



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.

1 LAKTOZA, LAKTAZA, NETOLERANCIJA NA LAKTOZU

Laktoza je ugljikohidrat, disaharid sastavljen od glukoze i galaktoze, koji su međusobno povezani glikozidnim vezama. Koncentracija laktoze u mlijeku različitih sisavaca kreće se između 0-10%, prosječna vrijednost laktoze u stočnom mlijeku je 4,7%.

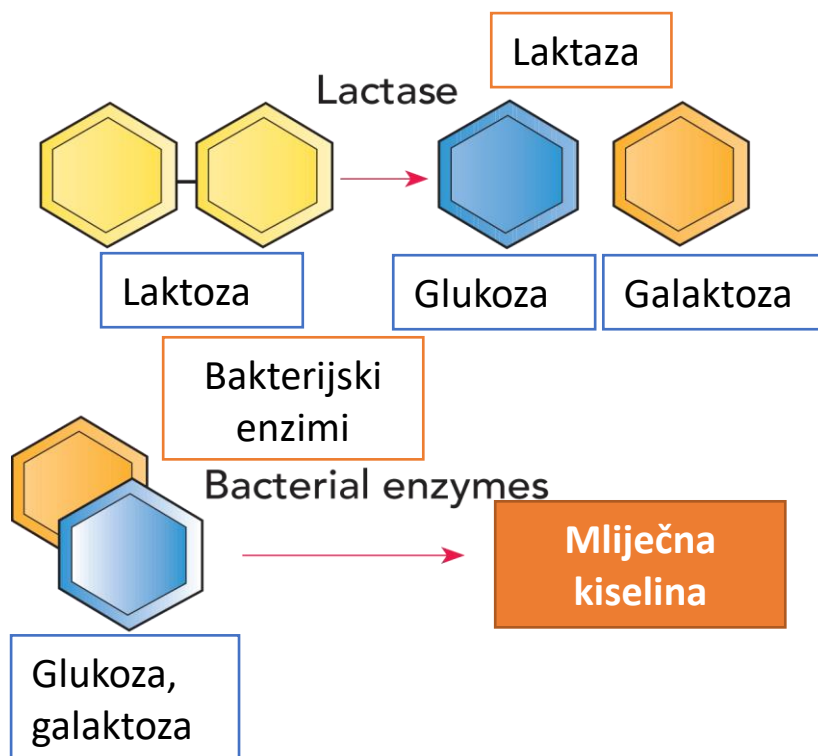
| Vrsta mlijeka | Laktoza (%) |
|---------------|-------------|
| KRAVLJE | 4,7 |
| KOZE | 4,7 |
| OVČJE | 4,5 |
| KOBIJE | 6,2 |
| BIVOLJE | 4,8 |
| LJUDSKO | 7,0 |

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

Mliječni šećer je tipičan spoj u mlijeku i predstavlja najveći udio mliječnih krutina, pokazatelj je kvalitete mlijeka i zdravlja životinja. Ako životinja pati od mastitisa, njezino mlijeko ima niži sadržaj laktoze.

O enzimskoj laktazi

Postoje dvije vrste razgradnje laktoze u preradi i potrošnji mlijeka. U **probavnom traktu** i fermentaciji **mliječne kiseline**. U oba slučaja proces zahtijeva **enzim laktazu**. U procesu hidrolize laktaza najprije razlaže laktozu na glukozu i galaktozu, a zatim fermentira glukozu u mliječnu kiselinu.



Razgradnja laktoze u probavnom traktu

Naše tijelo razgrađuje laktozu prije nego što dođe do probavnog trakta. Crijevne resice izlučuju enzim laktazu (β -D-galaktozidazu), koja se u procesu hidrolize razgrađuje laktozu na dva jednostavna šećera, glukozu i galaktozu, koji se mogu apsorbirati. Kako se smanjuje unos mlijeka (i laktoze), proizvodnja laktaze također se postupno smanjuje kod većine sisavaca (obično povezanih s odrastanjem).

Primarna netolerancija na laktozu

Pojedinci netolerantni na laktozu ne mogu izlučiti enzim, pa se laktoza ne razgrađuje i tako stvara plinove u crijevnoj mikrobioti, uzrokujući nadutost, vjetrove, probavne smetnje i druge simptome. Odsutnost enzima laktaze javlja se rjeđe ako je mlijeko (goveda, koze, ovce, ...) važan dio prehrane. Osobe s netolerancijom na laktozu mogu koristiti lijekove i dodatke prehrani s enzimskom aktivnošću laktaze ili konzumirati mlijeko i mliječne proizvode bez laktoze (tj. razgrađuje se tijekom proizvodnje). Ljudi koji ne podnose ovaj šećer imaju nedostatak β -galaktozidaze u tankom crijevu. Ovaj enzim je prisutan kod sisavaca tijekom laktacije, ali kod većine jedinki aktivnost β -galaktozidaze smanjuje se nakon tog razdoblja, što je karakteristično za primarnu hipolaktaziju i uzrokuje simptome netolerancije na laktozu. Ovaj poremećaj pogađa oko 70% odrasle populacije na svijetu. Prevalencija netolerancije na laktozu u zapadnim zemljama kreće se od 4 do 50%.

