

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Bezlaktózové mléčné výrobky

Bakalářská práce

Alice Andrllová

Výživa a potraviny

Ing. Veronika Legarová, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Bezlaktózové mléčné výrobky" 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 1.5.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Veronice Legarové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, za pomoc, cenné rady a veškerý čas, který mi během psaní věnovala. Dále děkuji své rodině a přátelům za podporu při studiu.

Bezlaktózové mléčné výrobky

Souhrn

Tato kompilační bakalářská práce se věnuje bezlaktózovým mléčným výrobkům a výrobkům s přirozeně nízkým obsahem laktózy, jako možnému řešení při laktózové intoleranci. Nejprve je popsáno nutriční složení hlavních i vedlejších složek kravského mléka a následně jsou uvedeny rozdílnosti ve složení mléka buvolího, kozího, ovčího a velbloudího.

V návaznosti na složení jsou charakterizovány zdravotní problémy spojené s konzumací mléka a mléčných výrobků a je vysvětlen rozdíl mezi alergií na mléčnou bílkovinu a intolerancí na mléčný cukr. U problematiky laktózové intolerance je popsán metabolismus špatného trávení laktózy vlivem absence enzymu β -galaktosidázy a jsou uvedeny 4 druhy laktózové intolerance: primární, sekundární, kongenitální a vývojový nedostatek laktázy. K diagnostice laktózové intolerance je k dispozici několik metod, mezi ty nejpoužívanější patří vodíkový dechový test založený na vydechování plynů produkovaných střevními bakteriemi, zátěžový test prováděný ze vzorků krve a genetický test ze stěru sliznice.

Diagnostikovaní jedinci s laktózovou intolerancí mají možnost nahradit mléčné výrobky variantami bez laktózy. Technologie odstraňování laktózy z mléka se provádí pomocí hydrolýzy, chromatografie, membránové separace nebo ultrafiltrace. Princip hydrolýzy je založen na štěpení laktózy na glukózu a galaktózu za pomoci izolovaného enzymu β -galaktosidázy živočišného, rostlinného nebo mikrobiálního původu. Laktáza izolovaná z různých mikroorganismů má jiné optimální hodnoty pH prostředí, ve kterém vykazuje nejvyšší efektivnost, a pro komerční použití je nejvhodnějším zdrojem enzym izolovaný z kvasinek rodu *Kluyveromyces lactis*. Zbylé metody eliminace laktózy z mléka fungují na separaci jednotlivých složek mléka s rozdílnými chemickými a fyzikálními vlastnostmi.

Závěrečná kapitola se zabývá samotnými bezlaktózovými výrobky a výrobky s nízkým obsahem laktózy. Nejprve je popsán zvyšující se trend produkce bezlaktózových mléčných výrobků a problematika jejich správného označování. Problémem je také absence univerzální celosvětové legislativy určující přesně definované povolené hodnoty a sjednocené logo pro „lactose free“ produkty. Následuje popis mléka a mléčných výrobků, jejich technologie zpracování a postup při výrobě bezlaktózových variant. Práce se zaměřuje na běžně konzumované mléčné výrobky, mezi které řadíme jogurty, kefíry, sýry, sušené mléko, mražené krémy a máslo. Nakonec jsou uvedeny české i zahraniční společnosti, které na českém trhu uvádí sortiment bezlaktózových výrobků. Mezi ty nejvýznamnější patří Madeta a.s., Moravia Lacto a.s. a Meggle s.r.o.

Klíčová slova: hydrolýza, intolerance, laktóza, mléčné výrobky, mléko

Lactose-free dairy products

Summary

This bachelor thesis studies lactose-free variants of dairy products and products with naturally low lactose content, as a possible solution for lactose intolerance. Firstly, is described nutritional composition of major and minor components of cow's milk, followed by differences in composition of buffalo, goat, sheep, and camel milk.

Health problems, associated with consumption of milk and dairy products, are characterised. Is clarified difference between cow's milk allergy and intolerance to milk sugar. On a topic of lactose intolerance is described a metabolism of indigestion of lactose during the absence of the enzyme β -galactosidase and there are described 4 types: primary, secondary, congenital, and developmental lactase deficiency. There are available several methods to diagnose lactose intolerance, the most used one is hydrogen breath test based on exhalation of gasses produces by intestinal bacteria. Other methods are lactose tolerance test from blood samples and genetic test from mucosal surface.

People diagnosed with lactose intolerance have the possibility to replace basic dairy products with lactose-free variants. Technology of removal lactose from milk is performed by hydrolysis, chromatography, membrane separation or ultrafiltration. The principle of hydrolysis is based on cleavage of lactose to glucose and galactose using the isolated enzyme β -galactosidase from microbial origin. Lactase isolated from each microorganism has different optimum of pH values for the highest efficiency and the most used enzyme for commercial use is isolated from yeasts of genus *Kluyveromyces lactis*. The remaining methods of elimination lactose from milk are used by separating constituents based on their chemical and physical properties.

The final chapter include lactose-free products and products with low lactose content. Firstly, is described the growing trend of production lactose-free alternatives to dairy products, then the issue of correct labelling. Other problem is absence of universal global legislation specifying well-defined permitted content of lactose and unified logo for "lactose free" products following by description of milk and dairy products, their processing technology and production of lactose-free variants. This thesis focuses on commonly consumed dairy products, including yoghurts, kefir, cheese, powdered milk, ice creams and butter. At the end are listed Czech and foreign companies, which present a range of lactose-free products on the local market. The well-known are for example Madeta a.s., Moravia Lacto a.s. and Meggle s.r.o.

Keywords: hydrolysis, intolerance, lactose, dairy products, milk

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Mléko a jeho složení	10
3.1.1 Voda	10
3.1.2 Tuk	10
3.1.3 Bílkoviny.....	11
3.1.4 Sacharidy.....	13
3.1.5 Vitaminy.....	14
3.1.6 Minerální látky	15
3.1.6.1 Vápník	15
3.1.6.2 Fosfor	16
3.1.6.3 Hořčík.....	16
3.1.6.4 Sodík	16
3.1.7 Enzymy.....	16
3.1.8 Hormony	17
3.2 Typy mléka	17
3.2.1 Buvolí mléko	18
3.2.2 Kozí mléko.....	18
3.2.3 Ovčí mléko	19
3.2.4 Velbloudí mléko	19
3.3 Zdravotní problémy spojené s konzumací mléka a mléčných výrobků	20
3.3.1 Alergie na kravskou bílkovinu	20
3.3.2 Laktózová intolerance.....	21
3.3.3 Střevní laktáza.....	22
3.3.4 Druhy laktózové intolerance.....	23
3.3.4.1 Primární nedostatek laktázy	23
3.3.4.2 Sekundární nedostatek laktázy.....	23
3.3.4.3 Kongenitální nedostatek laktázy.....	24
3.3.4.4 Vývojový nedostatek laktázy	24
3.3.5 Metody diagnostiky laktózové intolerance	24
3.3.5.1 Zátěžový test.....	24
3.3.5.2 Vodíkový dechový test (HBT).....	25
3.3.5.3 Genetický test	25

3.4	Odstranění laktózy z mléka	25
3.4.1	Hydrolýza	25
3.4.1.1	Hydrolýza s rozpustnými enzymy	26
3.4.1.2	Imobilizované systémy	26
3.4.2	Chromatografie	27
3.4.3	Ultrafiltrace	28
3.5	Bezlaktózové mléčné výrobky	28
3.5.1	Vyhláška 39/2018 Sb., o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich využití	29
3.5.2	Označování výrobků bez laktózy a s nízkým obsahem laktózy	30
3.5.3	Mléčné výrobky a jejich bezlaktózové varianty	31
3.5.3.1	Mléko	31
3.5.3.2	Jogurty	34
3.5.3.3	Kefíry	36
3.5.3.4	Sýry	37
3.5.3.5	Sušené mléko	39
3.5.3.6	Mražené krémy	40
3.5.3.7	Máslo	42
3.5.4	Bezlaktózové výrobky dostupné na českém trhu	43
3.5.4.1	Meggle s.r.o.	43
3.5.4.2	Moravia Lacto a.s.	43
3.5.4.3	Madeta a.s.	44
3.5.4.4	Pragolaktos a.s.	45
3.5.4.5	Další společnosti	45
4	Závěr	46
5	Literatura	47
6	Elektronické zdroje	53
7	Seznam tabulek	54
8	Seznam obrázků	55

1 Úvod

Od narození je nám mateřské mléko poskytováno jako přirozená výživa, zajišťující všechny potřebné živiny pro správný růst a vývoj organismu. Mléko obsahuje plnohodnotné bílkoviny, dobře stravitelný mléčný tuk, laktózu, minerální látky a vitaminy a díky tomuto zastoupení nutričně významných látek se mléko a mléčné výrobky živočišného původu staly nedílnou součástí lidské výživy i během celého našeho života. Konzumace mléka má dlouholetou tradici, a i když celosvětově dominuje mléko kravské, roste oblíbenost i mléka kozího nebo ovčího (Haug et al. 2007; Guetouache et al. 2014).

I když je mléko mnoha odborníky prezentováno jako „superpotravina“, roste v populaci s přibývajícím věkem počet jedinců potýkajících se se zdravotními problémy po požití mléka či mléčných výrobků. V případě opakujících se obtíží je potřeba podstoupit lékařská vyšetření, která mohou odhalit, zda se jedná o alergii na mléčnou bílkovinu, a je třeba mléko z jídelníčku zcela vyřadit, nebo je na vině laktózová intolerance, pro kterou existuje několik účinných řešení (Kopáček 2010; Kopáček et al. 2019).

Nežádoucí účinky po požití kravského mléka byly poprvé popsány Hippokratem již kolem roku 400 př. n. l., ale klinické příznaky laktózové intolerance začaly být zkoumány až v 60. letech minulého století. V globálním měřítku laktózová intolerance postihuje až 70 % dospělé populace. Absence dostatečného množství laktázy, tedy enzymu, který v tenkém střevě štěpí laktózu na jednodušší sacharidy, vede k poruše vstřebávání živin a vyvolává řadu gastrointestinálních příznaků v podobě nadýmání, bolesti břicha a průjmů. Laktózovou intoleranci můžeme rozdělit na trvalou či dočasnou a v obou případech spočívá léčba v redukci laktózy. Jak již bylo zmíněno, mléko je jeden ze zdrojů cenných živin, a proto by se snížení příjmu laktózy nemělo řešit odstraněním všech mléčných výrobků z jídelníčku. Vhodným řešením je například zařazení fermentovaných mléčných výrobků, které obsahují prospěšné bakterie podporující trávení laktózy (jogurty, kefíry), mléčných produktů, které přirozeně obsahují minimální množství laktózy (máslo, tvrdé sýry) i bezlaktózových alternativ (Lomer et al. 2008; Facioni et al. 2020).

V posledních desetiletích se s vyšším povědomím o laktózové intoleranci vyvíjejí nové technologie pro odstranění laktózy z mléka a mléčných výrobků za účelem uspokojení všech spotřebitelů. Laktózově intolerantní jedinci si tak v dnešní době, kromě výše zmiňovaných fermentovaných výrobků a výrobků s nízkým obsahem laktózy, mohou dopřát bezlaktózové varianty mléčných produktů bez zažívacích problémů. Díky nejnovějším výrobním postupům mají výrobky s odstraněnou laktózou totožnou chuť a poskytují stejně prospěšné nutriční živiny (vyjma laktózy) jako klasické mléčné výrobky (Harju et al. 2012; Dekker et al. 2019).

2 Cíl práce

Cílem kompilační bakalářské práce bylo vypracování přehledné literární rešerše, zaměřené na mléčné výrobky bez laktózy z mléka různých živočišných druhů.

3 Literární rešerše

3.1 Mléko a jeho složení

Mlékem se rozumí tekutý sekret mléčné žlázy savců, obsahující všechny potřebné živiny ke správnému vývoji mláděte. Sekrece mléka začínající po porodu mláděte se nazývá laktace a u každého druhu zvířete se její délka liší, například u skotu je to průměrně 305 dní (Kopáček 2014).

Pro lidskou výživu i průmyslové zpracování se po celém světě nejčastěji používá mléko kravské (okolo 83 %) a mléko buvolí (13 %). Zbývá 4 % představují mléka ovčí, kozí, velbloudí a kobyli (Kopáček 2014). Druh daného savce značně ovlivňuje složení mléka, které je proměnlivé na základě měnících se fyziologických potřeb mláděte. Mezi další důležité faktory ovlivňující změny složení mléka patří především stadium laktace, plemenná příslušnost, výživa, věk a zdravotní stav dojnice (Haug et al. 2007). Mezi hlavní složky mléka se řadí voda, tuky, bílkoviny a mléčný cukr laktóza. K vedlejším složkám patří minerální látky, vitaminy, enzymy, hormony, somatické buňky a plyny (Park & Haenlein 2013).

3.1.1 Voda

Voda představuje hlavní složku mléka, ve které jsou jednotlivé mléčné složky rozptýleny, přičemž malé množství vody je ještě chemicky vázáno na laktózu a bílkoviny. Obsah vody v mléce se liší v závislosti na druhu savce v rozmezí od 79 % do 90 % a ve výrobním procesu je důležitým parametrem trvanlivosti mléka i mléčných výrobků (Pritchard & Kailasapathy 2011).

3.1.2 Tuk

Energeticky nejbohatší složku mléka představuje mléčný tuk. Celkový obsah tuku se v kravském mléce pohybuje v rozmezí 3–5 %, v závislosti na plemenné příslušnosti dojnice. V mléce je tuk přítomen ve formě emulze tukových kuliček o velikosti 1–20 μm , které jsou tvořeny převážně nepolárními lipidy (triacylglyceroly) přítomnými v jádře, obklopené polární lipidovou dvojvrstvou a bílkovinou membránou (Gordon 2013).

V mléčném tuku se nejčastěji nachází estery glycerolu a mastných kyselin, které se podle počtu navázaných mastných kyselin v molekule dělí na triacylglyceroly, diacylglyceroly a monoacylglyceroly. Nejzastoupenější skupinu mléčného tuku představují již zmiňované triacylglyceroly, které jsou tvořeny až 400 různými mastnými kyselinami představující primární složku mléčného tuku. Triacylglyceroly se řadí mezi homolipidy, protože v jejich struktuře kromě glycerolu a mastných kyselin není přítomna jiná sloučenina (Gómez-Cortés et al. 2018).

V průměru 70 % mléčného tuku tvoří nasycené mastné kyseliny, které obsahují pouze jednoduché vazby a jsou zastoupeny z 15 % mastnými kyselinami s krátkým uhlíkatým řetězcem a 55 % s dlouhým uhlíkatým řetězcem. Zbýlých 30 % tvoří nenasycené mastné kyseliny obsahující jednu či více dvojných vazeb, mezi které patří esenciální ω -3 a ω -6 polynenasycené mastné kyseliny (Gómez-Cortés et al. 2018). Procentuální zastoupení mastných kyselin v kravském, ovčím a kozím mléce jsou uvedena v Tabulce č. 1. Pokud jsou na glycerol navázané jiné sloučeniny než mastné kyseliny, jedná se o heterolipidy. Příkladem jsou kyselina fosforečná (fosfolipidy), galaktóza (glykolipidy) nebo lipofilní vitamíny a cholesterol (Guétouache et al. 2014).

Tabulka 1: Procentuální zastoupení mastných kyselin (MK) v kravském, ovčím a kozím mléce

	Název MK	Vzorec	Kravské mléko (%)	Ovčí mléko (%)	Kozí mléko (%)
Nasycené	Máselná	C4:0	3,9	3,5	2,2
	Kapronová	C6:0	2,5	2,9	2,4
	Kaprylová	C8:0	1,5	2,6	2,7
	Kaprinová	C10:0	3,2	7,8	10,0
	Laurová	C12:0	3,6	4,4	5,0
	Myristová	C14:0	11,1	10,4	9,8
	Palmitová	C16:0	27,9	25,9	28,2
	Stearová	C18:0	12,2	9,6	8,9
Nenasycené	Olejová	C18:1 cis	17,2	18,2	19,3
	Elaidová	C18:1 trans	3,9	2,9	2,1
	Linolová	C18:2 n-6	1,4	2,3	3,2
	α -linolenová	C18:3 n-3	1,0	0,8	0,4

(Gómez-Cortés et al. 2018)

3.1.3 Bílkoviny

Proteiny jsou důležitá třída přirozeně se vyskytujících sloučenin, nezbytných pro všechny životní procesy. Strukturně se jedná o polymery 20 různých aminokyselin, seřazených v různé po sobě jdoucích a rozdílných sekvencích polypeptidového řetězce. Obsah a sekvence aminokyselin ovlivňuje vlastnosti bílkoviny (Kukovics & Németh 2013).

