



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚ- JOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Bakalářská práce

Zastoupení vápníku ve vybraných mléčných výrobcích

Autorka práce: Tereza Šindelářová

Vedoucí práce: doc. Ing. Eva Samková, Ph.D

Konzultant: Dr. Ing. Jaromír Kadlec

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá nejvýznamnějšími minerálními látkami, které jsou zastoupeny v mléce, a úlohou vápníku v lidském těle. Dále je zde charakterizován obsah vápníku a jeho dostupnost ve vybraných mléčných produktech a dalších potravinách. Další část se věnuje problematice laktóзовé intolerance – definice, projevy, diagnostika a léčba. Poslední část se věnuje analytickým metodám sloužícím ke stanovení obsahu vápníku v mléce.

Klíčová slova: mléko, laktóзовá intolerance, obsah vápníku v potravinách, metabolismus vápníku, metody stanovení vápníku

Abstract

The bachelor thesis deals with the most important mineral substances that are found in milk and the role of calcium in the human body. It also characterizes the calcium content and its availability in selected dairy products and other foods. The next part deals with the issue of lactose intolerance – definition, manifestations, diagnosis and treatment. The last part is devoted to analytical methods used to determine the calcium content of milk.

Keywords: milk, lactose intolerance, calcium content in food, calcium metabolism, methods for determination of calcium

Poděkování

Velmi děkuji doc. Ing. Evě Samkové, Ph.D. za věcné připomínky, cenné rady a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	7
1 Cíl práce	8
2 Nejdůležitější minerální látky zastoupené v mléce	9
3 Úloha vápníku v lidské výživě	11
3.1 Resorpce vápníku v lidském těle	12
3.2 Faktory ovlivňující resorpci vápníku ve střevě	12
3.3 Exkrece vápníku ledvinami	14
3.4 Poruchy metabolismu vápníku	15
3.4.1 Hypokalcemie	15
3.4.2 Hyperkalcemie	16
3.5 Choroby spojené s metabolismem vápníku a vitamínu D	18
3.5.1 Osteoporóza.....	18
3.5.2 Osteomalacie	19
4 Zastoupení vápníku ve vybraných potravinách.....	21
4.1 Mléko a mléčné výrobky	21
4.2 Ostatní potraviny	22
5 Výživová hodnota rostlinných nápojů a zastoupení vápníku.....	26
6 Laktózová intolerance	28
6.1 Laktóza	28
6.2 Trávení laktózy.....	29
6.3 Laktózová perzistence a její mutace.....	29
6.4 Typy laktózové intolerance	31
6.5 Klinická diagnóza a léčba laktózové intolerance	32
6.6 Léčba laktózové intolerance	33
7 Metody sloužící k stanovení vápníku v mléce	35

7.1	Chelatometrie	35
7.2	Manganometrie.....	35
7.3	Atomová absorpční spektrofotometrie	35
7.4	Potenciometrie	36
Závěr		37
Seznam použité literatury.....		38
Seznam tabulek		42
Seznam použitých zkratk.....		43

Úvod

Vápník se řadí mezi esenciální prvky lidské výživy, a tak si ho lidský organismus není schopen syntetizovat, a proto je nutný jeho pravidelný příjem z potravin. Příliš nízký příjem vápníku je jedním z klíčových faktorů, který stojí za porušením mineralizace kostí a následným rozvojem chronického onemocnění osteoporózy. Naopak vyšší denní příjem vápníku, a to nad 2500 mg, má za následek rozvoj hyperkalcemie a s ní spojené zdravotní problémy.

Doporučený denní příjem vápníku z potravy může být komplikován etickými i psychologickými důvody, tento případ nastává zejména u veganů, kteří nahradili mléko a mléčné výrobky rostlinnými nápoji, které i přes fortifikaci dosahují nižší vstřebatelnosti vápníku než běžně konzumované kravské mléko.

Při vyřazení mléka a mléčných výrobků z jídelníčku nastává ochuzení o vápník, ale i o kvalitní bílkoviny, vitaminy a minerální látky.

1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat literární přehled, který se zabývá problematikou obsahu vápníku v mléčných výrobcích a vybraných potravinách, úlohou vápníku v lidské výživě a analytickým metodám, které se věnují stanovení vápníku z mléka.

