

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin (FAPPZ)



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Faktory ovlivňující obsah vápníku v mléce a jeho vstřebávání

Bakalářská práce

Jakub Mazur

Výživa a potraviny

Ing. Veronika Legarová, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Faktory ovlivňující obsah vápníku v mléce a jeho vstřebávání" jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1. 5. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Veronice Legarové, Ph.D. za její podnětné rady, odborné vedení a věnovaný čas při psaní této práce.

Dále bych rád poděkoval své přítelkyni a rodině za podporu nejen při psaní této závěrečné práce, ale i při celém bakalářském studiu.

Faktory ovlivňující obsah vápníku v mléce a jeho vstřebávání

Souhrn

Tato bakalářská práce se věnuje faktorům, které ovlivňují obsah vápníku v mléce a jeho následné vstřebávání do těla. V první části práce je popsáno chemické složení hlavních a vedlejších složek kravského mléka. Poté jsou popsány rozdíly u kozího, buvolího, ovčího a kobyliho mléka.

Další část literární rešerše se zabývá základními informacemi o vápníku. V kapitole zdroje vápníku jsou uvedeny jednotlivé potraviny, které jsou významné na jeho obsah, a taktéž jsou zde uvedeny koncentrace vápníku v mléčných výrobcích. U potřeby vápníku ve stravě jsou uvedeny doporučené denní příjmy této minerální látky. Vápník má velký vliv na zdravotní stav jedince a při jeho nedostatku nebo nadbytku v lidském těle dochází k řadě onemocnění. Nejzávažnějším onemocněním, které způsobuje nedostatek vápníku v těle, patří osteoporóza. S obsahem dále souvisí poruchy homeostázy vápníku, dále jeho vliv na vznik rakoviny, na ztrátu hmotnosti a na krevní tlak.

Mezi faktory ovlivňující obsah vápníku patří gentické faktory, kde je důležitá především plemenná příslušnost dojnice. Mezi důležité fyziologické faktory patří laktace a zdravotní stav dojnice, kdy dochází k ovlivnění nejen chemického složení mléka, ale i k jeho technologickým změnám. Výživa dojnice a momentální roční období hraje taktéž důležitou roli. Finální zpracování mléka po nadojení, zahrnující i tepelnou úpravu mléka, může taktéž změnit typické vlastnosti mléka. Nedostatečný obsah vápníku v mléce a mléčných výrobcích se může suplementovat, avšak v některých mléčných výrobcích je pro lepší technologické vlastnosti žádoucí jeho nižší obsah.

Poslední kapitola se zabývá vstřebáváním vápníku do těla. Nejdříve je popsána fyziologie vstřebávání v gastrointestinálním traktu. Následuje vysvětlení, jak celý tento proces ovlivňuje přítomnost vitamínu D a jak souvisí s vápníkem. V úplném závěru se práce zabývá fyziologickými a nutričními faktory, které ovlivňují absorpci. Mezi nejdůležitější patří obsah dalších složek mléka, konzumace kofeinu, alkoholu a kouření a taktéž fyzický pohyb jedince.

Klíčová slova: absorpce, mléko, vápník, vitaminy, výživa

Factors affecting calcium content in milk and its absorption

Summary

This bachelor thesis pursues factors, that affect the content of calcium in milk and its subsequent absorption into the body. The first part of this thesis is describing chemical composition of main and minor component of cow milk. Then the difference between goat, buffalo, sheep and mare milk are described.

Next part of this literal thesis deals with basic information about calcium. The chapter on calcium sources lists individual foods that are important for its content, as well as calcium concentrations in dairy products. For dietary calcium needs, the recommended daily intakes of this mineral are given. Calcium has a great influence on the health of an individual and when there is a lack or excess of it in the human body, diseases occur. The most serious disease caused by a lack of calcium in the body is osteoporosis. The content is also related to disorders of calcium homeostasis, as well as its effect on cancer, weight loss and blood pressure.

Factors influencing the calcium content include genetic factors, where the breeding affiliation of the dairy cow is especially important. Important physiological factors include lactation and the health status of the dairy cow, which affects not only the chemical composition of the milk, but also its technological changes. Dairy cow nutrition and the current season also play an important role. The final processing of the milk after milking, including the heat treatment of the milk, can also change the typical properties of the milk. Insufficient calcium content in milk and dairy products can be supplemented, but in some dairy products its lower content is desirable for better technological properties.

The last chapter deals with the absorption of calcium into the body. The physiology of absorption in the gastrointestinal tract is described first. The following is an explanation of how this whole process affects the presence of vitamin D and how it is related to calcium. In the last part this work deals with physiological and nutritional factors that affect absorption. The most important are the content of other components of milk, the consumption of caffeine, alcohol and smoking, as well as the physical movement of the individual.

Keywords: absorption, milk, calcium, vitamins, nutrition

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | Obsah | |
| 2 | Úvod | 7 |
| 3 | Cíl práce | 8 |
| 4 | Literární rešerše | 9 |
| 4.1 | Mléko | 9 |
| 4.1.1 | Složení kravského mléka | 9 |
| 4.1.2 | Složení kozího mléka | 11 |
| 4.1.3 | Složení mléka dalších vybraných savců | 13 |
| 4.2 | Vápník | 14 |
| 4.2.1 | Zdroje vápníku | 14 |
| 4.2.2 | Potřeba vápníku ve výživě | 16 |
| 4.2.3 | Vápník a jeho vliv na zdraví | 17 |
| 4.3 | Faktory ovlivňující obsah vápníku | 20 |
| 4.3.1 | Genetické faktory | 20 |
| 4.3.2 | Fyziologické faktory | 21 |
| 4.3.3 | Environmentální faktory | 27 |
| 4.3.4 | Obohacování mléka při výrobě | 29 |
| 4.3.5 | Tepelné ošetření mléka | 29 |
| 4.3.6 | Zpracování mléčných výrobků | 31 |
| 4.4 | Faktory ovlivňující vstřebávání vápníku | 35 |
| 4.4.1 | Fyziologie vstřebávání vápníku | 35 |
| 4.4.2 | Vitamin D | 36 |
| 4.4.3 | Fyziologické faktory | 37 |
| 4.4.4 | Nutriční faktory | 37 |
| 5 | Závěr | 39 |
| 6 | Literatura | 40 |

2 Úvod

Mléko představuje součást lidské stravy už od dob, kdy byla domestikována první hospodářská zvířata. Mléko je známé jako komplexní potravina, obsahující množství tělu prospěšných látek. Nejkonzumovanější mléko na světě je zhruba z 83 % mléko kravské, následované z 13 % buvolím mlékem. Produkce kozího mléka se pohybuje přibližně na 2,5 % (Park a Haenlein 2013).

Bílkoviny, tuky a cukry jsou hlavními makroživinami v mléce a mléčných výrobcích, které významně přispívají k výživným a biologickým hodnotám pro lidskou výživu a zdraví. Mléko a mléčné výrobky také obsahují základní minerální látky v různých koncentracích. Jsou zajímavé z biochemických, technologických a výživových důvodů, protože významně přispívají k různým životně důležitým funkcím lidského těla. Jejich množství, chemické formy a asociace v různých mléčných výrobcích byly dobře analyzovány a jsou velmi zajímavé pro lidské zdraví. Některé z nich lze ale také považovat za toxické (Gaucheron 2013). Mezi tyto minerální látky patří vápník, na kterém spočívá tato bakalářská práce.

Mezi mnoha hodnotnými složkami v mléce hraje obsah vápníku obzvláště důležitou roli ve vývoji, síle a hustotě kostí u dětí a v prevenci osteoporózy u starších lidí. Kromě toho se také ukázalo, že vápník je prospěšný při snižování cholesterolu a při regulaci tělesné hmotnosti a krevního tlaku. Jelikož si lidské tělo nedokáže vápník samo vyrobit, musí se získávat v potravě (Park a Hanlein 2013).

Lidstvu jsou vápenaté sloučeniny známy již od starověku, i když se nevěděli jeho přesné účinky na lidský organismus. Od dob, kdy byly účinky vápníku objasněny, ustoupily některé onemocnění takovým způsobem, že se dnes již nevyskytují. Uměle připraven byl vápník až v 19. století, kdy došlo k největším objevům jeho účinku (Gaucheron 2013).

Obsah jednotlivých složek mléka, a tím pádem i obsah vápníku, je ovlivněn různými faktory. Ovšem faktory, které ovlivňují obsah tuků v mléce jsou rozdílné než ty, které ovlivňují právě množství vápníku. Jednotlivé faktory mezi sebou mohou interagovat a být tak na sobě závislé (Boro et al. 2016).

Aby se mohly dostavit správné účinky vápníku v jednotlivých orgánech, musí dojít k jeho absorpci v gastrointestinálním traktu. To souvisí především s obsahem vitamínu D, který tělo získává především z ultrafialového záření, ale může ho taktéž získat ze stravy nebo jejích doplňků. Kromě vitamínu D závisí správné vstřebávání na mnoha faktorech, které absorpci snižují nebo zvyšují (Kronqvist 2011).

3 Cíl práce

Cílem práce je kvalitní literární rešerše sepsaná převážně z cizojazyčných vědeckých publikací, které se týkají obsahu vápníku v mléce a mléčných výrobcích. Dále je cílem přehledně popsat faktory, které ovlivňují obsah vápníku v mléce a mléčných výrobcích, a vysvětlit možné zdravotní komplikace v případě nedostatku či nadbytku vápníku v lidské výživě.

4 Literární rešerše

4.1 Mléko

Jedná se o produkt mléčné žlázy samic savců, sloužící primárně ke krmení mláďat. Ve výživě člověka je mléko významnou složkou potravy. Kromě výživové, může mít mléko také funkci obrannou, protože obsahuje například antimikrobiální látky. Mléko také obsahuje i růstové hormony a v neposlední řadě podporuje trávení. Mléko obsahuje bílkoviny, sacharidy, tuky, vitaminy a minerální látky. U každého živočišného druhu je však složení mléka jiné (Walstra et al. 2006).

Podle chemického složení se mléko může rozdělit do několika skupin. Mléka kaseinová a albuminová se rozeznávají podle zastoupení druhu bílkovin. Mléka kaseinová produkují přežvýkavci a obsah kaseinu je vyšší než 75 %. Mléka albuminová produkují všežravci, masožravci a býložravci s jednoduchým žaludkem a obsah kaseinu je nižší než 75 % (Park a Haenlein 2013).

Mléka zralá a nezralá se rozlišují podle ontogenetických rozdílů. Mléka zralá jsou mléka produkovaná v období laktace, zatímco mléko nezralé je například mlezivo. Mlezivo je produkováno mléčnou žlázou těsně před, a zvláště pak 5 dní po otelení (Park 2007).

4.1.1 Složení kravského mléka

Chov skotu je v Evropě nejrozšířenější z celého světa. V České republice se k poslednímu dni roku 2020 chovalo okolo 562 tisíc krav, z toho přibližně 380 tisíc dojnic. Počet krav meziročně oproti roku 2019 klesl o 2 % (Český statistický úřad, 2020).

Přesné složení kravského mléka závisí na plemeni dojnice, na ročním období, stádiu laktace nebo na jejím zdravotním stavu. Nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje kvantitativní složení mléka, je však výživa dojnice (Gall 2013).

Nejvýznamnější složkou mléka z nutričního hlediska jsou bílkoviny. V kravském mléce se nachází přibližně 3,3 % bílkovin. Celkové bílkoviny kravského mléka jsou z 80 % tvořeny kaseinem a z 20 % syrovátkovými bílkoviny (Kukovics a Németh 2013).

Kasein je v mléce ve formě micel a můžeme jej rozdělit na α_s , β , κ a γ kasein. Kaseiny α_s dále ještě dělíme na α_{s1} , α_{s2} a α_{s0} (Csápo a Csáponé 2002).

Po oddělení kaseinu při pH 4,6 zůstanou v roztoku syrovátkové bílkoviny. Ty mají na rozdíl od kaseinu vysokou nutriční hodnotu. Jejich deriváty se používají v potravinářském průmyslu. Frakce syrovátkových bílkovin jsou β -laktoglobuliny, α -laktalbumin, imunoglobuliny a sérový albumin (Anon 2003).

Kasein na sebe váže dvojmocné minerály, jako je vápník a fosforečnan vápenatý. Avšak α_{s1} -kasein v důsledku přítomnosti hydrofobních míst a nízké iontové síly váže nejmenší počet kovových iontů (Agarwal et al. 2020).

Nejčastěji zastoupeným sacharidem v mléce je laktóza. V kravském mléce je průměrně 4-5 % laktózy. Laktóza je redukující disacharid syntetizovaný z glukózy a galaktózy. Jakožto cukr způsobuje nasládlou chuť mléka. Je hlavním zdrojem energie pro kojence (Crisa 2013).

Laktóza se rozkládá v gastrointestinálním traktu na mléčnou kyselinu. Ta ve střevech vytváří kyselé prostředí a brání tak růstu hnilobných mikroorganismů. Díky mléčné kyselině dochází ke zvýšení resorpce aminokyselin, vitaminů přijatých potravou a vápníku (Drbohlav a Vodičková 2001).

Mléčné lipidy jsou pohotovým zdrojem a rezervou energie. Kravské mléko se skládá z tuků zhruba ze 4 %. V mléce se vyskytují ve formě tukové kuličky. Tuková kulička má na povrchu hydratační obal, který zamezuje spojování tukových kuliček. Pod obalem se nachází fosfolipidová membrána, která se skládá z hydrofobní a hydrofilní části. Uvnitř tukové kuličky se nachází jádro obsahující nepolární triacylglyceroly, volné mastné kyseliny, steroly a karotenoidy (Gordon 2013).

Lipidové frakce v mléce tvoří triacylglyceroly (TAG), které jsou zastoupeny z 98 %, diacylglyceroly, fosfolipidy, cholesterol a volné mastné kyseliny. Množství mastných kyselin v mléce je ovlivněno například stádiem laktace, bacherovou fermentací a původem zvířete (Pereira 2014).

Nejvíce se z nasycených mastných kyselin v mléce vyskytuje kyselina palmitová, dále i stearová. Nejčastější nenasycená mastná kyselina je olejová. Mastné kyseliny, které musíme přijímat z potravy jsou linolová, linolenová a arichidonová (Gordon 2013).

Další pro mléko významné látky, jsou minerální látky. Jejich hlavní funkce v lidském těle spočívá v aktivaci enzymů, udržení acidobazické rovnováhy a regulaci vodíkových můstků. V kravském mléce najdeme jak makroprvky (Na, K, Ca, Mg, Cl, P a S), tak i stopové prvky (Fe, Zn, Mn, Co, Mo, I, F, Cr a Se). Nejvíce obsaženou minerální látkou v mléce je vápník, následuje fosfor a dusík. V kravském mléce je zhruba 7,3 g minerálních látek na litr a nachází se zde v různých formách (Pereira 2014).

Na vzájemný poměr a množství minerálních látek v mléce má velký vliv zdravotní stav dojníc. Různá onemocnění se na mléce mohou projevit například změnami mezi poměry minerálních látek. Záněty mléčné žlázy se projeví klesajícím množstvím Ca, K, Mg a P, zatímco obsah Na a Cl v mléce roste (Pereira 2014).

Pro sající mládě je mléko prakticky jediným a prvotním zdrojem živin a imunitních látek. Vitaminy jsou v lidském těle nezbytně nutné pro správné fungování a jejich nadbytek nebo nedostatek se může projevit menšími nebo většími poruchami. Vyšší hladinu vitaminů oproti normálu můžeme pozorovat v mlezivu (Zamberlin et al. 2012).

Pro fungování lidského těla jsou nezbytné vitaminy, které podle rozpustnosti dělíme na vitaminy lipofilní-rozpustné v tucích (A, D, E, K) a vitaminy hydrofilní-rozpustné ve vodě (B, C,). Vitamin A je důležitý pro růst, imunitu a správnou funkci zraku. Přestože je mléko celosvětově považováno za dobrý zdroj vitaminu D, tak syrové mléko tohoto vitaminu obsahuje pouze stopové množství (Polzonetti et al. 2020).