Mléčné bílkoviny představují jednu z významných složek lidské výživy, jelikož obsahují esenciální aminokyseliny a další prvky, které si naše tělo nedokáže samo syntetizovat. Kravské mléko obsahuje v průměru 3,2–3,5 % bílkovin a pro člověka dosahuje jejich stravitelnost v tenkém střevě až 95 %. Bílkoviny se v organismu podílí na obranyschopnosti, přenosu minerálů a správného chodu kardiovaskulárního a nervového systému (Kopáček 2014). Složení mléčného proteinu je z 95 % z kaseinových a syrovátkových bílkovin a zbývajících 5 % tvoří

nebílkovinné dusíkaté látky, kam řadíme volné aminokyseliny, malé peptidy a neproteinový dusík. Skupiny kaseinových a syrovátkových bílkovin jsou v mléce zastoupeny přibližně v poměru 4:1 (Kukovics & Németh 2013). Průměrné složení bílkovinné frakce kravského mléka v gramech i procentech znázorňuje Tabulka č. 2.

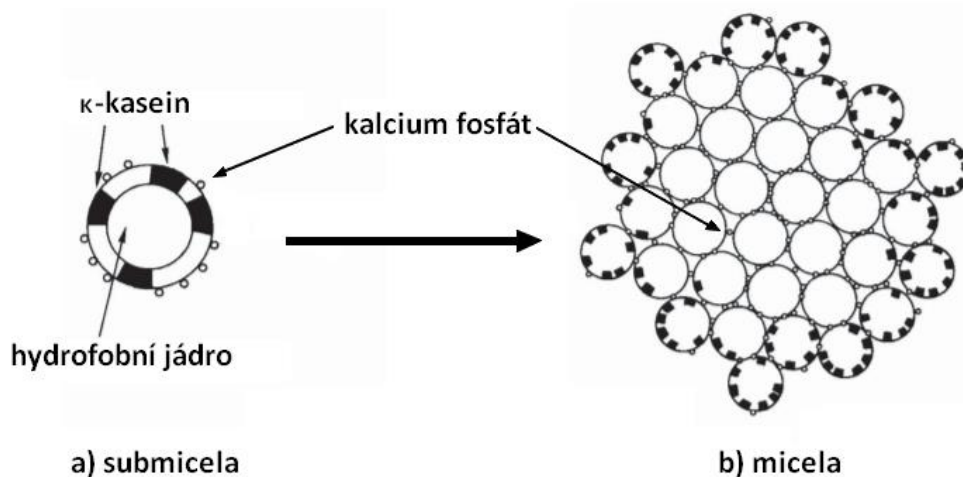
Tabulka 2: Průměrné složení bílkovinné frakce kravského mléka

Bílkoviny	Obsah (g/kg)	% z celkové bílkovinné frakce
Celkový počet bílkovin	33,0	100
Kaseinové bílkoviny	26,0	78,8
α_{S1} -kasein	10,7	32,4
α_{S2} -kasein	2,8	8,5
β -kasein	8,6	26,1
κ -kasein	3,1	9,4
γ -kasein	0,8	2,4
Syrovátkové bílkoviny	6,4	19,4
α -laktalbumin	1,2	3,6
β -laktoglobulin	3,2	9,8
Sérový albumin	0,4	1,2
Imunoglobuliny	0,8	2,4
Proteázové peptony	0,8	2,4
Ostatní	0,6	1,8

(Goff 2016)

Kasein je komplex fosfoproteinů specifických pro mléko savců, kde tvoří průměrně 80 % všech zastoupených bílkovin. Kaseinové frakce lze rozdělit do 4 skupin: α_{S1} -kasein, α_{S2} -kasein, β -kasein a κ -kasein, v přibližném poměru 4:1:4:1 (Ann Augustin et al. 2011). Jednotlivé frakce se od sebe odlišují složením aminokyselin, molekulovou velikostí a obsahem fosforu. Všechny kaseinové frakce se v mléce vyskytují jako polymery nazývané kaseinové micely. Tyto micely jsou složeny ze stovek až tisíců submicel o velikosti 12–15 μm a každá submicela obsahuje přibližně 20–25 molekul α_{S1} -kaseinu, α_{S2} -kaseinu, β -kaseinu a κ -kaseinu spojené pomocí fosforečnanu vápenatého (Chandan 2011). Modely kaseinové micely a submicely jsou zobrazeny na Obrázku č. 1. Protože jsou všechny kaseinové frakce kromě κ -kaseinu citlivé na přítomnost vápníku, vyskytují se na povrchu každé micely převážně submicely bohaté na κ -kasein a chrání tak zbylé submicely s nízkým nebo žádným obsahem κ -kaseinu před koagulací (Qi 2007).

Obrázek 1: Modely kaseinové submicely a micely



(Qi 2007)

Druhou skupinou zastupující zbylých 20 % mléčných bílkovin jsou syrovátkové bílkoviny a jedná se o globulární proteiny s vysokou nutriční hodnotou. Hlavními frakcemi jsou β -laktoglobulin, α -laktalbumin, sérový albumin a imunoglobuliny. Nejzastoupenější syrovátková bílkovina β -laktoglobulin plní v mléce funkci přenašeče vitamínu A a mastných kyselin a přítomnost α -laktalbuminu hraje významnou roli při syntéze laktózy (Kukovics & Németh 2013).

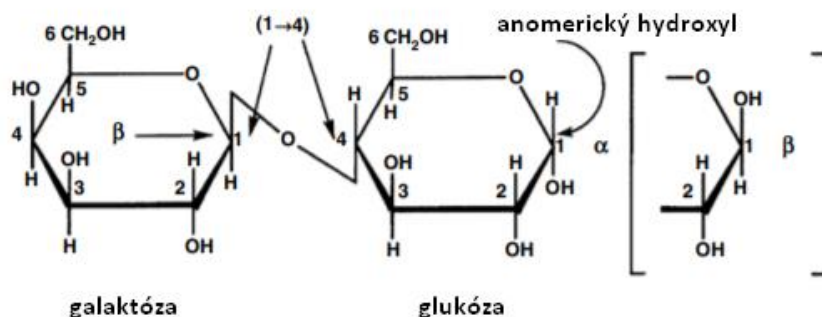
3.1.4 Sacharidy

Mléko obsahuje několik sacharidových složek, mezi které patří laktóza, glukóza, galaktóza, oligosacharidy a glykoproteiny. Primárním sacharidem je laktóza, jejíž procentuální zastoupení se v kravském mléce pohybuje od 4 do 5 % celkového obsahu (Pritchard & Kailasapathy 2011). Jako jediným známým zdrojem laktózy je savčí mléko, a proto ji můžeme znát i pod názvem mléčný cukr. Existuje pouze pár výjimek skupin savců, které ve složení svého mléka nemají zastoupenou laktózu vůbec (ploutvonožci), nebo v minimálním množství pod 0,1 % celkového obsahu (vejcorodí) (Holsinger 1997).

Strukturně se laktóza jako disacharid skládá ze dvou molekul hexóz: D-glukózy a D-galaktózy spojených pomocí β (1 \rightarrow 4) glykosidové vazby. Jelikož je laktóza redukující cukr, má přítomen volný poloacetálový hydroxyl a může tak existovat jako α anomer (4-D-glukopyranosyl- α -D-galaktopyranózy) a β anomer (4-D-glukopyranosyl- β -D-galaktopyranózy), tyto anomery jsou zobrazené na Obrázku č. 2 (Fox et al. 2015). Syntéza laktózy probíhá v buňkách mléčné žlázy pomocí enzymu laktózové syntázy, kterou tvoří komplex β 4-galaktosyltransferáz I a α -laktalbumin. Po požití mléka se laktóza rozštěpí v tenkém střevě působením enzymu laktázy neboli β -galaktosidázy, na již zmiňovanou glukózu a galaktózu, a rozštěpené monosacharidy se transportují specifickým mechanismem: galaktóza je v játrech přeměněna

na glukózu, která následně se zbylou glukózou vstupuje do krevního oběhu a funguje jako zdroj rychle a snadno využitelné energie (Crisà 2013).

Obrázek 2: Anomery α -laktózy a β -laktózy



(Fox et al. 2015)

Využití laktózy v raném věku je nesmírně důležité, jelikož vzniklá energie podporuje vývoj jedince a jeho správný růst. Během kojení je aktivita laktázy mláděte poměrně vysoká a snižuje se s postupným odstavením mléka. Nízká aktivita je zapříčiněna snižujícím se obsahem laktázy v tenkém střevě a tento jev lze pozorovat téměř u všech savců v primární fázi růstu (Březková & Matějová 2010). U mlék různých živočišných druhů najdeme, stejně jako u ostatních složek, rozdílné podíly laktózy. Je to dáno kombinací živin pro potřeby mláďat daného druhu. Zatímco u skotu je během raného vývoje kladen důraz na stavbu kostí, tedy potřeba bílkovin převyšuje potřebu laktózy, u mateřského mléka je to přesně naopak, neboť je upřednostňován hlavně vývoj mozkové tkáně (Fritzscheová 2015).

3.1.5 Vitaminy

Vitaminy jsou chemicky nesořodé organické látky, které je nutné přijímat v potravě, jelikož si je lidský organismus až na výjimky neumí sám vytvořit. V lidském organismu se podílejí na metabolismu a jako katalyzátory biochemických reakcí. Klasifikují se podle jejich rozpustnosti na vitaminy rozpustné v tucích, kam patří vitaminy A, D, E a K a vitaminy rozpustné ve vodě, kam patří komplex vitaminů B a kyselina askorbová neboli vitamin C (Graulet et al. 2013). Koncentrace všech vitaminů v mléce závisí na různých faktorech, jako jsou fáze laktace, zdraví a výživě zvířete (Pritchard & Kailasapathy 2011).

Vitaminy rozpustné v tucích se v mléce nacházejí uvnitř tukových kuliček. Z celé skupiny vitaminu A, D, E a K jsou nejméně zastoupeny vitaminy D a K, které se v mléce nachází jen v malém množství a jsou tak pro lidskou výživu nutričně nevýznamné (Pritchard & Kailasapathy 2011). Druhá skupina vitaminů rozpustných ve vodě zahrnuje 8 sloučenin z B skupiny, a to B1 (thiamin), B2 (riboflavin), B3 (niacin), B5 (kyselina pantotenová), B6, B8, B9 a B12. Vitaminu C

je v mléce jen malé množství, a navíc se ničí v průběhu tepelného ošetření mléka (Graulet et al.2013). Průměrný obsah vitaminů v kravském mléce je znázorněn v Tabulce č. 3.

Tabulka 3: Koncentrace vitaminů v kravském mléce

Označení	Obsah v mléce (mg·kg ⁻¹)
vitamin A	0,3–1,0
vitamin D	0,001
vitamin E	0,2–1,2
vitamin K	0,01–0,03
vitamin C	5–20
vitamin B ₁	0,3–0,7
vitamin B ₂	0,2–3,0
vitamin B ₃	0,8–5,0
vitamin B ₅	0,4–4,0
vitamin B ₆	0,2–2,0
vitamin B ₇	0,01–0,09
vitamin B ₉	0,03–0,28

(Gajdůšek 2003)

3.1.6 Minerální látky

Mléko je výborným zdrojem mikronutrientů, u kterých se nesleduje pouze jejich zastoupení, ale především i následná využitelnost v lidském organismu. Obsah minerálních látek v kravském mléce je 0,7–0,8 %, přičemž většina z nich je rozpuštěna ve vodní složce mléka (Kopáček 2014). Mléko a mléčné výrobky obsahují základní minerální látky v různých koncentracích. Dělíme je na makroelementy (Ca, P, Na, K, Cl, Mg) a stopové prvky (Cu, Zn, Pb, Cd, Fe, Se, F, I, Cr, Co, Mo, As, Ni, B, Si). Z výživového hlediska jsou nezbytné pro různé životně důležité funkce lidského organismu, ačkoli některé z nich lze považovat za toxické (Gaucheron 2013).

3.1.6.1 Vápník

Nejdůležitější minerální látku obsaženou v mléce představuje vápník. V lidském organismu ve spojení s fosfátem vytváří strukturu kostí a zubů, dále přispívá ke srážení krve, při svalových kontrakcích, množení buněk a mnoha dalších důležitých procesech. Koncentrace vápníku v kravském mléce se pohybuje v průměru okolo 1200 mg na 1 litr. Vyšší obsah najdeme v mléce bohatějším na bílkoviny a jako příklad můžeme uvést mlezivo, ve kterém současně s vyšším obsahem bílkovin vzrůstá i obsah vápníku. V mléku a mléčných výrobcích se vápník nachází jako pevný, rozpuštěný, volný i ve sloučeninách. Přítomnost různých forem závisí na

druhu mléčného výrobku, ve fermentovaných výrobcích se vyskytuje v iontové formě Ca^{2+} , ve zrajících sýrech jako sraženiny fosforečnanu vápenatého, uhličitanu vápenatého a mléčnanu vápenatého. Koncentrace vápníku v některých mléčných výrobcích může dosahovat až 1000 mg na 100 g výrobků, konkrétně třeba u tvrdých sýrů jako je parmezán (Gaucheron 2013).

3.1.6.2 Fosfor

Stejně jako vápník, je fosfor v mléce přítomen v mnoha různých formách. Celkový obsah fosforu je asi 950 mg na 1 litr mléka a nejčastěji se nachází ve formě kalcium fosfátu v kaseinových micelách. Dále je přítomen volně jako fosforečnanové anionty nebo ve formě fosfolipidů. V lidském organismu se vyskytuje jako součást nukleových kyselin a podílí se, kromě již zmiňované struktury kostí a zubů, na syntéze ATP a regulaci aktivity enzymů (Gaucheron 2013).

3.1.6.3 Hořčík

V těle dospělého jedince je obsah hořčíku cca 15–20 g, téměř polovina se s vápníkem a fosforem nachází v kostech a druhá polovina je v intercelulárním prostoru. Hořčík se podílí na aktivaci enzymů, replikaci a transkripci DNA, syntéze bílkovin, metabolismu buněčné energie a dalších. Koncentrace v mléce je ve srovnání s vápníkem o mnoho nižší, přibližně 120 mg na 1 litr. V mléce a mléčných výrobcích se koncentrace hořčíku liší podle výrobních procesů, stejně jako u vápníku je nejvyšší množství hořčíku v sýrech (Gaucheron 2013).

3.1.6.4 Sodík

Sodík v těle reguluje hospodaření s vodou, její pohyb a mezibuněčnou výměnu. Je důležitou součástí nervových přenosů a svalových kontrakcí. V mléce je ho zhruba 450 mg na 1 litr a společně s chlorem se vyskytuje ve vodné fázi mléka. V mléčných výrobcích se může obsah sodíku navyšovat vlivem dosolování u sýrů nebo másla (Gaucheron 2013).

3.1.7 Enzymy

Enzymy jsou produkovány buňkami jako specifické globulární bílkoviny. Každý enzym je rozdílně citlivý na různá rozmezí teploty a hodnoty pH (Guetouache 2014). Do mléka je uvolňováno přibližně 70 enzymů. Hlavními mléčnými enzymy jsou lipoproteinová lipáza, plazmin, plazminogen, lysozym, laktoperoxidáza, fosfatáza, kataláza a xantinoxidáza (Rodrigues 2013).

Enzymy v mléce mohou být exogenního i endogenního původu. Exogenní enzymy, mezi které patří proteázy a lipázy, jsou produkovány bakteriemi kontaminující mléko během manipulace při dojení a následném zpracování. Endogenní enzymy přechází do mléka z těla dojnice ze 4 hlavních zdrojů: krevní plazmy, cytoplazmy sekrečních buněk, membrán tukových kuliček a somatických buněk. Většina z více než 70 enzymů vyskytujících se v mléce nevykazuje fyziologickou roli v biosyntéze ani sekreci mléka a vzhledem k tomu, že nemají nijak zásadní vliv na organoleptické a nutriční vlastnosti, bývají při zpracování mléka zničeny záhřevem. I přes několik kroků tepelného ošetření mléka ale nemusí dojít k deaktivaci všech enzymů a ty pak mohou negativně ovlivňovat vlastnosti mléka a mléčných výrobků. V některých případech je přítomnost enzymu žádoucí, příkladem je plazmin, který při zrání sýra díky proteolytickým účinkům ovlivňuje výslednou kvalitu a následně podmínky skladování (Rodrigues 2013).

3.1.8 Hormony

Hormony jsou látky uvolňující se z určité tkáně, které se následně transportují do místa působení, kde vyvolají specifickou funkci. Původ hormonů v mléce je buď z krve dojnic a do mléka jsou vylučovány pomocí aktivního transportu v mléčné žláze, nebo mohou být přímo v mléčné žláze syntetizovány. Přes více než 50 různých hormonů v mléce můžeme rozdělit do 4 skupin podle původu: gonadotropní (estrogen, progesteron a androgen), nadledvinové (kortizol, kortikosteron), hypofyzární (prolaktin a růstový hormon) a hypotalamické hormony, což jsou hormony spouštějící uvolňování jiných hormonů (Rodrigues 2013).

3.2 Typy mléka

Všechna druhová mléka se z hlediska chemického složení mohou dělit podle poměru zastoupených bílkovin na mléka albuminová a kaseinová. Ve složení albuminového mléka nepřesahuje kasein 75 % bílkovinné složky a produkují ho masožravci, všežravci a býložravci s jednoduchým žaludkem. Patří sem například mléko mateřské, kobydí, oslí a velrybí. Naopak kaseinové mléko je tvořeno z více než 75 % zastoupených bílkovin právě kaseinem a produkují ho přežvýkavci. Patří sem mléko kravské, buvolí, kozí, ovčí, velbloudí, sobí nebo jačí. I když jsou albuminová mléka rozšířenější, kaseinová mléka mají z hlediska složení větší význam pro zpracování v mlékárenském průmyslu (Gajdůšek 2003; Pritchard & Kailasapathy 2011). Průměrná složení nejběžnějších druhů mlék jsou uvedena v Tabulce č. 4.