2 Nejdůležitější minerální látky zastoupené v mléce

Mléko a mléčné produkty jsou významným zdrojem minerálních látek, a pokrývá výživové potřeby spotřebitelů v mnohých evropských zemích, a to přibližně z 10 - 20 % denní doporučené dávky (Zamberlin et al., 2012).

Například v Polsku mléko a mléčné výrobky pokrývají 55 % denního doporučeného příjmu vápníku. Příjem fosforu z mléka a mléčných produktů pokrýval 25 %, z tohoto množství 10 % připadá na konzumaci sýrů. V případě příjmu draslíku, hořčíku a zinku dodává konzumace mléka a mléčných výrobků v průměru 10 - 14 % doporučeného denního příjmu (Czeczotko et al., 2019).

Množství minerálních látek obsažených v mléce závisí na jejich obsahu v půdě a v krmivu pro skot. Dále může celkový obsah minerálních látek v mléce ovlivňovat jeho následná tepelná úprava, při které dochází ke snížení množství minerálních látek oproti syrovému mléku s výjimkou obsahu železa, který je vyšší než u tepelně neošetřeného mléka (Zamberlin et al., 2012).

Mezi nejdůležitější minerální látky nacházející se v mléce se řadí:

- sodík - je důležitý extracelulární kationt, mezi jehož funkce patří regulace osmotického tlaku, acidobazické rovnováhy a buněčného potenciálu. Další jeho vlastností je účast při aktivním transportu sloučenin přes buněčnou membránu. Celkový obsah sodíku v kravském mléce je nízký, ale např. sýry vzhledem k přidavku značného množství soli při výrobním procesu mohou být značným zdrojem sodíku v lidské výživě.
- draslík - je jedním z nejdůležitějších intracelulárních kationtů. Celková koncentrace draslíku v buňkách je 30× vyšší než v extracelulární tekutině. Draslík nacházející se v extracelulárním prostoru je zejména důležitý pro správný přenos nervových vzruchů, správný průběh svalových kontrakcí a udržování fyziologické hladiny krevního tlaku.
- fosfor - je zodpovědný za velké množství biologických funkcí v lidském organismu. V lidském těle se nachází jak v organické formě, tak i ve formě anorganické jako fosfát. Tato minerální látka je součástí velkého množství organických sloučenin např. nukleových kyselin, proteinů, lipidů a sacharidů.
- chlorid - je spolu s draslíkem řazen mezi nejdůležitější extracelulární kationty, jehož funkce spočívá v udržování fyziologické hladiny elektrolytů.

Pravidelný nadměrný příjem kuchyňské soli (NaCl - chlorid sodný) může vést k zvýšenému vylučování vápníku močí, což negativně ovlivňuje celkový stav kostí (Zamberlin et al., 2012).

- hořčík - je součástí více než 300 enzymů, mezi jejichž funkce patří regulace různorodých biochemických funkcí - přenos nervových a svalových impulsů, regulace krevního tlaku a hladiny glukózy v krvi. Velké množství těchto reakcí zahrnuje adenosintrifosfát (ATP). Obsah hořčíku v mléce je díky jeho vysoké vstřebatelnosti důležitou složkou denního příjmu tohoto prvku zejména pro děti a starší osoby, které jsou ohroženy jeho nedostatečným příjmem (Pinotti et al., 2021).
- vápník - problematika vápníku je popsána v dalších kapitolách.

Tabulka 2.1: Zastoupení vybraných minerálních látek ve vybraných druzích mlék

Obsah minerální látky (mg/100 g)	Druh mléka			
	kozí	kravské	ovčí	lidské
vápník	106 - 192	107 - 133	136 - 200	22 - 41
fosfor	92 - 148	63 - 102	80 - 145	12 - 17
hořčík	10 - 21	9 - 16	8 - 19	3,0 - 3,4
sodík	34 - 50	40 - 58	29 - 31	12 - 15
chlorid	100 - 198	90 - 106	71 - 192	32 - 49
draslík	135 - 235	114 - 178	174 - 190	46 - 55