Kravné mléko se ale vyznačuje vysokou koncentrací vitaminů skupiny B, které jsou velmi důležitými enzymatickými kofaktory a účastní se v několika metabolických procesů. Nejdůležitějšími vitaminy z této skupiny jsou thiamin a riboflavin (Insel et al. 2003).

Koncentrace lipofilních vitaminů v kravném mléce je závislá na množství mléčného tuku. Ve výrobcích s nižším množstvím tuku je tedy méně vitaminů A, D a E. Na koncentraci vitaminů v organismu má vliv krmivo, ustájení, plemeno, roční období a zdravotní stav dojníc (Pereira 2014).

V menší míře poté obsah vitaminů v mléce ovlivňuje technické zpracování a způsob uskladnění mléka. Syntéza vitaminů A, D a E neprobíhá v bachoru a je závislá na dietě, zatímco vitaminy B, C a K jsou v bachoru syntetizovány. Konkrétní obsah vitaminů v kravném mléce uvádí tabulka č. 1 (Graulet et al. 2013).

Tabulka č. 1: Průměrný obsah vitaminů v kravném mléce

| Název vitaminu | Označení | Obsah vitaminů (mg.kg ⁻¹) |
|-----------------------|----------------|---------------------------------------|
| Retinol | A | 0,3-1,0 |
| Kalciferol | D | 0,001 |
| Tokoferol | E | 0,2-1,2 |
| Fytochinon | K | 0,01-0,03 |
| Thiamin | B ₁ | 0,3-0,7 |
| Riboflavin | B ₂ | 0,2-3,0 |
| Niacin | B ₃ | 0,8-5,0 |
| Pantothénová kyselina | B ₅ | 0,4-4,0 |
| Pyridoxin | B ₆ | 0,2-2,0 |
| Biotin | B ₇ | 0,01-0,09 |
| Listová kyselina | B ₉ | 0,03-0,28 |
| Kyselina askorbová | C | 5-20 |

Zdroj: Graulet et al. (2013), upraveno autorem

4.1.2 Složení kozího mléka

Chov koz má dlouhou historii. Složením je kozí mléko podobné kravnému. Nejčastěji se zpracovává při výrobě sýrů. Hned po kravném a buvolím se jedná o třetí nejprodukovanější mléko na světě a poptávka po něm v rozvinutých zemích stále roste (Gall 2013).

Obsah bílkovin v kozím mléce je podobný jako v kravném, tedy 3,8 %, ale konkrétní složení je jiné. Jejich množství je ovlivněno různými faktory, například stádium laktace, plemeno a věk dojnice (Zervas a Tsiplakou 2013).

Nejdůležitější bílkoviny kozího mléka jsou α -laktalbumin, β -laktoglobulin, κ -kasein a β -kasein. Díky rozdílné skladbě jednotlivých frakcí bílkovin snášejí novorozenci daleko lépe kozí než kravné mléko. Jedná se o alergii kojenců na skladbu bílkovin kravného mléka, především na frakci β -laktoglobulin syrovátkových bílkovin nebo frakce kaseinu (Pereira 2014).

Obsah tuku v kozím mléce je závislý především na ročním období, jeho obsah se zde pohybuje v rozmezí 2,4 – 7,8 %. Tuk se v kozím mléce vyskytuje, stejně jako u kravského, ve formě tukových kuliček. Na rozdíl od kravského je kozí mléko lépe stravitelnější, což je způsobeno menší velikostí tukových kuliček a také jejich menší schopností se shlukovat (Park et al. 2007).

Hlavní minerální látky kozího mléka jsou vápník, hořčík, draslík a fosfor, jejich přesný obsah však během laktace značně mění hodnoty. Nejvíce zastoupenou minerální látkou je draslík, který se vyskytuje ve zhruba o polovinu větším množství než v kravském mléce. Vápník je druhý nejvíce zastoupený a taktéž je v kozím mléce zastoupen více, ale pouze nepatrně (Mohsin et al. 2019).

Obsah stopových prvků je téměř totožný s kravským mlékem. V kozím mléce se celkový obsah minerálních látek pohybuje od 0,7 do 0,85 %. V mlezivu je koncentrace vitaminů a minerálních látek díky potřebě novorozence vyšší (Leitner et al. 2004).

Kozí mléko obsahuje více vitamínu A, zároveň méně kyseliny listové (vit. B₉) a askorbové (vit. C) než ostatní mléka. Kyselina listová se podílí na krvetvorbě, na buněčném dělení a je vhodná pro těhotné ženy, zatímco vitamin C je nezbytný pro kosti, cévy, svaly a kůži (Mohsin et al. 2019).

V lidské výživě je kozí mléko pro své hypoalergenní účinky často doporučováno jako náhrada pro lidi trpící alergií na kravské mléko. Porovnáním jednotlivých složek kravského a kozího mléka se zabývá tabulka č. 2 (Park et al. 2007).

Tabulka č. 2: Porovnání průměrného složení kravského a kozího mléka

| Sloučenina | Kravské mléko | Kozí mléko |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------|
| Sušina | 12,1 % | 12,9 % |
| Celkové bílkoviny | 3,2 % | 3,4 % |
| Z toho: Kasein | 2,6 % | 2,4 % |
| Z toho: Albuminy, globuliny | 0,6 % | 0,6 % |
| Tuk | 3,6 % | 3,8 % |
| Laktóza | 4,7 % | 4,1 % |
| Minerální prvky (mg/100ml) | | |
| Vápník | 115 | 134 |
| Fosfor | 93 | 112 |
| Sodík | 48 | 50 |
| Draslík | 152 | 204 |
| Hořčík | 13 | 14 |
| Železo | 0,05 | 0,05 |
| Zinek | 0,38 | 0,30 |
| Energie (kJ/100ml) | 257 | 288 |

Zdroj: Park et al. (2007), upraveno autorem

4.1.3 Složení mléka dalších vybraných savců

4.1.3.1 Buvolí mléko

Po kravském mléce je buvolí druhé nejprodukovanější na světě. Hlavní produkce tohoto mléka se odehrává v Asijských zemích, především v Indii a Pákistánu. Je to bohatý zdroj bílkovin, tuků a minerálních látek, konkrétně obsahuje přibližně 7 % tuku a 4 % bílkovin. Obsahuje až dvakrát více vápníku a fosforu než kravské mléko. Díky dvojnásobnému množství tuků je toto mléko více bohaté na energii. (Park et al. 2013).

Na způsobu ustájení, plemeni, krmení a prostředí je závislé konkrétní složení mléka. Díky nižšímu obsahu karotenoidů je buvolí mléko více bílé než mléko kravské. Díky vysoké nutriční hodnotě se nemusí přidávat žádné další bílkoviny. Bílkoviny buvolího mléka se skládají z kaseinu z 80 %. Z buvolího mléka se vyrábí jogurty a sýry. (Ahmad et al. 2013).

4.1.3.2 Ovčí mléko

Ovčí mléko je bílé nebo lehce nažloutlé, má charakteristickou natrpklou chuť a obsahuje více vitaminů než kravské. Je také velmi bohaté na obsah bílkovin a tuků. Obsahuje 7 % tuku, 5,5 % bílkovin, 5 % sacharidů, je také bohatší na vitaminy skupiny B a minerály Ca, P a Mg. Ačkoliv je ovčí mléko nutričně bohatější než kravské, využívá se především k výrobě sýrů a jogurtů (Vera et al. 2009).

Oproti kravskému nebo kozímu mléku obsahuje ovčí dvakrát více bílkovin a také tuků. Hlavní mléčnou bílkovinou je kasein. Hlavní kaseiny v tomto mléce jsou α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein, β -kasein a κ -kasein. Kromě kaseinových bílkovin se v ovčím mléce vyskytují i albuminové bílkoviny. Obsah jednotlivých složek je závislý na krmné dávce a ročním období (Park 2007).

4.1.3.3 Kobyčí mléko

Kobyčí mléko je svým složením velmi podobné mateřskému mléku, má nižší obsah mikroelementů než kravské mléko a vysoký obsah laktózy. Má průsvitnou barvu a typickou chuť. Během laktace se obsah minerálních látek snižuje (Gall 2013).

Kromě vitamínu C, kterého je více než u kravského mléka, je množství všech ostatních vitaminů téměř totožné (Sheng et al. 2006).

4.2 Vápník

Vápník se díky svému zařazení v periodické tabulce prvků řadí mezi kovy alkalických zemin (skupina II. A). Mezi ty se kromě vápníku řadí beryllium (Be), hořčík (Mg), stroncium (Sr), baryum (Ba) a radium (Ra). Všechny prvky se v přírodě vyskytují ve formě sloučenin (Pravina et al. 2013).

V lidském těle se vápník vyskytuje v různých formách a je nejčastěji vyskytovanou minerální látkou. V lidském těle můžeme nalézt vápník pevný, rozpuštěný, volný nebo vázaný s jinými prvky (Gaucheron 2013).

Více než 90 % vápníku se nachází v kostech, kde spolu s fosforem tvoří hydroxyapatit, který je důležitou součástí skeletu obratlovců. Zbývající vápník je extracelulární a hraje důležitou roli pro správnou funkci svalové kontrakce a nervové funkce (Kronqvist 2011).

Nejdůležitější roli hraje vápník při stavbě kostí a zubů, kde poskytuje pevnost a tuhost. Kromě toho je také důležitým prvkem pro srážení krve, svalové kontrakce, buněčné signalizaci a slouží i jako kofaktor enzymatických procesů. Vápník reguluje metabolismus lipidů, kde snižuje hromadění lipidů v tukových buňkách a obsah cholesterolu v krvi (Gaucheron 2013).

Mimo jiné také zvyšuje odolnost vůči salmonelovým infekcím, jako je například salmonelová enteritida. Vápník je přijímán potravou a je vylučován močí a stolicí. V tenkém střevě probíhá, díky jeho kyselému prostředí, vstřebávání vápníku do organismu. (Hannon et al. 2009).

Lidské tělo se skládá z vápníku zhruba ze 2 % a 98 % z toho je uloženo v kostech a zubech. Buněčná a tělní tekutina obsahují vápník v množství 10-15 mg na 100 g, mozkomíšní mok obsahuje vápník v množství 6 mg/100 g (Pravina et al. 2013).

V mléce je 65 % vápníku navázáno na kasein, zatímco v mateřském mléce je na kasein vázáno pouze 15 %. V čerstvém mléce téměř žádný vápník není vázán na tukové kuličky, ale po zmrazení a rozmrazení mléka, které narušuje membránu tukových kuliček, může být vápník navázán membránovými frakcemi (Neville 2005).

V odstředěném mléce je vápník rozdělen mezi micelární a vodní fázi. Ve vodní fázi se vápník vyskytuje volně ve formě Ca^{2+} a interaguje s citráty a anorganickým fosfátem za vzniku solí. V micelární fázi je v interakci s organickým fosfátem (Pravina et al. 2013).

4.2.1 Zdroje vápníku

Denní potřeby vápníku pro lidské tělo lze uspokojit především potravinami jako jsou mléko, jogurty a sýry, které jsou nejbohatším zdrojem této minerální látky. Při dlouhodobých nedostatcích lze také využít různé potravinové doplňky nebo léky (Rovira 2015).

V mléčných výrobcích s pH okolo 4,6, jako je například fermentované mléko, se vápník vyskytuje v iontové formě Ca^{2+} . Ve zralých sýrech typu ementál, cheddar a camembert se vápník nachází v různých formách sraženin fosforečnanu vápenatého, laktátu a uhličitanu vápenatého (Hannon et al. 2009).

Kravné mléko obsahuje přibližně 1200 mg vápníku na 1 litr. Toto množství závisí na mnoha faktorech jako je například stádium laktace, plemeno nebo životní podmínky. V tabulce č. 3 jsou uvedeny koncentrace vápníku ve vybraných mléčných výrobcích (Gaucheron 2013).

Tab č. 3: Koncentrace vápníku v různých mléčných výrobcích

| Mléčný výrobek | Koncentrace (mg/100 g) |
|--|-------------------------------|
| Plnotučné UHT mléko | 117 |
| Polotučné UHT mléko | 115 |
| Odstředěné mléko | 125 |
| Pasterované mléko | 132 |
| Kozí plnotučné mléko | 107 |
| Ovčí plnotučné mléko | 193 |
| Máslo | 24 |
| Jogurt s plnotučným mlékem | 127 |
| Jogurt s plnotučným mlékem, cukrem a aroma | 117 |
| Čerstvý kozí sýr | 91,6 |
| Eidam | 731 |
| Cheddar | 721 |
| Parmezán | 1184 |
| Mozzarella | 575 |

Zdroj: Gaucheron (2013), upraveno autorem

Z mléčných výrobků jsou nejlepším zdrojem vápníku tvrdé sýry. Kromě mléka a mléčných výrobků je zdrojem vápníku například brokolice, čínské zelí, listová zelenina a květák, avšak takto získaný vápník je hůře využitelný (přibližně okolo 5ti %) díky přítomnosti vlákniny a šťavelanů. Z dalších potravin je to například tofu, pomerančový džus, tuňák a sardinky (Food data central 2019).

Také zmrzlina je bohatým zdrojem makroelementů a vyznačuje se vysokou stravitelností. Aby se zlepšily funkční, technologické a nutriční vlastnosti mléka, používají se v mlékárenském průmyslu technologie obohacování mléka vápníkem (Pankiewicz et al. 2020).

Nejčastěji se používají vápenaté soli jako například glukonát, citrát, laktát, chlorid, uhličitan a fosfát (Gaucheron 2013).

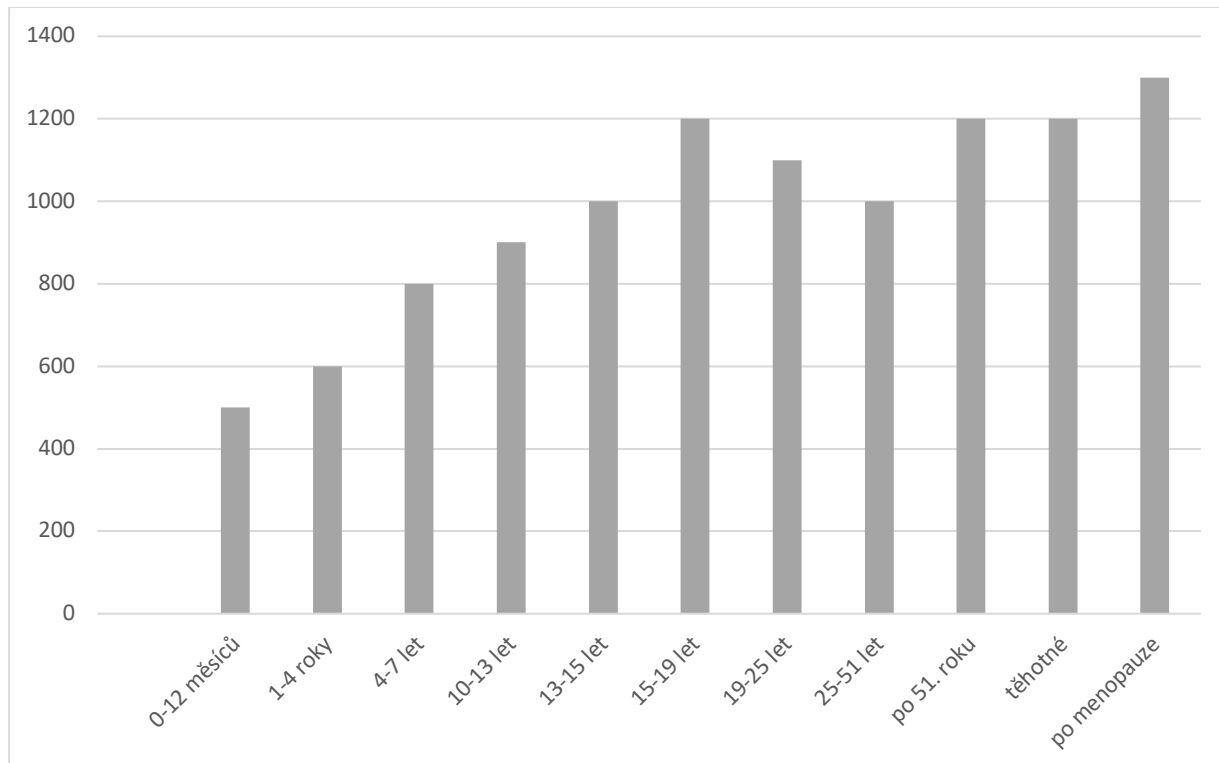
Potravinové doplňky vápníku obsahují především uhličitan a citrát vápenatý. Uhličitan vápenatý se díky své závislosti na žaludeční šťávě vstřebává nejučinněji, pokud se užívá při jídle. Citrát vápenatý není nijak závislý na tomto faktoru, ale je dražší a méně dostupný. Všechny doplňky se liší množstvím obsaženého vápníku (Straub 2016).