Tabulka 4: Průměrná složení nejběžnějších druhů mlék (v %)

Druh mléka	Voda	Bílkoviny	Tuky	Laktóza	Minerální látky
Kravné mléko	87,5	3,3	3,8	4,7	0,7
Kozí mléko	86,5	3,5	4,5	4,7	0,8
Ovčí mléko	79,4	6,7	8,6	4,3	1,0
Buvolí mléko	82,7	3,6	7,4	5,5	0,8
Velbloudí mléko	87,0	3,0	4,8	4,8	0,4
Mateřské mléko	87,7	1,8	3,6	6,8	0,1

(Pritchard & Kailasapathy 2011; Kopáček 2014; Mekadim & Kouřimská 2017)

3.2.1 Buvolí mléko

Buvolí mléko je v mléčném průmyslu druhé nejvýznamnější na světě. Hlavní produkce pochází především ze zemí asijského subkontinentu, Indie a Pákistánu, které představují téměř 93 % celkové produkce (Murtaza et al. 2017). Délka laktace se u vodních buvolů, podobně jako u krav, pohybuje okolo 305 dní. Výnosy při první laktaci jsou 1500–1800 kg a postupně se s přibývajícimi laktacemi zvyšují (Jainudeen 2002).

V porovnání s kravným mlékem obsahuje mléko buvolí méně vody, vyšší podíl všech tří hlavních složek, více vápníku a fosforu (Younas et al. 2013). Obsah tuku je téměř dvojnásobný, tedy okolo 7,5 % a nachází se v něm méně cholesterolu. U bílkovin je to v rozmezí 3,8 až 4,3 %, kde kasein zastupuje 80 %. Řadí se proto mezi mléka kaseinová a je nevhodné pro lidi s alergií na mléčnou bílkovinu (Murtaza et al. 2017). Kvůli vyššímu obsahu laktózy není ani dobrým substituentem pro lidi s laktózovou intolerancí. Vizuálně je buvolí mléko bělejší než kravné, a to díky nižšímu obsahu karotenoidů, které jsou buvoli schopni přeměňovat na bezbarvý vitamin A (Jainudeen 2002).

3.2.2 Kozí mléko

Kozí mléko představuje přibližně 2,2 % celosvětové produkce. Až 95 % chovaných mléčných plemen koz pochází z rozvojových zemí Asie a Afriky, kde mléko představuje významné řešení problémů s podvýživou, především v kojeneckém věku. Produkce kozího mléka se zvyšuje a stává se oblíbenějším i v zemích Evropy a Ameriky (Zervas & Tsiplakou 2013).

Na rozdíl od kravného mléka má mléko kozí, kromě laktózy, vyšší podíl všech zastoupených základních složek, ačkoli se vlivem krmení jejich obsah může lišit v závislosti na ročním období. Ve složení bílkovin má z kaseinových frakcí nad α -kaseinem převahu β -kasein, který je pro lidský organismus lépe vstřebatelný. Díky tomu se kozí mléko doporučuje jako náhrada pro pacienty trpící alergií na kravnou bílkovinu a je dokázáno, že 40–100 % těchto alergiků snáší kozí mléko lépe než mléko kravné (Getaneh et al. 2016). Lepší stravitelnost kozího mléka pro lidský organismus je dána i přítomností menších tukových kuliček (2 μ m) vytvářejících

přirozeně homogenizované mléko. Větší množství malých tukových kuliček poskytuje větší povrchovou plochu tuku pro efektivnější trávení lipázami v tenkém střevě (Zervas & Tsiplakou 2013). Navíc se v jádře tukových kuliček nacházejí jedinečné mastné kyseliny a triacylglyceroly se středně dlouhým řetězcem, které mají pozitivní zdravotní vliv na poruchy malaabsorpce a v prevenci proti žlučovým kamenům (Getaneh et al. 2016).

3.2.3 Ovčí mléko

Produkce ovčího mléka představuje méně než 2 % celosvětové mléčné produkce, přesto je stěžejní v některých zemích Středomoří a Středního východu, kde nejsou vhodné podmínky pro chov skotu. Přestože je ovčí mléko v porovnání s kravským mlékem nutričně bohatší, nebývá většinou určeno pro přímou konzumaci, ale je dále zpracováváno k výrobě sýrů a jogurtů (de la Fuente et al. 2013).

Stejně jako u mléka kozího se obsah základních složek ovčího mléka liší vlivem rozdílného krmení během ročních období. Oproti mléku kravskému je ovčí mléko charakteristické vyšším obsahem tuků, především vyšším zastoupením kyseliny máselné, konjugované kyseliny linolové, esenciálních nenasycených ω -3 i ω -6 mastných kyselin a volných mastných kyselin, které dávají ovčímu mléku specifickou chuť i aroma (Mohapatra et al. 2019). Obsah bílkovin je v porovnání s kravským i kozím mlékem téměř dvojnásobný, navíc s větším zastoupením esenciálních aminokyselin. Díky přítomnosti esenciálních mastných kyselin i aminokyselin a lepší stravitelnosti vlivem menších tukových kuliček roste popularita produktů z ovčího mléka jako součást zdravé výživy, převážně ovčích sýrů a ovčích jogurtů (Balthazar et al. 2017).

3.2.4 Velbloudí mléko

Velbloudi se chovají převážně tam, kde jsou nevhodné životní podmínky pro chov dobytka (prudké střídání teplot, dostupnost vody a kvalita krmiva). Proto se velbloud dvouhrbý (*Camelus bactrianus*) a velbloud jednohrbý (*Camelus dromedarius*) stali nejdůležitějším mléčným zvířetem ve vyprahlých a polosuchých oblastech světa (Mekadim & Kouřimská 2017).

Složení mléka se velmi odlišuje v závislosti na vnitřních i vnějších podmínkách života velblouda. Ovlivněno může být zeměpisnou oblastí, výživou, stadiem laktace a věkem. Velbloudí mléko patří mezi mléka kaseinová, díky převaze β -kaseinu nad α -kaseinem je lépe stravitelné, a tudíž vyvolává méně alergických reakcí. Dominantou velbloudího mléka je vysoký obsah vitamínu C, kterého ve srovnání s kravským mlékem, obsahuje až čtyřnásobek, tedy přibližně 34,16 mg/l (Mekadim & Kouřimská 2017).

Dojení je složitější, jelikož velbloudi nejsou schopni udržet laktaci bez přítomnosti mláďete, které svou přítomností působí na spuštění mléka za pomoci hormonu oxytocinu. Samotné

dojení pak trvá pouhých 90 vteřin. Navíc se s dojením začíná až 3. měsíc po porodu a vzhledem k nízké kapacitě mléčné žlázy, je nutno dojit až 3–4krát denně. Výtěžnost je závislá na životních podmínkách, velbloudi dokážou poskytovat dostatek mléka i během nedostatku vody (Park & Haenlein 2013).

3.3 Zdravotní problémy spojené s konzumací mléka a mléčných výrobků

S konzumací mléka a mléčných výrobků se u některých jedinců setkáváme s nežádoucími účinky. Může se jednat buď o alergickou reakci, nebo o intoleranci neboli nesnášenlivost. U alergické reakce je to především alergie na mléčnou bílkovinu, u nesnášenlivosti se může jednat o intoleranci laktózy, nebo intoleranci na mléčnou bílkovinu (Gopalan 2011).

Nežádoucí reakce na potravinu je abnormální odezva těla na požití, vdechnutí nebo jiný kontakt s danou potravinou, či přídatnou potravinovou látkou. Tyto reakce lze rozdělit na toxické a netoxické. Toxické reakce nejsou závislé na zdravotní anamnéze jedince a objevují se po požití dostatečné dávky k vyvolání nežádoucí reakce. Netoxické reakce jsou takové, které jsou závislé na citlivosti daného jedince a lze je dělit na reakce zprostředkované imunitou – potravinové alergie, nebo neimunitní – potravinové intolerance (da Silva et al. 2019).

Nejen mezi pacienty, ale i mezi lékaři často dochází ke špatnému pochopení rozdílů alergie na mléčnou bílkovinu a laktózovou intolerancí. Léčba obou stavů je výrazně odlišná a nesprávné rozpoznání může mít pro pacienta nežádoucí účinky a zbytečná dietní omezení (Di Costanzo & Berni Canani 2019).

3.3.1 Alergie na kravskou bílkovinu

Kravské mléko je jeden z největších alergenů, především u kojenců a menších dětí, jelikož nemají zcela vyvinutou střevní mikroflóru a imunitní systém. U dětí do tří let se alergie na mléko vyskytuje v 2,5–7 % populace (Ettlerová 2009). Alergie na kravskou bílkovinu vzniká vyvoláním nežádoucích účinků protilátek imunoglobulinu E na jednu, či více bílkovinných frakcí mléka. Klinické projevy mohou být trojího typu (Tabulka č. 5) a poprvé se objevují v období 6.–12. měsíce života, kdy se začíná s příkrmováním, tedy i s přidáváním mléka a mléčných produktů živočišného původu (Gopalan 2011).

Tabulka 5: Rozlišení tří typů klinických projevů

Typ	Projevy	Expozice
Typ I	Kožní reakce (+ respirační a gastrointestinální příznaky)	V řádu minut
Typ II	Průjem a zvracení	V řádu hodin
Typ III	Průjem převažuje nad respiračními a kožními příznaky	V řádu dní

(Gopalan, 2011)

Proteiny v kravském mléce jsou zpracovávány ve střevech za pomoci proteolytických enzymů žaludku a slinivky břišní. Štěpením proteinů vznikají makromolekuly, které jsou absorbovány střevní sliznicí a následně jsou proti této bílkovině v krvi tvořeny protilátky, což je považováno za normální fyziologickou odpověď těla. Tento proces však může být ovlivněn funkcí střevního epitelu, hormonálním řízením a genetickými predispozicemi. Právě tyto faktory mají s největší pravděpodobností velkou roli ve vyvolání alergických reakcí u kojenců po požití kravského mléka (Wilson 2005). Nejvíce alergenní mléčné bílkoviny jsou kasein, β -laktoglobulin, α -laktalbumin, globulin a sérový albumin (da Silva et al. 2019).

U alergie na syrovátkovou bílkovinu by bylo řešením převaření mléka, neboť syrovátkové bílkoviny jsou tepelně labilní a lze je denaturovat zvýšenou teplotou. U kaseinové alergie by převaření řešením nebylo, jelikož kasein je tepelně stabilní, a tudíž nedochází k jeho denaturaci. Z praktického hlediska však většina alergických reakcí, zprostředkovaných protilátkami imunoglobulinu E, zahrnují jak kaseinové, tak i syrovátkové bílkoviny. Z toho vyplývá, že většina alergických jedinců nemůže přijímat mléko ani převařené (Gopalan 2011).

3.3.2 Laktózová intolerance

Laktózovou intoleranci lze definovat jako neschopnost organismu trávit a vstřebávat laktózu s následnými gastrointestinálními příznaky (Suarez 2003). Vlivem nedostatku laktázy nedojde k potřebnému štěpení laktózy na monosacharidy a nestrávená laktóza postupuje z tenkého střeva do tlustého střeva, kde je fermentována střevními mikroorganismy. Kvůli metabolismu mikroorganismů vznikají plyny (vodík, metan, oxid uhličitý), které se v tlustém střevě hromadí a způsobují nadýmání, bolesti a nafouklé břicho. Společně s plyny vznikají i organické kyseliny (octová a propionová) a mastné kyseliny s krátkým řetězcem, které zvyšují tlak ve střevech, uvádějí je do pohybu a vedou k průjmům (Fritzscheová 2015). Množství laktózy, které vyvolává problémy závisí na jedinci, v závislosti na požitém množství, stupni nedostatku enzymu laktázy a typu produktu, v němž je laktóza požitá (Heyman 2006).

Nejvyšší schopnost trávení laktózy je u všech savců hned po narození díky vysokým hladinám trávicího enzymu laktázy. S přibývajícím věkem se aktivita laktázy snižuje, není to však pravidlem, jelikož se uvádí, že až 25 % lidské populace má vysokou schopnost trávit laktózu po celý život. Zbýlých 75 % trpí různými formami intolerance (Suarez 2003). Procenta intolerantních jedinců různých skupin obyvatelstva zobrazuje Obrázek č.3. Výskyt laktózové intolerance souvisí i s geografickým a historickým hlediskem různých populací. V oblastech, kde má konzumace mléka a mléčných výrobků dlouhou tradici, je prevalence poruchy trávení laktózy velmi nízká (Lule et al. 2016). Jedná se především o severní Evropu (Švédsko a Dánsko pouze 5–10 %). V Evropě se neschopnost trávit laktózu zvyšuje směrem na jih a východ Evropy (v Itálii nebo Španělsku 50 % intolerantních jedinců). Ve světě je nejnižší míra perzistence v Jižní Americe, Asii a Africe, kde laktózová intolerance postihuje až 95 % dospělé populace (Bayless et al. 2017).

Obrázek 3: Laktózová intolerance ve světě



(Kopáček 2017)

3.3.3 Střevní laktáza

Aby ve střevech došlo ke vstřebání laktózy, je třeba, aby byla v tenkém střevě hydrolyzována enzymem β -D-galaktosid galaktohydrolázou, EC 3.2.1.23, známější pod názvem β -galaktosidáza či obecně laktáza. Tento enzym je specifický a umí hydrolyzovat pouze laktózu (Vesa et al. 2000). Nachází se v kartáčovém lemu tenkého střeva, ve zralých enterocytech, konkrétně v duodenu a jejunu. Za přítomnosti vody laktáza rozloží laktózu na monosacharidy glukózu a galaktózu, které je následně organismus schopen ze střev vstřebat (Bajerová 2018). Z toho vyplývá, že nízká hladina enzymu laktázy způsobuje malabsorpci, čímž rozumíme stav, při kterém je narušeno vstřebávání živin. Pokud malabsorpce laktózy vyvolává příznaky (bolest břicha, nadýmání, plynatost, průjem), jedná se o laktózovou intoleranci (Lule et al. 2016).

3.3.4 Druhy laktózové intolerance

Rozlišují se 4 typy laktózové intolerance:

- 1) Primární nedostatek laktázy
- 2) Sekundární nedostatek laktázy
- 3) Kongenitální nedostatek laktázy
- 4) Vývojový nedostatek laktázy

3.3.4.1 Primární nedostatek laktázy

Primární nedostatek laktázy je nejběžnější typ, objevující se téměř u 70 % světové populace, který se začíná vyvíjet již v dětství. Je znám také jako hypolaktázie dospělého typu, nebo dědičný nedostatek laktázy. Přirozený pokles produkce enzymu laktázy je dán geneticky a individuálně se začne syntéza snižovat mezi 5. až 14. rokem života. Oproti kojeneckému věku je hladina laktázy pouze okolo 5–10 %. Přesto se příznaky většinou objeví až při dospívání, nebo v dospělosti (Lule et al. 2016).

Většina jedinců s primárním nedostatkem laktázy může bez jakýchkoli příznaků pozřít až 12 g laktózy denně, to je pro představu 240 ml mléka. Z výživového hlediska je ideální toto množství rozdělit do menších porcí a různých mléčných výrobků. Nejlépe takových, které obsahují méně laktózy než mléko samotné. Patří sem jogurty, tvarohy a sýry, u kterých je během zpracování laktóza hydrolyzována bakteriemi. Zároveň mají tužší konzistenci, díky čemuž jejich trávení probíhá pomaleji a je tak umožněno lepší absorpci (Bhatnagar & Aggarwal 2007).

3.3.4.2 Sekundární nedostatek laktázy

Sekundární hypolaktázie je dočasný stav, způsobený poškozením enterocytů nemocemi, jedy, léky, chirurgickými zákroky a chemoterapií (Suarez 2003). Oproti primární hypolaktázii, sekundární nedostatek laktázy není podmíněn geneticky, ale je vyvolán jinou příčinou, především chorobami tenkého střeva. Jedná se například o akutní rotavirové infekce, které způsobí poranění tenkého střeva společně se ztrátou epitelálních buněk z kartáčového lemu. Ty jsou nahrazeny nezralými buňkami, které neprodukují dostatečné množství enzymu laktázy a dávají za vzniku sekundárnímu deficitu laktázy a malabsorpci laktózy. Další skupinou střevních poruch, podmiňující sekundární hypolaktázii jsou chronická onemocnění: celiakie, Crohnova choroba a dalších imunitně podmíněné nemoci (Paige 2013). Jakmile je odstraněna základní příčina poruchy, epitel střev se uzdraví a aktivita laktázy se vrátí k normálnímu stavu daného jedince. Celková doba léčby může trvat 6 měsíců a déle (Suarez 2003).