Zdroj: Zamberlin et al., 2012

3 Úloha vápníku v lidské výživě

Vápník je z celkového množství minerálních látek v lidském těle zastoupen v největší koncentraci, a to přibližně 1500 g. Z celkového obsahu vápníku je 99 % obsaženo v zubech a kostech ve formě fosforečnanu vápenatého (Velíšek a Hajšlová, 2009). Zbývající množství vápníku, které je tvořeno 1 %, je důležité pro správnou funkci svalové kontrakce (i srdeční svaloviny), přenos elektrických impulsů, normální funkci buněčných membrán a správnou krevní srážlivost. Konzumace vyšších dávek vápníku by měla pravděpodobně mít ochranný účinek proti vzniku rakoviny tlustého střeva nebo vysokého krevního tlaku, ale při překročení denního příjmu vyššího než 2500 mg hrozí předávkování (Anderson a Agerba, 1997). Důležitý je jeho pravidelný příjem, jelikož vápník se v kosterní soustavě neustále obnovuje (Fantó, 1993).

U dětí a mladistvých, kteří pravidelně nekonzumují mléko nebo další druhy mléčných výrobků např. sýry, by mělo být chybějící množství vápníku dodáváno ve formě potravinových doplňků, a to v dávkách 500 mg ve věku od 1 roku do 9 let nebo okolo 750 mg pro starší děti a mladistvé (Anderson a Agerba, 1997). Denní příjem vápníku u dospělé osoby by měl být přibližně okolo 800 mg (Vyhláška č. 225/2008 Sb., 2022) s výjimkou těhotných žen, u kterých je potřeba denního příjmu mnohem vyšší (Fantó, 1993; Malečková, 2020). Ženy v období menopauzy, které nekonzumují žádné druhy mléčných výrobků, ani mořské ryby jako např. sardinky, by měly pravidelně užívat doplňky stravy s obsahem 750 až 1000 mg vápníku v dávkách 2-3× denně.

Riziko nedostatku vápníku mohou zvýšit níže popsané okolnosti:

- hubnutí
- nadměrná konzumace alkoholu
- chronické nemoci
- těhotenství a kojení
- menopauza u žen
- děti a mladiství, kteří nemají v jídelníčku zařazeny mléko nebo mléčné výrobky a ani ryby
- dědičná osteoporóza
- nevyvážená skladba jídelníčku
- chronické nemoci, které brání příjmu živin

-
- léčba tetracyklinem při onemocnění bakteriální infekcí (Anderson a Agerba, 1997).

3.1 Resorpce vápníku v lidském těle

Resorpce vápníku se v lidském organismu za fyziologických podmínek pohybuje přibližně v rozmezí 25-40 %. Velká část aktivní resorpce probíhá v tračníku a následně v oblastech horního oddílu tenkého střeva, pasivní resorpce pak probíhá v části nižšího oddílu tenkého střeva (kyčelník) a konečná fáze vstřebávání vápníku je lokalizována v tlustém střevu. Vstřebávání vápníku je současně vázáno na jeho sekreci. Rozdíl mezi resorpcí a sekrecí vápníku na úrovni střeva je udáván přibližně okolo 100 mg, míra tohoto rozdílu není závažně omezena ani u osob, u kterých byl proveden resekční výkon v oblasti střeva, pokud délka úseku resekovaného střeva nebyla delší než 1 m (Wilhelm, 2007). Mezi daleko závažnější zákroky, které ovlivňují resorpci vápníku v organismu, patří resekční operace žaludku, jež mohou být v mnoha případech příčinou deficitu vápníku v organismu, dokonce mohou vést k vzniku a rozvoji osteoporózy. Dalším významným faktorem, který ovlivňuje vstřebávání vápníku, patří celkový stav sliznice trávicího ústrojí. Tento stav může být negativně ovlivněn střevními záněty, změnami z důvodu vzniku nádoru, poruchami průchodu tráveniny střevem v důsledku obstrukce trávicího traktu a patologickými změnami v prokrvení v splachnické oblasti. S rostoucím věkem jedince dochází k významnému zvýšení výskytu atrofie žaludeční sliznice, která zároveň snižuje velikost střevní plochy odpovídající za resorpci vápníku (Wilhelm, 2007).

