

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Výběr potravin a stravování osob s laktózovou intolerancí**

**Bakalářská práce**

**Veronika Šorsáková**

**Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

**Ing. Klára Cejnová, Ph.D.**

© 2024 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Výběr potravin a stravování osob s laktózovou intolerancí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 25. 04. 2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. Kláře Cejpové, Ph.D. za její odborné vedení mé práce, trpělivost, ochotu a cenné rady při psaní bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala své rodině, která mě po celou dobu mého studia podporovala.

# Výběr potravin a stravování osob s laktózovou intolerancí

## Souhrn

Četné literární zdroje ukazují, že nutriční složení mléka se může mírně lišit v závislosti na faktorech, jako je zvíře, ze kterého mléko pochází a způsob zpracování. Dle studie bylo zjištěno, že nejméně laktózy obsahuje mléko kozí, nejvíce pak mléko mateřské. Mléko je velmi bohatým zdrojem plnohodnotných bílkovin a esenciálních aminokyselin, které si lidské tělo neumí samo vytvořit. Jedná se o celé spektrum vitaminů a minerálních látek, které jsou nezbytné pro funkci biochemických a fyziologických systémů v těle.

V návaznosti na složení lze charakterizovat zdravotní problémy spojené s konzumací mléka a mléčných výrobků. Zejména je třeba rozlišovat alergii na mléčnou bílkovinu – především kasein a laktózovou intoleranci. Intolerance laktózy je rozdělena dle stupně snášenlivosti, dále pak lze rozlišovat různé typy laktózové intolerance – primární, sekundární, vrozený deficit enzymu a vývojově vázaný deficit laktázy. U problematiky laktózové intolerance je popsán metabolismus laktózy a příznaky laktózové intolerance, které se liší dle jedince.

V posledních letech je intolerance laktózy stále rozšířenější. Nejvíce rozšířená je v oblastech, kde není konzumace mléka běžná a nejnižší výskyt je zaznamenán u obyvatel severní Evropy.

K diagnostice laktózové intolerance slouží několik metod, kdy nejčastěji používaným typem testu je dechový vodíkový test, dále je možné použít i laktózový toleranční test, expoziční test a genový test na intoleranci laktózy.

Odborné studie potvrzují, že v případě laktózové intolerance, není třeba zcela vysadit mléko a mléčné výrobky, ale jen snížit jejich konzumované množství nebo je nahradit bezlaktózovou alternativou. Zvláště důležité je dát si pozor na potraviny obsahující skrytou laktózu. Technologie odstraňování laktózy z mléka je nejčastěji prováděna pomocí hydrolýzy, chromatografických technik, membránové separace nebo ultrafiltrace. Princip hydrolýzy je založen na štěpení laktózy na glukózu a galaktózu za pomoci izolovaného enzymu  $\beta$ -galaktosidázy živočišného, rostlinného nebo mikrobiálního původu.

Z dostupných informací je zřejmé, že laktózovou intolerancí trpí stále větší část populace. S tím souvisí narůstající dostupnost bezlaktózových výrobků na trhu. Jednotlivé bezlaktózové produkty, jejich složení, výroba a následné výživové doporučení, je rozebráno v závěrečné části práce. Tyto upravené výrobky zajišťují dostatečný příjem vápníku, který je nezbytný pro správnou funkci kostí. Dále se odborníci shodují na suplementaci probiotik obsahující nepatogenní mikroorganismy, jako jsou kvasinky a bakterie, které mohou zmírnit různé gastrointestinální potíže a zlepšit tak celkový zdravotní stav, zejména pak laktobacily a bifidobakterie, napomáhající trávení laktózy.

Osoby s laktózovou intolerancí mohou užívat přípravky, jenž obsahují enzym laktáza a díky tomu regulovat aktivitu laktázy ve střevě. Tyto přípravky lze konzumovat i v případě, pokud si postižená osoba chce dopřát potravinu obsahující laktózu a neřešit následné zažívací potíže.

**Klíčová slova:** enzymová substituce, laktáza, mléko, mléčné výrobky, vápník



# Food choices and diet of lactose intolerant people

## Summary

Numerous literary sources indicate that the nutritional composition of milk may vary slightly depending on factors such as the animal it comes from and the processing method. According to a study, goat milk contains the least lactose, while breast milk contains the most. Milk is a rich source of complete proteins and essential amino acids that the human body cannot produce on its own. It contains a full spectrum of vitamins and minerals necessary for the function of biochemical and physiological systems in the body.

In relation to its composition, health problems associated with the consumption of milk and dairy products can be characterized. It is particularly important to distinguish between milk protein allergy – primarily casein – and lactose intolerance. Lactose intolerance is classified according to the degree of tolerance, and various types of lactose intolerance can be distinguished, such as primary, secondary, congenital enzyme deficiency, and developmentally linked lactase deficiency. The metabolism of lactose and the symptoms of lactose intolerance, which vary from individual to individual, are described in relation to lactose intolerance issues.

In recent years, lactose intolerance has become increasingly prevalent. It is most widespread in areas where milk consumption is not common, with the lowest incidence recorded among the population of northern Europe.

Several methods are used for diagnosing lactose intolerance, with the most commonly used being the hydrogen breath test. Other methods include the lactose tolerance test, exposure test, and genetic test for lactose intolerance.

Expert studies confirm that in the case of lactose intolerance, it is not necessary to completely eliminate milk and dairy products, but only to reduce their consumption or replace them with lactose-free alternatives. It is especially important to be cautious of foods containing hidden lactose. Technologies for lactose removal from milk commonly involve hydrolysis, chromatographic techniques, membrane separation, or ultrafiltration. The principle of hydrolysis is based on the breakdown of lactose into glucose and galactose using isolated  $\beta$ -galactosidase enzymes of animal, plant, or microbial origin.

From the available information, it is evident that an increasing portion of the population suffers from lactose intolerance. This correlates with the growing availability of lactose-free products on the market. The individual lactose-free products, their composition, production, and subsequent nutritional recommendations, are discussed in the final part of the work. These modified products ensure an adequate intake of calcium, which is essential for proper bone function. Furthermore, experts agree on the supplementation of probiotics containing non-pathogenic microorganisms, such as yeasts and bacteria, which can alleviate various gastrointestinal problems and improve overall health, especially lactobacilli and bifidobacteria, aiding in lactose digestion.

Individuals with lactose intolerance can use preparations containing the enzyme lactase to regulate lactase activity in the intestine. These preparations can also be consumed if the affected individual wants to indulge in a food containing lactose without worrying about subsequent digestive problems.

**Keywords:** enzyme substitution, lactase, milk, dairy products, calcium

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Mléko a mléčné výrobky</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Mýty o mléce</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Složení mléka</b>	<b>11</b>
3.2.1	Tuk	11
3.2.1.1	Nenasycené mastné kyseliny	12
3.2.1.2	Trans-mastné kyseliny	13
3.2.2	Bílkoviny	13
3.2.2.1	Kasein	13
3.2.2.2	Syrovátkové bílkoviny	14
3.2.2.3	$\beta$ -laktoglobulin	14
3.2.2.4	Hovězí sérový albumin	14
3.2.3	Sacharidy	15
3.2.3.1	Laktóza	15
3.2.3.2	Galaktóza	16
3.2.3.3	Glukóza	17
3.2.4	Laktáza	18
<b>3.3</b>	<b>Laktózová intolerance</b>	<b>18</b>
3.3.1	Princip laktózové tolerance	19
3.3.2	Příčiny laktózové intolerance	19
3.3.3	Typy laktózové intolerance	20
3.3.3.1	Primární typ laktózové intolerance	20
3.3.3.2	Sekundární typ laktózové intolerance	20
3.3.3.3	Vrozený deficit enzymu	20
3.3.3.4	Vývojově vázaný deficit laktázy	20
<b>3.4</b>	<b>Příznaky intolerance laktózy</b>	<b>21</b>
3.4.1	Typické příznaky	21
3.4.2	Netypické příznaky	21
<b>3.5</b>	<b>Diagnostika laktózové intolerance</b>	<b>22</b>
3.5.1	Druhy testů	22
3.5.1.1	Laktózový toleranční test	22
3.5.1.2	Dechový vodíkový test	23
3.5.1.3	Expoziční test	23

3.5.1.4	Genový test na intoleranci laktózy .....	23
<b>3.6</b>	<b>Výskyt laktóзовé intolerance .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7</b>	<b>Laktóзовá intolerance vs. Alergie na bílkovinu kravského mléka .....</b>	<b>25</b>
3.7.1	Alergie na kravskou bílkovinu .....	25
<b>3.8</b>	<b>Dietní řešení laktóзовé intolerance .....</b>	<b>26</b>
3.8.1	Nízkolaktóзовá a bezlaktóзовá dieta .....	27
3.8.1.1	Potraviny neobsahující laktóзу .....	28
3.8.1.2	Potraviny obsahující skrytou laktóзу .....	28
3.8.2	Výroba bezlaktóзовých produktů .....	29
3.8.3	Alternativy mléka.....	29
3.8.3.1	Bezlaktóзовé mléko .....	30
3.8.3.2	Výroba bezlaktóзовého mléka .....	30
3.8.3.3	Složení bezlaktóзовého mléka .....	31
3.8.4	Sýry .....	31
3.8.4.1	Tavené sýry .....	31
3.8.4.2	Mozzarella bez laktóзы .....	33
3.8.4.3	Tvaroh .....	33
3.8.5	Jogurty a fermentované výrobky .....	34
3.8.6	Zmrzlina .....	35
3.8.6.1	Výroba bezlaktóзовé zmrzliny.....	35
3.8.7	Výživová doporučení.....	36
3.8.7.1	Vápník .....	36
3.8.7.2	Probiotika.....	37
3.8.8	Faktory ovlivňující toleranci laktóзы .....	38
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Mléko je pro nás prastará a univerzální potravina, která nás živí od narození. S postupným dospíváním, jen malé procento světové populace skutečně pije mléko – většina dává přednost zpracovaným mléčným výrobkům, jako je máslo, sýry nebo jogurty (Velten 2010).

Mléko obsahuje makroživiny a minerální látky, vitamíny a důležité bioaktivní látky, jejichž množství je ovlivněno různými faktory, jako je genetika, zdravotní stav, stadium laktace a výživa zvířat (Cimmino et al. 2023).

Mezi problémové složky mléka patří mléčná bílkovina kasein – alergie na kravskou bílkovinu, a laktóza neboli mléčný cukr – intolerance na laktózu. Osoby s laktózovou intolerancí nejsou schopny strávit významné množství laktózy kvůli geneticky nedostatečnému množství enzymu laktázy. Mezi běžné příznaky patří bolesti břicha a nadýmání, nadměrná plynatost a vodnatá stolice po požití potravin obsahující laktózu (Swagerty et al. 2002).

Nedostatek laktázy se vyskytuje až u 15 % osob severoevropského původu, až u 80 % černochů a Latinoameričanů a až u 100 % amerických Indiánů a Asiatů (Swagerty et al. 2002).

V současné době je možné využít několik přístupů k léčbě nesnášenlivost laktózy. První zásah se týká stravování. Ačkoli se v minulosti kladl důraz především na vyloučení mléka a mléčných výrobků z jídelníčku, dnes se snažíme zachovat minimální denní příjem těchto potravin, jelikož mléko je důležitý zdrojem vápníku a bílkovin. Aby byl zjištěn příjem látek obsažených v mléčných výrobcích, aniž by docházelo ke zdravotním potížím způsobeným laktózou, byla zahájena výroba bezlaktózových potravin. Z výživového hlediska jsou srovnatelné s klasickými mléčnými výrobky s rozdílem, že neobsahují laktózu (McCain et al. 2018).

Hlavním cílem této práce je vytvořit ucelený literární přehled o problematice laktózové intolerance, představení bezlaktózových potravin dostupných na trhu a dietních opatřeních s tím spojených, s cílem zajistit vyváženou a plnohodnotnou stravu.

## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je zajištění souhrnu informací o problematice laktóзовé intolerance, o charakteristice tohoto onemocnění, jejího vzniku, jednotlivých typech, klinických projevech a faktorech, které toto onemocnění ovlivňují.

Dále je zde uvedeno porovnání bezlaktózových potravin a uvedení dietních opatření pro osoby s laktózovou intolerancí.

### 3 Mléko a mléčné výrobky

Mléko neboli produkt sekrece mléčné žlázy hospodářských zvířat se řadí mezi základní potraviny, které jsou nezbytné pro kvalitní výživu člověka všech věkových kategorií, jelikož jsou v něm obsaženy všechny základní živiny, minerální látky a vitaminy (Poděbradská 2012).

Vzhledem k tomu, o jak komplexní potravinu se jedná, by se mléko mohlo označovat za superpotravinu (Fourová 2022). Organizace OSN pro výživu a zemědělství (FAO) doporučuje konzumovat alespoň tři porce mléčných výrobků denně.

Koncentrace mléčného cukru v mléce je závislá na mnoha faktorech, jako je například výživa, zdravotní stav a věk samice, či živočišný druh. Každé mléko je specifické svou koncentrací laktózy. Laktózově nejbohatší je mléko mateřské (lidské) se zhruba 7 % koncentrací laktózy, nepatrně méně laktózy, tedy 6,7 % obsahuje mléko oslí a cca 6 % laktózy obsahuje koňské mléko. S největší pozorností je však nahlíženo na druhy mlék, které člověk běžně konzumuje. Hlavním zdrojem laktózy pro člověka je v dnešní společnosti mléko kravské, potažmo kozí a ovčí (viz Tabulka 1). Všechny tyto druhy mají velmi podobnou koncentraci mléčného cukru (Kopáček 2017)

#### 3.1 Mýty o mléce

O mléce ve světě koluje poměrně velké množství mýtů, V Tabulce 1 jsou obsaženy mýty a fakta.

Tabulka 1 Mýty a fakta o mléce (Institut moderní výživy 2017)

Mýtus	Pravda
<b>Mléko způsobuje laktózovou intoleranci</b>	Laktózová intolerance vzniká díky nízké aktivitě enzymu laktáza.
<b>Mléko způsobuje alergii na bílkovinu kravského mléka</b>	Alergie je imunologická reakce, která je způsobena díky bílkovinám v kravském mléku, ale mléko samostatně alergii nezpůsobuje.
<b>Tepelně opracované mléko je bez živin</b>	Mléčná bílkovina se tepelným opracováním nemění, rovněž obsah vápníku a vitaminů není změněn.
<b>Mléko způsobuje osteoporózu</b>	Mléko a mléčné výrobky svým zdrojem vápníku naopak mohou vznik osteoporózy zabránit.
<b>Mléko zahleňuje</b>	Textura mléčného tuku vytváří jemný povlak v ústech a v krku, který pak může být vnímán jako hlen.
<b>Vápní lze získat z jiných potravin, tak proč pít mléko</b>	Ano, vápník lze získat například ze zeleniny, ale kvůli kyselině listové je využitelnost nižší.

## 3.2 Složení mléka

Mléko obsahuje všechny tři základní živiny – sacharidy, tuky a bílkoviny. Chemické složení různých druhů mlék lze nalézt v Tabulce 2.

Mléčné bílkoviny patří mezi nejkvalitnější, jsou plnohodnotné a obsahují esenciální aminokyseliny, které si lidské tělo neumí samo vytvořit. Mléčné bílkoviny, společně s bílkovinami ve vaječném bílku a mase, patří mezi nejlépe využitelné, a to až z 95 % (Katoch 2021).

Mléko obsahuje celé spektrum vitaminů a minerálních látek, které jsou nezbytné pro funkci mnoha fyziologických a biochemických systémů v těle. Nejvíce zastoupeny jsou vitaminy lipofilní - rozpustné v tucích, tedy A, D, E, K, dále pak i hydrofilní vitaminy, konkrétně B a C. Lipofilní vitaminy jsou díky svým hydrofobním vlastnostem často přítomny v tukové frakci mléka (smetana, máslo), zatímco hydrofilní vitaminy se nacházejí ve vodné fázi mléka (Hill 2022).