3.3.4.3 Kongenitální nedostatek laktázy

Jde o velmi vzácnou poruchu, která byla objevena pouze u několika málo kojenců. Po prvním požití lidského mléka, nebo jakéhokoli jiného mléčného výrobku obsahující laktózu, se objeví silný průjem, následná ztráta tekutin a případná podvýživa. Tento stav může být i život ohrožující, pokud není včas detekován. Z fyziologického hlediska se jedná o velmi nízkou, nebo úplnou absenci enzymu laktázy v tenkém střevě. Řešením je vynechání mléčných produktů ze stravy, nebo nahrazení bezlaktózovými výrobky (Fritzscheová 2015).

3.3.4.4 Vývojový nedostatek laktázy

Nesnášenlivost laktózy u novorozenců nastává, když je vlivem nezralosti gastrointestinálního traktu nedostatečná hladina laktázy. Laktáza je poprvé detekována přibližně kolem 12. týdne těhotenství, ale v nedostatečném množství. Tento stav trvá až do 26. – 34. týdne těhotenství. Z tohoto důvodu není u některých předčasně narozených dětí dosaženo dostatečné aktivity laktázy. Bylo prováděno několik studií, ve kterých bylo zjištěno, že 5 dní po porodu bylo 98 % laktózy hydrolyzováno laktázou jak u donošených, tak i u nedonošených dětí. Zatímco v následujících dnech, kdy se v mateřském mléce zvyšuje obsah laktózy, se u donošených dětí procento hydrolyzované laktózy nezměnilo, u nedonošených dětí proběhla hydrolyza pouze částečně (Szilagyi et al. 2019).

3.3.5 Metody diagnostiky laktózové intolerance

Je k dispozici několik testů na laktózovou intoleranci. Každý z nich zkoumá jiné faktory procesu a každý nese výhody i nevýhody. Řadíme sem nejběžněji vodíkový dechový test, laktózový toleranční test, genetický test. Dále se provádí test na aktivitu laktázy v tenkém střevě a test na galaktózu v moči (Misselwitz et al. 2019).

3.3.5.1 Zátěžový test

Test tolerance laktózy probíhá odběrem několika vzorků krevní plazmy, pomocí kterých se zjišťuje hladina glukózy v krvi po podání určité dávky laktózy. To bývá buď 25 g laktózy ve 200 ml vody, nebo 50 g v 400 ml vody. Podle časových intervalů po 30, 60, 90 a 120 minutách se měří hladiny krevního cukru. Pokud byla ve střevě laktóza hydrolyzována, dostává se takto rozštěpená glukóza do krevního řečiště a ve vzorcích se hladina cukrů v průběhu času zvyšuje. Jestli hladina glukózy v krvi zůstává po různých časových intervalech stejná, nebo dochází jen k nepatrnému zvýšení, je to indikátor toho, že laktóza nebyla rozštěpena (Fritzscheová 2015).

3.3.5.2 Vodíkový dechový test (HBT)

Tento test měří vzestup vydechovaného vodíku po požití 25-50 g laktózy. Je založen na principu produkce H₂ a jiných plynů střevními bakteriemi, které v tlustém střevě fermentují nestrávenou laktózu. Pokud byla koncentrace vydechovaného vodíku vyšší o 20 ppm (parts per milion) oproti výchozí hodnotě, je test pozitivní na hypolaktázii. Díky větší přesnosti se tento test používá častěji než zátěžový toleranční test (Lule et. al 2016).

Přesto u některých jedinců může dojít k tzv. falešně negativnímu HBT, může za to přítomnost metanogenních bakterií ve střevech, které přeměňují vodík na metan v poměru 4:1, což vede k nižšímu vylučování H₂ a ovlivnění výsledku dechového testu (Misselwitz et al. 2019).

3.3.5.3 Genetický test

Je prováděn za pomoci sekvenování vzorku DNA, získaného ze vzorku krve nebo stěru sliznice dutiny ústní. Zde jsou analyzovány dvě možné polohy pro enzym laktáza – phlorizin hydrolázy, lokalizované na genu LCT. Tento test může přispět k diagnostice laktóзовé perzistence a určit rozdíly od sekundárních příčin, ale není schopen posoudit stav laktóзовé intolerance. Jeho nevýhodami jsou špatná dostupnost, a především vysoká cena (Domínguez-Jiménez & Fernández-Suárez 2017).

3.4 Odstranění laktózy z mléka

V potravinářském průmyslu se usiluje o vývoj produktů s nízkým obsahem laktózy, nebo zcela bezlaktóзовých. Jako klíčový biotechnologický proces v mlékárenském průmyslu je považována enzymatická hydrolýza mléčného cukru za pomoci enzymu β -galaktosidázy. Poprvé byla použita při předběžném ošetření mléka používaného pro fermentované mléčné výrobky. Aplikace enzymu, kromě rozkladu laktózy, vede ke zlepšení sensorických a technologických vlastností výsledných produktů, zvyšuje sladkost, rozpustnost a snižuje celkovou dobu fermentace. Dalším cílem přidavku β -galaktosidázy je zlepšení využitelnosti syrovátky, která je jinak neekologicky likvidována (Dutra Rosolen et al. 2015). Odstranění laktózy lze provést i bez přidavku enzymu metodami chromatografické či membránové separace nebo ultrafiltrace (Perotti et al. 2012).

3.4.1 Hydrolýza

Teoreticky jednoduchý, ale ekonomicky a průmyslově náročný proces hydrolýzy laktózy, byl v literatuře popisován již v druhé polovině 20. století s cílem využít laktózu jako sladidlo a umožnit fermentaci laktózy za pomoci mikroorganismů. Vše co je k hydrolýze laktózy potřeba je enzym nebo chemický proces narušující vazbu disacharidu laktózy na

monosacharidy. Hydrolýza laktózy má dvojí využití, rozštěpení monosacharidových jednotek umožňuje vlivem vyšší sladivosti jejich použití jako sladícího sirupu do mléčných i nemléčných výrobků a zároveň zvyšuje využitelnost nutričně významných mléčných složek pro lidi trpící laktózovou intolerancí (Gänzle et al. 2008).

3.4.1.1 Hydrolýza s rozpustnými enzymy

Původ β -galaktosidázy je živočišný (bakterie), rostlinný (houby) a mikrobiální (kvasinky). Zástupci z každé skupiny a jejich vlastnosti jsou uvedeny v Tabulce č. 6. Nejvyšší produktivitu vykazují mikrobiální enzymy, proto jsou takové nejhojněji využívány, nejen z ekonomického hlediska. Mikrobiální zdroje β -galaktosidázy pro průmyslové zpracování musí pocházet z mikroorganismů ze seznamu tzv. „Generally Recognized as Safe“ (GRAS) – všeobecně považovány za bezpečné. Kvasinkové zdroje (*Kluyveromyces lactis* a *Kluyveromyces fragilis*) mají své optimum při pH 6–7, což je činí ideálními při hydrolýze mléka a sladké hydrolýze syrovátky. Enzymy získané z hub (*Aspergillus oryzae* a *Aspergillus niger*) vykazují optimum při pH 2,5 – 5,4, jsou tedy pro mléko méně vhodné a uplatňují se při kyselé hydrolýze syrovátky (Dutra Rosolen et al. 2015).

Tabulka 6: Vybrané zdroje β -galaktosidáz a jejich vlastnosti

Zdroj	Původ	pH		Teplotní optimum (°C)	Potřebné kofaktory
		Optimum	Stabilita		
<i>Aspergillus niger</i>	Houba	3–4	2,5–8	55–60	žádné
<i>Aspergillus oryzae</i>	Houba	5	3,5 – 8	50–55	žádné
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Kvasinka	6,6	6,5–7,5	37	Mn, K
<i>Kluyveromyces lactis</i>	Kvasinka	6,9–7,3	7–7,5	35	Mn, Na
<i>Escherichia coli</i>	Bakterie	7,2	6–8	40	Na, K
<i>Lactobacillus thermophilus</i>	Bakterie	6,2	nz	55	nz

nz = není známo

(Panesar et al. 2010)

3.4.1.2 Imobilizované systémy

Systémy imobilizovaného enzymu mají velký potenciál pro použití ve velkém měřítku při hydrolýze mléka, nebo syrovátky. Tyto systémy využívají β -galaktosidázu původem z hub, například *Aspergillus niger*. Optimální podmínky pro fungování takto získané laktázy jsou při hodnotě pH 3,5 – 5,5, ale přibližně polovinu svojí aktivity si dokážou zachovat i při pH 6,8, čímž jsou využitelné právě i při hydrolýze mléka. U zpracování syrovátky jde o jednodušší proces, jelikož má syrovátka nižší pH (4,6) a získaná laktáza z hub ve svém optimu poskytuje lepší

vlastnosti v zabránění mikrobiálních nárůstů během zpracování. Obecně jsou fungální enzymy velmi stabilní a jsou na seznamu GRAS (Generally Recognized as Safe), což je činí použitelnými pro potravinářské účely. Jediná známá komerční aplikace imobilizované laktázy je založena na imobilizaci kvasinek z rodu *Kluyveromyces lactis* za pomoci porézních acetátových vláken. Tímto systémem je získán enzym o trvanlivosti zhruba 100 dnů (Harju et al. 2012).

Imobilizace enzymů z mikroorganismů poskytuje mnoho výhod. Jedná se o velkou objemovou produktivitu a hustotu buněk, možné znovupoužití a zvýšení odolnosti vůči možné kontaminaci. Je cíleno i na snižování nákladů na získávání enzymů a celkové zpracování (Šilhánková 2008). Naopak nevýhodou je ovlivnění chuti, u termofilních bakterií *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* byly studovány senzorické účinky surových extraktů laktázy na hydrolyzované mléko, kde přidání 2 % extraktů způsobilo specifickou příchutí. Jelikož chuť nikdy nemůže být zcela čistá, byl tento postup navržen pouze pro ochucené produkty, například jogurtové nápoje (Harju et al. 2012).

Existuje i způsob použití imobilizace celých buněk pro hydrolýzu laktózy, který není dostatečně probádán a jeho největší problémy činí provozní podmínky, hygienické aspekty a časová náročnost (Harju et al. 2012). Pro imobilizaci buněk mohou být využívány rozdílné techniky: adsorpce na různé druhy nosičů (v potravinářství pouze netoxické nosiče), zachycení do polymerní sítě nebo do membrán a mikrokapsulace. Cílem těchto technik je udržet v bioreaktoru vysokou koncentraci buněk a ochránit je před vnějším prostředím (Šilhánková 2008). Harju a kolektiv (2012) popisují několik prací zaměřených na možnosti imobilizace celých buněk z mikroorganismů. První práce zkoumala *Bacillus stearothermophilus* na celulózovém nosiči bez zjevné ztráty aktivity laktázy, kde bylo až 80 % laktózy hydrolyzováno. Použití bylo efektivní u syrovátky, ale u mléka hydrolýza trvala čtyřikrát déle. Další práce se soustředily na obdobnou studii na mikroorganismech *Kluyveromyces lactis*, *Saccharomyces cerevisiae* nebo *Escherichia coli*.

3.4.2 Chromatografie

V roce 2001 vyvinula finská společnost Valio proces specificky odstraňující laktózu z mléka pomocí chromatografie. Patentem chráněný proces odstraňování laktózy ionexovou chromatografií, kde jsou za pomoci pryskyřice v mléce separovány látky nesoucí náboj, umožňuje získání bezlaktózového mléka. V tomto procesu se mléko rozdělí na dva proudy, které se na konci procesu spojí. V prvním proudu je laktóza hydrolyzována tradičně za pomoci enzymů, zatímco ve druhém proudu probíhá chromatografie (Perotti et al. 2012).

Chromatografická separace je založena na rozdílech v rychlosti toku různých složek mléka, které prochází kolonou s pryskyřicí. Tato pryskyřičná vrstva je složena z porézních částic s funkčními skupinami, které s různými složkami různě reagují. Mléko se rozdělí na požadované frakce, ale aby se od sebe jednotlivé části oddělily, musí mít s funkčními

skupinami z pryskyřice odlišnou afinitu. V procesu oddělování laktózy z mléka se konkrétně jedná o ionexovou chromatografii (Harju et al. 2012).

Při této metodě chromatografické separace umožňuje iontově nabitá pryskyřice separaci bílkovin a jiných nabitých iontů v mléce od laktózy. Ty se na pryskyřici navážou opačným nábojem, zatímco neionizované molekuly laktózy se nepřichytí a pouze tímto systémem prostoupí. Laktóza se usadí a zbylá část je vyluhována jiným proudem. Konečný produkt má shodné složení s klasickým nízkotučným mlékem, s rozdílem velmi nízkého obsahu laktózy (přibližně 0,01 %). Výhodou je, že takto upravené mléko obsahuje nižší procento celkového zastoupení sacharidů a má nižší kalorickou hodnotu, bez ztráty chuti a sladkosti oproti běžnému konzumnímu mléku. Velkou nevýhodou celé této technologie je časová náročnost a celková složitost. Rovněž ji lze jen těžko aplikovat v běžných mlékárenských provozech vlivem velmi nákladných investic do samotného zařízení (Perotti et al. 2012).

3.4.3 Ultrafiltrace

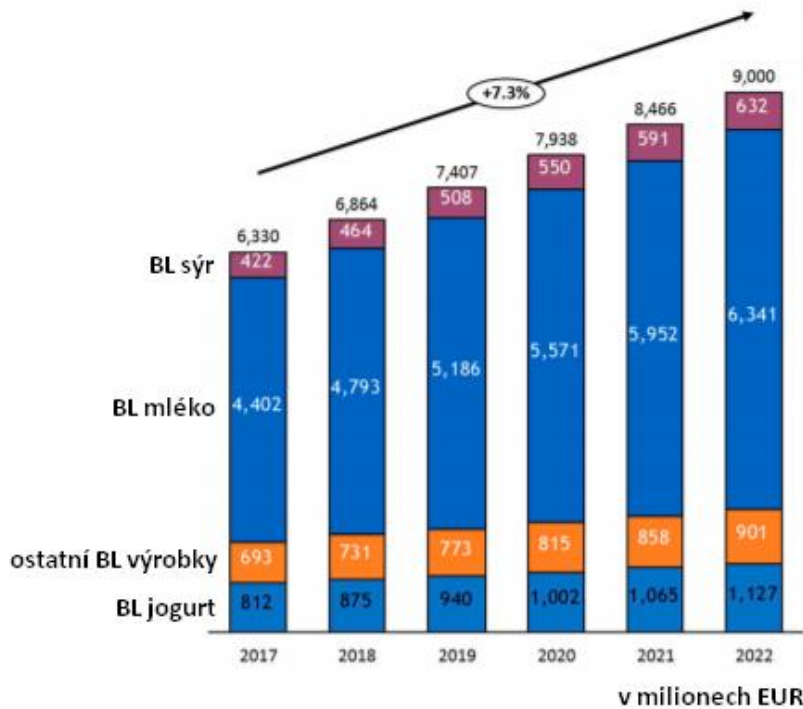
Ultrafiltrace patří mezi technologie membránové separace, která se používá nejen pro úpravu obsahu laktózy v mléce, ale i k produkci syrovátkových bílkovin. Jedná se o proces, který využívá polopropustné polymerní membrány k oddělování složek mléka na základě velikosti molekul a chemických interakcí mezi membránou a jednotlivými komponenty. Ultrafiltrační membrány mají velikost pórů od 10^{-1} do 10^{-3} μm , a je skrz ně mléko filtrováno za využití tlaku. Proces ultrafiltrace běžně probíhá při teplotě 25–50 °C v tlakovém rozmezí od 0,3 MPa do 0,8 MPa, ale jeho výkonnost závisí na různých faktorech, mezi něž patří rychlost průtoku, teplota a pH. Během ultrafiltrace se mléko rozdělí na dva proudy. Zachycené makromolekuly bílkovin, tuků a vitaminů rozpustných v tucích, neschopné projít skrz membránu, se nazývají retentát nebo koncentrát. Zbylé složky mléčné frakce, schopné projít skrz membránové póry, se nazývají permeát nebo filtrát (voda, laktóza, minerály, neproteinový dusík, aminokyseliny a vitaminy rozpustné ve vodě). Se vzniklým koncentrátem se dále pracuje při výrobě sýrů nebo jogurtů (Perotti et al. 2012).

3.5 Bezlaktózové mléčné výrobky

Bezlaktózové varianty mléčných výrobků se staly na celosvětovém trhu velmi populární, a to i v oblastech nízkého výskytu jedinců s diagnostikovanou laktózovou intolerancí. Stejně jako klasické mléčné výrobky totiž i ty bezlaktózové poskytují základní živiny a výhody spojené s konzumací mléka. V mlékárenském průmyslu je trh s bezlaktózovými výrobky jeden z nejrychleji rostoucích segmentů. Dekker a kolektiv (2019) uvádějí, že nárůst produkce těchto výrobků se v roce 2022 zvýší o 7,3 % oproti roku 2017, odhad míry růstu bezlaktózových výrobků je znázorněn na Obrázku č. 4. Fakt, že bezlaktózové výrobky podporují tržby v mlékárenském průmyslu, dokazuje zvyšující se rozmanitost produktů dostupných

v obchodních řetězcích. Portfolio trvanlivých mléčných výrobků se skládá pouze z UHT bezlaktózového mléka, případně smetany. Naopak segment čerstvých mléčných výrobků se neustále rozrůstá a tyto výrobky se už v dnešní době běžně v obchodech objevují jako součást klasického mléčného zboží, na rozdíl od rostlinných alternativ, které s mlékem nemají nic společného a stále nejsou společností považovány za plnohodnotnou náhradu mléka a jiných mléčných produktů.