Produkty kojenecké výživy zajišťují novorozenci větší množství bílkovin, které slouží jako zdroj esenciálních aminokyselin a jako nosič výživových látek. Shlukováním kaseinu vznikne kaseinová micela umožňující transport většího množství vápníku, fosforu a hořčíku (Huppertz a Lambers 2020).

4.2.2 Potřeba vápníku ve výživě

Lidské tělo si nedokáže vápník vyrobit samo, a proto je nutné jeho příjem zajistit stravou. Doporučené množství vápníku pro dospělého člověka se pohybuje okolo 1000 mg, avšak v různých částech života je potřeba jiné množství vápníku (Kunová 2017).

Nedostatečný příjem nastává již při 60-70 % doporučeného denního příjmu. Jeho resorpce se pohybuje okolo 25-40 %. Z následujícího obrázku lze vyčíst doporučený denní příjem vápníku v závislosti na věku jedince (Wilhelm 2007).



Obrázek č. 1: Doporučený průměrný denní příjem vápníku (v mg/den)

(Zdroj: Wilhelm 2007)

Děti, dospívající a těhotné ženy potřebují více vápníku pro správný růst a vývoj než ostatní. Rychle rostoucí druhy savců jako je například myš nebo velryba mají několikanásobnou koncentraci mléčného vápníku oproti lidem (Neville 2005).

Podíl mléka na denním příjmu Ca se ve vyspělých zemích odhaduje na zhruba tři čtvrtiny. Například 600 ml mléka totiž zajišťuje asi dvě třetiny doporučené denní dávky pro člověka (Fishbein 2004).

4.2.3 Vápník a jeho vliv na zdraví

Nadbytek nebo nedostatek vápníku je rizikovým faktorem pro vznik a projevení onemocnění spojených s tímto problémem. V některých případech může ovšem správný příjem pomoci zmenšit riziko nákazy (Kunová 2017).

Krátkodobý nedostatek Ca nevyvolává žádné příznaky, ovšem pokud se nijak neléčí dlouhodobý nedostatek, může to vést k vážným případům a v krajních případech až ke smrti (Wilhelm 2007).

Dlouhodobý nedostatek vápníku způsobuje osteopenii, která může vést až k osteoporóze. Nedostatek vápníku může způsobovat také rachitidu, ikdyž ta je způsobena především nedostatkem vitamínu D (Christodoulou 2003).

4.2.3.1 Osteoporóza

Osteoporóza je progresivní, systémové onemocnění kostry charakterizované řidnutím kostní hmoty, poruchami mikroarchitektury s následným zvýšením křehkosti a lámavosti kostí (Akkawi a Zmerly 2018).

V případě osteoporózy lze pozorovat významné snížení kostní hmoty a tím pádem zvýšení náchylnosti ke zlomeninám. Riziko výskytu osteoporózy narůstá s věkem jedince. Důvody této poruchy jsou složité a mohou být způsobeny genetickými, hormonálními, environmentálními a výživovými faktory. Mezi hlavní příznaky tohoto onemocnění patří bolesti kloubů a zad, zmenšená pohyblivost hrudního koše a páteře, snížení výšky až o 20 cm a fraktury kostí i z běžných činností (Gaucheron 2013).

Jedním z hlavních důvodů osteoporózy je právě nedostatek vápníku a vitamínu D. Vitamin D se vyskytuje v pokožce a také se dokáže transformovat ze slunečního záření. Jeho významným zdrojem je rybí tuk, játra, maso, vejce a také mléko a mléčné výrobky (Akkawi a Zmerly 2018).

Existuje celá řada faktorů, které ovlivňují vznik osteoporózy. Kromě nedostatku vitamínu D a vápníku jsou to kouření, nadměrná konzumace alkoholu, nedostatek pohybu, nízká tělesná hmotnost a nedostatečná produkce pohlavních hormonů (Christodoulou 2003).

K léčbě osteoporózy se využívá podání vápníku s vitamínem D, kalcitonin, bisfosfáty, hormonální substituce a další. Velmi důležitá je fyzioterapie a rehabilitace (Wilhelm 2007).

Prevenčí proti osteoporóze jsou například správná životospráva, dostatečný příjem Ca a P, tělesná aktivita, snížení nebezpečí uklouznutí a pádu v domácnosti a vyhnout se častému kouření a pití alkoholu (Akkawi a Zmerly 2018).

4.2.3.2 Poruchy homeostázy vápníku

Pro správný chod řady fyziologických procesů, jako jsou například krevní srážlivost, kostní metabolismus a správná funkce svalů, je důležité si udržet hladinu sérového kalcia v rozmezí 2,2-2,6 mmol/l. Tato hladina je udržována třemi hlavními hormony, kterými jsou

parathormon, kalcitriol a kalcitonin. Mezi nejčastější poruchy homeostázy vápníku patří hyperkalcémie a hypokalcémie (Theobald 2005).

Hyperkalcémie je často spojena s maligními onemocněními a dochází ke zvýšení hodnoty sérového kalcia, které se vyšplhají nad 3,0 mmol/l. Často bývá asymptomatická a pozná se pouze pomocí biochemického vyšetření. Nejčastější příznaky jsou poruchy funkce gastrointestinálního traktu, kde se projevuje nevolnostmi, bolestmi břicha, nechutenstvím, zvracením a zácpou (Sadiq 2019).

V případech, kdy je tato porucha homeostázy spojena s maligními onemocněními, jsou velmi častými doprovodnými znaky také dehydratace, anorexie a nauzea. Výskyt tohoto spojení postihuje přibližně 5-10 % pacientů (Wilhelm 2007).

Dalšími symptomy tohoto onemocnění jsou poruchy funkce nervosvalové ploténky, což způsobuje bolesti, únavy svalů a jejich křeče, únavový syndrom, zmatenost, ztráty paměti, deprese a v krajních případech může přerůst až v kóma. Dále má hyperkalcémie negativní vliv na ledviny a na srdce, kde může způsobit zástavu (Turner 2017).

Při hypokalcémii klesají hodnoty sérového vápníku pod 2,2 mmol/l. Nejčastější příčinou tohoto onemocnění je nedostatek vitamínu D, který je zapříčinený především nedostatečným vystavením kůže ultrafialovému záření (Cooper a Gittoes 2008).

Dalším důvodem vzniku hypokalcémie může být zvýšení hladiny kalcitoninu v krvi, onemocnění ledvin a jater, nádory štítné žlázy, hromadění těžkých kovů v příštítných tělíscích a metastáze. V těhotenství je taktéž větší riziko hypokalcémie, jelikož dochází ke snížení obsahu vápníku v těle až o 10 %. Riziko taktéž stoupá s věkem u mužů (Wilhelm 2007).

Hypokalcémie může být při postupném vzniku taktéž asymptomatická. Při rychlém vzniku jsou příznaky jasně zřetelné. Nejčastější projevy jsou zvýšená dráždivost v podobě mravenčení, křečí a šubání. V těžkých případech se objevují srdeční arytmie, tetanické křeče a epileptické záchvaty. U chronického průběhu dochází k vypadávání vlasů, lámání nehtů, zakalení čočky a bolestem hlavy (Cooper a Gittoes 2008).

4.2.3.3 Vliv na hubnutí a obezitu

Malnutrice zahrnuje podvýživu, nedostačující příjem vitaminů a minerálních látek, nadváhu, obezitu a následná nepřenositelná onemocnění související se stravou (Schrager 2005).

Jedním z mnoha faktorů ovlivňujících váhu lidského těla je také příjem vápníku. Vysoké příjmy vápníku v těle vyvolávají úbytek jeho množství v tukových buňkách snížením produkce parathormonu a aktivní formy vitamínu D (Parikh 2004).

Vědecká studie NHANES III ukázala, že lidé s vyšším příjmem vápníku měli po kontrole energetického příjmu a fyzické aktivity méně tělesného tuku (Schrager 2005).

Ve své studii si Zemel (2004) vybral 32 obézních lidí a rozdělil je do tří skupin. První se standardní stravou, druhou s kalorickou stravou doplněnou vápníkem a třetí s kalorickou stravou doplněnou mléčnými výrobky. Po skončení pokusu účastníci z první skupiny ztratili 8,6 %, účastníci druhé 6,4 % a účastníci třetí 10,9 % tělesné hmotnosti. Z toho vyplývá, že ztráta tuku byla významně podmíněna stravou s vyšším obsahem mléka a mléčných výrobků.

4.2.3.4 Vliv na vznik rakoviny

Příjem Ca je spojen s nižším rizikem rakoviny trávicí soustavy, zejména rakoviny konečníku a tlustého střeva. Kolorektální karcinom patří mezi nejčastější nádorové onemocnění na světě. Mléčné produkty mohou snížit rizikovost tohoto onemocnění. Pokud je příjem Ca vyšší než 1 g denně, sníží se riziko až o 40 % (Park et al. 2013).

Výsledky studií zkoumající vztah mezi spotřebou mléčných výrobků a rakovinou prostaty nejsou jasné. Několik epidemiologických studií ukázalo, že vyšší příjem Ca z mléčných výrobků a vitamínu D zvyšují riziko rakoviny prostaty (Ahn et al. 2006).

Nicméně jiné studie zjistily, že mezi zvýšeným příjmem Ca a rakovinou prostaty existuje pouze slabý vztah, nebo dokonce žádný negativní vztah (Chan et al. 2000).

4.2.3.5 Vliv na krevní tlak

Účinky vápníku na krevní tlak závisí na studované populaci. U jedinců s vysokým krevním tlakem snižují doplňky stravy obsahující vápník krevní tlak o 2-4 mmHg, zatímco u jedinců s normálním tlakem vápník nejspíš nemá na systolický a diastolický tlak žádný vliv (Chung et al. 2009).

Další experimenty odhalily, že vegetariáni, kteří ve své stravě přijímají vyšší množství minerálů (Ca, Mg, K) a vlákniny, mají tendenci mít nižší krevní tlak (Gaucheron 2013).

4.2.3.6 Ostatní

Některé studie také prokázaly pozitivní vztah mezi doplňkovým příjmem vápníku a rizikem ledvinových kamenů, které se většinou skládají ze šťavelanu vápenatého (Gaucheron 2013).

Při nedostatku vápníku v těhotenství se u žen může vyskytnout preeklampsie. Což je onemocnění především prvorodiček, kdy ženy trpí hypertenzí (vysoký krevní tlak) a proteinurií (přítomnost bílkovin v moči). Obvykle se preeklampsie projeví v druhé polovině těhotenství. Příčin tohoto onemocnění může být několik, kromě nedostatku vápníku je to také vysoká zátěž těla během těhotenství, rodová predispozice a chybějící bílkoviny, thiamin a železo (Cudihy a Lee 2009).

Studie naznačují, že pokud těhotná žena bude přijímat více vápníku, může tak předejít riziku vývoje preeklampsie (WHO 2013).

Další studie, která se zabývala vlivem tepelně opracovaného sýra na zdravotní stav člověka poukazuje na to, že jídla obsahující sýr v tepelně opracované formě zvyšují možnost vzniku zubního plaku. Důvodem pro tento děj může být fakt, že vápník existuje ve formě snadně dostupné pro difúzi (Gaucheron 2013).

4.3 Faktory ovlivňující obsah vápníku

Složení mléka není konstatní a je ovlivňováno mnoha faktory, na kterých závisí přesná skladba všech komponent mléka. Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující skladbu mléka patří plemeno a druhové rozdíly, stádium laktace, zdravotní stav, věk a složení potravy dojnic. Dále je složení mléka ovlivněno i způsobem úpravy před jejich uvedením na spotřebitelský trh (Boro et al. 2016).

Jak již bylo řečeno složení mléka je ekonomicky důležité pro producenty, ale také pro výrobce konzumního mléka a mléčných výrobků. V neposlední řadě je obsah jednotlivých složek nutričně důležitý i pro konzumenty (Park et al. 2013).

4.3.1 Genetické faktory

Mezi genetické faktory ovlivňující obsah vápníku patří plemeno zvířete a jeho genotyp. Několik pokusů prokázalo, že výtěžnost a složení mléka závisí právě na plemeni. Z živočišných mlék obsahuje nejvíce vápníku kravské a kozí mléko (Gaucheron 2013).

Obsah minerálních látek je vyšší u křížených krav, jelikož často vyžadují vyšší množství krmné dávky, tudíž získávají z potravy více minerálních látek a ve výsledku mají tedy jejich vyšší hodnoty (Baset et al. 2016).

Zamberlin et al. (2012) při svém pokusu zjistili, že obsah vápníku v kravském mléce byl od 107 do 133 mg/100 g. Následně také zjistili, že obsah vápníku je mnohem vyšší u buvolího a také zebuového mléka.

Nejvyšší množství vápníku obsahuje mléko normandského skotu. Rozdíly ve složení mléka jsou mezi plemeny s mléčnou, masnou a kombinovanou užitkovostí. Jeho koncentrace je například vyšší u krav plemene Jersey než u Holštýnského skotu. (Kronqvist 2011).

Mléko Holštýnského skotu má nižší obsah vápníku a také fosforu, jelikož se vážou na kasein, jehož obsah je v mléce tohoto plemene nižší než u jiných (Toffanin 2015).

Schwendel et al. (2015) uvedl, že kromě vápníku je vysoce dědičný i obsah hořčíku v mléce. Vyšší koncentrace těchto prvků lze nalézt u plemen, které mají vyšší koncentraci kaseinu a fosfolipidů (např. Holštýnský skot, Normandský skot).

Genetické faktory taktéž ovlivňují schopnost srážení mléka a výroby sýrů. Jednotlivé varianty κ -kaseinu, β -kaseinu a β -laktoglobulinu, lišící se svým obsahem v mlécích jednotlivých plemen, ovlivňují schopnost srážení mléka a následnou výrobu sýrů (Jensen et al. 2012).

V Jižní Korei, kde se jako dojné plemeno využíval pouze Holštýnský skot, před několika lety proběhly studie, při kterých bylo uměle indukováno plemeno Jersey. Jejich cílem bylo zjistit, jak moc se mezi sebou mléka těchto dvou plemen liší a zda nebude lepší více rozšířit chov krav plemene Jersey. Vzorky se odebraly třetí a třicátý den produkce zralého mléka. Výsledky tohoto pokusu prozradily, že mléko Holštýnského skotu má lepší výtěžnost a také vhodnější složení pro výživu člověka (Lim et al. 2020).

U krav plemene Jersey bylo zjištěno jedno z nejvyšších množství vápníku a také fosforu ze všech kravských mlék (Gaucheron 2013).

Rozdíly mezi těmito dvěma plemeny spočívají v celkovém složení mléka a koagulační schopnosti. Mléko plemene Jersey obsahuje především větší množství tuku, ale také bílkovin, sacharidů a minerálních látek. Toto mléko je tedy pro výživu vhodnější než mléko Holštýnského skotu. V tabulce č. 4 jsou uvedeny hodnoty vápníku v mléce těchto dvou plemen (Jensen et al 2012).

Tabulka č. 4: Rozdílné hodnoty Ca v mléce plemen Jersey a Holstein

| | Jersey | Holstein |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| Celkové množství Ca (mg/kg) | 1,632.04 +/- 23.08 | 1,271.44 +/- 21.81 |
| Rozpustný Ca (mg/kg) | 534.09 +/- 25.67 | 414.31 +/- 12.52 |
| Micelární Ca (mg/kg) | 1,097.94 +/- 24.74 | 857.13 +/- 23.68 |

Zdroj: Jensen et al. (2012), upraveno autorem

Na základě údajů získaných ve studii Burrow et al. (2020) může použití ovčího nebo kravského mléka překonat negativní účinky stravy s omezeným nebo nedostatečným příjmem vápníku nebo fosforu. Bylo zjištěno, že ovčí mléko dokázalo zabránit účinkům konzumace stravy, která byla omezená na příjem Ca a P, stejně jako kravské mléko, ale tohoto účinku bylo dosaženo už při mnohem nižším příjmu mléka. Ačkoli byly pozorovány významné rozdíly v distribuci vybraných minerálních látek a stopových prvků mezi orgány související s typem mléka (konkrétně Zn, Cu, Co a Fe), údaje získané touto studií nenaznačují interakci mezi konzumací ovčího mléka a minerálními látkami při jejich absorpci.