Mléko je rozdělováno na dva druhy. Albuminové mléko, které produkují masožravci, všežravci a býložravci s jednoduchým žaludkem a kaseinové mléko, které je produkováno přežvýkavci a obsah kaseinu překračuje 75 % celkového obsahu bílkovin (Cimmino et al. 2023).

Dále jsou v mléce obsaženy fosfolipidy, cholesterol, sacharidy a spousta minerálních látek, například fosfor, hořčík a draslík. Hlavní minerální látkou v mléce je ovšem vápník, který je v lidském organismu velmi dobře využitelný (Fritzsche 2015).

*Tabulka 2 Složení různých druhů mléka (upraveno dle Pereira 2014)*

	Kozí	Ovčí	Kravske	Mateřské
<b>Tuk (%)</b>	3,8	7,9	3,6	4,0
<b>Laktóza (%)</b>	4,1	4,9	4,7	6,9
<b>Bílkoviny (%)</b>	3,4	6,2	3,2	1,2
<b>Energie (kcal/100 ml)</b>	70	105	69	68
<b>Vápník (mg/100 g)</b>	134	193	122	33

### 3.2.1 Tuk

Mléčný tuk je energeticky nejbohatší složkou mléka (Šustová & Sýkora 2013). Vyskytuje se ve formě tukových kuliček o velikosti 0,2–15  $\mu\text{m}$  (Singh 2006).

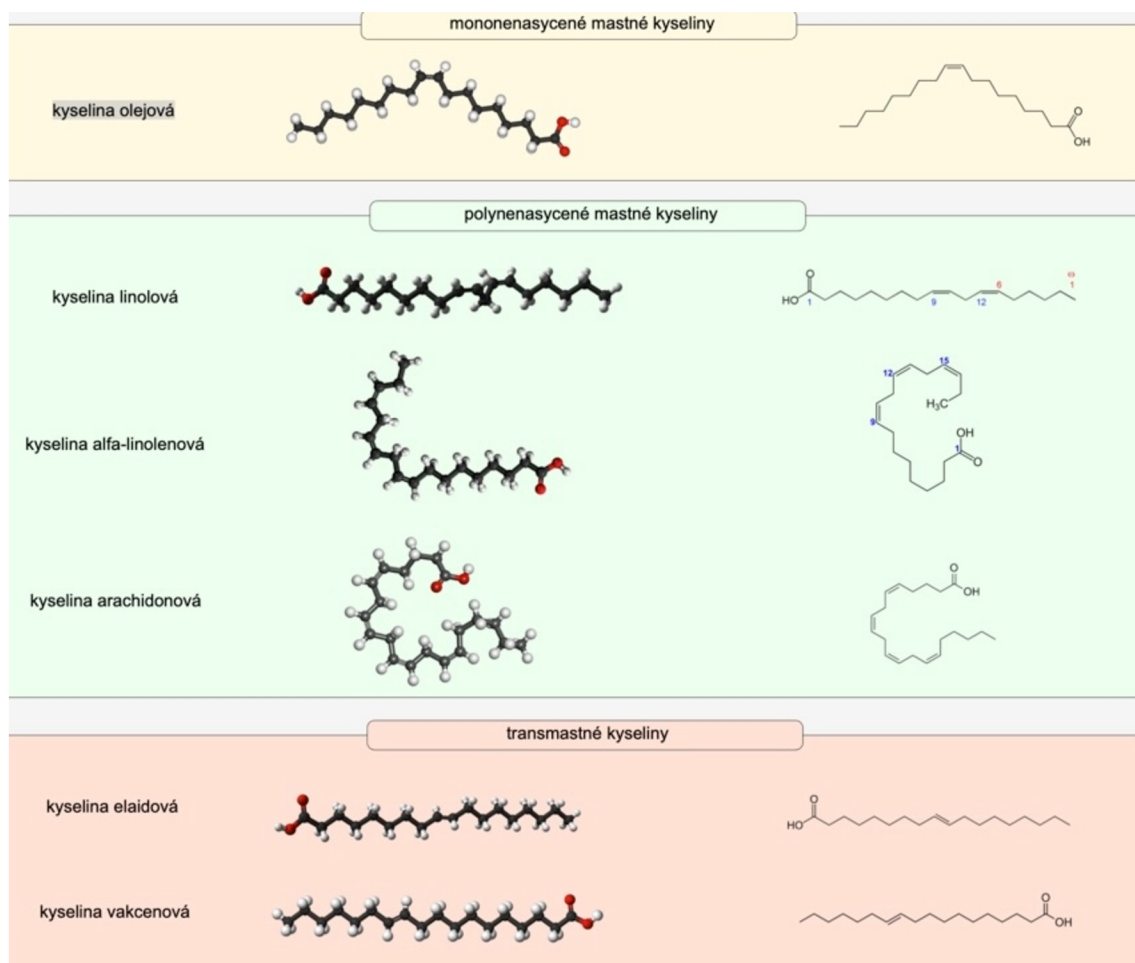
Mléčný tuk obsahuje 60–70 % nasycených mastných kyselin, zbytek tvoří nenasycené mastné kyseliny. Mléčný tuk nadále obsahuje nasycené mastné kyseliny s krátkým řetězcem, které jsou dobře stravitelné pro osoby trpící zažívacími problémy. Dále obsahuje nepatrné množství (5–6 %) trans-mastných kyselin, které vznikají působením mikroorganismů v zažívacím traktu dojnic (ICBP, MZe 2013).

Obsah tuku v neupraveném mléce je v průměru 4 %, v konzumním mléku je tuk upraven na 0,5 % (nízkotučné), 1,5 % (polotučné) a 3,5 % (plnotučné), ve smetanách a ostatních mléčných produktech je tuk uváděn na obalech (ICBP, MZe 2013).

### 3.2.1.1 Nenasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny (viz Obrázek 1) jsou mastné kyseliny, jejichž chemická struktura obsahuje jednu nebo více dvojných vazeb mezi atomy uhlíku.

Rozdělujeme je na mono nenasycené a polynenasycené mastné kyseliny. Patří sem také i trans mastné kyseliny. Z nenasycených mastných kyselin se skládají nenasycené tuky (NZIP, MZ 2024).



Obrázek 1 Nenasycená mastná kyselina – schematický náčrt. Barevně jsou odlišeny atomy různých chemických prvků: uhlíku (zelená), vodíku (oranžová) a kyslíku (červená) (depositphotos.com)



### 3.2.1.2 Trans-mastné kyseliny

Trans-mastné kyseliny (TFA) jsou běžné tuky v potravinách, které se obvykle skládají z 1–3 mastných kyselin navázaných na molekulu glycerolu. Existuje jich celá řada a rozlišují se podle počtu dvojných vazeb a konfigurace (ICBZ, MZe 2013).

Vyskytují se přirozeně v tuku přežvýkavců, kde se vytváří pomocí mikroorganismů v předžaludcích. Nicméně množství vytvořených TFA je relativně malé, tudíž pro člověka zdravotně nezávadné (ICBZ, MZe 2013).

### 3.2.2 Bílkoviny

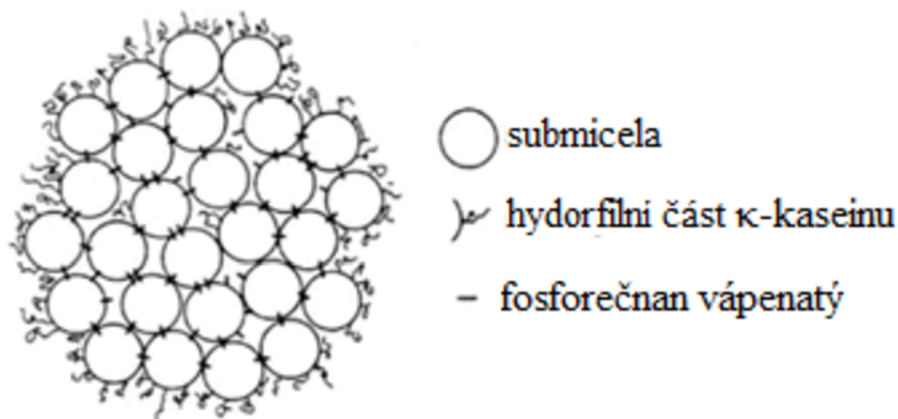
Mléko je dobrým zdrojem lehce stravitelných a kvalitních bílkovin. Dusíkaté látky mléka tvoří nejkompexnější složku. Určují základní fyzikální a chemické vlastnosti. Obsah dusíkatých látek v mléce je ovlivňován řadou faktorů, jako je výživa, plemeno, sezóna či dojivost (Poppit 2020).

#### 3.2.2.1 Kasein

Kasein je hlavní bílkovina syntetizovaná mléčnou žlázou. Jedná se o komplex frakcí fosfolipidů. Základními frakcemi jsou  $\alpha$ -,  $\beta$ - a  $\kappa$ -kasein.  $\alpha$ - a  $\beta$ -kasein jsou vysoce citlivé na přítomnost vápníku v mléce. Proti vysrážení je chrání přítomnost  $\kappa$ -kaseinu, který je v mléce vázán na vápník (viz Obrázek 2) (Petrova et al. 2022).

Kasein je hlavní alergenní protein v kravském mléce, kdy asi 63 % osob je alergických právě na tuto bílkovinu. Tvoří přibližně 80 % bílkovin kravského mléka. Je termostabilní a vyznačuje se vyšší teplotní odolností ve srovnání s teplotně labilními syrovátkovými proteiny (Lajnař et al. 2022).

Obecně kasein také zodpovídá za regulaci syntézy laktózy, která je potřebná pro správnou činnost nervové soustavy a za stimulaci rozvoje správné střevní mikroflóry (Boland et al. 2014).



Obrázek 2 Model kaseinové micely (upraveno dle Boland et al. 2014)

### 3.2.2.2 Syrovátkové bílkoviny

Jako syrovátkové bílkoviny se označuje ta část bílkovin, která zůstává v roztoku po vysrážení kaseinu při pH 4,6. Syrovátkové bílkoviny obsahují v příznivém poměru všech 20 aminokyselin. Skládají se z několika různých molekul (jejich poměrné zastoupení je zobrazeno viz Tabulka 3) (Marshall 2004).

Tabulka 3 Hlavní bílkoviny syrovátky a jejich nutriční a zdravotní význam (Marshall 2004)

	% ze syrovátkových bílkovin	Benefity
<b><math>\beta</math>-laktoglobulin</b>	50–55 %	zdroj esenciálních a větvených AK, váže vitamin A
<b><math>\alpha</math>-laktalbumin</b>	20–25 %	zdroj esenciálních a větvených AK
<b>Imunoglobuliny</b>	10–15 %	významné zastoupení v kolostru, imunomodulace
<b>Hovězí sérum albumin</b>	5–10 %	zdroj esenciálních AK
<b>Laktoferin</b>	1–2 %	antimikrobiální účinky, účinek proti virům
<b>Laktoperoxidáza</b>		
<b>Lysozym</b>	0,5 %	Inhibují růst bakterií
<b>Glykomakropeptid</b>	10–15 %	zdroj větvených AK, neobsahuje aromatické AK fenylalanin, tryptofan a tyrosin

### 3.2.2.3 $\beta$ -laktoglobulin

Jedná se o syrovátkový protein, který není přítomen v lidském mléce. Společně s  $\alpha$ -laktalbuminem tvoří přibližně 75 % syrovátkových bílkovin. Ve výživě člověka má důležitou roli, jelikož je bohatým zdrojem aminokyselin, včetně aminokyselin exogenních, které si lidské tělo neumí samo vyrobit, ale jsou potřebné pro správné fungování a vývoj organismu (Layman et al. 2018).

$\beta$  – laktoglobulin má schopnost vázat retinol a vitamin D, což způsobuje zvýšení jejich koncentrace v těle. Reguluje hladinu HDL a LDL cholesterolu. Jedná se o druhý hlavní alergen mezi syrovátkovými proteiny (Gromek et al. 2022).

### 3.2.2.4 Hovězí sérový albumin

Hovězí sérový albumin neboli BS je syrovátkový protein, který působí jako nosič steroidů, mastných kyselin a hormonů štítné žlázy v krvi (Bujacz 2012).

### 3.2.3 Sacharidy

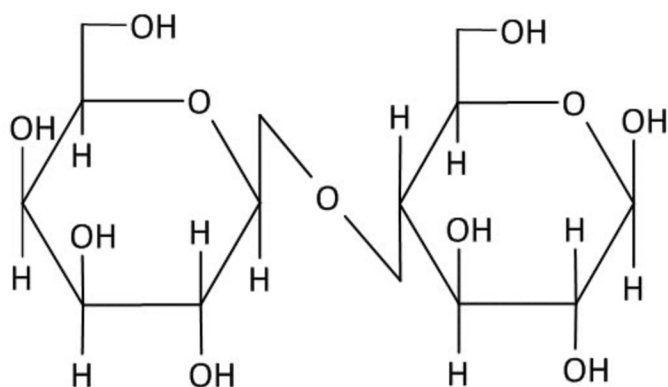
Sacharidy mají v mléce klíčovou roli. Jsou přítomny v množství okolo 10 %, liší se dle druhu savce. Základním sacharidem mléka je laktóza, která je zde zastoupena z 98 % (Fox et al. 1998). Mezi další sacharidy obsažené v mléce patří galaktóza a glukóza (Watson et al. 2016).

#### 3.2.3.1 Laktóza

Laktóza (viz Obrázek 3) je hlavním sacharidem obsaženým v mléce savců a jako sušená laktóza se hojně používá i jako složka v potravinářském průmyslu (Fritzscheová 2015). Studie různých vědců dokazuje, že laktóza podporuje lepší vstřebávání vápníku, hořčíku, zinku, manganu a dalších minerálních látek. Dále také podporuje rozvoj prospěšných bakterií ve střevním traktu a zabraňuje rozvoji patogenních látek (Bulgaru 2021). Laktóza je v mléce přítomna ve dvou anomerických formách  $\alpha$ -laktóza a  $\beta$ -laktóza v poměru 2:3, v závislosti na pyranosové formě ( $\alpha$  nebo  $\beta$ ) glukózy (Hurduc et al. 2017). Během procesu trávení je hydrolyzována laktázou, endoenzymem přítomným v membráně kartáčového lemu tenkého střeva (Fritzscheová 2015). Dle studie Hurduc et al. (2017) pouze 35 % lidské populace dokáže trávit laktózu po sedmém až osmém roce života, zejména populace pocházející ze severní Evropy.

Laktóza je zdrojem mnoha derivátů laktózy, jako je laktulóza, laktitol, galaktooligosacharidy a kyselina laktobionová. Deriváty laktózy lze získat různými procesy včetně izomerace, oxidace, elektrochemických a biotechnologických procesů. Deriváty laktózy lze použít v širokém spektru mléčných a nemléčných výrobků jako stabilizátor, želírující činidlo, antioxidant, inhibitor stárnutí a emulgátor (Hassan 2021).

Koncentrace laktózy je v různých druzích mléka živočišného původu rozdílná. V lidském mateřském mléce je to 7,0 mg/100 ml; v kravském mléce 4,7–5,0 mg/100 ml; v ovčím mléce 4,4–4,8 mg/100 ml; v kozím mléce 4,2–4,8 mg/100 ml; v buvolím mléce 4,8–5,0 mg/100 ml (Silanikove et al. 2015). V mléce rostlinného původu (ořechové, rýžové, ovesné, sójové) se laktóza nevyskytuje (Misselwitz et al. 2019).