Resorpce vápníku ve střevě na úrovni enterocytů je zajištěna dvěma způsoby. Transcelulární způsob, který je lokalizován na přivrácené straně k střevnímu lumen, je zprostředkován díky funkci speciální transportní bílkoviny calbindinu. Druhá možnost spočívá v aktivním transportu vápníku proti koncentračnímu spádu do krve v oblasti bazolaterální membrány. V případě tohoto transportu je vápník transportován přímo, jednak se dostává do prostoru pro transport po uvolnění z lyzozomu enterocytu (Wilhelm, 2007).

3.2 Faktory ovlivňující resorpci vápníku ve střevě

Mezi významné faktory se řadí:

-
- hodnota pH - alkalické prostředí významně zvyšuje resorpci vápníku, tato vlastnost však může mít negativní důsledky při léčbě střevních lézí pomocí bikarbonátů, kdy může dojít až k rozvoji hyperkalcemie s metabolickou alkalózou. Alkalóza má za následek zvýšené navazování vápníku na bílkoviny, čímž se snižuje množství volného vápníku (Wilhelm, 2007).
 - sacharidy - obecně zvyšují resorpci vápníku, z této skupiny je nejčastěji uváděna laktóza, i když způsob mechanismu resorpce pomocí tohoto sacharidu není stále z velké míry objasněn. Resorpci též zvyšuje manitol a glukóza (Wilhelm, 2007).
 - vláknina - obecně připívá ke snížení resorpce, ale záleží i na přijatém množství vlákniny, i na faktu, kolik vlákniny je přeměno fermentací na mastné kyseliny s krátkým řetězcem v oblasti tlustého střeva (Wilhelm, 2007).
 - aminokyseliny a proteiny - pokud dochází k dennímu příjmu proteinů v doporučeném množství (0,8-1 g/kg hmotnosti jedince), tak není pozorováno významné zvýšení resorpce. Některé aminokyseliny mají schopnost zvyšovat resorpci vápníku (např. lysin) (Wilhelm, 2007).
 - autonomní nervový systém - mezi funkce parasympatiku patří i regulace sekrece žaludečních a střevních šťáv, a tak díky tomuto mechanismu dochází ke zvýšení resorpce. S tímto faktem je uváděna vlastnost zvýšené produkce těchto šťáv u asijské populace, a s tím snížená frekvence výskytu osteoporózy (Wilhelm, 2007).
 - lipidy - snižují resorpci vápníku v důsledku vzniku nerozpustných sloučenin, to ale neplatí všeobecně, jelikož mastné kyseliny s krátkým řetězcem (máselná, octová, propionová), které vznikají z důvodu fermentace vlákniny v tlustém střevě, zvyšují množství vstřebaného vápníku v důsledku zjednodušené resorpce (Wilhelm, 2007).
 - estrogeny - zvyšují resorpci vápníku, vitamin D, který s nimi souběžně působí, má opačný efekt. Pokles hladiny estrogenů ve fertilním věku je jedním z faktorů zodpovědným za projevy premenstruačního syndromu, a tak je ženám v tomto období doporučena suplementace vápníkem společně s vitamínem D (Wilhelm, 2007).