4.3.2 Fyziologické faktory

Požadavky živočichů na minerální látky velmi závisí na jejich fyziologickém stavu. Množství přijatých minerálních látek se liší v různých fázích života jedince a jejich doporučené množství je například rozdílné pro růst, březost a laktaci. Zvýšené množství těchto látek zvyšuje i jejich obsah v mléce (Nielsen a Volden 2011).

4.3.2.1 Stádium laktace

Stádium laktace ovlivňuje zastoupení všech složek mléka, fyzikálně-chemických a technologických vlastností mléka. Normovaná laktace u skotu trvá 305 dní, u koz 280 dní a u ovcí se pohybuje od 100 do 250 dní. Laktace se dělí na 3 období, ve kterých se mění složení mléka (Mech et al. 2008).

Laktace je proces těla samic savců zaměřený na poskytování živin a látek, které zvyšují imunitu potomků. Matka se snaží předat potomkům co nejvíce těchto látek, avšak si musí

ponechat i jejich dostatečné množství pro vlastní přežití. Množství a složení produkovaného mléka silně závisí na vývojovém stádiu potomka a na požadavcích na výživu matky (Strucken et al. 2015).

Pro správné složení mléka během laktačního cyklu jsou nejdůležitější faktory dodržení adekvátní stravy, pravidelné dojení a správný chov. Nejdůležitější změny ve složení mléka nastávají okolo porodu. Koncentrace vápníku v mlezivu je mnohem vyšší než u normálního mléka a také vyšší než na konci laktace. V souladu s vyhláškami nesmí být prodáváno mléko od dojnic 5 dní po otelení (Gaucheron 2013).

Prvním stádiem laktace je kolostrální období, trvající 4-7 dní. Kolostrum je nezbytné pro správný vývoj, výživu a růst novorozenečků mláďat, protože je bohatým zdrojem bílkovin, sacharidů, lipidů, vitaminů a minerálních látek. Kromě toho je také zdrojem aktivních látek jako jsou imunoglobuliny, leukocyty, lysozim a další imunomodulační látky. Od zralého mléka se liší především složením, ale také fyzikálně-chemickými a sensorickými vlastnostmi (Ventjakob et al. 2017).

Kolostrum je velmi důležitým zdrojem vitaminů a minerálních látek, které se v něm vyskytují téměř všechny ve větších koncentracích. Obsahuje až desetkrát více vitamínu A než zralé mléko a také více vitaminů D, E, B₆, B₁₂, C a kyseliny listové (Park et al. 2013). Konkrétně z minerálních látek je vyšší obsah vápníku, sodíku, hořčíku, fosforu, uhlíku a železa, jediný obsah draslíku je nižší. Koncentrace železa je dokonce 10 - 17x vyšší než ve zralém mléce. Procentuální obsah vybraných minerálních látek v mléce v době otelení a v mléce 11 dní po otelení uvádí tabulka č. 5 (Puppel et al. 2019).

Tabulka č. 5: Obsah minerálních látek v kolostru a ve zralém mléku (v %)

| Doba zkoušky | Vápník | Draslík | Hořčík | Fosfor |
|---------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Mlezivo (v době otelení) | 0,256 | 0,137 | 0,037 | 0,235 |
| Zralé mléko (11 dní po otelení) | 0,130 | 0,153 | 0,11 | 0,113 |

Zdroj: Puppel et al. (2019), upraveno autorem

Fyziologicky se koncentrace vápníku v mléčném séru dospělé krávy udržuje nad 2,0 mmol/l. Kvůli zahájení produkce mleziva a s vyšším množstvím vyžadovaného vápníku dochází ke snížení obsahu vápníku v séru 12 až 24 hodin po porodu (Venjakob et al. 2018).

Míra využití minerálních látek z mleziva je 82-92 %. Jejich vysoká koncentrace je zdrojem nahořklé chuti mleziva (Puppel et al. 2019).

Nejpozoruhodnějším rozdílem ve složení je ale složení bílkovin, zejména imunoglobulinů. Novorozenci během prvního dne vstřebávají imunoglobuliny, obsahující protilátky. Kvůli změnám resorpční vlastnosti střeva po prvním dni štěpí trávicí enzymy globuliny, které tak ztrácejí schopnost poskytovat novorozenci imunitní ochranu (Park et al. 2013).

První dávku mleziva by mělo narozené mládě dostat maximálně do 6 hodin po porodu. Zpoždění výrazně zvyšuje riziko nemocí a také úmrtnosti mláďete. Přesné složení a kvalita kolostra je ovlivněno mnoha faktory, jako jsou například plemeno, věk dojnice, doba stání na sucho a další. Největší vliv na kvalitu mleziva má intenzita krmení těsně před porodem (Osaka et al. 2014).

Následuje období produkce zralého mléka, ve kterém mlezivo přechází ve zralé mléko a 6. až 12. den má už mléko složení a vzhled zralého mléka, ale stále má ještě rozdílné technologické vlastnosti. Po otelení dochází u dojnic ke zvyšování sekrece mléka a maxima produkce dosahují 3 až 6 týdnů po otelení (Park et al. 2013).

Zralé mléko dojnice má vhodné fyzikálně-chemické, technologické a smyslové vlastnosti. Obsah hlavních složek se od porodu do dalšího zaprahnutí charakteristicky mění. Obsah vápníku ve zralém mléce klesá do 100. dne po otelení, poté je dalších přibližně 100 dní vyrovnaný a následně v poslední třetině tohoto období opět začíná stoupat (Dushea et al. 2019).

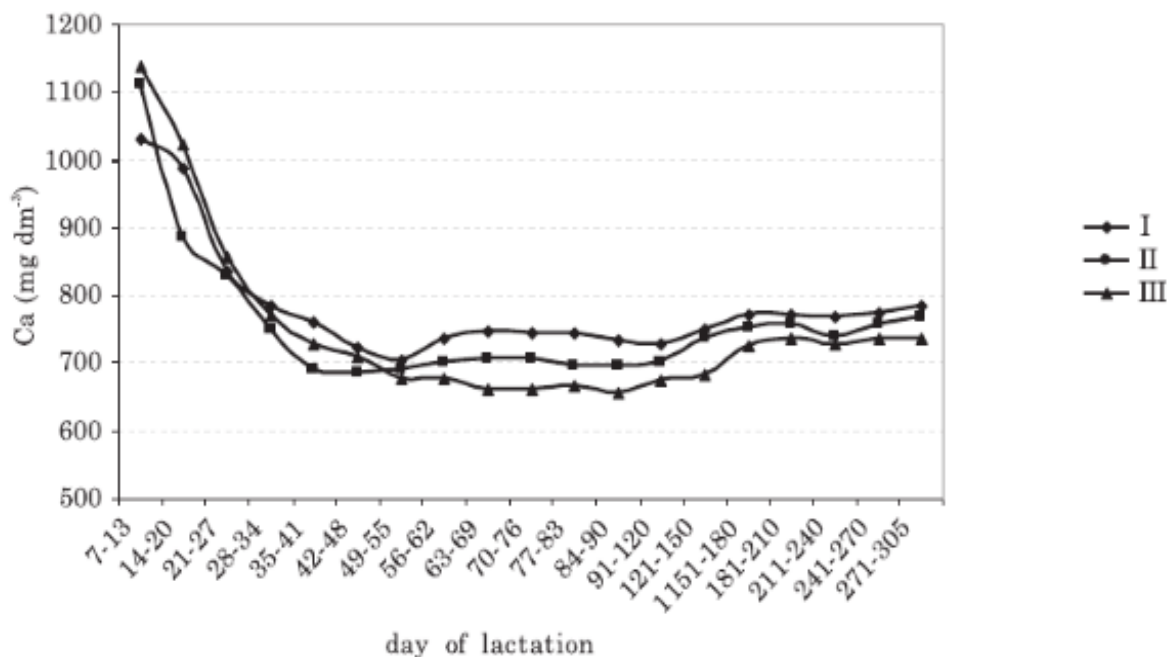
Třetím obdobím laktace je období produkce starodojného mléka, což je mléko od březích krav 60-90 dnů před porodem. Dochází zde ke změnám hodnot všech složek mléka, stoupá koncentrace iontů Na^+ a Cl^- , zvyšuje se obsah minerálních látek. Mění se skladba bílkovin, kdy klesá obsah kaseinu a zvyšuje se obsah syrovátkových bílkovin (Park et al. 2013).

Skladba mléka a následně mleziva je ovlivněna potřebami samice během perinatálního období, což je období začínající těsně před porodem a končící asi 7 dnů po porodu. Nedostatek všech minerálních látek může mít vliv na zdraví mláďete, ale největší dopad může mít nedostatek selenu a jodu, který má za následek svalové dystrofie a špatný růst narozeného jedince (Puppel et al. 2019).

Pro bezproblémový začátek a průběh následující laktace je u krav důležité začít obdobím stání na sucho, jiným názvem close-up period. Stání na sucho trvá přibližně 60 dní. Tato doba je důležitá pro regeneraci mléčné žlázy a zlepšení tělesného stavu dojnice (Dunshea et al. 2019).

Během celé laktace dojnice velké množství nevyužitého vápníku vylučují. Během prvních měsíců laktace je příjem ze stravy nižší než množství, které je vylučováno do mléka, stolice a moči (Gaignon et al. 2019).

Dle polské studie z roku 2017 průměrný nádoj mléka významně vzrostl během tří po sobě jdoucích laktací u analyzovaných dojnic Holštýnského skotu s vysokou produkcí. Věk dojnic měl také významný vliv na průměrný obsah vápníku a hořčíku v mléce během laktace. Mléko prvoroďících krav mělo vyšší koncentrace analyzovaných minerálních látek. Obsah Ca a Mg v mléce analyzovaných krav byl pod normálním rozsahem. Následující obrázek znázorňuje graf obsahu vápníku v tří po sobě jdoucích laktacích (Nogalska et al. 2017).



Obrázek č. 2: Obsah vápníku v mléce krav ve třech po sobě jdoucích laktacích

(Zdroj: Nogalska et al. 2017)

4.3.2.2 Zdravotní stav dojnice

Dalším fyziologickým faktorem ovlivňujícím obsah minerálních látek v mléce je zdravotní stav dojnice. Onemocnění ovlivňující obsah vápníku, ale i dalších složek mléka, postihují především mléčnou žlázu dojnice. Další nemoci, které snižují nebo zvyšují obsah vápníku v těle a v mléce se vyskytují v gastrointestinálním traktu dojnice (Hofírek 2009).

Obsah vápníku je u dojnic zvýšený například při růstu, březosti a kojení mláďat (Nielsen a Volden 2011). Při březosti má dojnice vyšší požadavky na příjem minerálních látek, jelikož přes placentu vyživuje mládě. Vyšší obsah minerálních látek je dojnici dodáván v krmných dávkách, které jsou na tyto látky bohatější (Kronqvist 2011).

Mastitida je onemocnění mléčné žlázy, které je charakterizováno fyzikálními, chemickými, mikrobiálními změnami, ale také zvýšením počtu somatických buněk. U krav je ve většině případů způsobena mikroorganismy, především bakteriemi, které napadají vemeno, množí se ve tkáních produkujících mléko a produkují toxiny, které jsou bezprostřední příčinou onemocnění. Mastitida mění propustnost tkání vemene a zhoršuje schopnost sekreční tkáň syntetizovat složky mléka. Kromě toho ničí taktéž sekreční tkáň vemene, což vede ke snížení produkce mléka (Jones 2006).

Vznik mastitidy je velmi závislý na celkové hygieně dojnice. Při špatné hygieně je riziko vzniku daleko vyšší. Důležitým ukazatelem mastitidy v mléce je počet somatických buněk, který slouží jako kontrola, zda dojnice toto onemocnění má. Zvýšený počet somatických buněk je spojen se změnou kvality bílkovin, změnou složení mastných kyselin, změnou koncentrací laktózy, minerálních látek a hodnoty pH (Ogola et al. 2007).

Dle vyhlášky č. 128/2009 Sb. nemůže celkový počet somatických buněk v syrovém kravském mléce přesáhnout 400 000 v 1 ml. Minimální počet somatických buněk je zjišťován od prosince do března, maximální v letních měsících.

Mastitidy můžeme rozdělit dle různých aspektů. Podle symptomů se dělí na klinickou a subklinickou mastitidu. Klinická mastitida je charakteristická na první pohled viditelnými abnormalitami na vemeni a na mléce. Subklinická mastitida je definována jako zánět, který není na první pohled viditelný a pro jeho zjištění je nutné udělat diagnostický test (Park et al. 2013).

Dále podle etiologie dělíme mastitidu na dvě skupiny. První skupinou jsou onemocnění mléčné žlázy a vývodních cest, při kterých se uplatňují mikrobiální činitelé, a druhou jsou onemocnění mastitidou neinfekční povahy, které jsou způsobeny nemikrobiálními činiteli, jako jsou například stres, trauma, nesprávné použití dojících přístrojů a chemicko-toxické příčiny (Jones 2006).

Infekce mléčné žlázy má za následek změnu ve kvantitativním složení mléka a snížení produkce mléka. Dochází také ke změně fyzikálně-chemických, technologických a sensorických vlastností mléka. Dochází ke změně kyselosti mléka, kdy hodnota pH se zvyšuje nad 7 a úměrně klesá titrační kyselost, jejíž hodnoty klesají pod 4°SH (Park et al. 2013).

Celkový obsah minerálních látek se při mastitidě obvykle zvyšuje. Výrazně klesá obsah vápníku, fosforu a draslíku, zatímco stoupá obsah chloru a sodíku. Zvýšením koncentrace Na⁺ a Cl⁻ iontů dochází ke změně sensorických vlastností mléka. Nižší hodnota vápníku je zapříčiněná tím, že většina vápníku v mléce je spojená s kaseinem, jehož obsah při mastitidě taktéž klesá. Změnami obsahu některých složek mléka mezi zdravým a mastitidním mlékem se zabýval pokus, jehož výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 6 (Ogola et al. 2007).

Tabulka č. 6: Porovnání vybraných komponent mléka v mléce zdravé dojnice a v mléce infikovaném mastitidou

| | Komponenty mléka | | | | | |
|----------------------|------------------|------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | PSB (v 1 ml) | pH | Ca (mg/100 g) | K (mg/100 g) | Na (mg/100 g) | Cl (mg/100 g) |
| Mléko zdravé dojnice | 376 223 | 6,63 | 114,4 | 139,9 | 54,2 | 107,6 |
| Mastitidní mléko | 563 672 | 6,75 | 105,8 | 124,3 | 65,3 | 145,2 |

Zdroj: Ogola et al. (2007), upraveno autorem

Celkový obsah bílkovin se většinou nemění, ale mění se zastoupení jednotlivých typů bílkovin. Množství kaseinu obsaženého v mléce vlivem mastitidy klesá, zatímco množství syrovátkových bílkovin stoupá, což nepříznivě ovlivňuje výtěžnost sýra, jeho chuť a kvalitu. Zvyšuje se také obsah imunoglobulinů a sérového albuminu (Jones 2006).

U tuků nedochází k velké změně v koncentraci, pouze k nepatrnému snížení. Mastitida způsobuje taktéž snížení obsahu laktózy v mléce (Isae a Kurtu 2018).

Je prokázáno, že současně s ostatními změnami dochází i k nežádoucím změnám na jakosti mléčných výrobků. U syrového a pasterovaného mléka se jedná o zhoršené senzorycké vlastnosti. Z důvodu změny složení bílkovin dochází ke zhoršení termostability mléka a pasterace neposkytuje takovou ochranu, jakou by měla (Jones 2006).