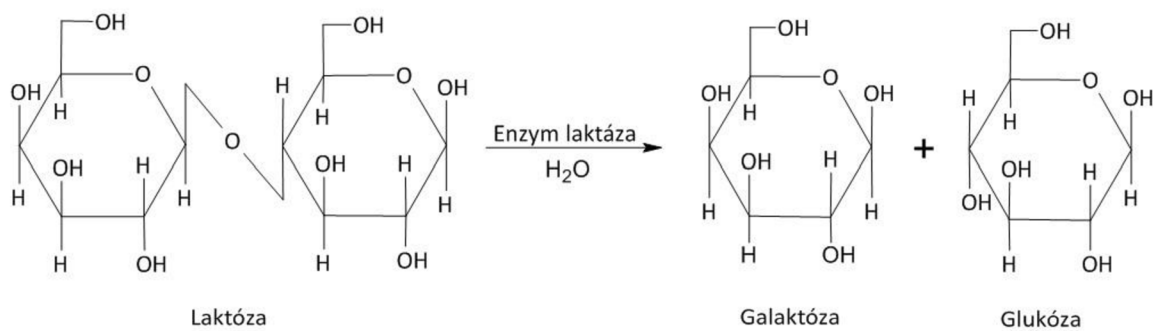


Obrázek 3 Strukturální vzorec laktózy (zdroj ChemSketchem)

## Metabolismus laktózy

Laktóza se po požití syntetizuje v tenkém střevě ve střevním kartáčku na glukózu a galaktózu působením laktosyntetázy (viz Obrázek 4). Jedná se o enzym složený ze dvou podjednotek. Jedna vykazuje galaktosyltransferázovou aktivitu a druhá má naopak regulační funkce. Tyto podjednotky katalyzují vazbu galaktózy a glukózy, což vede ke vzniku disacharidu (Ugidos-Rodríguez et al. 2018).

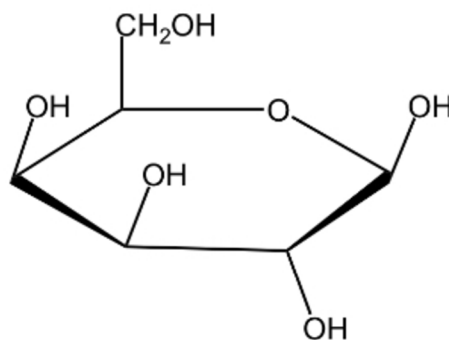
Při nedostatečné aktivitě laktázy se laktóza dostává do tlustého střeva. Tam probíhá záchranná cesta pro trávení laktózy štěpením na mastné kyseliny s krátkým řetězcem a plyn, hlavně hydrogen, oxid uhličitý a metan. Následné nestrávení laktózy může způsobit zažívací problémy (Misselwitz 2013).



Obrázek 4 Hydrolyza laktózy za pomoci enzymu laktázy (upraveno dle Itan et. al. 2010)

### 3.2.3.2 -----

Galaktóza (viz Obrázek 5) je vždy přítomna ve formě  $\beta$ -pyranosy. Tyto anomery mají také odlišné fyzikální vlastnosti, jakožto bod tání, a především rozpustnost ve vodě, jelikož  $\beta$ -galaktóza je mnohem rozpustnější než  $\alpha$ -galaktóza (Coelho et al. 2015).



Obrázek 5 Strukturní vzorec galaktózy (zdroj ChemSketchem)

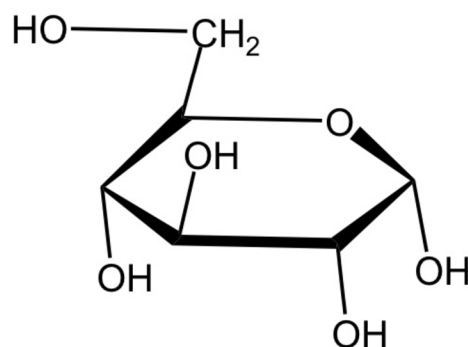
## Intolerance galaktózy

Galaktóza, která vzniká při rozkladu laktózy, může rovněž způsobovat intoleranci. Dochází při ní k selhání metabolismu galaktózy a má podobné příznaky – osmotické průjmy či dehydratace (Succio et al. 2022). U pacientů s jaterním onemocněním se metabolismus galaktózy v těle může stát zátěží pro orgány (Coelho et al. 2015).

### 3.2.3.3 Glukóza

D-glukóza je nejvýznamnější přirozeně se vyskytující monosacharid. Je centrálně zakořeněn v procesech fotosyntézy a dýchání. Ve většině organismech slouží jako zásobárna energie a metabolické palivo (Galant 2015).

Glukóza (viz Obrázek 6) jako monomer i jako součást složitějších struktur, jako jsou polysacharidy a glykosidy, hraje významnou roli v moderních potravinářských výrobcích, zejména pokud jde o chuť a strukturu (Galant 2015).

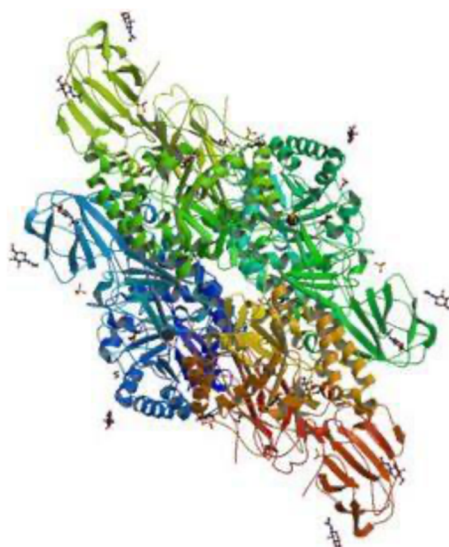


Obrázek 6 Strukturální vzorec glukózy (zdroj ChemSketchem)

### 3.2.4 Laktáza

Laktáza neboli enzymatický komplex laktáza-florizin-hydroláza (viz Obrázek 7) je produkována ve střevním lumenu. Jedná se o integrovaný glykoprotein se čtyřmi homologními strukturálními doménami zapojenými do intramolekulární organizace enzymu (Itan et al. 2010).

Laktáza je nejdůležitější v postnatálním životě savců, jelikož laktóza je hlavním sacharidem přijímaným během tohoto období. Postupně však dochází ke snížení exprese laktázy, a to s rostoucím věkem organismu. Výskyt laktózy v denním příjmu klesá (Liburdi 2022).



Obrázek 7 Enzym laktázy (Weberová 2016)

### 3.3 Laktózová intolerance

Laktózová intolerance neboli nesnášenlivost laktózy, deficience či hypolaktázie je částečná nebo úplná neschopnost lidského organismu štěpit, následně trávit a vstřebávat mléčný cukr, který je obsažen v mléce a některých mléčných produktech. K tomuto stavu dochází ze dvou důvodů, a to nedostatečné geneticky podmíněné perzistence laktázy nebo přítomností jiné gastrointestinální poruchy. Množství tolerované laktózy dle stupně snášenlivosti můžeme vidět v Tabulce 4 (Fojík et al. 2013).

Tabulka 4 Přehled snášenlivosti laktózy (Fritzscheová 2015)

Stupň snášlivosti laktózy	Přístupné množství laktózy v g/den	Představující množství mléka na ml
Malá	5	20–85
Střední	6–11	100–220
Vysoká	12–15	250

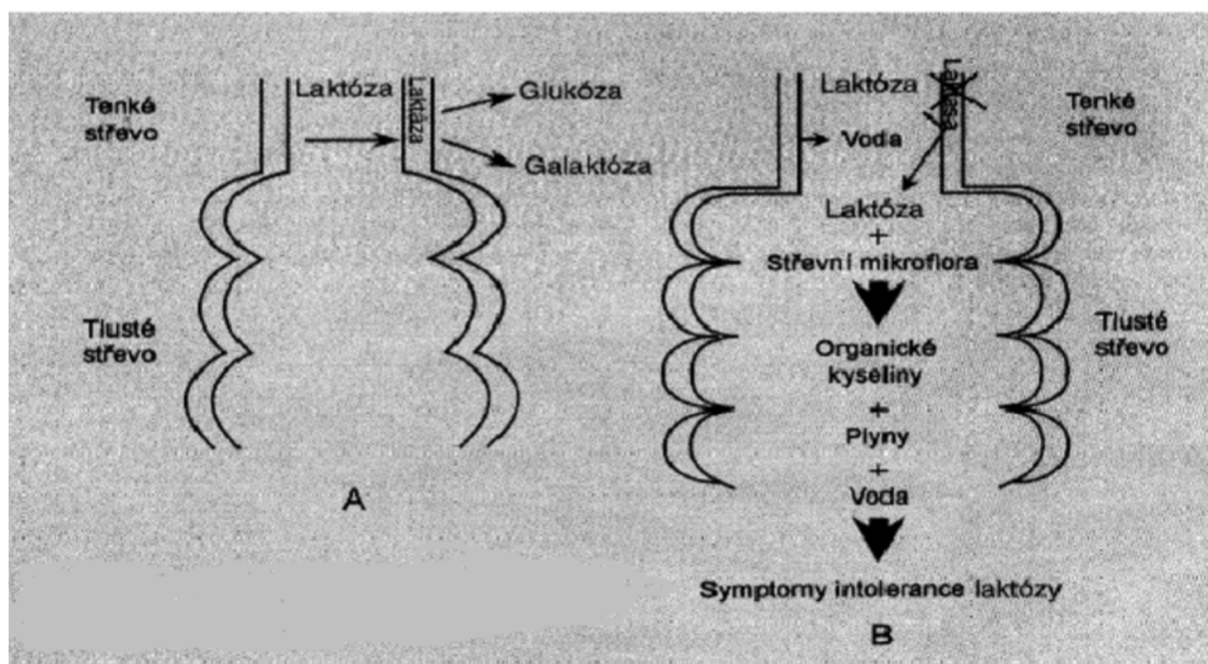
### 3.3.1 Princip laktóзовé tolerance

Při konzumaci produktů s obsahem laktózy – mléčného cukru dochází ke standardnímu průchodu trávicím traktem. Enzym laktáza, tvořený v tenkém střevě, je schopen štěpit laktózu – mléčný cukr na glukózu a galaktózu a jejich následný transport je ovlivňován přítomností sodných kationtů. Monosacharidy se následně volně vstřebávají střevními enterocyty do kardiiovaskulárního systému, kdy je glukóza využita jako zdroj energie a galaktóza je součástí glykoproteinů a glykolipidů (Vázquez et al. 2020).

### 3.3.2 Příčiny laktóзовé intolerance

V případě, že laktóza není v tenkém střevě laktázou rozštěpena (viz Obrázek 8), přechází do poslední části tenkého střeva – kyčelníku a následně až do tlustého střeva, kde reaguje s bakteriemi mléčného kvašení (Katoch et al. 2021). Bakterie začínají laktózu štěpit za vzniku plynů (vodíku, methanu, oxidu uhličitého), mastných kyselin s krátkým řetězcem, organických kyselin a kyseliny propionové (Fritzscheová 2015).

Závažnost příznaků je subjektivní a závisí na několika faktorech. Patří mezi ně např. koncentrace laktázy přítomné ve střevní sliznici, střevní flóra, množství požité laktózy, gastrointestinální motilita a individuální citlivost při vnímání příznaků (Vázquez et al. 2020).



Obrázek 8 Schéma trávení v případě laktóзовé tolerance (A) a laktóзовé intolerance (B) (Čurda 2006)

### **3.3.3 Typy laktóзовé intolerance**

Intoleranci laktózy rozlišujeme na několik typů – primární sekundární, dále pak vrozený deficit enzymu a vývojově vázaný deficit enzymu.

#### **3.3.3.1 Primární typ laktóзовé intolerance**

Tento typ se vyskytuje nejčastěji v dospělosti, je způsobený sníženou tvorbou nebo aktivitou laktázy. Jde o geneticky „naprogramovaný“ úbytek laktázy v tenkém střevě. Primární typ často souvisí s nižší konzumací mléka a mléčných výrobků v dospělosti, čímž se tvoří méně enzymu a při zvýšeném příjmu mléka se mohou objevit zažívací potíže (Fritzscheová 2015).

Celkově lze říci, že se jedná o přirozený fyziologický stav, s kterým se setkává více než 75 % lidské civilizace. Lidé trpící tímto typem, nemají nulovou produkci laktázy a jsou schopni bez potíží přijímat okolo 12 g laktózy denně (Fritzscheová 2015).

#### **3.3.3.2 Sekundární typ laktóзовé intolerance**

Na rozdíl od primárního typu laktóзовé intolerance, není tato forma podmíněna geneticky. Vzniká jako reakce na určité onemocnění, díky kterým dochází k zánětům nebo poškození sliznic tenkého střeva v důsledku zrychlení pasáže trávicím traktem u některých nemocí, jako je například neléčená celiakie nebo infekční onemocnění traktu (Toca et al. 2022).

Mezi další onemocnění zapříčiňující sekundární laktóзовou intoleranci patří Crohnova choroba, či nedostatečná výživa, mentální anorexie a bulimie (Toca et al. 2022).

#### **3.3.3.3 Vrozený deficit enzymu**

Tento typ je charakterizovaný neschopností trávit laktózu. Příznaky se projevují ihned po narození a vyžadují úplné vyřazení laktózy ze stravy (Nevoral 2013).

#### **3.3.3.4 Vývojově vázaný deficit laktázy**

Typ vývojově vázaného deficitu laktázy se vyskytuje u nedonošených dětí, u kterých intolerance vymizí dojráním buněk střeva. Následně mohou laktózu normálně přijímat (Bajerová 2018).



### **3.4 Příznaky intolerance laktózy**

Typické příznaky neboli symptomy intolerance laktózy se týkají převážně zažívacího traktu. Projevují se po určité době po požití mléka či jiného mléčného výrobku. Intenzita a doba trvání bolesti závisí na množství požití laktózy, aktivitě enzymu a jiných faktorech (Catanzaro et al. 2021).

#### **3.4.1 Typické příznaky**

Interval mezi příjmem potravy obsahující laktózu a zažívacími obtížemi může být různý, záleží na obsahu laktózy v potravě a motilitě střev. Tento časový interval je pro každého individuální. Průměr se určité obtíže začnou objevovat v intervalu od 30 minut do 3 hodin (Kropáček 2017).

Kvůli anaerobnímu kvašení v tlustém střevě a následnému vzniku kyselin a plynů, nastávají typické zažívací problémy, jako například – pocit plnosti, zvracení, nevolnost, plynatost či zvýšená frekvence stolice s kašovitou konzistencí (Kropáček 2017).

#### **3.4.2 Netypické příznaky**

V některých případech se mohou vyskytovat i jiné problémy, nežli střevního či žaludečního charakteru. Ve vzácných případech mohou být problémy nespecifické.

Příčiny těchto potíží nejsou zcela jasné. Diskutuje se o tom, zda jsou za tyto příznaky zodpovědné kvasné produkty nestrávené laktózy. Mezi další z možných variant je přetížení těla, které vede k ochablosti a depresím (Catanzaro et al. 2021).