Obrázek 4: Odhad míry růstu bezlaktózových výrobků a celkový roční obrat



BL = bezlaktózové
(Dekker et al. 2019)

3.5.1 Vyhláška 39/2018 Sb., o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich využití

Dle vyhlášky č. 39/2018 se potravinami s nízkým obsahem laktózy považují takové, které obsahují nejvýše 1 g ve 100 g nebo 100 ml dané potraviny, v konečném stavu určenému ke spotřebě. Bezlaktózové potraviny mohou obsahovat maximálně 10 mg laktózy ve 100 g nebo 100 ml, v konečném stavu určenému ke spotřebě. Tyto potraviny jsou určeny pro osoby s poruchami přeměny látkové, potravinovými alergiemi nebo intolerancemi a narušenými funkcemi orgánů. Při označování se na obalech potravin s nízkým obsahem laktózy nebo bezlaktózových musí uvádět informace o obsahu laktózy v gramech ve 100 g nebo 100 ml potraviny (Vyhláška č. 39/2018).

Vyhláška 54/2004 Sb., o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití byla nahrazena vyhláškou 39/2018 Sb. Přijata byla 8.3.2018 a nabyla účinnosti 1.4.2018.

Vyhláška zahrnuje následující potravinové kategorie:

- a) počáteční a pokračovací kojenecká výživa a výživa malých dětí,
- b) obilné příkrmy a potraviny pro malé děti,
- c) náhrady celodenní stravy pro regulaci hmotnosti,
- d) potraviny pro zvláštní lékařské účely,
- e) potraviny s nízkým obsahem laktózy nebo bezlaktózové.

3.5.2 Označování výrobků bez laktózy a s nízkým obsahem laktózy

V současné době neexistuje univerzální celosvětová legislativa, která by stanovovala maximální přípustné hodnoty laktózy obsažené ve výrobcích označených jako „bezlaktózové“ a „s nízkým obsahem laktózy“, s výjimkou kojenecké a pokračovací kojenecké výživy. Kromě toho chybí i zákon upravující výrobu a komercializaci těchto produktů a ve výsledku se na trhu objevují různé mléčné výrobky s označením „bez laktózy“ nebo „s redukovanou laktózou“ v různém procentuálním zastoupení laktózy od 1 mg do 5 g na 100 ml (Facioni et al. 2020). V České republice jsou mezní hodnoty pro bezlaktózové potraviny a potraviny s nízkým obsahem laktózy definovány vyhláškou 39/2018 Sb. (Vyhláška č. 39/2018).

Navíc se v potravinářském průmyslu stále častěji můžeme setkat s přidavkem mléka a mléčných složek v jiných než mléčných výrobcích (Fascioni et al. 2020). Nejběžněji se používá právě laktóza díky schopnostem dobře se vázat s vodou, reagovat s bílkovinami a funguje jako nosná látka pro aroma. V oblasti potravinářství se laktóza přidává například za účelem zvýšení pevnosti, zvyšování objemu a váhy bez navýšení energetické hodnoty. Mimo potraviny se laktóza nachází v lécích nebo zubních pastách (Fritzscheová 2015). Pro laktózové intolerantní jedince se přítomností laktózy v nemléčných výrobcích komplikuje dodržování diety a je zásadní neustálá kontrola složení konzumovaných potravin a nápojů. Stěžejním kritériem pro informování spotřebitelů o složení daného výrobku je jeho správné označování. Důvodem je ochrana spotřebitelů s různými typy alergií či intolerancí vyžadovaná evropskou legislativou o poskytování informací o alergenech na etiketách potravin. Podle evropského nařízení č. 1169/2011 musí být přítomnost mléka a mléčných složek, stejně jako jiné alergenů, uvedena na obalu (Facioni et al. 2020).

Goodman a kolektiv (2018) popisují několik způsobů, jak zvýšit efektivitu uváděných údajů na předních stranách obalů mléčných i nemléčných potravin, za pomoci specifických symbolů v kombinaci s jednoznačnými hesly. Fascioni a kolektiv (2020) používají jako vzorový příklad označování potravin pro celiaky, kterým symbol přeškrtnutého klasu pomáhá zlepšit povědomí o bezpečnější volbě pro své dietní potřeby. Domnívají se, že zavedení snadno rozpoznatelného mezinárodního loga a zákona, definující přesné mezní hodnoty laktózy u bezlaktózových produktů, by konzumentům pomohlo s výběrem vhodných potravin. Dále

uvádějí, že ne všichni spotřebitelé jsou si vědomi obsahu laktózy v potravinách jako je podmásli, syrovátka a sušené mléko a považují zavedení loga „Lactose-free“ za stěžejní.

3.5.3 Mléčné výrobky a jejich bezlaktózové varianty

Po opakovaných potížích při konzumaci mléka či s diagnostikovanou laktózovou intolerancí se mnoho jedinců rozhodne mléko a mléčné výrobky ze svého jídelníčku zcela zbytečně vyřadit (Jelen & Tossavainen 2003). Vhodně zvolenými mléčnými výrobky lze podpořit správné fungování střevní mikroflóry a zlepšit stravitelnost přítomností probiotik. Ideálním příkladem jsou výrobky fermentované bakteriemi mléčného kvašení, které přirozeně snižují obsah laktózy hydrolýzou na kyselinu mléčnou (Fritzscheová 2015). Tato kapitola se věnuje technologiím zpracování kravského mléka určeného pro přímou konzumaci a pro výrobu různých druhů mléčných výrobků, včetně jejich bezlaktózových variant.

3.5.3.1 Mléko

Pokud je syrové mléko zpracováváno pro lidskou spotřebu pro přímou konzumaci i výrobu mléčných výrobků, je základním předpokladem tepelné ošetření, které zajišťuje zdravotní nezávadnost a prodlužuje trvanlivost s maximálním zachováním organoleptických, nutričních a technologických vlastností (Moatsou 2013).

Před příjmem do mlékárny je třeba podrobit syrové mléko kontrole obsahových složek a jeho mikrobiologické jakosti na přítomnost reziduí inhibičních látek, počet somatických buněk a celkový počet mikroorganismů. Dosažením požadované kvality se mléko může přečerpávat z přepravních cisteren do tanků, udržovaných při teplotě zpomalující růst psychotrofních organismů okolo 5 °C. Zpracování mléka začíná deaerací za účelem snížení rizika oxidace tuku a deodorací k odstranění nežádoucích těkavých látek ovlivňující senzorycké vlastnosti mléka za pomoci vakua. Následuje odstředění mléčného tuku (smetany) a mléčné plazmy (odstředěného mléka), založené na principu oddělení složek na základě rozdílné hustoty. V případě potřeby proběhne homogenizace, která má za úkol zmenšení velikosti tukových kuliček díky minimalizaci vystávání tuku během skladování. Smetana se s odstředěným mlékem v průběhu standardizace tuku smíchá v požadovaném poměru. Podle tučnosti rozlišujeme mléka konzumní i trvanlivá do tří kategorií: tučná (nejméně 3,5 % tuku), polotučná (1,5–1,8 % tuku) a odtučněná (nejvýše 0,5 % tuku). Nejdůležitějším krokem je tepelné ošetření, které se provádí v závislosti na dalším využití mléka (Kopáček 2014). Nejběžněji využívané průmyslově využívané metody záhřevů včetně teplotních podmínek pro následné skladování jsou popsány v Tabulce č. 7.

Tabulka 7: Metody tepelného ošetření syrového mléka

Typ záhřevu	Teplota záhřevu	Účinek	Trvanlivost	Využití
Šetrná pasterace	72–75 °C, 15–20 s	Inaktivace patogenů, plísňů, kvasinek a většiny bakterií	3–21 dní při teplotě ≤ 7 °C	Sýry, tvarohy
Vysoká pasterace	85–95 °C, 4–5 s	Inaktivace všech vegetativních mikroorganismů	45–60 dní při teplotě ≤ 7 °C	Pasterované mléko, zakysané mléčné výrobky
Sterilace	110–120 °C, 20–40 minut	Inaktivace všech mikroorganismů včetně jejich spor a enzymů	až 12 měsíců při pokojové teplotě	Trvanlivé mléko
UHT sterilace	135–150 °C, 1–4 s	Inaktivace všech mikroorganismů včetně spor a enzymů, minimální chemické, organoleptické a fyzikální změny	3–12 měsíců při teplotě ≤ 32,2 °C	Trvanlivé mléko
Ultra pasterace	140 °C, 2 s + 130–145 °C, 1 s	Inaktivace vegetativních mikroorganismů včetně spor a enzymů	15–45 dní při teplotě ≤ 7 °C	Mléko s prodlouženou trvanlivostí

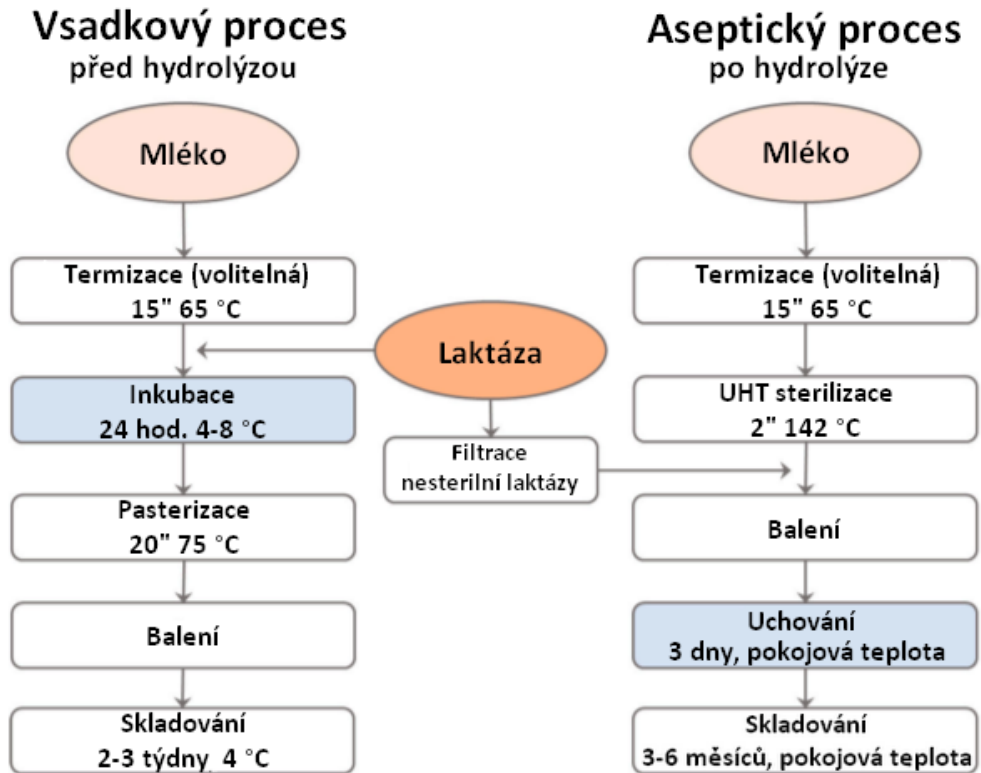
(Moatsou 2013; Kopáček 2014)

K výrobě bezlaktóзовého mléka se využívají metody přidavku rozpustného enzymu β -galaktosidázy dvěma nejběžnějšími procesy – vsadkovým a aseptickým. Technologická schémata obou těchto procesů přidavku laktázy jsou znázorněna na Obrázku č. 5, kde jsou modře zvýrazněny fáze, ve kterých probíhá hydrolýza laktózy.

Ve vsadkovém procesu se do nádrže se syrovým nebo termizovaným mlékem přidá vzorek laktázy a nechá se inkubovat pro dobu 24 hodin, zároveň je třeba mléko promíchávat, aby nedošlo k vyvstávání tuku. Vzhledem k tomu, že během inkubace není mléko nikterak tepelně ošetřeno, je třeba proces provádět za nízkých teplot (obvykle 4–8 °C), aby bylo zabráněno mikrobiálnímu nárůstu. Dávka enzymu musí být dostatečná pro dosažení celkové hydrolýzy laktózy během inkubace, enzymy dostupné pro tuto metodu jsou vybírány podle schopnosti vysoké aktivity i za snížené teploty, omezené doby a neutrálního pH. Po inkubaci se mléko zhomogenizuje a zpasteruje, čímž dojde k denaturaci enzymu, který nadále v mléce nevykazuje enzymatickou aktivitu. Hydrolýza vede ke zvýšení sladkosti mléka, proto se v praxi

volí kombinace se separačními metodami, jako je například chromatografie (Dekker et al. 2019).

Obrázek 5: Technologické schéma výroby bezlaktózového mléka



(Dekker et al. 2019)

V aseptickém procesu je mléko sterilováno pomocí metody UHT a následně je do mléka těsně před zabalením přidán sterilní laktázový přípravek, který je možné aplikovat dvěma způsoby. První způsob je aplikace již předsterilovaného enzymu od výrobce, který vyžaduje speciální dávkovací zařízení (Tetrapak Flexdos® systém) a druhý způsob vyžaduje filtraci nesterilního enzymu těsně před přidáním do mléka, rovněž za pomoci speciálního zařízení (Tetrapak Aldose® systém). V porovnání se vsadkovým procesem může být dávka enzymu vlivem vyšší teploty a delší inkubační doby nižší a je důležité dbát na správnou teplotu skladování, jelikož se hydrolyza v obalu během procesu nedá regulovat (Dekker et al. 2019). Přítomnost aktivní laktázy v konečném výrobku může mít oproti běžnému UHT mléku určité nevýhody, protože vysoká koncentrace glukózy a galaktózy vytváří méně stabilní prostředí. Je známo, že komerční laktázy vykazují vedlejší arylsulfátázovou aktivitu, při které dochází k degradaci mléčných alkylfenolů za vzniku těkavých aromatických látek a k proteolytické aktivitě, která uvolňuje volné aminokyseliny (především lysin) způsobující neenzymatické hnědnutí neboli Maillardovu reakci (Troise et al. 2016). V hydrolyzovaném mléce dochází k Maillardově reakci mnohem jednodušeji, a to vlivem rozštěpených redukcujících sacharidů, které s volnými aminoskupinami proteinů reagují a v kombinaci s tepelnou úpravou snižují kvalitu mléka.

Jedním z parametrů pro vyhodnocení Maillardovy reakce je sledování obsahu furosinu, který se jako sloučenina lysinu, v hydrolyzovaném mléce vytváří i při nejnižších možných teplotách pasterace, což má za výsledek nižší chemickou stabilitu a tím pádem i zkrácenou dobu trvanlivosti (Perotti et al. 2012).

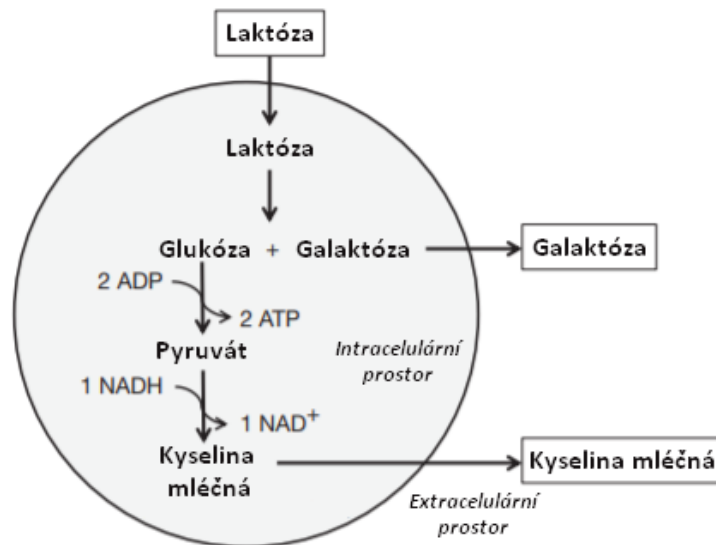
3.5.3.2 Jogurty

Skupina jogurtů a jogurtových výrobků patří celosvětově k jedním z nejpobulárnějších mléčných výrobků, jelikož se řadí mezi funkční potraviny a jejich konzumace přináší mnoho výhod. Oproti mléku obsahují vyšší množství lépe využitelného vápníku a přítomnost prospěšných probiotických bakterií pozitivně ovlivňuje střevní mikrobiom. Navíc obsahují přirozeně nižší procento laktózy a jsou tak dostupným zdrojem mléčných živin i pro jedince trpící laktózovou intolerancí (McKinley 2005).

Pod pojmem jogurt se rozumí kysaný mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmáslí nebo jejich směsi pomocí mikroorganismů, u kterého lze zvýšit obsah sušiny pouze přidáním mléčné bílkoviny, sušeného nebo zahuštěného mléka, nebo odebráním syrovátky (Vyhláška 274/2019). Dále podle Vyhlášky 274/2019 Sb. musí výrobek označovaný jako „jogurt“ splňovat přesně definovaný obsah symbiotické směsi mikroorganismů *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*, a to nejméně 10 milionů zárodků v 1 gramu na konci data trvanlivosti výrobku.