U výroby sýrů dochází k největším problémům, kdy se u mastitidního mléka sníží aktivita kultur, obsah bílkovin, což přímo ovlivňuje syřitelnost, obsah sušiny a výtěžnost, prodlouží se doba sýření, a zhorší se pevnost a soudržnost sýřeniny (Hameed et al. 2007).

Mezi metabolické poruchy, které mimo jiné ovlivňují i obsah vápníku v mléce patří acidóza bachorového obsahu. Toto onemocnění vzniká snížením koncentrace bikarbonátů a zvýšením koncentrace vodíkových iontů, jedná se o jednu z nejčastějších metabolických poruch dojnic (Hofírek 2009).

U klinické acidózy se hodnota pH pohybuje v rozmezí 5-5,5. Nejčastější příčinou bývá nadměrný příjem sacharidů z krmné dávky nebo nadměrný příjem kyseliny octové, propionové a máselné. Bachorová mikroflóra je charakterizována dominancí Gram negativních bakterií. Naproti tomu je subklinická acidóza charakteristická hodnotami pH pod 5, dochází k akumulaci kyseliny mléčné a dominantní jsou v tomto případě Gram pozitivní bakterie, především *Lactobacillus* (Enemark et al. 2002).

Následkem chronické bachorové acidózy je snížení produkce mléka a změna jeho složení. Dochází ke snížení obsahu mléčného tuku, v některých případech i ke snížení obsahu bílkovin a laktózy. Zvýší se počet somatických buněk a také titrační kyselost. Dochází k poklesu obsahu vápníku, hořčíku a draslíku, jak v mléce, tak i v krvi dojnice (Hofírek 2009).

Dalšími metabolickými poruchami, které mimo jiné ovlivňuje i obsah vápníku v mléce jsou hypokalcemie. Během otelení dochází k náhlému nedostatku vápníku pro vlastní potřeby dojnice, což je zapříčiněno množstvím vápníku, které musela předat teleti. U dojnic dochází k neuromuskulární dysfunkci, kdy dojde k polehávání, oběhovým kolapsům a ztrátě vědomí. Aby byla léčba hypokalcemie u skotu úspěšná musí k ní dojít rychle. Náklady na vyléčení tohoto onemocnění jsou vysoké kvůli klinickým komplikacím a ztrátám při produkci mléka (Hofírek 2009).

Špatná hygiena stájí, především vzduchu a povrchů, je potenciálně vážným omezením pro dosažení vysoké efektivity výroby a dobrého zdraví v intenzivních systémech chovu zvířat. U dojnic a ovcí byl prokázán vztah mezi koncentrací vzdušných mikroorganismů a hygienickou kvalitou zdraví mléka a vemene (Park et al. 2013).

4.3.3 Environmentální faktory

4.3.3.1 Vliv výživy

Výživa dojnice patří mezi nejdůležitější faktory ovlivňující nejen složení mléka, ale také celkový zdravotní stav dojnice a délku laktace. U všech typů krmiv je nutné dbát na vyrovnané množství vlákniny, minerálních látek, energie, dusíkatých látek podle požadavků daného zvířete (Hofírek 2009).

Kvalita objemných krmiv je rozhodujícím faktorem pro mléčnou užitkovost skotu. Objemná krmiva dělíme na dvě podskupiny. Šťavnatá krmiva (zelená krmiva, siláž, okopaniny) obsahují vysoké množství vody, nízkou koncentraci živin a nízký obsah sušiny. Tato krmiva podporují trávení a správnou tvorbu mléka. Kvůli nízkému obsahu sušiny je nutno šťavnatá krmiva doplňovat suchými nebo jadrnými krmivy. Suchá krmiva (seno, sláma, plevy, úsušky) jsou charakteristická vysokým obsahem sušiny. Jsou nezastupitelným komponentem stravy především pro dojnice (Gall 2013).

Jadrná krmiva slouží jako doplněk krmné dávky, protože obsahují velké množství proteinů a jejich vysoká energetická hodnota je pro přežvýkavce nevhodná. Jsou typická vyšším obsahem sušiny a nízkým obsahem vlákniny. Mezi jadrná krmiva se zahrnují obiloviny, olejoviny, luskoviny a krmné zbytky průmyslu (Hofírek 2009).

Pro produkci kvalitního mléka jsou nejdůležitějšími prvky vápník, fosfor a sodík, jejichž potřebné množství ovšem dojnice nezískají z objemných ani jadrných krmiv, ale musí je získat v rámci doplňků krmné dávky. Zdroj vápníku a jeho forma ovlivňují jeho vstřebávání a využitelnost. Konkrétně vápník může dojnice získat například z krmného vápence, minerálních doplňků a minerálních lizů (Oetzel 2013).

Velké množství vápníku obsahují živočišné moučky, rostlinná krmiva vápník téměř neobsahují. Použití sodíkových hnojiv a doplňků stravy může taktéž zvýšit koncentraci vápníku a hořčíku v kravském mléce (Schwendel et al. 2015).

Chlorid vápenatý má schopnost podporovat správnou koncentraci vápníku v krvi. Největší absorpci vápníku lze dosáhnout podáním chloridu vápenatého, který obsahuje 50 g elementárního vápníku, perorálně. Podáním 100 g elementárního vápníku z chloridu vápenatého ve vodě má za následek zvýšení jeho hladiny v krvi, čímž dochází k ochraně dojnice před hyperkalcémií (Oetzel 2013).

Pro dojnice, které váží 500 kg a produkují 25 litrů mléka denně je doporučováno dodání nejméně 107 g vápníku do jejich krmné dávky. V případě, že dojnice na pastvě spase 20 kg trávy, která obsahuje 0,45 % vápníku, dostane tak do svého těla pouze 90 g, což znamená že zbylých 17 g musí získat z doplňků krmné dávky (Macky 2011).

4.3.3.2 Roční období

Roční období neovlivňuje výtěžnost a kvalitu mléka. Skladba hlavních složek mléka se během roku taktéž, až na minerální látky, příliš nemění. Jejich množství se liší v období listopad–únor a červen–říjen (Baset et al. 2016).

Studie také popisují, že obsah minerálních látek včetně vápníku závisí i na tom, jestli se kráva otelila na jaře nebo na podzim. Kráva, která se otelila v období od května do června měla ve svém mléku vyšší koncentraci vápníku než kráva, která se otelila v období od října do ledna (Dunsha et al. 2019).

V závislosti na ročním období se může obsah tuku změnit až o 2 %, kdy nejnižších hodnot tuku mléko dosáhlo v pozdním létě. Změny v obsahu tuku a bílkovin se odráží na výtěžnosti sýrů (Park et al. 2013).

Podle pokusu provedeného Lukášovou a Smrčkovou (2003) celkové množství vápníku nabývalo v mléce vyšších hodnot v zimním období, což bylo pravděpodobně způsobeno stabilní krmnou dávkou.

Číselná hodnota poměru vápníku navázaného na kasein se liší podle ročního období u stád, které během roku nebyly zkrmovány krmnými dávkami, obohacenými o vyšší obsah vápníku. Tento poměr byl nižší v dubnu, listopadu a prosinci ve srovnání se zbytkem roku. U stád, které byly zkrmovány krmnými dávkami obohacenými o Ca, nebyly zjištěny žádné výraznější změny v poměru vápníku navázaného na kasein (Dunsha et al. 2019).

Podle studií, kterými se zabývali Parmar et al. (2020) roční období kromě jednotlivých složek mléka mění i hustotu, kdy během léta byly hodnoty nejvyšší a prokázaně nižší v podzimních testovaných vzorcích.

Dunsha et al. (2019) se ve svém pokusu zabývali složením mléka, ve kterém prokázali, že změny ve složení mléka v závislosti na ročním období přímo souvisí se stádiem laktace. V tabulce č. 7 je uvedena tato závislost u dojníc, které se otelily na jaře a u dojníc, které se otelily na podzim.

Tabulka č. 7: Průměrný obsah vápníku (v mg/kg) u stád, která se otelila na jaře a na podzim. V závorce je uvedeno stádium laktace ve dnech.

| Otelení | dub | kvě/čvn | čvc | srp/ zář | říj | lis/pro | led | úno/bře |
|---------|---------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Jaro | 1086 (24) | 1021 (60) | 1044 (113) | 1010 (145) | 1218 (199) | 971 (231) | 1145 (288) | Stání na sucho |
| Podzim | 1114 (231) | 1137 (288) | Stání na sucho | 1057 (24) | 1158 (60) | 937 (113) | 1101 (145) | 1057 (199) |

Zdroj: Dunsha et al. (2019), upraveno autorem

4.3.4 Obohacování mléka při výrobě

Pro mlékárenský průmysl je žádoucí obohatit mléko o vápník, aby se zlepšily funkční, technologické a nutriční vlastnosti mléka. Pro tuto suplementaci se používá několik vápenatých solí, mezi nimiž jsou soli laktátu, citrátu, chloridu, glycerolfosfátu, malátu, fosfátu, pyrofosfátu, sulfátu a také hydroxidy a oxidy. Citrátové, uhličitanové a fosforečnanové vápenaté soli jsou slabě rozpustné v mléce a mohou mít nežádoucí organoleptické vlastnosti. Laktátové a glukonátové soli mají dobrou rozpustnost a biologickou dostupnost (Gaucheron 2013).

Přidání chloridu vápenatého do mléka snižuje tepelnou stabilitu mléka. Špatná tepelná stabilita se projevuje tvorbou sedimentu a následným srážením. Při nižších přídavicích vápníku byla pozorována produkce sedimentu, která se však po přidání vyššího množství vápníku změnila za vytvoření pevnější struktury gelového typu. Přidání CaCl_2 způsobuje změny v distribuci vápníku, fosforu, kaseinu mezi vodnou a micelární fází (On-Nom et al. 2012).

Dle studií z roku 2007 mléko obohacené laktátem nebo glukonátem vápenatým po stabilizaci fosforečnanem disodným zlepšilo jeho senzorycké vlastnosti, biologickou dostupnost vápníku a tepelnou stabilitu. Na základě senzoryckého hodnocení a tepelné stability bylo zjištěno, že optimální hladina vápníku je 50 mg na 100 ml mléka. Biologická dostupnost vápníku byla vyšší z obohaceného mléka obsahujícího organické soli vápníku ve srovnání s anorganickou solí. Větší část přidaného vápníku zůstala v obohaceném mléce v rozpuštěném stavu. Výsledky naznačují, že tepelná stabilita mléka je ovlivněna typem použité vápenaté soli (Singh et al. 2007).

4.3.5 Tepelné ošetření mléka

Cílem tepelného ošetření mléka je zničení patogenních mikroorganismů. U jednotlivých druhů ošetření, které se liší v teplotách a dobách záhřevu, může dojít k více či méně změněnému obsahu minerálních látek v mléce (Park et al. 2013).

Ve vyspělých zemích konzumuje syrové mléko pouze 2 % obyvatel, zatímco zbylých 98 % konzumuje mléko tepelně upravené (Seiquer et al. 2010).

4.3.5.1 Pasterace

Pasterace je tepelný záhřev syrového mléka na teplotu pod 100 °C zajišťující zdravotní nezávadnost. Všechny pasterované výrobky musí vykazovat negativní reakce ve fosfatázovém testu. Účelem pasterace je zničení nesporelující patogenní mikrobioty. Senzorycké a technologické vlastnosti mléka zůstávají téměř stejné jako u syrového mléka, dochází k minimálním změnám jeho složení (Walstra et al. 2006).

Podle použité teploty a času se pasterace dělí na dlouhodobou pasteraci, při které je mléko ošetřeno teplotou 63 °C po dobu 30 minut, dále šetrnou pasteraci, při které je používána teplota 72-75 °C po dobu 15-20 s. Třetím typem je vysoká pasterace, kdy je mléko tepelně ošetřeno teplotou 82-85 °C po dobu 4-5 sekund (Park et al. 2013).

Dlouhodobá pasterace je využívána u mlékárenských výrobků, kde jsou vyžadovány co nejmenší změny ve složení mléka. Dochází při ní k denaturaci 15 % syrovátkových bílkovin a využívá se k výrobě kvalitních sýrů (Walstra et al. 2006).

Při vysoké pasteraci dochází k denaturaci více než 50 % syrovátkových bílkovin a tím dochází ke změnám chuti a technologických vlastností. Dochází při ní k mírnému snížení obsahu vápníku a některých dalších minerálních látek v pasterovaném mléce (Pingle a Shrihari 2016).

Pingle a Shrihari (2016) se zabývali obsahem vápníku před a po zahřátí mléka vybraných druhů zvířat. Ve studii bylo použito 20 vzorků mlék od každého z vybraných druhů. Následující tabulka ukazuje procentuální změnu obsahu vápníku ve vybraných druzích mlék před a po zahřátí. Největší procentuální redukce byla zjištěna u mléka koz a zebu.

Tabulka č. 8: Úbytek obsahu vápníku ve vybraných vzorcích mléka před a po zahřátí vyjádřená v procentech

| Vzorek mléka | Průměrný obsah Ca v mléce před zahřátím (v mg/l) | Průměrný obsah Ca v zahřátém mléce (v mg/l) | Procentuální úbytek (v %) |
|----------------|--|---|---------------------------|
| Zebu | 1594,0 | 1420,7 | -10,87 |
| Jerseyský skot | 1483,4 | 1341,3 | -9,57 |
| Buvol | 1993,3 | 1848,0 | -7,28 |
| Koza | 2067,0 | 1842,8 | -10,84 |

Zdroj: Pingle a Shrihari (2016), upraveno autorem

4.3.5.2 Sterilace

Sterilace je takové tepelné ošetření mléka, které vede k usmrcení všech vegetativních forem mikroorganismů včetně spor. Takto ošetřené mléko může být skladováno až několik měsíců při pokojové teplotě. Špatná kvalita syrového mléka ovlivní následnou trvanlivost sterilovaného mléka (Walstra et al. 2006).

Nejčastější způsoby sterilace jsou sterilace v obalu a UHT sterilace. Sterilace v obalu probíhá při teplotě 115-120 °C po dobu 20-30 minut. Velkou výhodou tohoto typu tepelného ošetření je, že nemůže dojít k sekundární kontaminaci. UHT sterilace probíhá při teplotách 135-150 °C po dobu minimálně 1 sekundy. Výhodou je, že nedochází k velkým změnám ve složení a nutriční hodnotě mléka. Tento způsob je velmi rozšířený mezi výrobci především díky dlouhé době trvanlivosti (Seiquer et al. 2010).

Vyšší změny nutričních hodnot vykazuje mléko sterilované v obale. Dochází k úplné nebo částečné ztrátě některých vitaminů a snížení obsahu lysinu. Obsah vápníku, draslíku a hořčíku v mléce sterilovaném v obalu stoupá přibližně o 2 %, zatímco obsah jodu stoupá až od 25 % (Walstra et al. 2006).

Seiquer et al. (2010) uvedli, že obsah, rozpustnost vápníku a jeho následné vstřebávání byly ovlivněny typem sterilace. Rozpustnost vápníku byla narušena u mléka sterilovaného v obalu, na rozdíl od UHT mléka, což bylo zapříčiněno především poškozením bílkovin. Dlouhodobá konzumace mléka sterilovaného v obalu taktéž snižuje vstřebávání vápníku.

Carbonaro et al. (2000) se ve své studii snažili získat informace o vlivu vápníku na shlukování bílkovin v syrovátce a jeho celkovém obsahu v nich. Při této studii byly testovány vzorky syrovátky z pasterovaného mléka, mléka sterilovaného v obalu a UHT mléka. Z testovaných vzorků bylo nejvíce vápníku v syrovátce z UHT mléka, ale nejlepší výtěžnost měla syrovátka z mléka pasterovaného. Polovina přítomného vápníku se ve všech syrovátkách nacházela v iontové formě. V tabulce č. 9 jsou ukázány zjištěné hodnoty obsahu vápníku a jeho výtěžnost ze syrovátek.