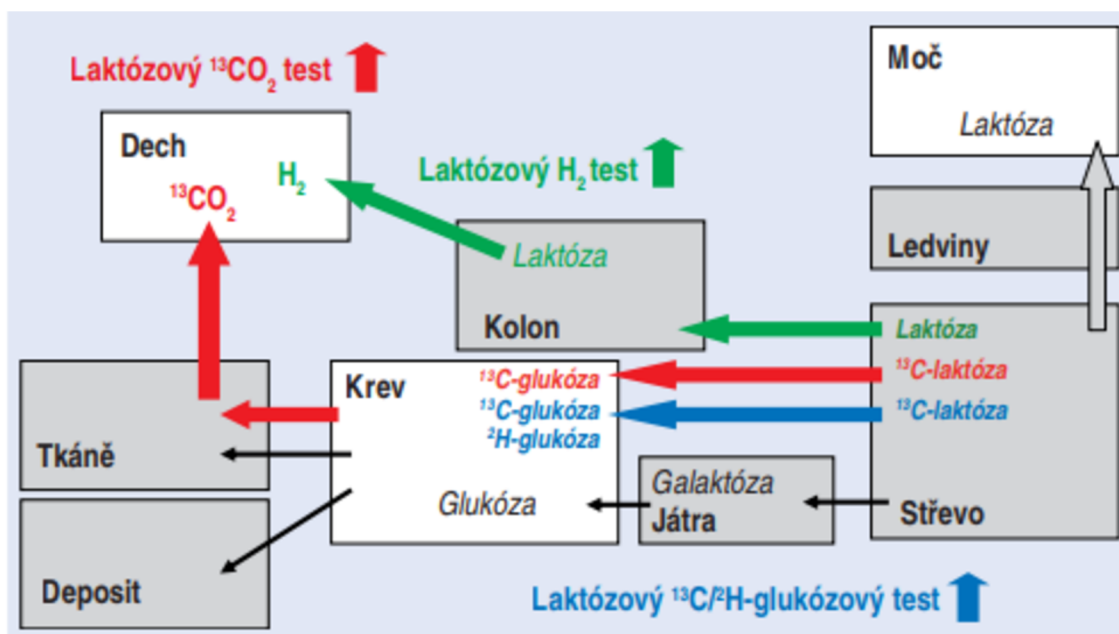
Mezi netypické příznaky řadíme – ochablost, pocit napětí, ztrátu motivace, depresivní náladu, chronickou únavu, poruchy spánku či pocit mdloby (Kropáček 2017).

### 3.5 Diagnostika laktóзовé intolerance

K diagnostice intolerance laktózy lékař zhodnotí příznaky, rodinný stav, zdravotní anamnézu a stravovací návyky postiženého. Dále se provede fyzická prohlídka a testy, které mohou toto onemocnění diagnostikovat (Catanzaro et al. 2021).

Dalším krokem je tzv. eliminační dieta, tedy vyřazení mléka a mléčných výrobků na určitou dobu, aby se zjistilo, zda příznaky neodezní. Postižená osoba vynechá výrobky obsahující mléčnou složku a zaznamenává si potraviny, po kterých jí během omezení bylo špatně (Mattar 2012).

Na schématu (viz Obrázek 9) jsou znázorněny tři druhy testů: dechový test se stanovením  $^{13}\text{C}$  uhlíku ve vydechaném vzduchu (lze pozorovat na červených šipkách), dechový test se stanovením vodíku ve vydechaném vzduchu (můžeme pozorovat na zeleném schématu) a kombinovaný test dvou izotopů  $^{13}\text{C}$ -laktózy a  $^2\text{H}$ -glukózy hodnocený LDI indexem v plazmě (modré schéma) (Kocna 2006).



Obrázek 9 Schéma 3 druhů testů laktóзовé intolerance (Kocna 2006)

#### 3.5.1 Druhy testů

Zjišťovacích metod existuje celá řada, sníženou aktivitu laktázy, lze kromě vysazení laktózy z jídelníčku, také zjistit i jinými způsoby. Během zjišťování laktóзовé intolerance je nezbytná konzumace laktózy. Diagnostika však zůstává náročná a správná interpretace různých testů je nezbytná pro určení nejvhodnějšího testu (Catanzaro et al. 2021).

##### 3.5.1.1 Laktóзовý toleranční test

Tento typ testu je založený na zjištění hladiny glukózy v krvi. Na tento test je nutné se dostavit na lačno. Test začíná odběrem krve ze špičky prstu pro získání srovnávací hodnoty krevního cukru. Pacient poté požije 50 g laktózy rozpuštěné ve 400 ml vody, kdy je laktóza

testovaná ihned po vypití extraktu. Následně je měřena po 15 nebo 30minutových intervalech po dobu 2 hodin (Catanzaro et al. 2021).

Pokud lidské tělo produkuje minimální nebo žádné množství laktázy, nedochází k rozštěpení laktózy na galaktózu a glukózu, čímž následně dochází k nárůstu glukózy v krvi (Mattar, 2012).

#### **3.5.1.2 Dechový vodíkový test**

Dechový vodíkový test je rychlá a často používaná metody založena na testování vydechovaného vodíku. Tento typ není bolestivý a nepředstavuje zásah do lidského těla. Před provedením testu je vyžadováno, aby minimálně 12 hodin testovaný nic nekonzumoval. Pokud by dotyčný nebyl na lačno, mohlo by dojít k ovlivnění výsledků vydechovaného vodíku z důvodu reakce s jinými látkami (Catanzaro et al. 2021).

Test je prováděn pomocí ručního přístroje. Pacient se nejprve zhluboka nadechne a celý obsah plic vydechne do přístroje, tím jsou získány základní potřebné hodnoty. Následně je podán k vypití roztok 25 g laktózy a 200 ml vody. Poté probíhá měření obsahu vodíku každých 15 nebo 30 minut po výdechu pacienta do přístroje (Misselwitz 2013).

Množství vydechnutého vodíku je zanalyzováno, pokud je rozdíl mezi srovnávací a maximální hodnotu větší než 20 ppm, znamená to, že tělo laktózu nepřijalo (Misselwitz 2013).

#### **3.5.1.3 Expoziční test**

Expoziční test je schopen člověk aplikovat sám. Test je založen na principu konzumace 1 litru mléka, který obsahuje okolo 50 g laktózy. Pokud se do 4 hodin objeví potíže, je vysoká pravděpodobnost, že dotyčný trpí laktózovou intolerancí (Misselwitz 2013).

#### **3.5.1.4 Genový test na intoleranci laktózy**

Genový test probíhá na základě odběru krve nebo ústní sliznice. Tento test, je oproti předchozím testů dražší. U laktózově intolerantního jedince je přítomna nezmutovaná forma genu, zodpovědná za tvorbu enzymu. Daný test může dále určit, zda má člověk intoleranci v rodině, o jaký typ intolerance se jedná, jestli primární či sekundární (Misselwitz 2013)

### 3.6 Výskyt laktóзовé intolerance

Ačkoliv je výskyt potravinové intolerance poměrně častý, přirozená intolerance není v lidské populaci rozšířena rovnoměrně. Některé národy mají genetickou dispozici k tomu, že v určitém věku přestane jejich organismus produkovat různé druhy enzymů. Například pokles laktázy nastává v tenkém střevě u 70 % populace ve věku 2 až 5 let, a to celosvětově (Fojík et al. 2013).

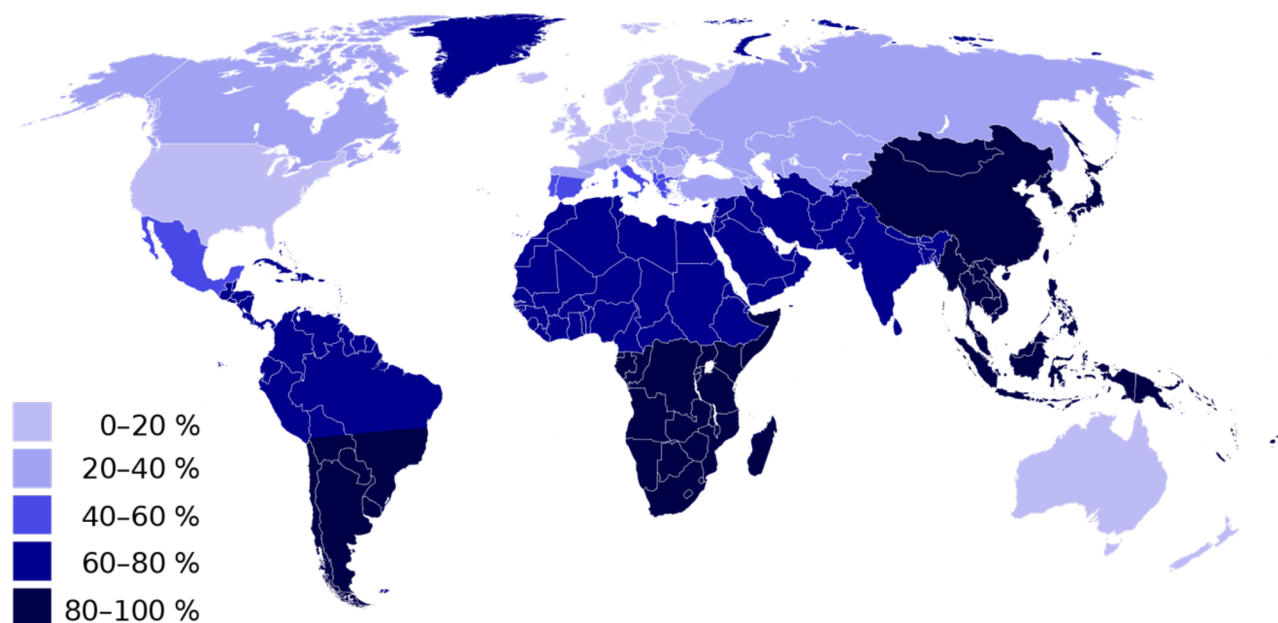
Přibližně 4–56 % evropské populace trpí poruchou vstřebávání laktózy. Ve světě je to až 80 %, především v oblastech, kde není konzumace mléka běžná (Fojík et al. 2013). Nejnižší výskyt je zaznamenán u obyvatel severní Evropy, kde nesnášenlivostí mléčného cukru trpí pouze 15 až 25 % dospělých. Nízký výskyt intolerance souvisí s tradicí chovu zvířat produkujících mléko, kdy jedinci s perzistencí laktázy mají určitou nutriční výhodu (Leonardi et al. 2012).

V naší populaci se uvádí, že intolerancí laktózy trpí přibližně 10 %. Ve většině případů se jedná o primární typ intolerance, kdy dítě v raném věku dokáže bez problémů pít mateřské mléko, později se sníží aktivita laktázy a tolerance mléka se snižuje (Leonardi et al. 2012).

Problém schopnosti trávit mléčný cukr se týká asi 25 milionů Evropanů (Leonardi et al. 2012).

Pokud tedy shrneme poznatky o prevalenci laktázové perzistence, je výrazně ovlivněna geograficky, a to jak uvnitř, tak i mezi jednotlivými kontinenty (viz Obrázek 10) (Fritzscheová 2015).

K vysvětlení těchto rozdílů bylo předloženo několik hypotéz. Jedna z těchto teorií vychází ze skutečnosti, že mléčné výrobky hrály v severní Evropě ve stravě důležitou roli. To přispělo k přirozenému výběru jedinců schopných trávit laktózu. Kromě toho je koexistence populací složených z jedinců s intolerancí laktózy a jedinců bez intolerance na stejném území způsobena migrací, ke které docházelo v průběhu času (Storhaug et al. 2017).



Obrázek 10 Výskyt laktóзовé intolerance ve světě (Kopáček 2017)

### 3.7 Laktózová intolerance vs. Alergie na bílkovinu kravského mléka

Mezi laktózovou intolerancí a alergií na kravskou bílkovinu dochází velmi často k záměně mezi pacienty i lékaři, což vede ke zbytečnému dietnímu omezení nebo reakcím, kterým se lze vyhnout.

Terminologie jako podezření na „alergii na mléko“, „nesnášenlivost mléka“ nebo „nesnášenlivost laktózy“ se často používají bez jasného vnímání různých významů či pochopení různých mechanismů, které jsou základem těchto diagnóz (Ludman 2013).

Potíže spojené s alergií či intolerancí jsou podobné a chybné rozpoznání nebo léčba mohou mít pro pacienta významné důsledky. Rozdíly mezi alergií a intolerancí jsou uvedeny viz Tabulka 5 (Ludman 2013).

*Tabulka 5 Rozdíl mezi laktózovou intolerancí a alergií na kravské mléko (upraveno dle Fritzscheová 2015)*

	<b>Laktózová intolerance</b>	<b>Alergie na kravské mléko</b>
<b>Spouštěč</b>	Laktóza v jakémkoliv mléce, mléčném výrobku.	Specifické bílkoviny v kravském mléce.
<b>Reakce těla</b>	Laktóza je bakteriálně odbourávána ve střevě.	Imunitní systém vyvolává tvorbu protilátek.
<b>Potíže</b>	Žaludeční a střevní potíže; závislé na množství.	Alergické příznaky – svědění, kašel, obtíže vyvolává stopové množství.
<b>Věk pacientů</b>	Většina pacientů jsou dospělí, kdy se zvyšujícím se věkem zvyšuje riziko výskytu.	Většina pacientů jsou kojenci a batolata, u dospělých málo časté.
<b>Léčba</b>	Bezmléčková dieta	Bezmléčná dieta
<b>Možnosti na uzdravení</b>	Vymizí pouze v případě dočasné intolerance – po těžší viróze, při neléčené celiakii apod.	Malé děti – vysoká pravděpodobnost vymizení, u starších jedinců alergie přetrvává u starších jedinců alergie přetrvává.

#### 3.7.1 Alergie na kravskou bílkovinu

Alergie na mléčnou bílkovinu je nejvíce pozorovaná již v raném dětství, z důvodu zavedení umělé výživy již u kojenců, pokud není možno kojit. Hlavními alergeny jsou především  $\alpha$ -kasein,  $\beta$ -laktoglobuliny, ale byla již zaznamenána alergie na další méně zastoupené bílkoviny, například imunoglobuliny, albuminy (Ulfman et al. 2022).

Pokud je postižený člověk alergický na  $\alpha$ -laktalbumi, který je na rozdíl od kaseinu tepelně neodolné, nemůže konzumovat ani mléko po tepelné úpravě. V případě, že je dotyčná osoba alergická pouze na jeden nebo oba proteiny, které jsou termolabilní, není pro něj problém mléko po tepelné úpravě strávit (Giannetti et al. 2021).

Jakmile je však lidský organismus zbaven schopnosti trávit kasein, nepomůže ani jeho převaření, a to z důvodu jeho tepelné rezistence. Pacient tedy nesmí konzumovat mléko v žádné podobě.

### 3.8 Dietní řešení laktóзовé intolerance

Ve většině případů stačí ke zvládnutí příznaků intolerance snížit konzumaci potravin a nápojů obsahujících laktózu nebo se jim vyhnout a nahradit je bezlaktóзовými alternativami. Zhodnocení nespecifických zažívacích potíží je pro správnou diagnostiku laktóзовé intolerance potřeba doplnit o speciální testy na aktivitu laktázy (Facioni 2020).

K dispozici je několik alternativních potravin a nápojů, umělých i přírodních, které nahrazují mléko a mléčné výrobky, včetně mléčných výrobků bez laktózy a rostlinných mléčných potravin (Facioni 2020).

Není nutné odebrat všechny mléčné výrobky z jídelníčku (Facioni 2020). Stačí se zaměřit na potraviny s nízkým obsahem laktózy a hlídat si množství určitých potravin (Facioni 2020). (viz Tabulka 6 a 7).