Směs laktobacilů a streptokoků, používaná do jogurtových výrobků, se označuje jako jogurtová kultura a jedná se o anaerobní, termofilní bakterie, které jsou díky absenci patogenity vedené na seznamu GRAS (Generally recognized as safe), jako bezpečné mikroorganismy pro použití v potravinářství. Oba druhy společně vykazují pozitivní interakci: růst streptokoků je stimulován volnými aminokyselinami a peptidy, vznikající působením proteáz na buněčnou stěnu laktobacilů. To má za následek snižování pH prostředí produkci kyseliny mravenčí, která naopak stimuluje růst laktobacilů. Optimální růstové schopnosti jogurtové kultury jsou limitované teplotou okolo 42 °C, při které v mléce dochází k homofermentativnímu kvašení, tedy rozkladu laktózy na galaktózu a glukózu za vzniku kyseliny mléčné. Zjednodušené schéma této metabolické reakce je zobrazeno na Obrázku č. 6 (Corrieu & Béal 2016).

Obrázek 6: Zjednodušené schéma homofermentativního kvašení



(Corrieu & Béal 2016)

Do jogurtů mohou být přidány i jiné mikroorganismy dotvářející specifickou chuťovou či texturní charakteristiku výrobku, je však důležité zachovat požadovaný poměr základních druhů jogurtové kultury, které mění konečnou chuť výrobku. S převahou laktobacilů je výsledný produkt kyselejší, naopak větší množství streptokoků způsobuje sladkou chuť (Kopáček 2014). Jogurtové výrobky lze klasifikovat do tří kategorií podle technologických postupů výroby, a to:

- „Set type“ jogurty s nerozmíchaným koagulátem, kde fermentace probíhá ve spotřebitelském obalu. Konzistence je tuhá a lasturovitá s možným vystáváním syrovátky.
- „Stirred type“ jogurty s rozmíchaným koagulátem, kde fermentace probíhá v procesním tanku a plní se do spotřebitelského obalu až po fermentaci a promíchání koagulátu. Konzistence takového jogurtu je jemná a krémovitá a v průmyslové výrobě jde o preferovanou metodu výroby.
- „Drink type“ jogurty, které jsou vyráběny podobně jako jogurty s rozmíchaným koagulátem, rozdílem je absence přídavku sušiny, čímž vzniká tekutý výrobek určený k pití (Kim & Oh 2013).

Prvním krokem výroby jogurtu je přečerpání mléka do procesního tanku, kde je standardizován obsah tuku a proběhne pasterace při 95 °C po dobu 5 minut. Mléko se ochladí a naočkuje jogurtovou kulturou směsí *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus* v požadovaném poměru 1:1 nebo 1:2. Při výrobě „set type“ jogurtů probíhá fermentace v obalu po dobu 4–5 hodin při optimální teplotě 42 °C, dokud neklesne hodnota pH pod izoelektrický bod bílkovin a nedojde k fermentaci laktózy. Vlivem nízkého pH se denaturované syrovátkové bílkoviny spolu s kaseiny v kyselém prostředí vysráží

a dávají tak za vznik charakteristickým vlastnostem jogurtu. U výroby „stirred type“ jogurtů probíhá fermentace při nižší teplotě 30 °C po dobu 12–15 hodin (Wijesinha-Bettoni & Burlingame 2013).

Dalo by se přepokládat, že s přítomností laktózy v jogurtu (3–4 g na 100 g) budou laktózově intolerantní jedinci vykazovat zdravotní obtíže. Ve skutečnosti se příznaky malabsorpce po požití jogurtových výrobků objevují v mnohem menším měřítku, než by se u takového množství laktózy očekávalo. Dekker a kolektiv (2019) předkládají dvě různé teorie pro vysvětlení. První teorií je předpoklad, že bakterie mléčného kvašení v jogurtové kultuře *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus* přežívají kyselé prostředí žaludku a dostávají se do tenkého střeva, kde jsou jejich buněčné struktury narušovány žlučovými kyselinami a je uvolňována bakteriální laktáza, která štěpení laktózy v tenkém střevě dopomáhá. Jako druhou teorii uvádějí, že laktóza přítomná v jogurtu je lépe stravitelná díky delší době průchodu trávicím traktem, vlivem viskózní konzistence oproti běžné konzistenci mléka, a tak získá zbytková laktáza v tenkém střevě více času na trávení laktózy.

I přes nízký obsah laktózy v jogurtových výrobcích se na trhu objevují zcela bezlaktózové varianty. Nejběžněji používanou metodou pro výrobu bezlaktózových jogurtů a jogurtových výrobků je enzymatická hydrolýza. K výrobě takového jogurtu lze použít buď již hydrolyzované mléko vsadkovou metodou, nebo přídavek enzymu společně s jogurtovou kulturou po pasteraci mléka. Většinou je využívána metoda společné hydrolýzy, protože rozklad laktózy, na glukózu a galaktózu jako hlavní zdroj uhlíku, inhibuje aktivitu jogurtových kultur. Schéma výroby je zobrazeno na Obrázku č. 7. Nevýhodou je potřeba relativně vysoké dávky neutrální laktázy, která se zcela inaktivuje vlivem kyselého prostředí jogurtu po dosažení mezní hodnoty pH 5,5, obvykle během 2,5–3 hodin (Dekker et. al 2019).

3.5.3.3 Kefíry

Dalším zástupcem fermentovaných mléčných výrobků je kefír, který se stejně jako skupina jogurtových výrobků řadí mezi funkční potraviny. Hlavním rozdílem mezi kefírem a ostatními fermentovanými výrobky je přítomnost odlišné mlékařské kultury. Mikroorganismy v kefírové kultuře tvoří stabilní shluky biomasy, které jsou schopny produkovat slabé organické kyseliny a mají antibiotické a baktericidní účinky. Tyto směsi mikroorganismů se označují jako kefírová zrna, která jsou veliká 0,3–2 cm a skládají se z variabilní mikroflóry laktobacilů, streptokoků, bakterií octového kvašení, a především kvasinek ze skupin *Kluyveromyces* sp., *Saccharomyces* sp., *Candida* sp. nebo *Torula* sp. (Ahmed et al. 2013).

Předepsaný počet bakterií a kvasinek je dán legislativně, a to v počtu 1 milion bakterií mléčného kvašení a 10 tisíc kvasinek na 1 gram. V České republice se kefír vyrábí jen zřídka a převažuje výroba kefírových mlék, která mají odlišné legislativní požadavky na počet

mikroorganismů na 1 milion bakterií mléčného kvašení a 100 kvasinek v 1 gramu (Kopáček et al. 2019). V průmyslové výrobě jsou kefírová zrna nahrazena uměle sestavenou čistou kulturou kvůli lepší kontrole nad přítomnými mikroorganismy a prodloužení trvanlivosti. V první fázi výroby kefiru se přidá inkulum 1–3 obj. % čisté kefírové kultury do odstředěného mléka (ošetřeného pasterací 5 minut při teplotě 95 °C) a nechá se fermentovat 12–18 hodin při optimální teplotě 20–25 °C, dokud nedosáhne hodnoty pH 4,6. V průběhu fermentace dochází kromě mléčného kvašení i k etanolovému kvašení laktózy na etanol a CO₂ zprostředkovanému kvasinkami, díky kterým vzniká specifická šumivá chuť kefiru. V druhé fázi se kefir pomalu zchladí na teplotu 9 °C a nechá se zrát po dobu přibližně 15 hodin (Özer & Kirmaci 2014).

Ahmed a kolektiv (2013) uvádějí, že stejně jako u jogurtových výrobků je, vlivem přítomnosti bakteriální β -galaktosidázy, kefir a kefírové mléko vhodné zařadit do jídelníčku laktózově intolerantních jedinců, jelikož pomáhá trávit laktózu a snižuje tak pravděpodobnost nadýmání.

3.5.3.4 Sýry

Ještě významnější skupinou mléčných výrobků konzumovaných po celém světě je skupina sýrů (včetně tvarohů). Jedná se o mléčný výrobek vznikající srážením mléčných bílkovin buď působením syřidla, nebo bakterií mléčného kvašení. Sýry jsou energeticky a nutričně významnou potravinou, která čítá až 1000 různých variant díky využití mnoha druhů mlék různého živočišného původu (Fox & Guinee 2013).

Zásadní vliv na výrobu sýrů má mikrobiologická kvalita mléka, a proto se v sýrařských technologiích, mimo tepelné ošetření pasterací, využívá ještě navíc tepelná předúprava termizací. Ta probíhá při teplotě 65 °C po dobu 15 vteřin, nejedná se ovšem o ošetření zajišťující zdravotní nezávadnost, ale o ošetření sloužící k vyklíčení spor termorezistentních sporulujících organismů, které jsou následně zničeny šetrnou pasterací. Kromě tepelného ošetření, lze mikroorganismy odstranit i mechanicky za použití baktofugace nebo mikrofiltrace, kde dojde k redukci sporotvorných mikroorganismů. Mechanické metody zaručují až 99% redukci spor bakterií *Clostridium tyrobutyricum*, které jinak přežívají teploty pasterace a během zrání způsobují rozklad kyseliny mléčné na CO₂, H₂, kyselinu máselnou a způsobují zduření sýrů (Fox & Guinee 2013). Po tepelném ošetření se mléko zchladí na teplotu 30–35 °C a přepustí se do sýrařské vany nebo tanku, kde začíná proces pro přeměnu mléka na sýřeninu a syrovátku, zahrnující tři základní operace: předkysání, srážení a synerzi. K předkysání se používá základní smetanová kultura bakterií rodu *Lactococcus* sp. a *Leuconostoc* sp., které jsou zodpovědné za pokles pH vlivem vzniku kyseliny mléčné fermentací laktózy a dochází díky nim k žádoucím biochemickým a fyzikálním změnám mléka. Mimo bakterie smetanové kultury jsou nedílnou součástí některých druhů sýrů i jiné druhy bakterií, kvasinky či plísně (Bennett & Johnston 2004). Nejzásadnějším krokem následující po

předkysání je srážení mléka, jehož principem je koagulace mléčných bílkovin za vzniku sýřeniny. Existují dva druhy, a to:

- Sladké srážení, za pomoci enzymatických syřidel. Nejpoužívanější enzym ze skupiny proteáz je chymosin, jehož působením ztrácí kaseinová micela stabilitu vlivem narušení povrchové vrstvy mezi vazbou 105. a 106. aminokyseliny. Rozštěpením na dvě části vzniká hydrofilní kaseinmakropeptid, který přechází do syrovátky, a hydrofobní para- κ -kasein, který se absencí hydrofilního povrchu začne v hydrofilním prostředí mléčného séra srážet. V sekundární koagulační fázi dochází k zesíťování vysrážených kaseinů pomocí Ca^{2+} iontů a tvorbě gelu, postupně micely tvoří krátké řetězce až do vzniku 3D sítě. Stahováním sraženiny do sebe dochází k vypuzení vody a ve vodě rozpustných látek, což dává za vznik výsledné sýřeniny a syrovátky (Fox & Guinee 2013).
- Kyselé srážení, kyselinou mléčnou jako produktem fermentace laktózy bakteriemi mléčného kvašení rodu *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* nebo *Leuconostoc*. Snížením pH prostředí se na povrchu kaseinové micely sníží náboj a dojde k narušení povrchových struktur tvořených κ -kaseinem, který udržuje stabilní strukturu micel ve vápenatém prostředí mléčného séra. Narušením povrchu kaseinové micely se kasein denaturuje a začne docházet ke koagulaci. Celý proces kyselého srážení musí probíhat pod izoelektrickým bodem kaseinu, jehož hodnota se pohybuje okolo 4,8. (Li & Zhao 2019).

Přibližně po 40 minutách sýření se dosažením požadované konzistence koagulátu sýřenina pokrývá na menší sýrová zrna o velikosti 6–10 mm, která jsou promíchávána za účelem synerze, tedy odlučování syrovátky. U většiny druhů sýrů se v procesu výroby využívá dohřívání sýrového zrna, vlivem zvýšené teploty dochází k fermentaci laktózy a produkci kyseliny mléčné, která ovlivňuje rychlost synerze. U tvrdých sýrů se navíc sýrová zrna propírají vodou za účelem částečného odstranění syrovátky a tím pádem i snížení obsahu laktózy (Bennett & Johnston 2004). Upravená sýrová zrna se dále formují a lisují. Čerstvé sýry jsou obraceny ve formách pouze vlastní vahou, polotvrdé a tvrdé sýry jsou lisovány za postupného zvyšování tlaku díky efektivnějšímu odloučení syrovátky od zrn. Po formování do požadovaného tvaru se sýry nasolí. Důležitou fází je proces zrání sýrů, během kterého se vyvíjí charakteristická chuť a struktura. Obecně doba zrání nepřímo souvisí s obsahem vlhkosti, v rozmezí od dvou týdnů (Mozarella) až po 24 měsíců (Parmigiano-Reggiano). Změny, ke kterým během zrání dochází jsou dány výrobním procesem, hodnotou pH, druhem přítomných mikroorganismů, obsahem syrovátky a obsahem soli. Jedná se o biochemické reakce: glykolýzy laktózy na kyselinu mléčnou, lipolýzy mléčného tuku na volné mastné kyseliny a proteolýzy bílkovin na aminokyseliny. Sýry a tvarohy vzniklé kyselým srážením proces zrání nepotřebují a mohou se konzumovat hned po dokončení výroby (Fox & Guinee 2013).

Metoda odstranění laktózy pro bezlaktózové varianty sýrů je v dnešní době využívána pouze pro výrobu čerstvých sýrů, které přítomností syrovátky obsahují do 3,5 % laktózy. Výrobní proces bezlaktózového sýra je zobrazen na Obrázku č. 7. a oproti výrobě klasického sýra se liší pouze přidavkem enzymu laktázy do syrového mléka na začátku výroby. U tvrdých a zrajících sýrů je v průběhu zrání téměř veškerá laktóza přeměněna bakteriemi mléčného kvašení na kyselinu mléčnou a finální produkt obsahuje jen její nepatrné množství, jako je uvedeno v Tabulce č. 8. V minulosti byl přídavek laktázy během výroby sýrů využíván především pro stimulaci růstu bakterií během kysání a ke zvýraznění chuti během zrání, nebylo však jednoznačně jasné, jestli jsou tyto účinky výsledkem hydrolýzy laktózy, nebo zbytkovou proteolytickou aktivitou v komerčně dostupných přípravných enzymů (Dekker et al. 2019).

Tabulka 8: Obsah laktózy ve vybraných druzích sýrů

Druh sýra	Obsah laktózy (g) na 100 g
Brie	0,30
Camembret	0,20
Cheddar	0,30
Cottage	2,20
Eidam	0,80
Gouda	2,20
Gorgonzola	<0,10
Mozzarella	0,50
Parmigiano Reggiano	<0,01

(Wijesinha-Bettoni & Burlingame 2013; Facioni et al. 2020)

3.5.3.5 Sušené mléko

Sušené mléko je mléčný výrobek, z něhož je v největší možné míře odstraněna voda a tím je zabráněno růstu mikroorganismů (Kalyankar et al. 2016). Podle vyhlášky 274/2019 Sb. se sušeným mlékem rozumí mléčný výrobek v prášku získaný sušením mléka plnotučného, odtučněného nebo částečně odtučněného, s obsahem vody nejvýše 5 % hmotnostních.

Pro průmyslovou výrobu sušeného mléka jsou navrženy dva technologické postupy, a to metoda rozprašovací a metoda válcového sušení. V případě válcového sušení přichází koncentrované mléko do přímého kontaktu s horkým povrchem bubny, čímž dojde ke karamelizaci laktózy, Maillardově reakci a denaturaci proteinů, která způsobuje snížení rozpustnosti sušeného mléka. Preferovanou technologií je rozprašovací metoda, kde se mléko přečerpá z nádrže do rozprašovacího zařízení, umístěného ve vzduchovém rozprašovači v horní části sušící komory, kde je vzduch nasáván přes filtr pomocí přívodního ventilátoru a je veden přes ohříváč vzduchu. Vzniká tak kontakt atomizovaných kapiček mléka s horkým

vzduchem a dochází k odpařování vody a současně k ochlazení vzduchu. Po vysušení v sušící komoře většina usušeného mléka propadne na dno komory a vstoupí do pneumatického dopravníku a chladicího zařízení. Jemné částice zůstanou ve vzduchu, a proto je nutné vzduch oddělit za pomoci cyklón, ze kterých se odloučí do atmosféry výfukovým ventilátorem a zbylé částice se sloučí v pneumatickém dopravníku. Po procesu sušení je nezbytné usušené mléko okamžitě ochladit na teplotu pod bod tání tuku, aby se zachovaly organoleptické vlastnosti a dlouhá doba trvanlivosti. Balení probíhá v ochranné atmosféře inertního plynu (většinou dusíku) nebo v částečném vakuu, aby se zabránilo oxidačním změnám tuku a ostatních složek (Kalyankar et al. 2016).