Tabulka č. 9: Obsah vápníku a jeho výtěžnost ze vzorků syrovátky

| Druh syrovátky | Průměrný obsah Ca (v µg/ml) | Výtěžnost Ca (v %) |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Z pasterovaného mléka | 429 +/- 12 | 86,9 |
| Z UHT mléka | 465 +/- 8 | 79,6 |
| Z mléka sterilovaného v obalu | 451 +/- 15 | 81,9 |

Zdroj: Carbonaro et al. (2000), upraveno autorem

Touto studií bylo prokázáno, že vápník zvyšuje rozsah interakcí mezi bílkovinami, ke kterým dochází při zahřívání mléka. Taktéž zjistili, že zahříváním dochází k úbytku vazebných míst pro vápník na kaseinu a syrovátkových bílkovinách (Carbonaro et al. 2000).

Jiná studie zkoumala vliv mikrovlnného ohřevu na tepelnou stabilitu mlék obohacených o vápník. Výsledky ukázaly, že účinek různých forem a koncentrací vápníku na absorpci mikrovlnné energie nebyl významný, ale přítomnost iontového vápníku měla relativně velký vliv. Při porovnání výsledků nemělo mléko ohřáté metodou rychlého konvenčního ohřívání ani mléko ošetřené mikrovlnným zářením významnou ztrátu živin. Navíc mléčné systémy s přidaným ionizovaným vápníkem měly špatnou tepelnou stabilitu a silnou agregaci proteinů během mikrovlnného záření, zatímco přidání mléčného vápníku mělo malý účinek a v systémech nedocházelo téměř k žádnému shlukování bílkovin (Wu et al. 2018).

4.3.6 Zpracování mléčných výrobků

Mléko a mléčné výrobky jsou důležitým zdrojem vápníku. Jeho množství se však v jednotlivých výrobcích může lišit. Vápník taktéž ovlivňuje technologické vlastnosti mléčných produktů, a tak je v některých výrobcích žádoucí spíše jeho nižší obsah. Obsah vápníku ovlivňuje srážení syřidla. Přidáním vápníku se snižuje hodnota pH mléka, za současné výměny Ca^{2+} iontů za H^+ a zároveň neutralizuje negativní náboje v molekulách kaseinu reakcí

s fosfoserinovými zbytky nebo se skupinami karboxylových kyselin v molekulách kaseinu. Neutralizace taktéž usnadňuje interakce mezi bílkovinnými frakcemi v molekulách kaseinu, což zvyšuje agregaci micel. V důsledku agregace micel přidání vápníku do mléka zkracuje dobu srážení syřidlem a může zvýšit pevnost gelu, pokud je přidán v nízké koncentraci (Pastorino et al. 2003).

Jogurt je mléčný výrobek získaný kysáním mléka za přítomnosti mlékařských kultur mikroorganismů. Obsahuje velké množství bílkovin. Dostupnost vápníku, železa a zinku je lepší z jogurtu než z mléka (Kim, Oh 2013).

Dle pokusu Singh et al. (2005), ve kterém se zabývali maximálním možným množstvím přidaného vápníku do mangového jogurtu, které by nijak nezměnilo jeho organoleptické vlastnosti. Výsledkem bylo, že obsah vápníku v mangovém jogurtu lze zvýšit až na 50 mg na 100 ml jogurtu přidáním laktátu vápenatého bez negativního vlivu na vlastnosti a barvu. Vyšší množství přidaného vápníku může mít negativní vliv na chuť jogurtu. Přidání vápníku způsobí zvýšení schopnosti jogurtu zadržovat vodu a také dojde ke zvýšení viskozity jogurtu, což může snížit separaci syrovátky v jogurtu „set type“.

Jogurty jsou velmi bohatým zdrojem vápníku. Ačkoli i jiné potraviny obsahují vápník, nemusí být nutně jeho dobrým zdrojem, protože jeho obsah v jedné porci je příliš nízký nebo vápník, který poskytují, není k dispozici pro absorpci a použití tělem. Tabulka č. 10 se zabývá srovnáním, jaké množství dané potraviny bychom museli sníst, abychom přijali stejné množství vápníku jako ze 150 g jogurtu s nízkým obsahem tuku, obsahujícího 243 mg vápníku (Mc Kinley 2005).

Tabulka č. 10: Porovnání přijatého množství vápníku z vybraných druhů potravin

| Potravina | Hmotnost porce (v g) | Obsah vápníku v jedné porci (v mg) | Celkové množství potraviny, které se obsahem Ca vyrovná 150 g jogurtu (v g) |
|------------------|-----------------------------|---|--|
| Brokolice | 85 | 34,0 | 374 |
| Špenát | 90 | 144 | 963 |
| Zelí | 95 | 31,4 | 361 |
| Řeřicha | 20 | 34,0 | 68 |
| Mandle | 26 | 62,4 | 153 |

Zdroj: Mc Kinley (2005), upraveno autorem

Sýry jsou výrobky vzniklé vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných činidel, prokysáním a oddělením syrovátky. Složení sýrů je silně ovlivněno složením mléka, především pak bílkovinami, tuky, vápníkem a hodnotou pH, které jsou ovlivněny mnoha faktory (Fox a Guinee 2013).

Vápník hraje zásadní roli při koagulaci mléka syřidlem a při jeho následném zpracování. Je běžnou praxí přidávat do mléka určeného k syření mléka 0,01 obj.% chloridu vápenatého. CaCl_2 přidaný do mléka reaguje s rozpustným fosfátem za vzniku koloidního fosforečnanu vápenatého za současného uvolnění vodíkových iontů, čímž snižuje negativní náboj bílkovin. Snižené pH, zvýšené množství vápenatých iontů a zvýšená koncentrace fosforečnanu vápenatého snižují dobu koagulace syřidlem, zvyšují pevnost gelu a zlepšují vlastnosti gelu při řezání. Zvýšená hladina vápníku však může zvýšit křehkost a snížit tavitelnost sýra (Fox a Guinee 2013).

Během výroby tvarohového sýra ovlivňuje pH zadržování minerálních látek, zejména vápníku a fosforu. Obsah vápníku poté ovlivňuje rozsah a stupeň shlukování bílkovin, což určuje základní strukturu sýra. U sýrů s vyšším obsahem vápníku (vyšší pH sýra) je pozorována vysoká úroveň shlukování bílkovin a větší micely vápníku ve srovnání se sýry s nižším obsahem vápníku (nižší pH sýra). Tyto rozdíly ve shlukování bílkovin určují kontrastní strukturu sýrů, jako jsou například sýry typu cheddar (Pastorino et al. 2003).

Přidání chloridu vápenatého během solení při výrobě sýra typu cheddar má významný dopad na strukturu sýra. Obohacení chloridem vápenatým zvýší iontovou sílu a pH. Rovněž dojde ke snížení vlhkosti v sýrech během lisovací fáze. Výsledkem těchto změn jsou upravené parametry textury a mikrostruktury. V sýru s velmi vysokým obsahem vápníku je na konci výrobního procesu malé množství tuku zachyceno ve zbytku matrice (Ayala-Bribiesca et al. 2015).

Studie Ayala-Bribiesca et al. (2015) odhalila, že obohacení sýru cheddar CaCl_2 během solení vedlo k významným modifikacím finální sýrové matrice, čímž došlo ke zlepšení složení, struktury a fyzikálně-chemického vývoje během krátkodobého zrání.

Tavené sýry vyráběny s použitím emulgační soli, které napomáhají fyzikálně-chemickým změnám v sýru během zpracování, a to podporou oddělení vápníku od kaseinu, kontrolou pH a změnou strukturních a fyzikálních vlastností sýra. Přidává se dávka ve výši přibližně 3 % z celkové hmotnosti produktu. Působením emulgačních solí dochází k disperzi a homogenizaci tuků zvýšením emulgační schopnosti kaseinu přítomného v sýru ve formě nerozpustného kaseinátu vápenatého (Talbot-Walsch et al. 2018).

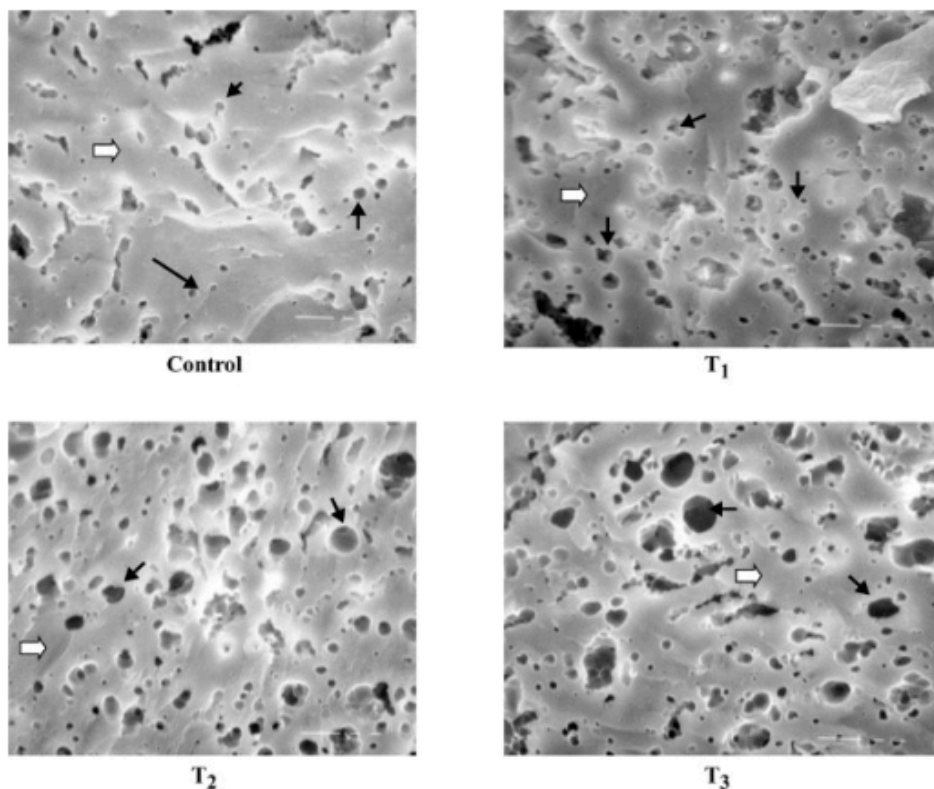
Emulgační soli pomáhají odstranit vápník vázaný na molekuly kaseinu, což umožňuje přímou interakci kaseinu s tukem přítomným v matrici, což vede k tvorbě homogenního stabilního produktu. Nejběžněji používanými emulgačními solemi v průmyslu jsou citrát sodný a fosforečnan sodný (Purna et al., 2006).

V roce 2009 byl vyvinut tavený sýr obsahující 0 % emulgačních solí. Tento tavený sýr se vyvinul s použitím kaseinového derivátu s nízkým obsahem vápníku, protože ho emulgační soli oddělovali od substrátů, kde byl vápník propojen s kaseinem. Tento nízký obsah vápníku umožňuje aktivaci kaseinu při běžných teplotách vaření bez použití emulgačních solí, avšak cena tohoto předupraveného kaseinu je vysoká a zvyšuje tím i výrobní náklady (Smith 2017).

Vápník hraje důležitou roli při výrobě mozzarely, u které ovlivňuje i její funkční vlastnosti. V těchto sýrech se vápník vyskytuje ve formě fosforečnanu vápenatého, který funguje jako můstek k navázání submicel v kaseinových micelách. Jeho typická koncentrace je také důležitá pro interakce mezi bílkovinami. Vápník ve výsledku umožňuje transformaci tvrdé struktury na měkkou a roztažitelnou strukturu, typickou pro mozzarellu (Joshi et al. 2004).

Studie, kterou se zabývali Joshi et al. (2002) odhalila, že micelární vápník hraje důležitou roli při zlepšování sýřeniny a dalších souvisejících funkčních vlastností sýra mozzarella. Rovněž bylo zjištěno, že snížení přibližně 35 % vápníku v sýru téměř zdvojnásobilo jeho oblast paření a také způsobilo snížení teploty potřebné pro změkčení a následné paření sýra Mozzarella.

Další studie se zabývala změnami v mikrostruktuře mozzarely zapříčiněné vápníkem, vedoucí ke zlepšení jejích vlastností. Byly vybrány sýry s různými obsahy vápníku, které byly následně otestovány. Obsah hlavních složek byl v testovaných vzorcích téměř totožný, byly však navíc pozorovány rozdíly v obsahu popelovin. Následně se porovnávala struktura a výskyt dutin vytvořených tukem a hladkou bílkovinou matricí. Bylo také prokázáno, že sýry s nižším obsahem vápníku byly lépe roztažitelné, docházelo k lepšímu paření a měly jednodušší strukturu, která je viditelná na obrázku č. 3 (Joshi et al. 2004).



Obrázek č. 3: Fotografie pořízené při mikroskopování o zvětšení 1000x sýra mozzarella s různými hladinami vápníku (control = 0,65 %, T1 = 0,48 %, T2 = 0,42 % a T3 = 0,35 %). Černé šipky označují tukové dutiny, bílé označují hladkou bílkovinnou matrici.

(Zdroj: Joshi et al. 2004)

4.4 Faktory ovlivňující vstřebávání vápníku

4.4.1 Fyziologie vstřebávání vápníku

Látky, které jsou přijímány ústy do gastrointestinálního traktu, jsou označovány jako potrava, která se skládá z živin, tekutin, vitaminů a minerálních látek. Tyto látky jsou přijímány jako složité organické látky, které by bez předchozího trávení nemohly být ve střevě vstřebány (Kittnar a kol. 2011).

Jelikož si tělo nedokáže samo, až na některé výjimky, vyrobit vitaminy a minerální látky, musíme je do těla dodat potravou. Ke vstřebávání minerálních látek dochází v gastrointestinálním traktu člověka a často je vyžadováno, aby byla tato látka v rozpuštěné a iontové formě (Thilsing a Hansen 2002).

Místo vstřebání v těle závisí přímo na daném prvku a je absorbováno epitelem v různých segmentech gastrointestinálního traktu (Kronqvist 2011).

U přežvýkavců je hlavním místem vstřebávání, stejně jako u lidí, tenké střevo. Další místo, kde může být taky vápník významně vstřebáván, je před abomasem. Jeho stravitelnost závisí především na množství vápníku ve stravě (Schroder a Breves 2006).

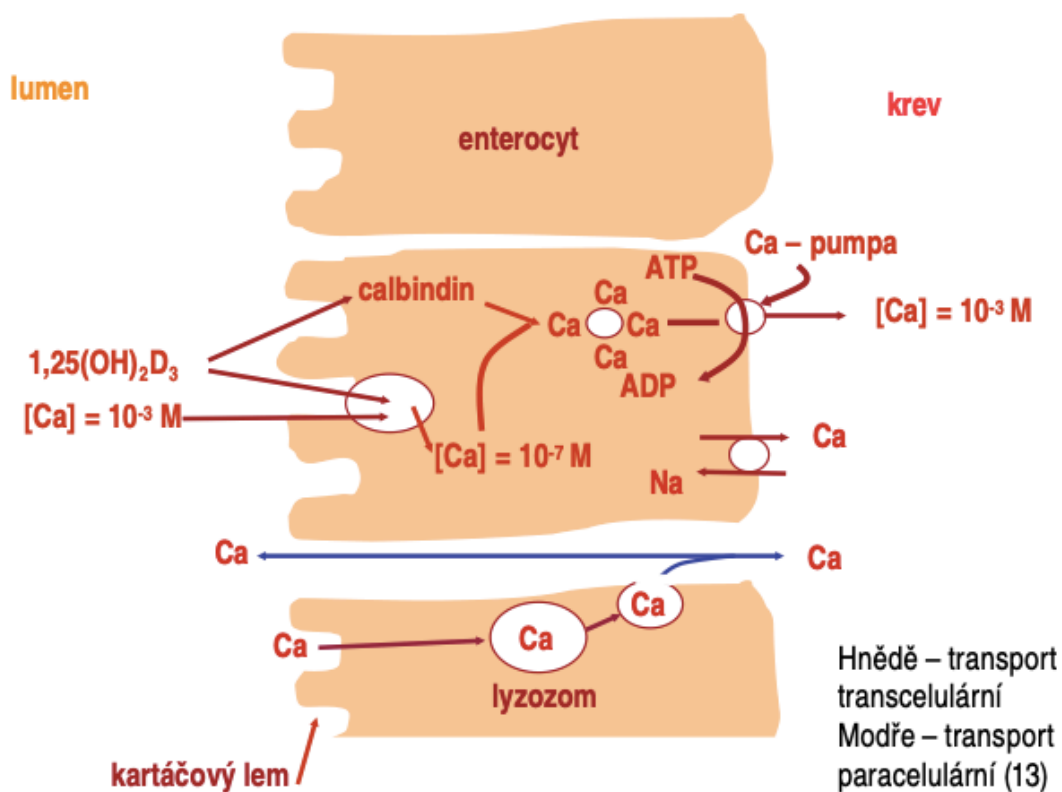
Vápník se v lidském těle vstřebává ve všech oddílech střeva, hlavní podíl na vstřebávání má duodenum a jejunum. Jeho vstřebávání řídí vitamin D a parathormon. Vitamin D vyvolává transkripci RNA pro tvorbu bílkovin, které se na resorpci vápníku podílejí. Dochází zde k přenesení Ca^{2+} iontů do cytoplazmy, kde jsou navázány na specifické proteiny. V cytoplazmě se vážou na cytoplazmatické kalcium-vážící protein nebo vstupují do endoplazmatického retikula a mitochondrií (Kittnar a kol. 2011).