*Tabulka 6 Potraviny, které lze konzumovat (sl. ANO), dle množství, či vyřadit z jídelníčku (sl. NE) (Fojík et al. 2020)*

<b>NE</b>	<b>dle množství</b>	<b>ANO</b>
sušené mléko	tvaroh	tvrdé sýry
Smetana	kysané výrobky	zrající sýry
Mléko	jogurty	měkké sýry
syrovátka	cottage	máslo
zmrzlina	kefir	

Tabulka 7 Obsah laktózy v mléčných výrobcích (upraveno dle Facioni 2020)

Potraviny	Obsah laktózy (g) na 100 g
Plnotučné mléko	4,9
Odstředěné mléko	5,5
Bezlaktózové mléko	0,01-0,1
Kozí mléko	4,7
Smetana na vaření	3,9
Zakysaná smetana	3,4
Máslo	1,1
Jogurt bílý	2,6
Řecký jogurt	0,5
Mozzarella	0,7
Feta	1,4
Cottage	3,2
Čedar	0,5
Ementál	<0,1
Gorgonzola	<0,1

### 3.8.1 Nízkolaktózová a bezlaktózová dieta

Léčba laktózy intolerance spočívá především v omezení nebo vyloučení laktózy ze stravy až do vymizení příznaků, dále v suplementaci laktózy a v navození adaptace mikrobiomu tlustého střeva pomocí probiotik (Succoio 2022).

Kravné mléko je zdrojem vápníku a další minerálních látek a v případě úplného vyloučení mléčných výrobků může dojít k rozvoji kosterního onemocnění, jako například osteopenie a osteoporóza (Succoio 2022).

V moderním průmyslu se rozšířilo používání laktózy a výrobků z mléka v nemléčných výrobcích – pečivu, cereáliích, nápojích; jedná se o tzv. „skrytou laktózu“. V takovém případě se striktní dodržování bezlaktózové diety stává pro pacienty s laktózovou intolerancí náročné a jsou nuceni neustále kontrolovat všechny výrobky a etikety na potravinách (Succoio 2022).

Označování bezlaktózových výrobků je stále kontroverzní a vzhledem k tomu, že v současné době chybí konkrétní mezní hodnota, která by stanovila politiku označování "bezlaktózových" výrobků, a zároveň neexistuje žádný zákon, který by upravoval výrobu a uvádění "delaktózovaných" výrobků na trh, mohla by spotřebitelům pomoci identifikace konkrétních bezpečných a vhodných výrobků s dobře rozpoznatelným logem "bezlaktózový" (Suri 2019).

Vzhledem k tomu, že bezlaktózová dieta je klíčovou léčbou pacientů s diagnózou laktózy intolerance, je pro postižené jedince nezbytné, aby se vyhýbali vybraným mléčným výrobkům a nemléčným potravinám, které obsahují mléko nebo laktózu. Proto je důležité věnovat pozornost seznamům složek konzumovaných výrobků. Mezi slova, která označují

přítomnost laktózy, patří tvaroh, syrovátka, mléko, vedlejší mléčné výrobky, sušená mléčná hmota a sušené mléko (Suri 2019).

Osoby s laktózovou intolerancí nemusí mléčné výrobky ze svého jídelníčku zcela vyřadit. Na dnešním trhu existují různé alternativy pro osoby s laktózovou intolerancí. Patří mezi ně výrobky přirozeně neobsahující laktózu a také probíhá vývoj výrobků, které jsou založeny na hydrolýze laktózy na glukózu a galaktózu pomocí enzymu laktázy (Suri 2019).

Bezlaktózové výrobky jsou vyvinuté pomocí přídavku exogenní laktázy ( $\beta$ -galaktosidázy), která předtráví laktózu v mléce. Tyto výrobky umožňují osobám s laktózovou intolerancí vychutnat si chuť mléčných výrobků, aniž by pociťovaly střevní příznaky vyskytující se po požití laktózy. Mimo jiné byla hydrolýza laktózy přezkoumána jako možnost snížení celkového obsahu cukru, protože hydrolýza laktózy v mléce zvyšuje sladkost výrobku, ale nenevysňuje kalorický příjem (Suri 2019).

U mléčných výrobků bez laktózy se také neočekávají žádné neobvyklé nutriční účinky na lidský organismus ve srovnání s běžnými mléčnými výrobky. Zejména nebyl pozorován žádný rozdíl v glykemické odezvě pacientů s diabetem, kteří konzumovali laktózu nebo produkty jejího trávení, glukózu a galaktózu (Succio 2022).

Široký sortiment a bezpečnost bezlaktózových výrobků by tedy měly povzbudit spotřebitele k tomu, aby bezlaktózové mléčné výrobky upřednostňovali při jejich výběru (Suri 2019).

### **3.8.1.1 Potraviny neobsahující laktózu**

V gastronomii jsou samozřejmě také potraviny, které přirozeně neobsahují laktózu. Řadíme mezi ně maso, vejce a ryby. Z rostlinných potravin jsou to pak luštěniny, obiloviny, olejnin, ovoce, zelenina, houby, med, cukr, sůl. (Kudlová 2009)

### **3.8.1.2 Potraviny obsahující skrytou laktózu**

Laktóza je důležitá pro své fyziologické vlastnosti při pečení pečiva a je tedy často obsažena v pečivu v podobě mléka či syrovátky (Vese et al. 2000).

Dle Vyhlášky 416/2016 Sb. o označování potravin a tabákových výrobků musí být alergeny uvedeny na obalu a v jídelním lístku. Dále se laktóza přidává i do léků, proto je důležité, aby pacienti důkladně studovali příbalové letáky (Fritzscheová 2015).

#### **Potraviny, v nichž se nachází skrytá laktóza:**

- Masné výrobky (párky, buřty, salámy)
- Pekárenské výrobky (koláče, záviny, loupák)
- Omáčky, zálivky
- Slané výrobky (brambůrky, popcorn, tyčinky)
- Cukrovinky (sušenky, čokolády, polevy)
- Polotovary
- Koření
- Instantní výrobky



### 3.8.2 Výroba bezlaktózových produktů

Potravinami s nízkým obsahem laktózy se rozumí potraviny obsahující nejvýše 10 mg laktózy ve 100 g nebo 100 ml ve stavu určeném ke spotřebě. Potraviny s nízkým obsahem laktózy nebo bezlaktózové jsou určeny pro osoby s poruchami přeměny látkové, potravinovými alergiemi nebo intolerancemi a narušenými funkcemi orgánů (Vyhláška č. 54/2004 Sb.).

Trh s výrobky bez laktózy v průběhu let neustále roste. Stále však existuje řada průmyslových omezení při jejich výrobě. Výroba sušeného mléka bez laktózy je pro průmysl výzvou kvůli ulpívání na zařízení, což vede k nízké průmyslové vytíženosti. Nejcitlivější a neúčinnější metody pro kvantifikaci laktózy jsou vysoce nákladné, což je pro průmyslovou realitu neproveditelné (Panvia 2018).

Jiné techniky jsou časově náročné a nedokážou rozlišit jednotlivé sacharidy. Tepelné procesy aplikované na tyto potraviny způsobují senzorické a nutriční poškození, jelikož monosacharidové jednotky laktózy jsou reaktivnější vůči neenzymatického hnědnutí. Mimo to jsou tyto produkty náchylnější k proteolytické aktivitě (Panvia 2018).

### 3.8.3 Alternativy mléka

Mléko má v dnešní době mnoho alternativ, které může člověk s laktózovou intolerancí konzumovat. Jedná se především o rostlinná mléka, která se v posledních letech ve světě velmi rozšířila. Nejčastěji jsou vyráběny z rýže, sóji, kokosu, ova, mandlí a jiných rostlinných zdrojů. Co se sensoriky týče, oproti klasickému mléku mají specifickou chuť, která se mléku sice nepodobá, ale lze tímto způsobem zpestřit jídelníček, ačkoliv z výživového hlediska tyto produkty mléko nenahradí (Horáčková et al. 2017).

Výroba rostlinných mlék spočívá v louhování rostlinných složek za přidání zahušňovadel a aditiv, která se do kravského mléka přidávat nemohou. Rostlinná mléka obsahují oproti kravskému mléku vyšší obsah tuku v sušině a také vyšší množství sacharidů. Obsah bílkovin a vápníku je oproti kravskému mléku poměrně nižší, což můžeme vidět v Tabulce 8 (Horáčková et al. 2017).

*Tabulka 8 Obsah laktózy v mléce s nízkým obsahem laktózy (Bulgaru 2021)*

Rostlinné „mléko“	Vápník, ppm
Sójové	3,9
Rýžové	1,5–1,6
Kokosové	9,4

### 3.8.3.1 Bezlaktózové mléko

Bezlaktózové kravské mléko je v mnoha zemích dostupné v různých formách. V současné době existují dvě základní metody výroby tohoto specifického mléka pro intolerantní jedince (vsádková a aseptická metoda) a obě využívají rozpustný enzym laktázu (Troise et al. 2016).

### 3.8.3.2 Výroba bezlaktózového mléka

#### Vsádkový proces výroby

První metodou je vsádkový proces, který spočívá v předhydrolyze, při níž se do syrového mléka přidává neutrální laktáza a obvykle se inkubuje téměř 24 hodin za mírného míchání, aby se zabránilo krémování. Kromě toho se tento proces provádí při teplotě 4–8 °C, aby se potlačil růst mikroorganismů, protože mléko ještě není sterilní. Po inkubaci se mléko pasterizuje, homogenizuje a balí (Dekker et al. 2019).

V konečném výrobku nezůstává žádná zbytková enzymová aktivita, protože enzym je v průběhu sterilizace/pasterizace inaktivován. Enzymy pro tento proces mají vysokou aktivitu při nízké teplotě a neutrálním pH, jejich dávkování je tedy poměrně vysoké. Pro snížení typického zdvojnásobení sladkosti po hydrolyze laktózy a obnovení konvenční chutnosti se používají ultra a nanofiltrace nebo chromatografické techniky (v kombinaci s hydrolyzou zbývající laktózy). Výsledkem je mléko vynikající kvality, které je chuťově téměř identické s běžným mlékem (Harju et al. 2012).

#### Aseptický proces výroby

Druhou metodou je aseptický proces po hydrolyze, při kterém se mléko sterilizuje postupem ultra vysoké teploty (UHT). Následně se do mléka těsně před balením přidá sterilní přípravek laktázy. K přeměně laktózy dochází přímo v obalu mléka, a protože se UHT mléko často uchovává v karanténě téměř 3 dny, je dostatek času na dosažení hydrolyzy před odesláním výrobku do maloobchodu. Vzhledem k tomu, že teplota i doba inkubace jsou u této metody vyšší, může být množství enzymu ve srovnání s dávkovým procesem mnohem nižší (Dekker et al. 2019).

### 3.8.3.3 Složení bezlaktózového mléka

Bezlaktózové mléko může být zakoupeno ve formě polotučného mléka nebo plnotučného mléka, který je obohaceno enzymem laktázy (Troise et al. 2016). Složení bezlaktózového mléka (viz Obrázek 11) je popsáno v Tabulce 9.

Tabulka 9 Složení polotučného mléka – bez laktózy (rohlik.cz)

	100 ml
<b>Energetická hodnota</b>	197 kJ/ 47kcal
<b>Tuky</b>	1,5 g
<b>Z toho nasycené mastné kyseliny</b>	0,9 g
<b>Sacharidy</b>	4,9 g
<b>Z toho cukry</b>	4,9 g
<b>Bílkoviny</b>	3,4 g
<b>Sůl</b>	0,10 g
<b>Vápník</b>	125 mg



Obrázek 11 Bezlaktózové mléko (rohlik.cz)

### 3.8.4 Sýry

Na trhu je k dispozici mnoho druhů sýrů bez laktózy. Tyto sýry se vyrábějí inkubací mléka s laktázou před sýřením. Tato technika je vhodná především pro nezrající a čerstvé sýry, které obsahují značné množství laktózy (Silanikove et al. 2015).

Během procesu výroby sýra se mléko zahušťuje a sýřenina (pevná část) se odděluje od syrovátky (tekutá část, ve které je většina laktózy). Před výrobou sýra syrovátka odkape, takže se z ní odstraní značná část laktózy. Sýřenina používaná k výrobě tvrdých sýrů má méně vlhkosti (syrovátky) než sýřenina používaná k výrobě měkkých sýrů, tzn. že měkké sýry obsahují více laktózy než ty tvrdé (Silanikove et al. 2015).

Při stárnutí sýrů se ztrácí více nadbytečné vlhkosti. Navíc během procesu zrání u tvrdých a zrajících sýrů spotřebují bakterie mléčného kvašení veškerou laktózu přítomnou v sýru, takže není nutná inkubace laktázy. Čím déle sýr zraje, tím méně laktózy zůstává v konečném výrobku, proto je koncentrace laktózy v tvrdých (dlouho zrajících) sýrech obvykle velmi nízká a většina osob trpících primární laktózovou intolerancí ji snadno toleruje (Silanikove et al. 2015).

#### 3.8.4.1 Tavené sýry

Tavený sýr je tepelně upravován tavením (Vyhláška č. 397/2016 Sb.). Tavené sýry nepatří mezi spotřebitelé za nejvíce vyhledávané potraviny, a to z důvodu vysokého obsahu soli a tuku. Snížení obsahu soli a tuku v tavených sýrech je jednou z možností, jak zvýšit poptávku po tomto výrobku, ačkoliv může vést ke zhoršení strukturních, texturních a organoleptických vlastnostech (Kapoor et al. 2008).

## Výroba tavených sýrů

Výroba tavených sýrů probíhá v České republice dvěma způsoby – kontinuální nebo diskontinuální způsob výroby. U diskontinuálního procesu jsou používány obecně teploty 90 – 100 °C po dobu několika minut. Kontinuální proces je prováděn v nerezovém potrubí, kdy je aplikovaná teplota 130 – 145 °C po dobu 2 – 3 s, a je tedy zajištěn efekt sterilační. Po záhřevu je tavenina zchlazena na 90 °C po dobu 5–15 minut. Základní surovinou jsou deformované, zbylé zrající sýr, které jsou přirozeně bez laktózy, a tavící soli (Buňka et al. 2009). Výrobci věnují dále pozornost začlenění probiotik a makronutrientů jako prostředku ke zvýšení funkčnosti a zvýšení vnímané zdravotní nezávadnosti výrobku. Aby se však obohacené tavené sýry staly významným produktem na trhu, je třeba se zabývat obohacováním výrobků a zároveň minimalizovat nepříznivé účinky na vlastnosti sýrů (Kapoor et al. 2008). Průměrné složení bezlaktózového taveného sýra (viz Obrázek 12) je uvedeno v Tabulce 10.

Tabulka 10 Složení bezlaktózového taveného sýra (vlastní)

	100 g
<b>Energetická hodnota</b>	850 kJ/ 205kcal
<b>Tuky</b>	17 g
<b>Z toho nasycené mastné kyseliny</b>	11,5 g
<b>Sacharidy</b>	<0,5 g
<b>Z toho cukry</b>	<0,5 g
<b>Bílkoviny</b>	11 g
<b>Sůl</b>	1,8 g
<b>Vápník</b>	310 mg (39 %)



Obrázek 12 Tavený sýr bez laktózy (rohlik.cz)

### 3.8.4.2 Mozzarella bez laktózy

Při výrobě bezlaktózové mozzarely není nutné použití enzymu laktázy. Studie prokázala, že lze vyrobit mozzarellu bez použití enzymu, ale odstranění laktózy probíhá promytím a lisováním sýřeniny. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při dvojnásobným promytím sýřeniny, kdy bylo dosaženo cílového obsahu laktózy (<0,1 %) během krátkého skladování v chladu. Získané výsledky by mohly být základem pro vývoj inovativního postupu získávání bezlaktózové mozzarely s přímým okyselením bez laktázy, při použití postupu smíšeného okyselení pro přípravu tvarohu (Natrella et al. 2023). Průměrné složení bezlaktózové mozzarely (viz Obrázek 13) je znázorněno viz Tabulka 11.