Sušené mléko lze vyrábět i z bezlaktóзовého mléka či syrovátky, získaných vsadkovým procesem. Tento technologický postup je zobrazen na Obrázku č. 7. Hlavním problémem zůstává, že kvůli zvýšené přítomnosti monosacharidů je třeba snížit teplotní podmínky sušení a dochází tak k dramatickému poklesu produkce a ke zvýšení celkových nákladů na výrobu. Navíc je bezlaktóзовé sušené mléko vysoce hygroskopické, což má za následek spékání během skladování a kvůli těmto náročným technickým problémům se oproti běžnému sušenému mléku to bezlaktóзовé téměř nevyrábí (Dekker et al. 2019).

3.5.3.6 Mražené krémy

Mražený krém, známý také pod pojmem zmrzlina, je mléčný výrobek získaný šleháním a mražením homogenizované směsi. Zpravidla zmrzlinová směs obsahuje mléko, cukr, mléčný či rostlinný tuk a přídatné vedlejší složky zajišťující variabilitu výrobků, například ovoce, ořechy, kakao a mnohé další. Nedílnou součástí technologie je vzduch, pomocí kterého se směs našlehává a tvoří tak jemnou a měkkou strukturu finálního produktu (Benešová 2017).

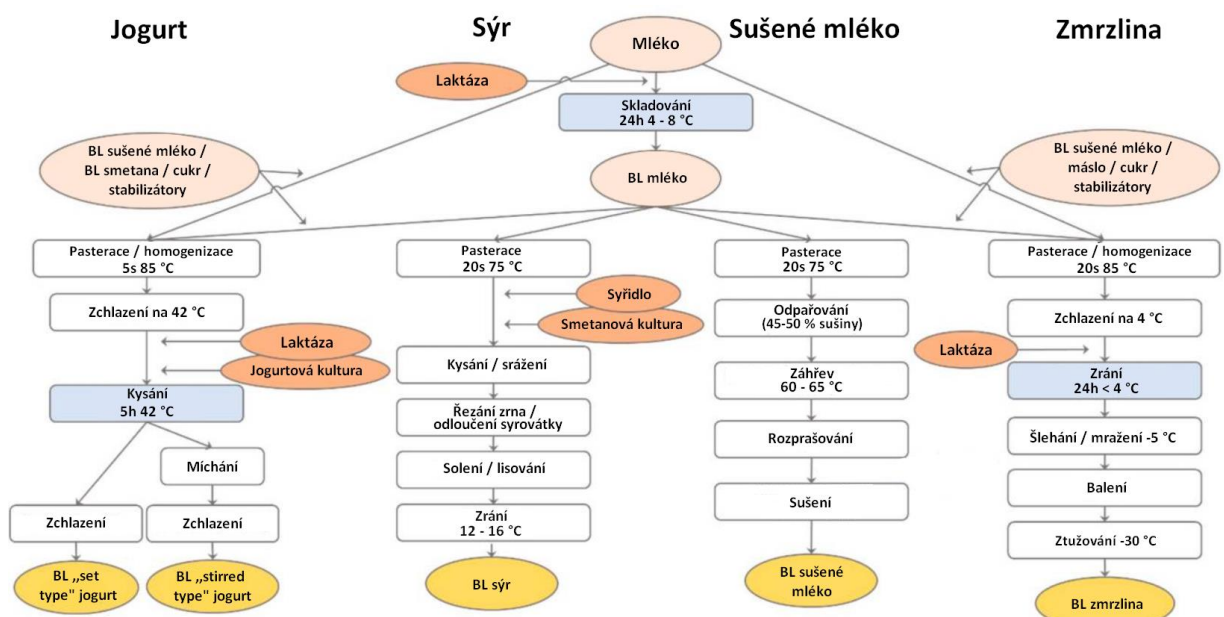
Technologie výroby mražených krémů začíná smícháním základních ingrediencí (mléka, cukru, mléčných či rostlinných tuků, vody) a dalších vedlejších složek. Míchání lze provádět na základě vlastností surovin dvěma způsoby, za studena při teplotě 4 °C u receptur obsahující smetanu, mléko a kondenzované mléko a za vyšší teploty 45 °C u receptur z másla a bezvodého mléčného tuku v kombinaci se sušeným mlékem či sušenou syrovátkou. Do nádrže se přečerpá tekutá složka a postupně se dávkuje sypké suroviny, celý proces probíhá za neustálého míchání až dokud nejsou všechny složky dokonale propojeny. Po smíchání se zmrzlinová směs zhomogenizuje a zpasteruje při teplotě 85 °C po dobu 15 vteřin. Poté se směs zchladí na teplotu 5 °C a následuje fyzikální zrání po dobu několika hodin, kdy je stěžejní, aby došlo ke ztuhnutí jednotlivých tukových kuliček. Během této fáze je možné přidat přísady citlivé na vysoké teploty, jako jsou barviva a ovocné složky. Dalším krokem je zmrazení, které probíhá ve speciální mrazničce. Směs je čerpána do kovového tanku, obklopeného chladicím zařízením a zároveň je do tanku zajištěn přívod vzduchu. Uvnitř tanku se vysokou rychlostí otáčejí metly, které zašlehávají vzduch a zároveň seškrabávají zmrzlou směs ze stěn zpět do středu tanku, čímž z kapalné směsi vzniká finální struktura zmrzliny. Hotová zmrzlina se při výstupu z tanku

plní do nádob či jiných obalů, nebo se případně ještě lisuje a tvaruje. Posledním krokem je ztužování, při kterém je zabalená zmrzlina vedena tunelem o teplotě $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a je tak zajištěna stabilita struktury výsledného produktu (Kilara & Chandan 2013).

Bezlaktózovou zmrzlinu lze vyrobit dvěma možnými způsoby. První způsob je použití bezlaktózového mléka či bezlaktózového sušeného mléka do zmrzlinové směsi a druhým způsobem je použití přídavku laktázy, která se do směsi přidá po tepelném ošetření mléka v průběhu fyzikálního zrání. Technologické schéma výroby bezlaktózové zmrzliny je zobrazeno na Obrázku č. 7. Z důvodu zvýšeného obsahu monosacharidů, vlivem hydrolýzy laktózy, se sníží bod tuhnutí a zmrzlina tak získá jemnější strukturu, což může být žádoucí při výrobě některých mražených dezertů. V důsledku hydrolýzy se zároveň zvýší sladkost, a tak je možné během výrobního procesu snížit obsah přidaného cukru. Jelikož během takovýchto změn receptur dochází k celkovému poklesu obsahu sušiny, je třeba dbát na dodržení legislativních podmínek na obsah sušiny v mražených krémech (Abbasi & Saeedabadian 2015) dle vyhlášky 274/2019 Sb.

Přídavek laktázy do mražených krémů je využíván i ze sensorických důvodů k zabránění krystalizace laktózy, ke které může docházet zvláště pokud se do zmrzlinové směsi používá sušená syrovátka nebo koncentráty syrovátkových bílkovin. Ty obsahují vysoké množství laktózy a během zmrazování tvoří krystaly. Použitím laktázy se zabrání tvorbě krystalů rozštěpením laktózy na monosacharidy glukózu a galaktózu, které jsou při nízké teplotě rozpustnější a zabraňují tak tvorbě pískovité struktury zmrzliny (Abbasi & Saeedabadian 2015).

Obrázek 7: Schéma výroby vybraných bezlaktózových mléčných produktů



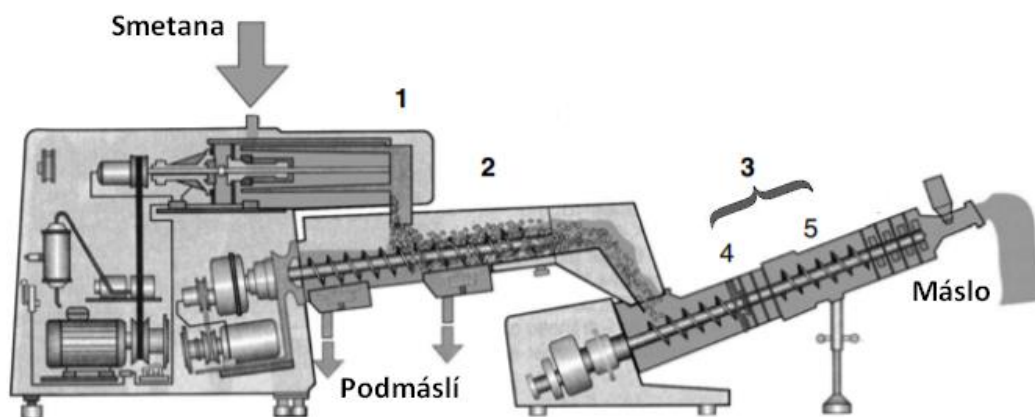
BL = bez laktózy
(Dekker et al. 2019)

3.5.3.7 Máslo

Máslo je koncentrovaný mléčný tuk vyrobený ze smetany, získaný fázovou inverzí na emulzi vody v oleji (Hae-Soo et al. 2013). Označení „máslo“ může dle české legislativy nést pouze výrobek obsahující nejméně 80 % tuku, maximálně 16 % vody a 2 % tukuprosté sušiny, do které patří bílkoviny, laktóza a minerální látky. Dále česká legislativa rozlišuje dva typy másla a to čerstvé, které lze prodávat maximálně do 20 dnů od výroby a máslo stolní, které bylo skladováno v mrazárnách nejdéle po dobu 24 měsíců od doby výroby (Vyhláška 274/2019).

Výroba másla probíhá ve zmáselňovači, zobrazeného na obrázku č. 8. Nejprve se smetana s obsahem tuku 38–42 % zpasteruje při teplotě 85–110 °C po dobu 10–30 vteřin. Kromě eliminace patogenních mikroorganismů, získá smetana záhřevem vařivou chuť, zapříčiněnou aktivací volných thiolových skupin ze syrovátkových bílkovin, a rovněž dojde k úniku nežádoucích plynů. Zpasterovaná smetana se napustí do chlazeného zracího tanku, kde při teplotě 2–5 °C dochází k fyzikálnímu zrání, konkrétně ke krystalizaci tuků. Vysoký obsah tuku ve smetaně má za příčinu fázovou inverzi emulze oleje ve vodě na emulzi vody v oleji a usnadňuje stloukání, které probíhá ve chlazeném stloukacím válci rychlostí 1000 otáček za minutu (Keogh 2006).

Obrázek 8: Zmáselňovač



1 = stloukací válec, 2 = odlučovač podmáslí, 3 = hnětač, 4 = pomaloběžné šneky, 5 = rychloběžné šneky

(Keogh 2006)

Stloukáním jsou mechanicky narušovány hydratační obaly tukových kuliček a dochází k vylití tekutých jader, roztíráním postupně vzniká máselné zrno a mléčná plazma, tedy podmáslí. Celý proces probíhá při řízené teplotě 12 °C, což zajišťuje nejefektivnější podmínky pro přeměnu tuků ze smetany na máslo. Až máselná zrna dosáhnou požadované velikosti 2–4 mm, odvede se směs tuků a plazmy do odlučovacího válce, kde podmáslí (s obsahem tuku nejvýše 0,5 %) odchází horizontálně rotačním síťovým bubnem. Díky efektivnějšímu odstranění mezizrnového podmáslí se ještě máselná zrna properou vodou o teplotě 5 °C, ty postupně

začnou vytvářet shluky větších hrudek a transportují se do závěrečné sekce výroby ve hnětačích, kde je v první fázi máslo hněteno pomaloběžnými šneky za účelem vypuzení vody a spojení máselných zrn pro dosažení požadované konzistence. Zde lze přidávat povolená aditiva, jako jsou roztoky soli a smetanové kultury. V druhé fázi prochází máslo rychloběžnými šneky, kde dochází k finální homogenizaci vodné fáze a standardizaci obsahu vody, následuje zásobní tank a k balící linka (Hae-Soo et al. 2013).

Jelikož je laktóza rozpustná ve vodě a během procesu výroby másla je společně s dalšími složkami oddělena od tukové fáze a odloučena do podmáslí, hotové máslo obsahuje pouze okolo 0,1–1 g na 100 g laktózy a je tak bezpečné pro laktózně intolerantní jedince (Silanikove et al. 2015).

3.5.4 Bezlaktóзовé výrobky dostupné na českém trhu

3.5.4.1 Meggle s.r.o.

Německá společnost Meggle s.r.o. vyrábí bezlaktóзовé výrobky pod značkou Meggle Lactose free, na českém trhu jsou dostupné tyto výrobky: Bezlaktóзовý Cottage cheese, Tvaroh jemný Lactofree, Bezlaktóзовá smetana ke šlehání 30 %, Bezlaktóзовá smetana na vaření 10 %, Bezlaktóзовé mléko 1,5 % a Bezlaktóзовé mléko 3,5 % [Online 1]. Vybrané výrobky jsou zobrazeny na Obrázku č. 9.

Obrázek 9: Bezlaktóзовé mléčné výrobky značky Lactose free společnosti Meggle s.r.o.



a) Tvaroh jemný Laktofree, b) Bezlaktóзовá smetana ke šlehání 30 %, c) Bezlaktóзовé mléko 3,5 %, d) Bezlaktóзовá smetana na vaření 10 %, e) Bezlaktóзовý Cottage cheese [Online 1]

3.5.4.2 Moravia Lacto a.s.

Česká společnost Moravia Lacto a.s. zastřešuje dvě mlékárny, a to Olešnickou mlékárnu a.s. a jihlavskou Moravia Lacto a.s. Pod označením DeLacto vyrábí Moravia v obou závodech tyto bezlaktóзовé výrobky: DeLacto gouda, bílý DeLacto jogurt, DeLacto keřírové mléko, DeLacto

máslo, polotučné DeLacto mléko a DeLacto tvaroh [Online 2]. Výrobky DeLacto jsou zobrazeny na Obrázku č. 10.

Obrázek 10: Bezlaktózové výrobky značky DeLacto společnosti Moravia a.s.



a) DeLacto gouda, b) DeLacto kefirové mléko, c) DeLacto tvaroh, d) DeLacto mléko 1,5 %, e) DeLacto máslo
[Online 2]

3.5.4.3 Madeta a.s.

Česká společnost Madeta a.s. vyrábí mléčné výrobky se sníženým obsahem laktózy méně než 0,01 %. Do jejich portfolia patří: Jihočeský Cottage natur bez laktózy, Lipánek MAXI smetanový bez laktózy, Jihočeská zakysaná smetana 15 %, Jihočeský tvaroh polotučný bez laktózy, Jihočeské pomazánkové bez příchuti bez laktózy, Lahůdka zakysaná smetana na zahradních jahodách bez laktózy, Jihočeský Nature bez laktózy jahodový a bílý a Jihočeský eidam 20 %. Dále pod značkou Madeta najdeme širokou škálu polotvrdých a tvrdých sýrů s nízkým obsahem laktózy, mezi které se řadí sýry typu Eidam a Madeland, Blaťácké zlato 48 %, Tylžský sýr 48 %, Gouda 48 %, Primátor 45 %, Kamadet 48 % a Jihočeská niva [Online 3]. Vybrané produkty společnosti Madeta jsou zobrazeny na Obrázku č. 11.

Obrázek 11: Bezlaktózové výrobky a výrobky s nízkým obsahem laktózy společnosti Madeta a.s.



a) Jihočeský Cottage natur bez laktózy, b) Jihočeský Natur bílý, c) Lipánek MAXI smetanový bez laktózy, d) Madeland 45 % bloček, e) Jihočeský Eidam plátky 30 %
[Online 3]

3.5.4.4 Pragolaktos a.s.

Mlékárna Pragolaktos a.s. v roce 2015 uvedla jako první na českém trhu trvanlivé mléko s nízkým obsahem laktózy pod 0,1 % na 100 ml. Později společnost rozšířila sortiment o smetanu na vaření s nízkým obsahem laktózy, rovněž pod 0,1 % na 100 ml [Online 4]. Oba produkty jsou zobrazeny na Obrázku č. 12.

Obrázek 12: Výrobky s nízkým obsahem laktózy společnosti Pragolaktos a.s.



a) Smetana na vaření s nízkým obsahem laktózy, b) Trvanlivé mléko polotučné s nízkým obsahem laktózy
[Online 4]

3.5.4.5 Další společnosti

Mezi další české i zahraniční společnosti uvádějící bezlaktózové varianty mléčných produktů na českém trhu patří:

- Společnost Olma, a.s. s řadou bezlaktózových jogurtů značky Florian s příchutí maliny, jahody, borůvky a broskve s maracujou. Jogurty jsou navíc fortifikovány vitamínem D [Online 5].
- Společnost Lactalis CZ, s.r.o. s bezlaktózovou variantou Mozzarely pod značkou Galbani [Online 6].
- Společnost Hollandia Karlovy Vary, s.r.o. s řadou bezlaktózových jogurtů s přidavkem bakterií rodu *Bifidobacterium* a *Lactobacillus acidophilus*, dostupných v příchutích meruňka, malina, borůvka, jahoda a bílý jogurt bez příchutě [Online 7].
- Společnost Savencia Fromage & Dairy Czech republic a.s. původem z Francie, s Hermelínem bez laktózy pod značkou Sedlčanský a lahůdkou Lučina Nadýchaná bez laktózy pod značkou Lučina [Online 8].
- Společnost Ehrmann Praha s.r.o., původem z Německa, která pod značkou Lacto Zero vyrábí řadu bezlaktózových jogurtů řeckého typu s příchutí jahoda, třešeň, stracciatella a broskve s maracujou [Online 9].