K resorpci vápníku dochází aktivně transportem v duodenu a jejunu tenkého střeva a pasivně difuzí v ileu tenkého střeva a v celém tlustém střevě. Vápník přijímá dospělý člověk v denní dávce perinálně přibližně 1000 mg a jeho resorpce je asi 25-40 %. Resorpce probíhá zároveň se sekrecí (Wilhelm 2007).

Resorpci vápníku zvyšuje také laktóza. Tyto účinky laktóza vykazuje díky tomu, že se jedná o disacharid. Samotná galaktóza a glukóza vstřebávání minerálů příliš neovlivní. Kromě vápníku laktóza ovlivňuje i vstřebávání zinku (Cámara-Martos a Amaro-López 2002).

Stravitelnost vápníku závisí na stravě, konkrétně na množství vápníku v ní. Na regulaci vápníku v těle se podílí hormon kalcitriol a na regulaci vápníku v krvi parathormon, který zvyšuje propustnost buněk pro vápenaté a fosforečné ionty. Alkalické pH výrazně snižuje vstřebávání vápníku (Kronqvist 2011).

Na úrovni enterocytů, které ve střevě tvoří funkční jednotku, dochází ke vstřebávání vápníku transcelulárně a paracelulárně. Při transcelulárním vstřebávání se na bazolaterální straně membrány vápník transportuje proti koncentračnímu spádu za přítomnosti energie. Při paracelulárním vstřebávání je vápník vstřebáván přímo ze střevního lumen nebo dochází ke transportu vápníku z lyzozomu enterocytů. Resorpce vápníku ve střevě je znázorněna na obrázku č. 4 (Wilhelm 2007).



Obrázek č. 4: Resorpce vápníku ve střevě
(Zdroj: Wilhelm 2007)

4.4.2 Vitamin D

Skupina vitaminu D patří mezi vitaminy rozpustné v tucích. Jejich nejdůležitější rolí v lidském organismu je ukládání vápníku, který je nezbytný pro mineralizaci kostí. V přírodě je vitamin D dostupný ve více formách. Ergokalciferol (vitamin D₂), který je rostlinného původu, a cholekalciferol (vitamin D₃), který je živočišného původu. Hodnotu vápníku v těle reguluje hormon kalcitriol, který je nejvíce aktivním metabolitem vitaminu D (Polzonetti et al. 2020).

V potravinách se vyskytuje vitamin D ve formě D₃ a to v mase, tučných rybách, vaječných žloutcích a také v mléce. Obsah vitaminu D však je ve všech těchto potravinách velmi variabilní. Nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím množství vitaminu D v mléce je vystavení dojnice ultrafialovému záření. V kravském mléce byly naměřeny vyšší hodnoty vitaminu D v létě než v zimě. Doporučená denní dávka vitaminu D pro dojnici je 800 mg (Graulet et al. 2013).

Mléko je přirozeným zdrojem vitaminu D a vápníku, které spolu v lidském těle interagují. Pokud hladina ionizovaného vápníku v krvi klesne je příštítnými tělísky vylučován parathyroidní hormon, který stimuluje přeměnu vitaminu D na kalcitriol (1,25 dihydroxyvitamin D). Kalcitriol ovlivňuje vstřebávání vápníku ve střevě a nedostatek vitaminu D je spojen se sníženou absorpcí vápníku ze stravy (Polzonetti et al. 2020).

Vitamin D je nezbytným hormonem pro růst a vývoj kostí u dětí a dospívajících a je zásadní pro homeostázu vápníku a mineralizaci kostry. Taktéž je důležitý pro rovnováhu minerálů, nejvíce pak vápníku a fosforu. Bez vitaminu D by se ze stravy vstřebalo pouze 10-15 % vápníku a přibližně 60 % fosforu (Soliman et al. 2014).

Dojnice vyžadují vitamin D, jelikož v jejich těle pomáhá při uvolňování vápníku z ledvin a je důležitý pro jeho další vstřebávání. Vitamin D je také velmi důležitý v prevenci hypokalcemie (Weir et al. 2017).

Ve Spojených státech je mléko průmyslově obohacováno o 10 mg vitaminu D na litr. To významně přispívá k dosažení doporučeného denního příjmu. V zemích, kde obohacování mléka o vitamin D není povinné, zajišťuje mléko méně než 10 % doporučeného denního příjmu tohoto vitaminu (Buttriss a Lanham-New 2020).

Nedostatek vitaminu D v lidském těle představuje snížení vstřebávání vápníku ve střevě, snížení uvolňování vápníku z kostí a taktéž snížení zpětné resorpce v ledvinách. Při tomto nedostatku se vstřebává pouze 10–15 % vápníku z normální stravy. V přítomnosti dostatečného množství vitaminu D se toto množství může zvyšovat až na 40 %. Nedostatek vede k rachitidě (křivici) a osteomalacii (Soliman et al. 2014).

Nadbytek vitaminu D ve stravě působí toxicky, ale pouze pokud je dodáván uměle medikamenty. U dětí dlouhodobý nadbytek vyvolá hyperkalcémii a v krajních případech může docházet i k ukládání vápníku do orgánů, kam se běžně neukládá. U dospělých dávky vyšší než 375 µg podávané více než týden mohou vést až ke smrti jedince. Je prakticky nemožné dosáhnouti toxického účinku z běžných potravin (Naderpoor et al. 2019).

4.4.3 Fyziologické faktory

Věk jedince je důležitým faktorem při vstřebání vápníku. V dětství a období rychlého růstu nabývají hodnoty resorpce kalcia až 75 %. Z důvodu poklesu senzitivity buněk se snižuje vstřebávání vápníku ve vyšším věku jedince. Dále vstřebávání ovlivňuje těhotenství, laktace, parasympatikus, onemocnění a také genetika jedince (Theobald 2005).

V souvislosti s onemocněními dochází k ovlivnění absorbce některými léky. Mezi ty, které vstřebávání snižují, patří například diuretika, antikoagulantia a tetracykliny. Naopak diuretikum furosemid nebo verapamil resorpci zvyšují (Fitzgerald 2019). Jak již bylo zmíněno v předešlé části práce, absorpci vápníku pozitivně ovlivňují i minerální doplňky krmných dávek dojníc (Garrett 2013).

4.4.4 Nutriční faktory

Jedním z nejdůležitějších faktorů je pH střevního obsahu v lumen střeva, kdy alkalické pH významně zvyšuje absorpci. Všechny sacharidy, kromě vlákniny, která tento proces spíše zpomaluje, taktéž podporují vstřebávání. Nejčastěji se v této souvislosti uvádí laktóza. Kromě laktózy resorpci usnadňují také glukóza a manitol (Wilhelm 2007).

Tuky taktéž ovlivňují resorpci vápníku, a to především u jedinců, kteří trpí poruchami vstřebávání ve střevě. Vlivem této poruchy se snižuje vstřebatelnost vápníku, jelikož nasycené mastné kyseliny společně s tímto prvkem vytvářejí nerozpustné komplexy. Vstřebávání zvyšuje i kyselina chlorovodíková, která je aktivátorem enzymu pepsinu. Správný poměr mezi vápníkem a fosforem působí na absorpci taktéž pozitivně ideálně by měl být 1:1,13 (Theobald 2005).

Mezi důležité látky, ovlivňující vstřebávání vápníku patří také hormony. Estrogeny zvyšují absorpci. Jejich pokles je jedním ze symptomů premenstruálního symptomu a jako prevence se doporučuje vyšší příjem vápníku společně s vitamínem D. Dalšími hormony zvyšujícími absorpci jsou inzulin a růstový hormon, který zároveň snižuje produkci kalcitriolu. Působením glukokortikoidů ovšem dochází ke snížení vstřebávání (Wilhelm 2007).

Další negativní vliv na vstřebávání vápníku má alkohol a kofein. Uvádí se, že kofein, který je mimo jiné jedním z faktorů zvyšujících sekreci vápníku, způsobuje ztráty přibližně 5 mg vápníku na jeden šálek kávy (Theobald 2005).

V případech, kdy dochází k přijímání fosforu a hořčíku v několikanásobných dávkách oproti doporučenému dennímu příjmu mají tyto dva prvky negativní vliv na vstřebávání. Pokud je příjem fosforu vyšší než dvojnásobek této dávky, dochází k významnému snížení vstřebávání vápníku. Při přijetí fosforu v doporučeném množství vytváří fosfor společně s vápníkem kalciumfosfát, který je ve střevech velmi dobře vstřebatelný. V rozmezí doporučených denních dávek nemá hořčík na vstřebávání žádný vliv. Na snížení absorpce mají taktéž vliv fosfáty, oxaláty a kyselina šťavelová v potravinách (Rafferty a Heaney 2008).

V návaznosti na tyto faktory musíme zmínit taktéž kouření a pohyb. Vedle známých problémů, které způsobuje kouření, jako jsou například karcinomy plic, srdeční onemocnění a CHOPN (chronická obstrukční plicní nemoc), snižuje i absorpci vápníku ve střevech. U pohybu neškodí jeho nedostatek, jak by se na první pohled zdálo, ale nadměrná fyzická zátěž jedince (Wilhelm 2007).

5 Závěr

Jak již bylo zmíněno, vápník ve velké míře ovlivňuje zdravotní stav jedince. Nejrozšířenější nemocí, která je zapříčiněná nedostatkem tohoto prvku společně s vitamínem D, je osteoporóza. Ta postihuje především osoby v důchodovém věku a má za následek především častější lámání kostí a další příznaky. Další choroby, které byly zmíněny, jako je třeba hyperkalcemie, hypokalcemie, rakovina tlustého střeva, přímo souvisejí s nadbytkem nebo nedostatkem vápníku ve stravě. Aby se předcházelo těmto onemocněním je důležité dodržovat doporučený denní příjem vápníku.

Ze zmíněných studií vyplynulo, že vliv na obsah vápníku v mléce má bez pochyb genetická příslušnost dojnice. Genetické faktory hrály vliv, jak u složení jednotlivých komponent mléka, tak i u jeho výtěžnosti. Během jednotlivých stádiích laktace se obsah vápníku charakteristicky mění a nejdůležitější je jeho obsah v mlezivu, které slouží jako prvotní potrava novorozeného jedince. S tím přímo souvisí i krmná dávka dojnic, kdy je důležité dbát na dodržení správného množství všech komponent, aby nedocházelo k onemocněním, které jsou způsobeny nedostatečným obsahem vápníku v krmné dávce.

Onemocnění dojnic, které přímo ovlivňuje složení mléka a je způsobeno především mikroorganismy je mastitida. Jejím vlivem dochází ke zhoršení nejen nutričních, ale i fyzikálně chemických a technologických vlastností mléka. Mastitidní mléko se nemůže prodávat, a tudíž je v zájmu chovatelů, aby se nemocné dojnice co nejdříve uzdravily. Mnohdy to je ale finančně náročné. Jednotlivé zmíněné faktory spolu v mnoha případech interagují, a tak bylo například prokázáno, že průměrný obsah vápníku je závislý na stádiu laktace a zároveň na ročním období.

Tepelné zpracování mléka a mléčných výrobků a jejich následné doplnění o vápník je důležité především pro technologické vlastnosti při přípravě těchto produktů. V produktech jako jsou tavené sýry nebo sýry typu mozzarella je žádoucí spíše nižší koncentrace vápníku, čímž dochází ke zlepšení tavitelnosti a lepšímu paření směsí.

Správné absorpce vápníku ve střevě závisí na vitamínu D, který ji zvyšuje. Dále ji ovlivňují pozitivně nebo negativně i jednotlivé složky mléka, hormony, zdravotní stav jedince a jeho životní styl. Kouření, alkohol a kofein několikanásobně snižují absorpci vápníku ve střevě.

6 Literatura

1. Agarwal A, Pathera AK, Kaushik R, Kumar N, Dhull SB, Arora S, Chawla P. 2020. Succinylation of milk proteins: Influence on micronutrient binding and functional indices. *Trends in Food Science & Technology* **97**:254-264.
2. Ahmad S. 2013. Buffalo Milk. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford. 519-553
3. Ahn BS, Jeon BS, Kwon EG, Ajmal-Khan M, Kim HS, Ju JC & Kim NS. 2006. Estimation of genetic parameters for daily milk yield, somatic cell score, milk urea nitrogen, blood glucose and immunoglobulin in Holsteins. *Asian-Australian Journal of Animal Science* **19**: 1252–1256.
4. Akkawi I, Zmerly H. 2018. Osteoporosis: Current Concepts. *Joints* **06**:122-127.
5. Anon. 2003 Caseins. In: *Dairy Processing Handbook*, pp. 26–32. Tetra Pak Processing Systems Ab, Lund, Sweden.
6. Ayala-Bribiesca E, Lussier M, Chabot D, Turgeon SL, Britten M. 2016. Effect of calcium enrichment of Cheddar cheese on its structure, in vitro digestion and lipid bioaccessibility. *International Dairy Journal* **53**:1-9
7. Baset MA, Huque KS, Sarker NR, Hossain MM, Islam MN. 2016. Effect of season, genotype and lactation on milk yield and composition of local and crossbred dairy cows reared under different feed base region. *Bangladesh Journal of Livestock Research* **19**:50-65.
8. Boro P & Naha B & Prakash Ch & Madkar A & Kumar N & Kumari A & Channa G. 2016. Genetic and non genetic factors affecting milk composition in dairy cows. *International Journal of Advanced Biological Research* **6**: 170-174.
9. Bouillon Roger, Reid land. 2008. Vitamin D and its Metabolites and Analogs in the Management of Osteoporosis. *Osteoporosis*. Elsevier 1659-1685.
10. Burrow K, Young W, McConnell M, Carne A, Barr D, Reid M, Bekhit AE-D. 2020. The Effect of Sheep and Cow Milk Supplementation of a Low Calcium Diet on the Distribution of Macro and Trace Minerals in the Organs of Weanling Rats. *Nutrients* **12**.
11. Buttriss JL, Lanham-New SA. 2020. Is a vitamin D fortification strategy needed? *Nutrition Bulletin* **45**:115-122
12. Camara-Martos F, Amaro-Lopez MA. 2002. Influence of Dietary Factors on Calcium Bioavailability. *Biological Trace Element Research* **89**:43-52.
13. Carbonaro, M., Lucarini, M., & Di Lullo, G. 2000. Composition and calcium status of acid whey from pasteurized, UHT-treated and in-bottle sterilized milks. *Food/Nahrung*, **44(6)**: 422-425.
14. Cooper MS, Gittoes NJL. 2008. Diagnosis and management of hypocalcaemia. *BMJ* **336**:1298-1302.
15. Crisà A. 2013. Milk Carbohydrates and Oligosaccharides. 129-147 in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford
16. Csapó, J. & Csapóné, N.Zs. 2002 A tej és tejtermékek a táp- lálkozásban. *Mezőgazda Kiadó, Budapest, Hungary*.
17. Cudihy D, Lee RV. 2009. The pathophysiology of pre-eclampsia: Current clinical concepts. *Journal of Obstetrics and Gynaecology* **29**:576-582.
18. Drbohlav J, Vodičková M. 2001. *Tabulky látkové složení mléka a mléčných výrobků*. 1. vyd. Praha: ÚZPI–Ústav zemědělských a potravinářských informací, 85 s.