Tabulka 11 Složení bezlaktózové mozzarely (vlastní)

	100 g
<b>Energetická hodnota</b>	931 kJ/ 224kcal
<b>Tuky</b>	17,5 g
<b>Z toho nasycené mastné kyseliny</b>	13 g
<b>Sacharidy</b>	0,2 g
<b>Z toho cukry</b>	0,2 g
<b>Bílkoviny</b>	16,5 g
<b>Sůl</b>	0,6 g



Obrázek 13 Mozzarella bez laktózy (rohlik.cz)

### 3.8.4.3 Tvaroh

Dle Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb. je tvaroh definován v aktuálním znění, jako nezrající sýr získaný kyselým srážením, které převládá nad srážením pomocí syřidla (Vyhláška 397/2016 Sb.). Průměrné složení tvarohu bez laktózy (viz Obrázek 14) je uvedeno v Tabulce 12.

Tabulka 12 Složení bezlaktózového tvarohu (vlastní)

	100 g
<b>Energetická hodnota</b>	397 kJ / 95 kcal
<b>Tuky</b>	4,4 g
<b>Z toho nasycené mastné kyseliny</b>	2,9 g
<b>Sacharidy</b>	3,6 g
<b>Z toho cukry</b>	3,6 g
<b>Bílkoviny</b>	10,2 g
<b>Sůl</b>	0,09 g



Obrázek 14 Tvaroh bez laktózy (rohlik.cz)

### 3.8.5 Jogurty a fermentované výrobky

Jogurt je fermentovaný výrobek obsahující živé bakterie, který se vyrábí z mléka. Je nutričně bohatý na vápník, riboflavin, vitamin B6, B12, bílkoviny a probiotika (živé mikroorganismy, které zlepšují zdravotní stav hostitele tím, že příznivě působí v gastrointestinálním traktu (Kolars et al. 1984).

Většina osob s intolerancí laktózy může jogurt konzumovat, aniž by se u nich projevil typické příznaky. Konzumace jogurtu je navrhována jako vhodná dietní strategie k dosažení doporučené denní dávky vápníku pro osoby s LI (Facioni et al. 2020).

Zejména některé mikroorganismy jogurtových kultur, jako jsou *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* a *S. thermophilus*, jsou schopny metabolizovat laktózu a mohou pravděpodobně podporovat trávení laktózy *in vivo* (Kok & Hutkins 2018).

Přesto se obsah laktózy při fermentaci snižuje jen částečně a většina laktózy zůstává v hotovém výrobku. Při konzumaci jogurtu živé mikroorganismy, které obsahují intracelulární  $\beta$ -galaktosidázu, pravděpodobně přežijí kyselé prostředí žaludku a dostanou se do tenkého střeva, kde jsou permeabilizovány žlučovými kyselinami a uvolňují  $\beta$ -galaktosidázu do lumenu. Veškerá laktóza je tedy hydrolyzována bakteriální  $\beta$ -galaktosidázou a glukóza s galaktózou jsou absorbovány přes střevní epitel. Nicméně mnoho odborných studií popisuje, že tyto probiotické bakterie se mohou lišit ve schopnosti zlepšovat trávení laktózy a snižovat příznaky malabsorpce (Kok & Hutkins 2018).

Naproti tomu kultivované podmáslí a zakysaná smetana obsahují podobné množství laktózy, ale spolu s dalšími fermentovanými mléčnými výrobky se vyrábějí pomocí kultur mezofilních druhů *Lactococcus* a *Leuconostoc*. Tyto bakterie neexprimují  $\beta$ -galaktosidázu a metabolizují laktózu nezávislou cestou na  $\beta$ -galaktosidáze. Laktóza tedy není hydrolyzována a obě tyto mléčné potraviny nejsou dobře tolerovány jedinci s intolerancí laktózy (Kok & Hutkins 2018).

Kromě toho se zdá, že laktóza v jogurtu je lépe stravitelná díky zkrácené tranzitní době viskózního pokrmu ve srovnání s tekutým pokrmem (jako je mléko). Případná laktáza v tenkém střevě má více času na trávení laktózy, což snižuje příznaky intolerance. Dalším faktorem, který zřejmě zlepšuje trávení laktózy, je konzumace jiných potravin v rámci jednoho jídla, a např. i výběr konkrétních druhů bakterií používaných při výrobě jogurtu.

V porovnání s neochucenými jogurty se však zdá, že ochucené jogurty vykazují mírně sníženou aktivitu laktázy (Kok & Hutkins 2018).

Bez ohledu na to, který z těchto účinků hraje významnou roli při toleranci kysaných mléčných výrobků u osob s LI, se jako nejspolehlivější řešení jeví úplné enzymatické štěpení laktózy v jogurtu inkubací mléka s laktázou před pasterací (jogurt z hydrolyzovaného mléka) nebo přidáním laktázy spolu s kulturou během fermentace (kohydrolyza). V první variantě lze snížit množství přidaného cukru, protože hydrolyzované výrobky chutnají sladčeji díky vyšší sladivosti jednotlivých monosacharidů. Výsledkem může být výrobek s nižší energetickou hodnotou (Facioni et al. 2020).

### Složení bezlaktózového jogurtu

Bezlaktózový jogurt je složen z mléka, mléčné bílkoviny, enzymu laktázy, jogurtové kultury, kultury *Bifidobacterium a Lactobacillus acidophilus*. Obsah laktózy je nižší než 0,01 %, ačkoliv sacharidů je v jogurtu (viz Tabulka 13) poměrně značné množství (Vyhláška č. 397/2016 Sb.).

Tabulka 13 Složení bílého krémového jogurtu bez laktózy s kulturou BiFi (vlastní)

	Na 100 mg
<b>Energetická hodnota</b>	283 kJ/ 68kcal
<b>Tuky</b>	3,8 g
<b>Z toho nasycené mastné kyseliny</b>	1,8 g
<b>Sacharidy</b>	4,6 g
<b>Z toho cukry</b>	4,6 g
<b>Bílkoviny</b>	3,8 g
<b>Sůl</b>	0,10 g



Obrázek 15 Bílý jogurt bez laktózy (rohlik.cz)

### 3.8.6 Zmrzlina

Jedním ze způsobů, jak vyrobit bezlaktózovou zmrzlinu je za pomoci bakterií mléčného kvašení, které snižují obsah laktózy. Přibývá klinických studií, jejichž výsledky dokazují, že probiotika mohou také pomoci zmírnit intoleranci laktózy. Proto se za vhodné považuje použití kombinovaných probiotik, jejichž symbiotické kmeny mají širokou škálu fyziologických účinků (Li et al. 2023).

Aby bylo možné získat zmrzlinu bez laktózy, kde hlavní složkou směsi je bílkovinný koncentrát podmásli, musí být taková zmrzlinová směs fermentována. Pro fermentaci zmrzlinové směsi je vhodné zvolit *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, a probiotické kmeny *-Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus acidophilus* jako zákysové kultury (Li et al.2023).

#### 3.8.6.1 Výroba bezlaktózové zmrzliny

Bezlaktózová zmrzlina se vyrábí buď přidáním bezlaktózového mléka do zmrzlinové směsi, nebo přidáním enzymu laktázy po pasterizaci a inkubaci během zrání před zmrazením (Trubnikova, et al,2023)

#### Složení bezlaktózové zmrzliny

Mezi přirozeně bezlaktózové zmrzliny řadíme zejména sorbety. Sorbet je mražený výrobek získaným zmrazením směsi vyrobené z vody a cukrů s přidavkem ovoce, popřípadě i vína včetně aromatizovaného vína nebo alkoholu a s přidavkem dalších složek a ochucujících přísad (Vyhláška č. 397/2016 Sb.).

### 3.8.7 Výživová doporučení

Vyhýbání se všem mléčným výrobkům u pacientů s laktózovou intolerancí se však dnes již nedoporučuje, protože většina pacientů může tolerovat až 5 g laktózy v jedné dávce (ekvivalent 100 ml mléka). Práh tolerance se zvyšuje, pokud je laktóza konzumována společně s jinými živinami. V této souvislosti by bylo užitečné mít k dispozici autoritativní návod, jaké výrobky vybírat, aby nebyl překročen individuální práh snášenlivosti laktózy. To je důležité, protože vyloučení všech mléčných výrobků by mohlo vést ke vzniku nedostatku některých mikroživin (Facioni et al. 2020).

Kravné mléko a mléčné výrobky jsou totiž hlavním zdrojem vápníku, fosforu, cholinu, riboflavinu, vitamínu B12 a vitamínu A (Dekker 2019).

Výsledky týkající se příjmu živin u osob s LI ukazují, že ve srovnání s tolerantními osobami konzumují nižší množství vápníku, přičemž průměrný příjem se pohybuje v rozmezí 388 až 739 mg denně, což je méně než doporučená denní dávka (RDA) 1000 mg. Zajímavé je, že z observačních studií vyplynulo, že vyhýbání se mléčným výrobkům bylo spojeno se špatným stavem kostí, vyšším krevním tlakem a zvýšeným rizikem *diabetu mellitu* (Nicklas et al. 2011).

Kromě toho hraje konzumace jogurtů nebo fermentovaného mléka zásadní roli pro zdraví střevní mikroflóry, a to díky obsahu probiotik. Nedávný systematický přehled analyzoval potenciální účinek 8 probiotických kmenů (*Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Saccharomyces boulardii* a *Streptococcus thermophilus*), aby lépe vysvětlil rostoucí počet důkazů o tom, že probiotické bakterie ve fermentovaných i nefermentovaných mléčných výrobcích lze využít ke zlepšení klinických příznaků laktózové intolerance. Na základě uvedené studie lze tvrdit, že z 8 studovaných kmenů patřil *B. animalis* k nejlépe prozkoumaným a nejúčinnějším kmenům (Oak et al. 2019).

Většina analyzovaných studií dospěla k závěru, že mléčné potraviny jsou vynikajícím nutričním zdrojem pro správný stav kostí a že je náročné dosáhnout doporučeného příjmu vápníku bez použití mléčných výrobků (Oak et al. 2019).

Užívání probiotik či konzumace zakysaných mléčných výrobků s probiotickou kulturou přináší výhody jako je prodloužení průchodu tráveniny trávicím traktem, schopnost štěpit laktózu již v mléčném výrobku a také ve střevě, obnovení přirozené střevní mikroflóry ve prospěch laktobacilů, enterokoků a stafylokoků, jež snižují projevy laktózové intolerance a zlepšují adaptaci na malé množství (Čurda 2006; EFSA 2010).

#### 3.8.7.1 Vápník

Největším rizikem spojeným s úplným vyřazením mléčných výrobků ze stravy je nedostatek vápníku a ohrožení zdraví kostí. Proto je zásadní zajistit dostatečný příjem vápníku v každé fázi života pro vybudování a udržení zdravé kostry, zejména u osob s LI, které konzumují méně vápníku ve stravě než osoby bez LI (Hodges et al. 2019).

Mezi nejlepší zdroje vápníku ve stravě patří mléko, sýry a mléčné výrobky, dále brokolice, zelí, kapusta, tuřín a obohacené sójové výrobky. Dalšími potravinami s nižší biologickou dostupností vápníku je např. obohacené sójové mléko, sezamová semínka, mandle a červené nebo bílé fazole. Přesto může být biologická dostupnost vápníku z rostlinných



potravin ovlivněna oxaláty a fyáty, které jsou inhibitory vstřebávání vápníku. Dalším důležitým zdrojem vápníku je voda, zejména tvrdá voda s vysokým obsahem vápníku a hořčiku pocházející z podzemních vod (Shkemi et al. 2022).

Podle Národní lékařské asociace je potřeba vápníku pro muže a ženy během prvních 50 let života stejná (1-3 roky: 700 mg Ca/den; 4–8 let a 19–50 let: 1000 mg Ca/den), přičemž nejvyšší doporučený příjem je v období dospívání, kdy dochází k maximálnímu růstu kostí (9–18 let: 1300 mg Ca/den). Tyto hodnoty se začínají lišit s nástupem menopauzy. Doporučený příjem vápníku pro ženy se zvyšuje na 1200 mg Ca/den. Tato hodnota se pak vyrovnává, když obě pohlaví dosáhnou věku 70 let, přičemž doporučená denní dávka je stanovena na 1200 mg Ca/den, aby se zabránilo rozvoji osteoporózy (Ross et al., 2011).

### 3.8.7.2 Probiotika

Probiotika jsou potraviny nebo doplňky stravy, které obsahují nepatogenní mikroby, jako jsou bakterie a kvasinky, které osidlují střeva a mohou přinášet řadu zdravotní výhod. Díky klinickým studiím a laboratorním experimentům nyní víme více o tom, jak probiotika ovlivňují poruchy střevního mikrobiomu. Probiotika mohou zmírnit různé gastrointestinální potíže a zlepšit celkový zdravotní stav (Bodke et al. 2022).

Probiotické bakterie se nachází v celém těle, i když většina lidí si při pomyslení na ně vybaví pouze žaludek a střeva. Zdrojem probiotik jsou fermentované potraviny, jako jsou jogurty a kimči. Kromě toho jsou k dispozici také jako doplňky stravy (Bodke et al. 2022).

Probiotika působí v našem těle různými způsoby. Vzájemně stimulují růst prospěšných komenzálních mikrobů a potlačují růst patogenů v lidském těle, zvyšují dobu antigenní odpovědi hostitele, což následně podporuje syntézu antimikrobiálních sloučenin a může také blokovat místo, na které by se mohl patogen vázat. Lidská probiotika snižují hladinu cholesterolu, napomáhají přímé trávení lipidů (Bodke et al. 2022).

V mlékárenském průmyslu se probiotika používají v různých mléčných výrobcích, včetně fermentovaného mléka, sýrů, jogurtů, másla a smetany. Dále se používají jako výchozí kultury v běžných zákysech, a to buď samostatně nebo v kombinaci, případně se přidávají do mléčných výrobků po fermentaci, kde jejich přítomnost dodává fermentovanému výrobku mnoho funkčních vlastností (Al-Yami et al. 2022).

#### Bifidobakterie

Bifidobakterie vytvářejí glutamin, který zachovává integritu sliznice a zlepšuje obranyschopnost slizniční bariéry. Používání těchto probiotik pro pacienty s potravinovými alergiemi je výsledkem jejich kombinovaného vlivu na neimunologické a imunologické obranné bariéry střeva (Al-Yami et al. 2022).

#### Laktobacily

Laktobacily patří do skupiny kataláza-negativních, grampozitivních, nesporulujících a anaerobních kokobacilů nebo tyčinek, které se vyznačují především produkcí kyseliny mléčné jako hlavního konečného produktu fermentace sacharidů (Mokoena et al. 2017).

Laktobacily jsou obsaženy v mnoha prostředích bohatých na živiny, jako jsou zkažené a zkvašené potraviny, dále se vyskytují v krmivech, půdě, tělech bezobratlých a obratlovců.

Přirozeně osídlují trávicí trakt, dutinu ústní, pohlavní a močový systém. Laktobacily jsou Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA), díky svému četnému výskytu v potravinách, především v sýrech a jogurtech, všeobecně uznávány jako bezpečné, aniž by způsobovaly onemocnění (Leis et al. 2020).

Rod *Lactobacillus*, který se vyznačuje vysokou genetickou rozmanitostí a fyziologií, je často využíván v procesu výroby fermentovaných potravin, dále slouží ke konzervování potravin a následném prodloužení jejich trvanlivosti (Lu et al. 2022).

V důsledku schopnosti laktobacilů přizpůsobit se mnoha podmínkám v různých prostředí lze izolované laktobacily očkovat do mnoha různých druhů potravin (viz Tabulka 14) nebo přirozených podmínek s cílem získat nové kmeny (Al-Yami et al. 2022).