4 Závěr

Velký vliv na vytváření názorů o mléku a mléčných výrobcích mají internetové články a diskuse, kde se šíří mýty a lži o jejich škodlivosti. I přes mnoho vědeckých prací dokazujících zdravotní prospěšnost, je mléko určitými skupinami lidí považováno za nepřírozenou potravinu způsobující zdravotní obtíže. Nejběžnějším problémem při potížích po požití mléka je neznalost rozdílu alergie na mléčnou bílkovinu a laktóзовé intolerance, s následnou samodiagnostikou nekonzultovanou s odborníkem. Mléko také často bývá spojováno s nepravdivými informacemi o zahleňování, tvorbě akné a obsahem antibiotik.

Na základě nejasností se tak spousta jedinců rozhodne konzumaci mléka i mléčných výrobků omezit nebo mléko zcela vyřadit. Tímto omezením se ochuzují o cenný zdroj vápníku a rostou u nich riziko osteoporózy. Obtíže s konzumací mléka je třeba řešit s odborníky a při potvrzené diagnóze alergie i intolerance je nezbytné se informovat o správné výživě spojené s potravinovým omezením.

V drtivé většině jsou problémy spojené s konzumací mléka záležitostí laktóзовé intolerance, při které se intolerantní jedinci vůbec nemusí mléka vzdávat a mohou si nadále dopřávat širokou škálu mléčných výrobků s přirozeně nízkým obsahem laktózy nebo hydrolyzovanými výrobky bez laktózy. Povědomí spotřebitelů s laktóзовou intolerancí o prospěšnosti a nutričním významu bezlaktóзовých produktů se zvyšuje, a tak se v mlékárenském průmyslu vyskytuje příležitost přilákat nové spotřebitele, kteří se dříve konzumaci mléka vyhýbali. Pro mlékárenské společnosti se zase otevřel velký prostor pro inovaci technologií a zavádění nových bezlaktóзовých produktů do svého portfolia.

Očekává se, že se i v budoucnu bude sortiment bezlaktóзовých mléčných výrobků nadále rozrůstat, nejen kvůli poskytnutí produktů bez laktózy pro intolerantní jedince, ale i z hlediska zdravé výživy, jelikož se vlivem hydrolyzy laktóza štěpí na monosacharidy s vyšší sladivostí a snižuje se tak množství přidávaného cukru.

5 Literatura

Abbasi S, Saeedabadian A. 2015. Influences of lactose hydrolysis of milk and sugar reduction on some physical properties of ice cream. *Journal of Food Science and Technology* **52**:367-374.

Ahmed Z, Wang Y, Ahmad A, Khan ST, Nisa M, Ahmad H, Afreen A. 2013. Kefir and Health: A Contemporary Perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **53**:422-434.

Ann Augustin M, Oliver CM, Hemar Y. 2011. Casein, Caseinates, and Milk Protein Concentrates. 161-178 in *Dairy Ingredients for Food Processing*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.

Arora S, Khetra Y. 2017. Buffalo Milk Cheese. 1093-1101 in *Cheese*. Elsevier.

Bajerová K. 2018. Lactose intolerance - the practical approach. *Pediatric pro praxi* **19**:139-141.

Balthazar CF et al. 2017. Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **16**:247-262.

Bayless TM, Brown E, Paige DM. 2017. Lactase Non-persistence and Lactose Intolerance. *Current Gastroenterology Reports* **19**.

Benešová O. 2017. Mražené krémy. Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., Praha.

Bennett RJ, Johnston KA. 2004. General aspects of cheese technology. 23-XIII in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Elsevier.

Bhatnagar S, Aggarwal R. 2007. Lactose intolerance. *BMJ* **334**:1331-1332.

Březková V, Matějová H. 2010. Laktózová intolerance versus laktózová tolerance. *Zpravodaj pro školní stravování* **3**:38-41.

Corrieu G, Béal C. 2016. Yogurt: The Product and its Manufacture. 617-624 in *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier.

Crisà A. 2013. Milk Carbohydrates and Oligosaccharides. 129-147 in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford.

da Silva PHF, Oliveira VCD, Perin LM. 2019. Cow's Milk Protein Allergy and Lactose Intolerance. *Raw Milk*:295-309. Elsevier.

Dekker P, Koenders D, Bruins M. 2019. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. *Nutrients* **1**.

- de la Fuente MA, Mercedes R, Isidra R, Manuela J. 2013. Sheep Milk. 554-577 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Di Costanzo M, Berni Canani R. 2019. Lactose Intolerance: Common Misunderstandings. *Annals of Nutrition and Metabolism* **73**:30-37.
- Domínguez-Jiménez JL, Fernández-Suárez A. 2017. Diagnosis of lactose intolerance. *Medicina Clínica (English Edition)* **148**:262-264.
- Dutra Rosolen M, Gennari A, Volpato G, Volken de Souza CF. 2015. Lactose Hydrolysis in Milk and Dairy Whey Using Microbial β -Galactosidases. *Enzyme Research* **2015**:1-7.
- Ettlerová K. 2009. Alergie na kravské mléko. *Dermatologie pro praxi* **3**:178-183.
- Facioni MS, Raspini B, Pivari F, Dogliotti E, Cena H. 2020. Nutritional management of lactose intolerance: the importance of diet and food labelling. *Journal of Translational Medicine* **18**.
- Fox PF, Guinee TP. 2013. Cheese Science and Technology. 357-389 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. 2015. Lactose. *Dairy Chemistry and Biochemistry*:21-68. Springer International Publishing, Cham.
- Fritzscheová D. 2015. Intolerance laktózy. Noxi, Bratislava.
- Gänzle MG, Haase G, Jelen P. 2008. Lactose: Crystallization, hydrolysis and value-added derivatives. *International Dairy Journal* **18**:685-694.
- Gaucheron F. 2013. Milk Minerals, Trace Elements, and Macroelements. 172-199 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Getaneh G, Mebrat A, Wubie A, Kendie H. 2016. Review on Goat Milk Composition and its Nutritive Value. *Journal of Nutrition and Health Sciences* **3**.
- Goff H. 2016. Dairy Chemistry and Physics. University of Guelph, Guelph, Canada.
- Goodman S, Vanderlee L, Acton R, Mahamad S, Hammond D. 2018. The Impact of Front-of-Package Label Design on Consumer Understanding of Nutrient Amounts. *Nutrients* **10**.
- Gómez-Cortés P, Juárez M, de la Fuente MA. 2018. Milk fatty acids and potential health benefits: An updated vision **81**:1-9.
- Gopalan S. 2011. Cow's milk protein allergy and intolerance—practical issues in diagnosis. *Apollo Medicine* **8**:305-306.
- Gordon MH. 2013. Milk Lipids. 65-79 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.

- Graulet B, Martin B, Agabriel C, Girard CL. 2013. Vitamins in Milks. 200-219 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Guetouache M, Guessas B, Medjekal S. 2014. Composition and nutritional value of raw milk. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research* **vo.I 2**:115-122.
- Haenlein GFW. 2006. Production of Goat Milk. 11-33 in Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals. Blackwell Publishing Professional, Ames, Iowa, USA.
- Hae-Soo K, Palanivel G, Mohammad Al M. 2013. Butter, Ghee, and Cream Products. 390-411 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Harju M, Kallioinen H, Tossavainen O. 2012. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects. *International Dairy Journal* **22**:104-109.
- Haug A, Høstmark AT, Harstad OM. 2007. Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids in Health and Disease* **6**.
- Heyman MB. 2006. Lactose Intolerance in Infants, Children, and Adolescents. *PEDIATRICS* **118**:1279-1286.
- Holsinger VH. 1997. Physical and Chemical Properties of Lactose. *Advanced Dairy Chemistry Volume 3*:1-38. Springer US, Boston, MA.
- Jainudeen MR. 2002. BUFFALO HUSBANDRY | Asia. *Encyclopedia of Dairy Sciences*:186-193. Elsevier.
- Jelen P, Tossavainen O. 2003. Low lactose and lactose-free milk and dairy products - prospects, technologies and applications. *Australian Journal of Dairy Technology*, **58**:161-165. Melbourne.
- Kalyankar SD, Deshmukh MA, Chopde SS, Khedkar CD, Lule VK, Deosarkar SS. 2016. Milk Powder. 724-728 in *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier.
- Keogh MK. 2006. Chemistry and Technology of Butter and Milk Fat Spreads. 333-363 in *Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids*. Springer US, Boston, MA.
- Kilara A, Chandan RC. 2013. Frozen Dairy Foods. 435-457 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Kim S-H, Oh S. 2013. Fermented Milk and Yogurt. 338-356 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Kopáček J. 2010. Laktózová intolerance, její příčiny, příznaky a nutriční řešení. 34 - 43 in *Mléko a mléčné výrobky ve výživě*. Potravinářská komora České republiky, Praha.

- Kopáček J. 2014, Mléko a mléčné výrobky edice Jak poznáme kvalitu? 1. vyd. Sdružení českých spotřebitelů, z. ú. a Potravinářská komora ČR v rámci priorit České technologie platformy pro potraviny. 31 s. ISBN: 978-80-87719-18-3
- Kopáček J. 2017. Laktózová intolerance, její příčiny, příznaky a nutriční řešení. Mlékařské listy **28**:11-15.
- Kopáček J, Obermaier O, Štafen M, Buňka F, Horáčková Š. 2019. Mýty o mléce a mléčných výrobcích. Českomoravský svaz mlékárenský, Praha.
- Kukovics S, Németh T. 2013. Milk Major and Minor Proteins, Polymorphisms and Non-protein Nitrogen *. 80-110 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Li Q, Zhao Z. 2019. Acid and rennet-induced coagulation behavior of casein micelles with modified structure. Food Chemistry **291**:231-238.
- Lomer MCE, Parkes GC, Sanderson JD. 2008. Review article: lactose intolerance in clinical practice - myths and realities. **27**:93-103.
- Lule VK, Garg S, Tomar SK, Khedkar CD, Nalage DN. 2016. Food Intolerance: Lactose Intolerance. 43-48 in Encyclopedia of Food and Health. Elsevier.
- McKinley MC. 2005. The nutrition and health benefits of yoghurt. International Journal of Dairy Technology **58**:1-12.
- Mekadim C, Kouřimská L. 2017. Velbloudí mléko. Potravinářská revue 2017:22-23.
- Misselwitz B, Butter M, Verbeke K, Fox MR. 2019. Update on lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and clinical management. Gut **68**:2080-2091.
- Moatsou G. 2013. Sanitary Procedures, Heat Treatments and Packaging. 288-309 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.
- Mohapatra A, Shinde AK, Singh R. 2019. Sheep milk: A pertinent functional food. Small Ruminant Research **181**:6-11.
- Murtaza MA, Pandya AJ, Khan MMH. 2017. Buffalo Milk Utilization for Dairy Products. 284-342 in Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals. Oxford, UK.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnic Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004.

Özer B, Kirmaci HA. 2014. FERMENTED MILKS: Products of Eastern Europe and Asia. 900-907 in Encyclopedia of Food Microbiology. Elsevier.

Paige DM. 2013. Lactose Intolerance. 67-73 in Encyclopedia of Human Nutrition. Elsevier.

Panesar PS, Kumari S, Panesar R. 2010. Potential Applications of Immobilized β - Galactosidase in Food Processing Industries. Enzyme Research **2010**:1-16.

Park YW, Haenlein GFW. 2013. Milk and dairy products in human nutrition: production, composition, and health. Chichester, West Sussex, UK.

Perotti MC, Wolf IV, Venica CI, Bergamini CV. 2012. Dairy Products Modified in their Lactose Content. Current Nutrition & Food Science **8**:8-18.

Pritchard SR, Kailasapathy K. 2011. Chemical, Physical, and Functional Characteristics of Dairy Ingredients. 35-57 in Dairy Ingredients for Food Processing. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.

Qi PX. 2007. Studies of casein micelle structure: the past and the present. Le Lait **87**:363-383.

Rodrigues LR. 2013. Milk Minor Constituents, Enzymes, Hormones, Growth Factors, and Organic Acids. 220-245 in Milk and Dairy Products in Human Nutrition. John Wiley, Oxford.

Silanikove N, Leitner G, Merin U. 2015. The Interrelationships between Lactose Intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds. Nutrients **7**:7312-7331.

Suarez F, Shannon C, Hertzler S, Savaiano D. 2003. FOOD INTOLERANCE | Lactose Intolerance. 2634-2642 in Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 2nd. Elsevier.

Szilagyi A, Walker C, Thomas MG. 2019. Lactose intolerance and other related food sensitivities. 113-153 in Lactose. Elsevier.

Šilhánková L. 2008. Mikrobiologie pro potravináře a biotechnologii, 3rd edition. Academia, Praha.

Troise AD, Bandini E, De Donno R, Meijer G, Trezzi M, Fogliano V. 2016. The quality of low lactose milk is affected by the side proteolytic activity of the lactase used in the production process. Food Research International **89**:514-525.

Vesa TH, Marteau P, Korpela R. 2000. Lactose Intolerance. Journal of the American College of Nutrition **19**:165-175.

Vyhláška č. 274/2019 Sb.: Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. 2019

Vyhláška č. 39/2018 Sb.: Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 54/2004 Sb., o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití, ve znění pozdějších předpisů. 2018

Wijesinha-Bettoni R, Burlingame B. 2013. Milk and dairy product composition. 41 - 90 in Milk and dairy products in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Wilson J. 2005. Milk Intolerance: Lactose Intolerance and Cow's Milk Protein Allergy. *Newborn and Infant Nursing Reviews* 5:203-207.

Younas M, Ishaq K, Yaqoob M, Ahmad T. 2013. Virtues of the Milk from Water Buffalo. *Buffalo Bulletin* 2013:857-865.

Zervas G, Tsiplakou E. 2013. Goat Milk. 498-518 in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford.

6 Elektronické zdroje

[Online 1] – Meggle Bez laktózy. Available at <https://bez-laktozy.cz/produkty/> (accessed March 14, 2021)

[Online 2] – Moravia Delacto. 2020. Available at <https://www.mleko.cz/produkty/delacto/> (accessed March 14, 2021)

[Online 3] – S Madetou bez obtíží i při intoleranci. Available at <https://www.madeta.cz/madetovinky/s-madetou-bez-obtizi-i-pri-intoleranci> (accessed March 02, 2021).

[Online 4] – Pragolaktos Výrobky s nízkým obsahem laktózy. 2013.. Available at <http://pragolaktos.cz/> (accessed March 14, 2021).

[Online 5] – Olma Bezlaktózový jogurt. 2021.. Available at <https://www.olma.cz/cs/jogurty/bezlaktozovy-jogurt> (accessed March 14, 2021)

[Online 6] – Galbani Mozzarella bez laktózy. Available at <https://www.galbani.cz/vyroby/galbani-mozzarella-bez-laktozy-100-g> (accessed March 14, 2021).

[Online 7] – Hollandia Jogurty bez laktózy. Available at <https://www.hollandia.cz/produktova-rada/2-jogurty-bez-laktozy/> (accessed March 14, 2021)

[Online 8] – Savencia Fromage & Dairy. 2021. Available at <http://savencia-fd.cz/nase-znacky> (accessed March 14, 2021)

[Online 9] – Lacto Zero – zdravé mlsání s nízkým obsahem laktózy. Available at <https://www.ehrmann.cz/produkty/lacto-zero/> (accessed March 14, 2021)

7 Seznam tabulek

Tabulka 1: Procentuální zastoupení mastných kyselin (MK) v kravském, ovčím a kozím mléce	11
Tabulka 2: Průměrné složení bílkovinné frakce kravského mléka.....	12
Tabulka 3: Koncentrace vitaminů v kravském mléce	15
Tabulka 4: Průměrná složení nejběžnějších druhů mlék (v %)	18
Tabulka 5: Rozlišení tří typů klinických projevů.....	21
Tabulka 6: Vybrané zdroje β -galaktosidáz a jejich vlastnosti	26
Tabulka 7: Metody tepelného ošetření syrového mléka.....	32
Tabulka 8: Obsah laktózy ve vybraných druzích sýrů	39

8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Modely kaseinové submicely a micely	13
Obrázek 2: Anomery α -laktózy a β -laktózy	14
Obrázek 3: Laktózová intolerance ve světě	22
Obrázek 4: Odhad míry růstu bezlaktózových výrobků a celkový roční obrat	29
Obrázek 5: Technologické schéma výroby bezlaktózového mléka	33
Obrázek 6: Zjednodušené schéma homofermentativního kvašení	35
Obrázek 7: Schéma výroby vybraných bezlaktózových mléčných produktů	41
Obrázek 8: Zmáselňovač	42
Obrázek 9: Bezlaktózové mléčné výrobky značky Lactose free společnosti Meggle s.r.o.	43
Obrázek 10: Bezlaktózové výrobky značky DeLacto společnosti Moravia a.s.	44
Obrázek 11: Bezlaktózové výrobky a výrobky s nízkým obsahem laktózy společnosti Madeta a.s.	44
Obrázek 12: Výrobky s nízkým obsahem laktózy společnosti Pragolaktos a.s.	45