Sekundarna netolerancija na laktozu

Sekundarna netolerancija na laktozu uzrokovana je medicinskim stanjima kao što su Crohnova bolest, ulcerozni kolitis, gastroenteritis, celijakija, bolesti koje uzrokuju deformaciju crijevnih resica i smanjenje izlučivanja laktaze. Važno je napomenuti da netolerancija na laktozu nije isto što i alergija na mlijeko. Alergija na mlijeko uzrokovana je proteinima, a ne ugljikohidratima, pa mlijeko bez laktoze nije pogodno za osobe s alergijom na mlijeko.

Laktoza je važna za proizvodnju fermentiranih mliječnih proizvoda

Neki mikroorganizmi, osobito bakterije mliječne kiseline, mogu razgraditi ili fermentirati laktozu u mliječnu kiselinu i neke druge spojeve, što je izuzetno važno za mliječnu industriju. Disaharid laktoze hidrolizira se u monosaharide glukoze i galaktoze. Mogu se potpuno razgraditi u CO₂ i vodu (oksidativni metabolizam) ili fermentirati. Fermentacija obično proizvodi razne proizvode kao što su organske kiseline (mliječna kiselina, maslačna kiselina itd.), alkohole (etil alkohol, butil alkohol itd.) te plinove (vodik, ugljični hidroksid itd.). Najvažniji oblik fermentacije u mlijeku je fermentacija mliječne kiseline laktoze u mliječnu kiselinu. Ova reakcija se koristi u proizvodnji sira, jogurta i drugih kiselih proizvoda. Osim toga, bakterijski enzimi izlučuju laktazu i uzrokuju razgradnju laktoze na glukozu i galaktozu. Glukoza se fermentira u mliječnu kiselinu, a galaktoza postaje dio glikolipida i glikoproteina.

Laktaza u procesu proizvodnje mlijeka

Proizvodnja mlijeka zahtijeva uporabu industrijski proizvedene laktaze, koja se može dobiti iz kvasaca kao što su *Kluyveromyces fragilis* i *Kluyveromyces lactis*, ili od gljivica kao što su *Aspergillus niger* i *Aspergillus oryzae*. Primarna svrha je razgraditi laktozu u mlijeku i učiniti je pogodnom za osobe netolerantne na laktozu. Laktaza se također koristi u proizvodnji sladoleda. Budući da su glukoza i galaktoza slađe od laktoze, laktaza daje bolji okus. Laktoza također kristalizira sladoled na niskim temperaturama, ali važno je da proizvodi ostanu tekućiji i imaju finu strukturu.

Dostupnost enzima

Enzim laktaza može se naći u bakterijama, gljivicama i kvascima. U biljkama se uglavnom nalazi u bademima, breskvama, jabukama i marelicama. Prema komercijalnim i industrijskim kriterijima, najčešće korišteni izvori β -galaktozidaze (laktaze) su gljivice *Aspergillus* i *Kluyveromyces*.

Bakterijski izvori

β -galaktozidaza dobivena od bakterija koristi se za hidrolizu laktoze zbog svoje visoke aktivnosti, jednostavne fermentacije i stabilnosti enzima. Dobiva se iz probiotičke bakterije *Bifidobacterium* i koristi se u hrani i za farmaceutske svrhe. Obično se koriste bakterijske vrste *Lactobacillus*, izvorno izolirane iz gastrointestinalnog trakta prasadi i široko korištene u proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda (kao i *Streptococcus thermophilus*). *Lactobacillus bulgaricus* je starter kultura u proizvodnji jogurta. Zbog bakterije *Lactobacillus*, β -galaktozidaza (laktaza) također je prisutna u ljudskoj crijevnoj mikrobioti, gdje ubrzava fermentaciju laktoze. Mjereći aktivnost ove bakterije možemo odrediti sposobnost crijevne mikrobiote.

Kvasac

Kvasac *Kluyveromyceslactis* jedan je od najvažnijih izvora laktaze i često se koristi u mliječnoj industriji. Optimalna pH vrijednost laktoze dobivene iz ovog kvasca je između 6,0 i 7,0.