19. Dunshea F, Walker G, Williams R a Doyle P. 2019. Mineral and Citrate Concentrations in Milk Are Affected by Seasons, Stage of Lactation and Management Practices. *Agriculture*. 9(2)
20. Enemark, Jörg & Jorgensen, Ross & Enemark, Peter. 2002. Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rumen acidosis: A review. *Veterinarija Ir Zootechnika* **20**: 16-29.
21. Fishbein L. 2004. Multiple sources of dietary calcium—some aspects of its essentiality. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **39**:67-80.
22. Fitzgerald. 2019. Pat. Medications That Can Be Bad for Your Bones. In: *American Bone Health*
23. Fox PF, Guinee TP. 2013. Cheese Science and Technology. 357-389in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford.
24. Gaignon P, Le Grand K, Laza-Knoerr A-L, Hurtaud C, Boudon A, Blachier F. 2019. Effect of calcium intake and the dietary cation-anion difference during early lactation on the bone mobilization dynamics throughout lactation in dairy cows. *PLOS ONE* 14.
25. Gall CF. 2013. Production Systems around the World. 1-30in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford.
26. Gaucheron F. 2013. Milk Minerals, Trace Elements, and Macroelements. 172-199 in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford.
27. Gordon MH. 2013. Milk Lipids. 65-79in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford.
28. Graulet B, Martin B, Agabriel C, Girard CL. 2013. Vitamins in Milks. 200-219in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford
29. Hameed, K. G. A., Sender, G. & Korwin-Kossakowska, A. 2007. Public health hazard due to mastitis in dairy cows. *Animal Science Papers and Reports* 25, 73–85
30. Hannon JA, Lortal S, Tissier J-P, Famelart M-H. 2009. Limited ripening of low-fat UF-cheese due to CaPO₄ barrier? *Dairy Science and Technology* **89**:555-568.
31. Hofírek B. 2009. *Nemoci skotu*. Brno: Noviko. ISBN 978-80-86542-19-5.
32. Huppertz T, Lambers TT. 2020. Influence of micellar calcium phosphate on in vitro gastric coagulation and digestion of milk proteins in infant formula model systems. *International Dairy Journal* 107.
33. Chan JM, Pietinen P, Virtanen M, Malila N, Tangrea J, Albanes D, Virtamo J. 2000. *Cancer Causes and Control* **11**:859-867.
34. Choudhary S, Arora S, Kumari A, Narwal V, Tomar SK, Singh AK. 2017. Effect of developed acidity and neutralization of milk on sensory, microstructural and textural changes in khoa prepared from cow and buffalo milk. *Journal of Food Science and Technology* **54**:349-358.
35. Christodoulou C. 2003. What is osteoporosis? *Postgraduate Medical Journal* **79**:133-138.
36. Insel P., Turner E., Ross D. 2003. *Dairy Nutrition (2nd ed.)*, Jones and Bartlett Publishers, Sudbury, MA
37. Isae, Abase Abdu and M. Kurtu. 2018. Mastitis and its Effect on Chemical Composition of Milk in and around Worabe Town, Siltie Zone, Ethiopia. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences* **42**: 210-220.
38. Jensen HB, Poulsen NA, Andersen KK, Hammershøj M, Poulsen HD, Larsen LB. 2012. Distinct composition of bovine milk from Jersey and Holstein-Friesian cows with

- good, poor, or noncoagulation properties as reflected in protein genetic variants and isoforms. *Journal of Dairy Science* **95**:6905-6917.
39. Jones GM. 2006. Understanding the basics of mastitis. Virginia Cooperative Extension. Publication No. 404-233. Virginia State University, USA, pp: 1-7.
 40. Joshi NS, Muthukumarappan K, Dave RI. 2004. Effect of Calcium on Microstructure and Meltability of Part Skim Mozzarella Cheese. *Journal of Dairy Science* **87**:1975-1985.
 41. Joshi NS, Muthukumarappan K, Dave RI. 2002. Role of soluble and colloidal calcium contents on functionality of salted and unsalted part-skim Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, **57.3**: 203.
 42. Kim S-H, Oh S. 2013. Fermented Milk and Yogurt. 338-356 in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford.
 43. Kim BHY, Huff-Lonergan E, Lonergan MS. 2012. Effect of calcium lactate on m-calpain activity and protein degradation under oxidising conditions, *Food Chemistry*, 131, p. 73–78,
 44. Kittnar O. 2011. *Lékařská fyziologie*. Grada, Praha.
 45. Kronqvist C. 2011. Minerals to dairy cows with focus on calcium and magnesium balance. Diss. (sammanfattning/summary) Uppsala, Sverige : Sveriges lantbruksuniv., *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 1652-6880
 46. 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.
 47. Kunová V. 2017. Vápník. Společnost pro výživu, czech. Available at <https://www.vyzivaspol.cz/vapnik-kalcium-calcium/>
 48. Leitner G, Merin U, Silanikove N. 2004. Changes in Milk Composition as Affected by Subclinical Mastitis in Goats. *Journal of Dairy Science* **87**:1719-1726.
 49. Lim DH, Mayakrishnan V, Lee HJ, Ki KS, Kim TI, Kim Y. 2020. A comparative study on milk composition of Jersey and Holstein dairy cows during the early lactation. *Journal of Animal Science and Technology* **62**:565-576.
 50. Lukášová J, Smrčková A. 2003. Obsah vápníku v mléce a jeho význam. *Fakulta veterinární hygieny a ekologie Veterinární a farmaceutické univerzity Brno, Veterinářství 2003*; **53**:192-193
 51. Macky S. 2011. Calcium and the dairy cow. Mc Donald's Lime Limited.
 52. Martin C, Ling P-R, Blackburn G. 2016. Review of Infant Feeding: Key Features of Breast Milk and Infant Formula. *Nutrients* **8**.
 53. McKinley M. 2005. The nutrition and health benefits of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology* **58**:1-12.
 54. Mech, Anjumoni & Dhali, A. & Prakash, Bhukya & Rajkhowa, Chandan. 2008. Variation in milk yield and milk composition during the entire lactation period in Mithun cows (*Bos frontalis*). *Livestock Research for Rural Development*.
 55. Mohsin AZ, Sukor R, Selamat J, Hussin ASM, Ismail IH. 2019. Chemical and mineral composition of raw goat milk as affected by breed varieties available in Malaysia. *International Journal of Food Properties* **22**:815-824
 56. Naderpoor N, Mousa A, Fernanda Gomez Arango L, Barrett HL, Dekker Nitert M, de Courten B. 2019. Effect of Vitamin D Supplementation on Faecal Microbiota: A Randomised Clinical Trial. *Nutrients* **11**.

57. Navrátilová P, Králová M, Jantošová B, Přidalová H, Cupáková Š, Vorlová L. 2012. Hygiena produkce mléka. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
58. Neville MC. 2005. Calcium Secretion into Milk. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*. **10**: 119-128
59. Nielsen NI, Volden H. 2011. Animal requirements and recommendations. In Volden, H. (ed): *NorFor – The Nordic feed evaluating system* EAAP publication No. 130, Wageningen Academic Publishers, p 105-111.
60. Nogalska A, Nogalska A, Nogalski Z, Pogorzelska-Przybyłek P, Momot M, Sobczuk-Szul M. 2012. Calcium and magnesium content in the milk of high-yielding cows. *Journal of Elementology*.
61. Oetzel GR. 2013. Oral Calcium Supplementation in Peripartum Dairy Cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* **29**:447-455.
62. Ogola H, Shitandi A, Nanua J. 2007. Effect of mastitis on raw milk compositional quality. *Journal of Veterinary Science* 8. On-Nom N, Grandison AS, Lewis MJ. 2012. Heat stability of milk supplemented with calcium chloride. *Journal of Dairy Science* **95**:1623-1631
63. Osaka I, Matsui Y, Terada F. 2014. Effect of the mass of immunoglobulin (Ig)G intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves. *Journal of Dairy Science* **97**:6608-6612.
64. Pankiewicz U, Góral M, Kozłowicz K, Góral D. 2020. Application of pulsed electric field in production of ice cream enriched with probiotic bacteria (*L. rhamnosus* B 442) containing intracellular calcium ions. *Journal of Food Engineering* 275.
65. Parikh SJ, Edelman M, Uwaifo GI, Freedman RJ, Semega-Janneh M, Reynolds J, Yanovski JA. 2004. The Relationship between Obesity and Serum 1,25-Dihydroxy Vitamin D Concentrations in Healthy Adults. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* **89**:1196-1199.
66. Parikh SJ, Yanovski JA. 2003. Calcium intake and adiposity. *The American Journal of Clinical Nutrition* **77**:281-287.
67. Park Y. 2007. Impact of goat milk and milk products on human nutrition. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2.
68. Park YW, Albenzio M, Sevi A, Haenlein GFW. 2013. Milk Quality Standards and Controls. 261-287 in *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. John Wiley, Oxford.
69. Parmar P, Lopez-Villalobos N, Tobin JT, Murphy E, McDonagh A, Crowley SV, Kelly AL, Shalloo L. 2020. The Effect of Compositional Changes Due to Seasonal Variation on Milk Density and the Determination of Season-Based Density Conversion Factors for Use in the Dairy Industry. *Foods* 9.
70. Pastorino AJ, Ricks NP, Hansen CL, McMahon DJ. 2003. Effect of Calcium and Water Injection on Structure-Function Relationships of Cheese. *Journal of Dairy Science* **86**:105-113
71. Pereira PC. 2014. Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition* **30**:619-627.
72. Pingle, Shrihari. 2016. Effect of heat on calcium from different milk samples from sangamner taluka, maharashtra. *International Science Journal*. 3, p 11-14,
73. Polzonetti V, Pucciarelli S, Vincenzetti S, Polidori P. 2020. Vitamin D Dietary Intake through Dairy Products to Reduce the Risk of Osteoporosis. Preprints ,

74. Pravina P, Sayaji D, Avinash M. 2013. Calcium and its Role in Human Body. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences* Vol.4 No.2 pp.659-668 ref.44
75. Puppel K, Gołębiewski M, Grodkowski G, Słószarz J, Kunowska-Słószarz M, Solarczyk P, Łukasiewicz M, Balcerak M, Przysucha T. 2019. Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals* 9
76. Purna SKG, Pollard A, Metzger LE. 2006. Effect of Formulation and Manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality—I. Trisodium Citrate. *Journal of Dairy Science* **89**:2386-2396.
77. Rafferty K, Heaney RP. 2008. Nutrient Effects on the Calcium Economy: Emphasizing the Potassium Controversy. *The Journal of Nutrition* **138**:166-171.
78. Rovira, Rosaura. 2015. Milk and milk products: Food sources of calcium. *Nutrición hospitalaria*. 31 Suppl 2. 1-9.
79. Sadiq NM, Naganathan S, Badireddy M. 2019. Hypercalcemia. In: National Institute of Health.
80. Seiquer I, Delgado-Andrade C, Haro A, Navarro MP. 2010. Assessing the effects of severe heat treatment of milk on calcium bioavailability: In vitro and in vivo studies. *Journal of Dairy Science* **93**:5635-5643.
81. Sheng Q, Fang X. 2009. Bioactive components in mare milk. In: *Bioactive Components in Milk and Dairy Products* (ed. Y. Park), pp. 195–213. Wiley-Blackwell, Ames, IA.
82. Schrager S. 2005. Dietary Calcium Intake and Obesity. *The Journal of the American Board of Family Medicine* **18**:205-210.
83. Schröder B, Breves G. 2006. Mechanisms and regulation of calcium absorption from the gastrointestinal tract in pigs and ruminants: comparative aspects with special emphasis on hypocalcemia in dairy cows. *Animal Health Research Reviews* **7**: 31-41.
84. Schwendel BH, Wester TJ, Morel PCH, Tavendale MH, Deadman C, Shadbolt NM, Otter DE. 2015. Invited review: Organic and conventionally produced milk—An evaluation of factors influencing milk composition. *Journal of Dairy Science* **98**:721-746
85. Singh G, Arora S, Sharma GS, Sindhu JS, Kansal VK, Sangwan RB. 2007. Heat stability and calcium bioavailability of calcium-fortified milk. *LWT - Food Science and Technology* **40**:625-631
86. Smith, Gary Francis, and Edwin Rivera. 2017. "Processed cheese without emulsifying salts." U.S. Patent No. 9,532,584.
87. Soliman AT, Sanctis VD, Kassem I, Elalaily R, Bedair S. 2014. Vitamin D deficiency in adolescents. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* **18**.
88. Stavy skotu podle krajů. 2020. ČSÚ, Czech. Available at https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEMDSKOT01&z=T&f=TABULKA&skupId=2584&katalog=30840&pvo=ZEMDSKOT01&evo=v1507_!_ZEMDSKOT01-MR_2&c=v3~7__RP2020PP2&v=v702__DRUHHZVIRE__132__1#w= (accessed March 29, 2021).
89. Straub DA. 2016. Calcium Supplementation in Clinical Practice: A Review of Forms, Doses, and Indications. *Nutrition in Clinical Practice* **22**:286-296.
90. Strucken EM, Laurenson YCSM, Brockmann GA. 2015. Go with the flow biology and genetics of the lactation cycle. *Frontiers in Genetics* **6**.

91. Talbot-Walsh G, Kannar D, Selomulya C. 2018. A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. *Trends in Food Science & Technology* **81**:193-202.
92. Theobald HE. 2005. Dietary calcium and health. *Nutrition Bulletin* 30:237-277.
93. Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ, Østergaard S. 2002 Milk fever control principles: a review. *Acta Veterinaria Scandinavica* **43**: 1-19.
94. Toffanin V, De Marchi M, Lopez-Villalobos N, Cassandro M. 2015. Effectiveness of mid-infrared spectroscopy for prediction of the contents of calcium and phosphorus, and titratable acidity of milk and their relationship with milk quality and coagulation properties. *International Dairy Journal* **41**:68-73
95. Turner JJO. 2017. Hypercalcaemia – presentation and management . *Clinical Medicine* **17**:270-273.
96. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. FoodData Central [\[link\]](#), 2019.
97. Venjakob PL, Pieper L, Heuwieser W, Borchardt S. 2018. Association of postpartum hypocalcemia with early-lactation milk yield, reproductive performance, and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **101**:9396-9405.
98. Vera RR, Aguilar C, Lira R. 2009. Differentiation of sheep milk and cheese based on quality and composition. *Ciencia e investigación agraria* 36.
99. Vyhláška č. 128/2009 Sb. Vyhláška o přizpůsobení veterinárních a hygienických požadavků pro některé potravinářské podniky, v nichž se zachází se živočišnými produkty
100. Walstra P, Wouters JTM, Geurts. TJ. 2006. *Dairy Science and Technology*, Second Edition, Boca Raton: CRC/Taylor & Francis., 782
101. Weir RR, Strain JJ, Johnston M, Lewis C, Fearon AM, Stewart S, Pourshahidi LK. 2017. Environmental and genetic factors influence the vitamin D content of cows' milk. *Proceedings of the Nutrition Society* **76**:76-82.
102. Wilhelm Z. 2007. Co je dobré vědět o vápníku. *Praktické lékařství* **4**: 184-189
103. World Health Organization. Guideline: Calcium supplementation in pregnant women. [\[link\]](#) Geneva: World Health Organization, 2013.
104. Wu Y, Fan D, Hang F, Yan B, Zhao J, Zhang H, Chen W. 2018. Effect of Calcium on Absorption Properties and Thermal Stability of Milk during Microwave Heating. *International Journal of Molecular Sciences* 19.
105. Zamberlin Š, Antunac N, Havranek J, Samaržija D. 2012: Mineral elements in milk and dairy products, *Mljekarstvo* **62**:111-125
106. Zemel MB. 2004. Role of calcium and dairy products in energy partitioning and weight management. *The American Journal of Clinical Nutrition* **79**:907-912.
107. Zervas G, Tsiplakou E. *Goat Milk*. Park, Young W a George FW, Haenlein E. 2013. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Oxford: John Wiley, 498-518