Tabulka 14 Přehled probiotik ve vybraných produktech (upraveno dle Bodke 2022)

PROBIOTIKA	PRODUKT
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Kojenecká výživa
<i>Bifidobacterium lactis</i>	
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Jogurt
<i>Lactobacillus casei</i>	
<i>Lactobacillus lactis</i>	
<i>Lactobasillus plantarum</i>	Zmrzlina

### 3.8.8 Faktory ovlivňující toleranci laktózy

Faktory, jež zvyšují toleranci laktózy mohou být:

- Neporušená mikrobiota tlustého střeva
- Malý příjem dávky laktózy
- Stupeň a přítomnost laktázy
- Nizký věk pacientů (Kovářů a Knápková 2013)

Osoby s laktózovou intolerancí mohou užívat přípravky, jež obsahují enzym laktázu. Díky těmto přípravkům lze regulovat aktivitu laktázy ve střevě. Přípravky obsahují náhradu  $\beta$ -galaktosidázy získanou z mikroorganismů, nejvíce z *Kluyveromyces lactis*, dále pak například z *Aspergillus oryzae*. Tyto preparáty se mohou vyskytovat ve formě tablet, nebo v tekuté formě (Kasper 2015).

Pro správné složení mikrobioty v tlustém střevě jsou zapotřebí laktobacily a bifidobakterie, které napomáhají trávení laktózy. Ovlivnění složení střevní mikrobioty je rozdílné dle věku a výživy. U novorozenců dochází k rozdílnému složení střevní mikrobioty dle formy jeho výživy. U kojených novorozenců je v mikrobiotě obsaženo více laktobacilů a laktobacilů než u dětí na umělé výživě. Pro dospělého jedince je typický mikrobiom, který se tvoří od prvního do druhého roku (Nevoral 2013).

## 4 Závěr

I přesto, že mléko je konzumováno již po mnohá staletí, zůstává ohledně tohoto produktu ve světě velké množství odlišných názorů. Pohled na mléko ovlivňují internetové články a sociální sítě šířící nepravdivé a zavádějící informace týkající se škodlivosti mléka. I přes mnoho vědeckých článků a pravdivých diskusí, existuje skupina lidí, která je vůči mléku a mléčným výrobkům skeptická. Tato skepse je částečně způsobena mýty, které jsou ohledně mléka rozebírány a nezakládají se na pravdě. Nejrozšířenějšími jsou problémy spojené se zahleňováním, strachu z tloustnutí a domněnka o obsahu antibiotik.

Na základě vzniklých mýtů, se plno osob rozhodne mléko a mléčné výrobky omezit nebo zcela vysadit. Takovým to rozhodnutím se však ochuzují o cenný zdroj vápníku a mohou tak v budoucnu čelit riziku osteoporózy. Pokud má člověk po konzumaci mléka zdravotní problémy, jako jsou například nadměrná plynatost, pocit na zvracení, ekzémy nebo bolesti hlavy, měl by tuto situaci řešit s odborníkem. Pokud je intolerance laktózy, či alergie na mléčnou bílkovinu diagnostikována, je nutné se informovat o správné výživě a doplnit do svého stravování potraviny bohaté na vápník.

V dnešní době již není nutné se v případě laktóзовé intolerance vzdát mléka a mléčných výrobků. Je třeba dbát na fakt, kolik laktózy je daná osoba schopná přijmout, dle stupně intolerance laktózy. Pro lidi s laktóзовou intolerancí je vhodné podporovat konzumaci zrajících sýrů, kefirů a zakysaných mléčných výrobků, které obsahují přirozeně malé nebo žádné množství laktózy, jelikož během procesu zrání spotřebují bakterie veškerou přítomnou laktózu. S rostoucím problémem laktóзовé intolerance se i výrobci mléčných produktů snaží vytvářet alternativy pro osoby s nedostatečným množstvím enzymu laktázy. Dnešní trh tak nabízí velkou škálu bezlaktóзовých výrobků, které dle Vyhlášky č.54/2004 Sb. musí obsahovat nejvýše 10 mg laktózy ve 100 g nebo 100 ml potraviny ve stavu určeném ke spotřebě. Tyto výrobky jsou jako klasické mléčné výrobky bohaté na zdroj vápníku a dalších významných mikronutrientů, cenných bílkovin, a dokonce obsahují i nižší množství přidávaného cukru.

Další variantou, jak konzumovat laktózu bez zdravotních potíží je konzumace exogenní laktázy, která nahrazuje funkce, které plní nativní enzym, tedy štěpit laktózu na glukózu a galaktózu. Je přijímaná ve formě tablet, kapslí nebo tekutin se užívá při každém požití potravin obsahující laktózu

Lze očekávat, že i na dále se bude rozšiřovat množství osob s laktóзовou intolerancí. V závislosti na této skutečnosti poroste množství nabízeného sortimentu bezlaktóзовých potravin, ačkoliv už nyní je bezlaktóзовých produktů celá řada.

## 5 Literatura

AL-YAMI, Ameera M.; AL-MOUSA, Abeer T.; AL-OTAIBI, Sarah A. a KHALIFA, Ashraf Y. Lactobacillus Species as Probiotics: Isolation Sources and Health Benefits. Online. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 2022, roč. 16, č. 4, s. 2270-2291. ISSN 09737510.

Dostupné z: <https://doi.org/10.22207/JPAM.16.4.19>. [cit. 2024-03-21]

ANGUITA-RUIZ, Augusto; AGUILERA, Concepción M. a GIL, Ángel. Genetics of Lactose Intolerance: An Updated Review and Online Interactive World Maps of Phenotype and Genotype Frequencies. Online. *Nutrients*. 2020, roč. 12, č. 9. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu12092689>. [cit. 2024-04-19].

BEZPEČNOST POTRAVIN – INFORMAČNÍ CENTRUM BEZPEČNOSTI POTRAVIN. *Mléko*. Online. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/mleko/>

BODKE, Harsh a JOGDAND, Sangita. Role of Probiotics in Human Health. Online. *Cureus*. ISSN 2168-8184. Dostupné z: <https://doi.org/10.7759/cureus.31313>

BOLAND, M., SINGH, H. a A. THOMPSON. Milk proteins - From Expression to Food, 2nd Edition. London : Elsevier, 2014. ISBN 978-0-12-405171-3. 141-142 s.

BUJACZ, Anna. Structures of bovine, equine and leporine serum albumin. Online. *Acta Crystallographica Section D Biological Crystallography*. 2012, roč. 68, č. 10, s. 1278-1289. ISSN 0907-4449. Dostupné z: <https://doi.org/10.1107/S0907444912027047>. [cit. 2024-03-30].

BULGARU, Viorica; POPESCU, Liliana a SIMINIUC, Rodica. LACTOSE INTOLERANCE AND THE IMPORTANCE OF LACTOSE-FREE DAIRY PRODUCTS IN THIS CONDITION (Review). Online. *Journal of Social Sciences*. 2021, roč. IV, č. 4, s. 119-133. ISSN 25873490. Dostupné z: [https://doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4\(4\).13](https://doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4(4).13). [cit. 2024-03-27].

CATANZARO, Roberto; SCIUTO, Morena a MAROTTA, Francesco. Lactose intolerance: An update on its pathogenesis, diagnosis, and treatment. Online. *Nutrition Research*. 2021, roč. 89, s. 23-34. ISSN 02715317. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2021.02.003>. [cit. 2024-03-29].

CIMMINO, F.; CATAPANO, A.; VILLANO, I.; DI MAIO, G.; PETRELLA, L. et al. Invited review: Human, cow, and donkey milk comparison. Online. *Journal of Dairy Science*. 2023, roč. 106, č. 5, s. 3072-3085. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22465>. [cit. 2024-03-29].

COELHO, Ana I.; BERRY, Gerard T. a RUBIO-GOZALBO, M. Estela. Galactose metabolism and health. Online. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2015, roč. 18, č. 4, s. 422-427. ISSN 1363-1950. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/MCO.000000000000189>. [cit. 2024-03-20].

CORGNEAU, M.; SCHER, J.; RITIE-PERTUSA, L.; LE, D. t. 1.; PETIT, J. et al. Recent advances on lactose intolerance: Tolerance thresholds and currently available answers. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017, roč. 57, č. 15, s. 3344-3356. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1123671>. [cit. 2024-03-30].

ČURDA L. (2006): Mléčné výrobky a intolerance laktózy. *Potravinářská revue*, 4, 19- 22. ISSN: 1801-9102.

DEKKER, Peter; KOENDERS, Damiet a BRUINS, Maaïke. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. Online. *Nutrients*. 2019, roč. 11, č. 3. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>. [cit. 2024-03-21].

Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Online. Washington, D.C: National Academies Press, 2011. ISBN 978-0-309-16394-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.17226/13050>. [cit. 2024-04-20].

FACIONI, Maria Sole; RASPINI, Benedetta; PIVARI, Francesca; DOGLIOTTI, Elena a CENA, Hellas. Nutritional management of lactose intolerance: the importance of diet and food labelling. Online. *Journal of Translational Medicine*. 2020, roč. 18, č. 1. ISSN 1479-5876. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02429-2>. [cit. 2024-03-21].

FILIPPI, Antonio; PETRUSSA, Elisa a BRAIDOT, Enrico. Flavonoid facilitated/passive transport: Characterization of quercetin microsomal uptake by a DPBA-dependent assay. Online. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*. 2016, roč. 1857. ISSN 00052728. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.bbabi.2016.04.162>. [cit. 2024-03-30].

FOJÍK, P., FALT, P., URBAN, O., NOVOSAD, P., RICHTEROVA L., BODAY, A. Laktózová intolerance, 2013, Practicus, 12, 7-12.

FOUROVÁ, Karolína. Výživná kniha o jídle. Esence. Praha: Euromedia Group, 2022. ISBN 978-80-242-8229-9.

FRANGNE, Nathalie; EGGMANN, Thomas; KOBLSCHKE, Carsten; WEISSENBOCK, Gottfried; MARTINOIA, Enrico et al. Flavone Glucoside Uptake into Barley Mesophyll and Arabidopsis Cell Culture Vacuoles. Energization Occurs by H<sup>+</sup>-Antiport and ATP-Binding Cassette-Type Mechanisms. Online. *Plant Physiology*. 2002, roč. 128, č. 2, s. 726-733. ISSN 1532-2548. Dostupné z: <https://doi.org/10.1104/pp.010590>. [cit. 2024-03-30].

FRITZSCHEOVÁ D. Intolerance laktózy. Bratislava: Noxi, s.r.o. 2015, 128s, ISBN: 9788081112584

GALANT, A.L.; KAUFMAN, R.C. a WILSON, J.D. Glucose: Detection and analysis. Online. *Food Chemistry*. 2015, roč. 188, s. 149-160. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.071>. [cit. 2024-04-19].

GIANNETTI, Arianna; TOSCHI VESPASIANI, Gaia; RICCI, Giampaolo; MINIACI, Angela; DI PALMO, Emanuela et al. Cow's Milk Protein Allergy as a Model of Food Allergies. Online. *Nutrients*. 2021, roč. 13, č. 5. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu13051525>. [cit. 2024-03-30].

GROMEK, Weronika; ŚLIWA, Rafał; CHOINA, Magdalena; PUKALIAK, Roman a MARKUT-MIOTŁA, Ewa. An innovative approach for better understanding of milk allergy. Online. *Journal of Education, Health and Sport*. 2022, roč. 12, č. 9, s. 150-159. ISSN 2391-8306. Dostupné z: <https://doi.org/10.12775/JEHS.2022.12.09.019>. [cit. 2024-03-27].

HARJU, M.; KALLIOINEN, H. a TOSSAVAINEN, O. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects. Online. *International Dairy Journal*. 2012, roč. 22, č. 2, s. 104-109. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.09.011>. [cit. 2024-03-21]

HASSAN, Laila Khaled; ABD-WAHHAB, Khaled a ABD EL-AZIZ, Mahmoud. Lactose Derivatives: Properties, Preparation and Their Applications in Food and Pharmaceutical Industries. Online. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2021, s. 0-0. ISSN 2357-0245. Dostupné z: <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.103603.4793>

HILL, T. R. Vitamins and Minerals in Milk: Levels and Effects of Dairy Processing. Online. In: MCSWEENEY, Paul L. H.; O'MAHONY, James A. a KELLY, Alan L. (ed.). *Advanced Dairy Chemistry*. Cham: Springer International Publishing, 2022, s. 417-455. ISBN 978-3-030-92584-0. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92585-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92585-7_10). [cit. 2024-02-08].

HODGES, Joanna; CAO, Sisi; CLADIS, Dennis a WEAVER, Connie. Lactose Intolerance and Bone Health: The Challenge of Ensuring Adequate Calcium Intake. Online. *Nutrients*. 2019, roč. 11, č. 4. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu11040718>. [cit. 2024-03-27].

HORÁČKOVÁ, Š. et al. (2017). Porovnání rostlinných nápojů a kravského mléka z výživového a senzoričského hlediska. *Mlékařské listy*. 164(28/5):4-9.

HURDUC, Victoria; BORDEI, Luiza; PLESCA, Vlad a PLESCA, Doina Anca. OC-30 Lactose intolerance: new aspects of an old problem. Online. In: *Oral Communications*. BMJ Publishing Group Ltd and Royal College of Paediatrics and Child Health, 2017, A11-A12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-313273.30>. [cit. 2024-04-19].

ITAN, Yuval; JONES, Bryony L; INGRAM, Catherine JE; SWALLOW, Dallas M a THOMAS, Mark G. A worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes.

Online. *BMC Evolutionary Biology*. 2010, roč. 10, č. 1. ISSN 1471-2148. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-36>. [cit. 2024-03-28].

JEANDET, Philippe; HÉBRARD, Claire; DEVILLE, Marie-Alice; CORDELIER, Sylvain; DOREY, Stéphan et al. Deciphering the Role of Phytoalexins in Plant-Microorganism Interactions and Human Health. Online. *Molecules*. 2014, roč. 19, č. 11, s. 18033-18056. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules191118033>. [cit. 2024-04-20].

KAPOOR, Rohit a METZGER, Lloyd E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. Online. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2008, roč. 7, č. 2, s. 194-214. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>. [cit. 2024-03-30].

KASPER, Heinrich. *Výživa v medicíně a dietetika*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4533-6

KATOCH, Gunjan Kumari; NAIN, Neegam; KAUR, Sawinder a RASANE, Prasad. Lactose Intolerance and Its Dietary Management: An Update. Online. *Journal of the American Nutrition Association*. 2022, roč. 41, č. 4, s. 424-434. ISSN 2769-7061. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/07315724.2021.1891587>. [cit. 2024-03-28].

KOCNA, Interní Med. 2006; 7 a 8: 336–341

KOK, Car Reen a HUTKINS, Robert. Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria. Online. *Nutrition Reviews*. 2018, roč. 76, č. Supplement\_1, s. 4-15. ISSN 0029-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy056>. [cit. 2024-03-21]

KOLARS, Joseph C.; LEVITT, Michael D.; AOUI, Mostafa a SAVAIANO, Dennis A. Yogurt — An Autodigesting Source of Lactose. Online. *New England Journal of Medicine*. 1984, roč. 310, č. 1, s. 1-3. ISSN 0028-4793. Dostupné z: <https://doi.org/10.1056/NEJM198401053100101>. [cit. 2024-03-21].

KOPÁČEK, Jiří. Laktózová intolerance, její příčiny, příznaky a nutriční řešení. *Mlékařské listy* [online]. 2017, 28(6), 11-16 [cit. 2018-10-29]. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2017/veda\\_165\\_s.11-16.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2017/veda_165_s.11-16.pdf)

KOVÁŘŮ, Dagmar a KNÁPKOVÁ, Jitka. *Bezlepková a bezmléčná dieta*. Brno: CPress, 2013. ISBN 978-80-264-0185-8.

KUDLOVÁ, Eva. *Hygienu výživy a nutriční epidemiologie*. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1735-0.

Lactose intolerance: myths and facts. An update. Online. *Archivos Argentinos de Pediatría*. 2022, roč. 120, č. 1. ISSN 03250075. Dostupné z: <https://doi.org/10.5546/aap.2022.eng.59>. [cit. 2024-04-02].

