktozila u ćelijskom zidu, što olakšava proces sazrevanja plodova. Laktaza iz papaje izaziva hidrolizu ćelijskog zida i posledično omekšavanje ploda tokom zrenja. Aktivna laktaza se takođe nalazi u ćelijskom zidu jagode (*Fragaria ananassa*), gde plodovi omekšaju usled oslobađanja slobodnih šećera tokom zrenja.





Reference: Lactose (1995) (page: 29-30) 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 β -galactosidase and its applications in food industry. *3 Biotech*, 7(1), 79. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0645-5>