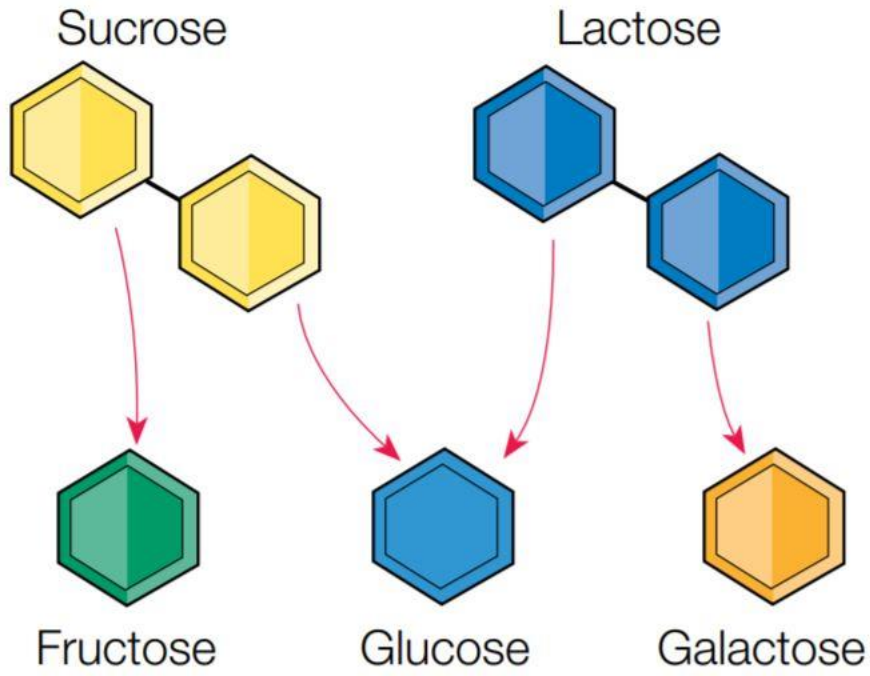
Osim toga, hladno aktivna kiselinska laktaza (izolirana od soja psihrofilnih vrsta kvasca *Guehomyce spullulans*) koristi se u prehrambenoj industriji za hidrolizu sirutke i mlijeka. Na aktivnost različitih laktaza utječe prisutnost različitih iona. Laktaze kvasca iz *Kluyveromyces lactis* i *Kluyveromyces fragilis* zahtijevaju ione kao što su mangan (Mn^{2+}), natrij (Na^+) i magnezij (Mg^{2+}), dok prisutnost teških metala i kalcija (Ca^{2+}) inhibira aktivnost enzima.

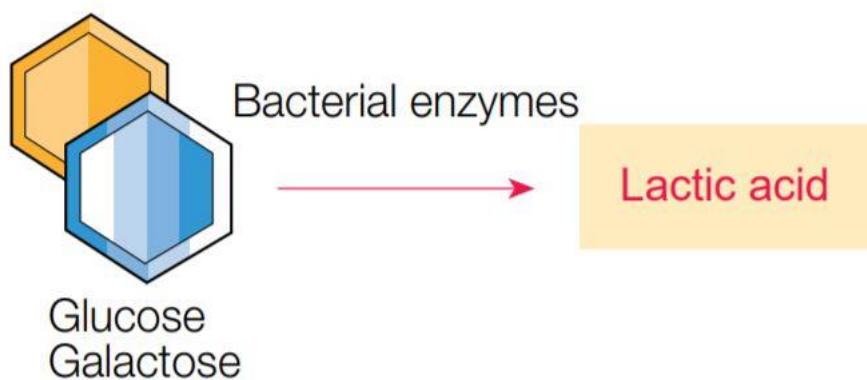
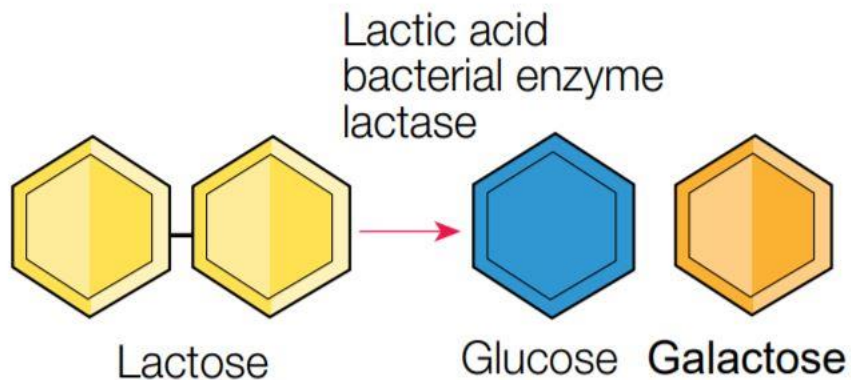
Plijesni

Laktaze dobivene iz plijesni imaju optimalan kiseli pH raspon od 2,5 do 5,4 i stoga su učinkovitije u hidroliziranju laktoze u kiselim medijima kao što je sirutka. Plijesni proizvode vrlo stabilne enzime. Najčešći izvori laktaza plijesni su neke vrste *Aspergillus*. *Aspergillus oryzae* proizvodi laktazu, koja se otvoreno prodaje kao dodatak prehrani. Aktivnost enzima laktaze javlja se 4 sata nakon konzumacije.

Biljke

Laktaze također prevladavaju u biljkama, gdje doprinose rastu biljaka, hidrolizi laktoze i zrenju ploda. Ovaj enzim sudjeluje u zrenju sjemenki sezama smanjenjem sadržaja galaktozila u staničnoj stijenci, što olakšava proces zrenja ploda. Laktaza iz papaje uzrokuje hidrolizu stanične stijenke i posljedično omekšavanje ploda tijekom zrenja. Aktivna laktaza nalazi se i u staničnoj stijenci jagoda (*Fragaria ananassa*), gdje plodovi omekšavaju zbog oslobađanja slobodnih šećera tijekom zrenja.





References:

- 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>