LAJNAF, Roua; PICART-PALMADE, Laetitia; ATTIA, Hamadi; MARCHESSEAU, Sylvie a AYADI, M.A. Foaming and air-water interfacial properties of camel milk proteins compared to bovine milk proteins. Online. *Food Hydrocolloids*. 2022, roč. 126. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107470>. [cit. 2024-04-20].

LAYMAN, Donald K; LÖNNERDAL, Bo a FERNSTROM, John D. Applications for  $\alpha$ -lactalbumin in human nutrition. Online. *Nutrition Reviews*. 2018, roč. 76, č. 6, s. 444-460. ISSN 0029-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy004>. [cit. 2024-04-25].

LEIS, Rosaura; DE CASTRO, María-José; DE LAMAS, Carmela; PICÁNS, Rosaura a COUCE, María L. Effects of Prebiotic and Probiotic Supplementation on Lactase Deficiency and Lactose Intolerance: A Systematic Review of Controlled Trials. Online. *Nutrients*. 2020, roč. 12, č. 5. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu12051487>. [cit. 2024-04-02].

LEONARDI, Michela; GERBAULT, Pascale; THOMAS, Mark G. a BURGER, Joachim. The evolution of lactase persistence in Europe. A synthesis of archaeological and genetic evidence. Online. *International Dairy Journal*. 2012, roč. 22, č. 2, s. 88-97. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.10.010>. [cit. 2024-04-02].

LI, Aili; ZHENG, Jie; HAN, Xueting; YANG, Sijia; CHENG, Shihui et al. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production. Online. *Foods*. 2023, roč. 12, č. 13. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12132553>. [cit. 2024-04-02].

LIBURDI, Katia a ESTI, Marco. Galacto-Oligosaccharide (GOS) Synthesis during Enzymatic Lactose-Free Milk Production: State of the Art and Emerging Opportunities. Online. *Beverages*. 2022, roč. 8, č. 2. ISSN 2306-5710. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/beverages8020021>

LUDMAN, S.; SHAH, N. a FOX, A. T. Managing cows' milk allergy in children. Online. *BMJ*. 2013, roč. 347, č. sep16 1, s. f5424-f5424. ISSN 1756-1833. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/bmj.f5424>. [cit. 2024-04-20].

Marshall K. Therapeutic applications of whey protein. *Altern Med Rev*. 2004 Jun;9(2):136-56. PMID: 15253675.

MARTÍNEZ VÁZQUEZ, S.E.; NOGUEIRA DE ROJAS, J.R.; REMES TROCHE, J.M.; COSS ADAME, E.; RIVAS RUÍZ, R. et al. The importance of lactose intolerance in individuals with gastrointestinal symptoms. Online. *Revista de Gastroenterología de México (English Edition)*. 2020, roč. 85, č. 3, s. 321-331. ISSN 2255534X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rgmexn.2020.03.002>. [cit. 2024-04-19].



Mattar R, de Campos Mazo DF, Carrilho FJ. Lactose intolerance: diagnosis, genetic, and clinical factors. *Clin Exp Gastroenterol*. 2012;5:113-21. doi: 10.2147/CEG.S32368. Epub 2012 Jul 5. PMID: 22826639; PMCID: PMC3401057.

MCCAIN, H.R.; KALIAPPAN, S. a DRAKE, M.A. Invited review: Sugar reduction in dairy products. Online. *Journal of Dairy Science*. 2018, roč. 101, č. 10, s. 8619-8640. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14347>. [cit. 2024-03-30].

Ministerstvo zdravotnictví. 2004. Vyhláška č. 54 ze dne 30.01.2004, kterou se stanoví potravinu určené pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití. Sbírka zákonů České republiky, 2004, část 9. Česká republika.

Ministerstvo zdravotnictví. 2016. Vyhláška č. 397 ze dne 02.12.2016, kterou se stanoví požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Sbírka zákonů České republiky, 2016, část 1. Česká republika.

Ministerstvo zdravotnictví. 2016. Vyhláška č. 397 ze dne 02.12.2016, kterou se stanoví požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Sbírka zákonů České republiky, 2016, část 2. Česká republika.

MISSELWITZ, Benjamin; BUTTER, Matthias; VERBEKE, Kristin a FOX, Mark R. Update on lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and clinical management. Online. *Gut*. 2019, roč. 68, č. 11, s. 2080-2091. ISSN 0017-5749. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2019-318404>. [cit. 2024-04-19].

MOKOENA, Mduduzi Paul. Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini-Review. Online. *Molecules*. 2017, roč. 22, č. 8. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules22081255>. [cit. 2024-04-20].

Národní zdravotnický informační portál [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2024 [cit. 20.04.2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz>. ISSN 2695-0340.

NATRELLA, Giuseppe; GAMBACORTA, Giuseppe a FACCIA, Michele. An attempt at producing a “lactose-free” directly acidified mozzarella (high moisture type) by curd washing and pressing: A chemical and sensory study. Online. *International Dairy Journal*. 2023, roč. 136. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105499>. [cit. 2024-03-21]

NEVORAL, Jiří. *Praktická pediatrická gastroenterologie, hepatologie a výživa*. Edice postgraduální medicíny. Praha: Mladá fronta, 2013. ISBN 978-80-204-2863-9.

NICKLAS, Theresa A; QU, Haiyan; HUGHES, Sheryl O; HE, Mengying; WAGNER, Sara E et al. Self-perceived lactose intolerance results in lower intakes of calcium and dairy foods

and is associated with hypertension and diabetes in adults. Online. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2011, roč. 94, č. 1, s. 191-198. ISSN 00029165. Dostupné z: <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.009860>. [cit. 2024-03-27].

OAK, Sophia J. a JHA, Rajesh. The effects of probiotics in lactose intolerance: A systematic review. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019, roč. 59, č. 11, s. 1675-1683. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1425977>. [cit. 2024-04-20].

PAIVA, Virgínia Nardy; GOMES, Elisângela Ramieres; SANTOS, Valéria Maria dos; STEPHANI, Rodrigo; CARVALHO, Antônio Fernandes de et al. Desafios tecnológicos na produção de produtos com baixo teor de lactose. Online. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*. 2018, roč. 73, č. 2, s. 91-101. ISSN 2238-6416. Dostupné z: <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v73i2.665>

PAWLAK-SPRADA, Sylwia; STOBIECKI, Maciej a DECKERT, Joanna. Activation of phenylpropanoid pathway in legume plants exposed to heavy metals. Part II. Profiling of isoflavonoids and their glycoconjugates induced in roots of lupine (*Lupinus luteus*) seedlings treated with cadmium and lead. Online. *Acta Biochimica Polonica*. 2011, roč. 58, č. 2. ISSN 1734-154X. Dostupné z: [https://doi.org/10.18388/abp.2011\\_2268](https://doi.org/10.18388/abp.2011_2268). [cit. 2024-04-02].

*Pediatr. praxi*. 2018; 19(3): 139–14

PETROVA, Stanislava Yu.; KHLGATIAN, Svetlana V.; EMELYANOVA, Olga Yu.; PISHCHULINA, Larisa A. a BERZHETS, Valentina M. Structure And Biological Functions Of Milk Caseins. Online. *Russian Open Medical Journal*. 2022, roč. 11, č. 2. ISSN 23043415. Dostupné z: <https://doi.org/10.15275/rusomj.2022.0209>. [cit. 2024-03-20].

POPPITT, Sally D. Milk proteins and human health. Online. In: *Milk Proteins*. Elsevier, 2020, s. 651-669. ISBN 9780128152515. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00018-9>. [cit. 2024-03-27].

SHEPHERD, Susan J; LOMER, Miranda C E a GIBSON, Peter R. Short-Chain Carbohydrates and Functional Gastrointestinal Disorders. Online. *American Journal of Gastroenterology*. 2013, roč. 108, č. 5, s. 707-717. ISSN 0002-9270. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/ajg.2013.96>. [cit. 2024-04-19].

SHKEMBI, Blerina a HUPPERTZ, Thom. Calcium Absorption from Food Products: Food Matrix Effects. Online. *Nutrients*. 2022, roč. 14, č. 1. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu14010180>. [cit. 2024-03-27].

SILANIKOVE, Nissim; LEITNER, Gabriel a MERIN, Uzi. The Interrelationships between Lactose Intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds. Online. *Nutrients*. 2015, roč. 7, č. 9, s. 7312-7331. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu7095340>. [cit. 2024-04-19].

SINGH, Harjinder. The milk fat globule membrane—A biophysical system for food applications. Online. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2006, roč. 11, č. 2-3, s. 154-163. ISSN 13590294. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2005.11.002>. [cit. 2024-04-20].

STORHAUG, Christian Løvold; FOSSE, Svein Kjetil a FADNES, Lars T. Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: a systematic review and meta-analysis. Online. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*. 2017, roč. 2, č. 10, s. 738-746. ISSN 24681253. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(17\)30154-1](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(17)30154-1). [cit. 2024-04-20].

SUCCOIO, Mariangela; SACCHETTINI, Rosa; ROSSI, Alessandro; PARENTI, Giancarlo a RUOPPOLO, Margherita. Galactosemia: Biochemistry, Molecular Genetics, Newborn Screening, and Treatment. Online. *Biomolecules*. 2022, roč. 12, č. 7. ISSN 2218-273X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/biom12070968>. [cit. 2024-03-27].

SURI, Sheenam; KUMAR, Vikas; PRASAD, Rasane; TANWAR, Beenu; GOYAL, Ankit et al. Considerations for development of lactose-free food. Online. *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism*. 2019, roč. 15, s. 27-34. ISSN 23523859. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jnim.2018.11.003>. [cit. 2024-03-27].

SWAGERTY DL Jr, Walling AD, Klein RM. Lactose intolerance. *Am Fam Physician*. 2002 May 1;65(9):1845-50. Erratum in: *Am Fam Physician*. 2003 Mar 15;67(6):1195. PMID: 12018807.

TROISE, Antonio Dario; BANDINI, Enrica; DE DONNO, Roberta; MEIJER, Geert; TREZZI, Marco et al. The quality of low lactose milk is affected by the side proteolytic activity of the lactase used in the production process. Online. *Food Research International*. 2016, roč. 89, s. 514-525. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.021>. [cit. 2024-03-21].

TRUBNIKOVA, A.; CHABANOVA, O.; SHARAKHMATOVA, T.; BONDAR, S. a NEDOBIICHUK, T. LACTOSE-FREE ICE CREAM TECHNOLOGY BASED ON SECONDARY DAIRY RAW MATERIALS. Online. *Food Science and Technology*. 2023, roč. 17, č. 1. ISSN 2409-7004. Dostupné z: <https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2564>.

UGIDOS-RODRÍGUEZ, Santiago; MATA LLANA-GONZÁLEZ, María Cruz a SÁNCHEZ-MATA, María Cortes. Lactose malabsorption and intolerance: a review. Online. *Food & Function*. 2018, roč. 9, č. 8, s. 4056-4068. ISSN 2042-6496. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/C8FO00555A>. [cit. 2024-04-19].

ULFMAN, Laurien; TSUANG, Angela; SPRIKKELMAN, Aline B.; GOH, Anne a VAN NEERVEN, R. J. Joost. Relevance of Early Introduction of Cow's Milk Proteins for Prevention of Cow's Milk Allergy. Online. *Nutrients*. 2022, roč. 14, č. 13. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu14132659>. [cit. 2024-04-20].

VELTEN, Hannah. Milk: A global history. Reaktion Books, 2010.

VESA, Tuula H.; MARTEAU, Philippe a KORPELA, Riitta. Lactose Intolerance. Online. Journal of the American College of Nutrition. 2000, roč. 19, č. sup2, s. 165S-175S. ISSN 0731-5724. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718086>. [cit. 2024-04-20].

Villegas M, Sommarin M, Brodelius PE. 2000. Effects of sodium orthovanadate on benzophenanthridine alkaloid formation and distribution in cell suspension cultures of *Eschscholtzia californica*. *Plant Physiology and Biochemistry* 38:233–241.

YE, Yaoyao; DING, Yanfei; JIANG, Qiong; WANG, Feijuan; SUN, Junwei et al. The role of receptor-like protein kinases (RLKs) in abiotic stress response in plants. Online. *Plant Cell Reports*. 2017, roč. 36, č. 2, s. 235-242. ISSN 0721-7714. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00299-016-2084-x>. [cit. 2024-03-30].

## 6 Seznam obrázků

Obrázek 1 Nenasycená mastná kyselina – schematický nákres. Barevně jsou odlišeny atomy různých chemických prvků: uhlíku (zelená), vodíku (oranžová) a kyslíku (červená) (depositphotos.com).....	12
Obrázek 2 Model kaseinové micely (upraveno dle Boland et al. 2014).....	13
Obrázek 3 Strukturní vzorec laktózy (zdroj ChemSketchem).....	15
Obrázek 4 Hydrolýza laktózy za pomoci enzymu laktázy (upraveno dle Itan et. al. 2010).....	16
Obrázek 5 Strukturní vzorec galaktózy (zdroj ChemSketchem).....	16
Obrázek 6 Strukturní vzorec glukózy (zdroj ChemSketchem).....	17
Obrázek 7 Enzym laktázy (Weberová 2016).....	18
Obrázek 8 Schéma trávení v případě laktózy tolerance (A) a laktózy intolerance (B) (Čurda 2006).....	19
Obrázek 9 Schéma 3 druhů testů laktózy intolerance (Kocna 2006).....	22
Obrázek 10 Výskyt laktózy intolerance ve světě (Kopáček 2017).....	24
Obrázek 11 Bezlaktózy mléko (rohlik.cz).....	31
Obrázek 12 Tavený sýr bez laktózy (rohlik.cz).....	32
Obrázek 13 Mozzarella bez laktózy (rohlik.cz).....	33
Obrázek 14 Tvaroh bez laktózy (rohlik.cz).....	33
Obrázek 15 Bílý jogurt bez laktózy (rohlik.cz).....	35

## 7 Seznam tabulek

Tabulka 1 Mýty a fakta o mléce (Institut moderní výživy 2017) .....	10
Tabulka 2 Složení různých druhů mléka (upraveno dle Pereira 2014).....	11
Tabulka 3 Hlavní bílkoviny syrovátky a jejich nutriční a zdravotní význam (Marshall 2004) 14	
Tabulka 4 Přehled snášenlivosti laktózy (Fritzscheová 2015).....	18
Tabulka 5 Rozdíl mezi laktózovou intolerancí a alergií na kravské mléko (upraveno dle Fritzscheová 2015).....	25
Tabulka 6 Potraviny, které lze konzumovat (sl. ANO), dle množství, či vyřadit z jídelníčku (sl. NE ) (Fojík et al. 2020).....	26
Tabulka 7 Obsah laktózy v mléčných výrobcích (upraveno dle Facioni 2020) .....	27
Tabulka 8 Obsah laktózy v mléce s nízkým obsahem laktózy (Bulgaru 2021).....	29
Tabulka 9 Složení polotučného mléka – bez laktózy (rohlik.cz).....	31
Tabulka 10 Složení bezlaktózového taveného sýra (vlastní).....	32
Tabulka 11 Složení bezlaktózové mozzarely (vlastní) .....	33
Tabulka 12 Složení bezlaktózového tvarohu (vlastní).....	33
Tabulka 13 Složení bílého krémového jogurty bez laktózy s kulturou BiFi (vlastní) .....	35
Tabulka 14 Přehled probiotik ve vybraných produktech (upraveno dle Bodke 2022).....	38

## 8 Seznam příloh

Příloha 1 - Technologické schéma výroby bezlaktózového mléka (upraveno dle Dekker et al. 2019)