-
- růstový hormon - podporuje vstřebávání vápníku, jelikož současně stimuluje tvorbu hormonu kalcitriolu (Wilhelm, 2007).
 - hormony štítné žlázy - při nadměrné aktivitě hormonů štítné žlázy byly zaznamenána snížená schopnost resorpce, v opačném případě při nízké aktivitě hormonů nebyl zaznamenán žádný vliv na vstřebávání vápníku (Wilhelm, 2007).
 - výživové faktory - u výživových faktorů byla zjištěna negativní korelace mezi množstvím přijatého alkoholu i vlákniny (Wilhelm, 2007).
 - glukokortikoidy - ze studií vyplynul jejich významný efekt na snižování resorpce vápníku ze střeva, především ale také záleží na úseku střeva, kde probíhá resorpce - u distálních částí byl naopak prokázán zvýšený efekt resorpce při transportu vápníku přes střevní sliznici (Wilhelm, 2007).
 - inzulin - se zvýšenou koncentrací inzulinu v krvi se i úměrně zvyšuje střevní resorpce vápníku (Wilhelm, 2007).
 - hořčík - vstřebávání hořčíku ze střeva je podmíněno na množstvím vápníku, přičemž jeho resorpce není vázána na kalcitriol. Pokud nedojde k příjmu vysokých dávek hořčíku, tak hořčík nemá zásadní vliv na zvýšení vstřebávání vápníku (Wilhelm, 2007).
 - fosfor - za fyziologických podmínek vytváří fosfor s vápníkem kalcium-fostát, který je dále velmi dobře vstřebán střevní sliznicí. Pokud dochází k vyššímu příjmu fosforu, tak je současně negativně ovlivněna resorpce vápníku. Z tohoto důvodu by fosfor neměl být přijímán v dávce dvakrát vyšší než je doporučená denní dávka příjmu vápníku (Wilhelm, 2007).

3.3 Exkrece vápníku ledvinami

Pro exkreci vápníku ledvinami je především důležitý podíl ionizovaného vápníku, který je schopen prostupovat přes biologické membrány, k celkovému zdroji vápníku v krvi, jelikož jen ionizovaný vápník může být filtrován ledvinami. V místě distální části proximálního kanálku může být vápník zpětně resorbován dvěma způsoby, a to transcelulárně a paracelulárně. Z dvou již zmiňovaných transportů, které se nachází v proximálním kanálku, převažuje paracelulární, který je zastoupen 80–85 %, a při jeho aktivaci nedochází ke spotřebě energie, a tak se jedná o pasivní transport.

Zbývající transcelulární transport je tvořen 15-20 %, tento transport se řadí mezi aktivní, jelikož je vázán na specifické kanály a k jeho aktivaci je nutná přítomnost energie. V oblasti vzestupné Henleovy kličky je vápník znovu resorbován paracelulárním i transcelulárním způsobem. V této oblasti ledvin je funkce zpětné resorpce podporována hormony kalcitoninem a parathormonem. V koncové oblasti distálního kanálku nefronu se kromě parathormonu a kalcitoninu na zpětné resorpci vápníku podílí i kalcitriol (Wilhelm, 2007).

3.4 Poruchy metabolismu vápníku

Mezi nejčastější poruchy, které souvisí s metabolismem vápníku, patří snižování či zvyšování obsahu vápníku krevní plazmě - hypokalcemie a hyperkalcemie.

3.4.1 Hypokalcemie

Pro funkci řady fyziologických procesů v lidském těle je důležitá normální hladina vápníku v krvi, která se za normálních podmínek pohybuje v úzkém rozmezí od 2,2 – 2,55 mmol/l. Normální koncentrace vápníku v krvi je nepostradatelná pro životně důležité procesy na buněčné úrovni, a to např. při průběhu svalové kontrakce a kontrakce periferního svalstva, srážlivosti krve, vedení nervového vzruchu a přenos nervových přenosů v srdci. Hypokalcemie je definována jako snížená koncentrace ionizovaného vápníku v krvi, přičemž pokles hladiny vápníku je u této poruchy zpravidla pod 1,25 mmol/l. Na hladinu vápníku má zejména vliv aktuální acidobazická rovnováha, a to acidóza, při které se zvyšuje hladina ionizovaného vápníku, a pak alkalóza, při níž dochází ke snížení množství ionizovaného vápníku v krvi (Broulík, 2009).

Mezi projevy hypokalcemie se řadí:

- poškození přenosu nervového vzruchu - zvýšení citlivosti svalových reflexů za vzniku křečí, především nebezpečné při vzniku křečí u dýchacího svalstva (nebezpečí udušení)
- postižení srdečního svalu - poruchy v pravidelném srdečním rytmu, v závažných případech možný rozvoj srdeční zástavy s následnou smrtí
- zvýšené podráždění trávicího ústrojí - vznik průjmu
- demence a zmatenost - při chronické formě, zejména častá u seniorů (Štefánek, 2011).

Vznik hypokalcemie v určitých případech může být i fyziologického původu, např. v těhotenství dochází k fyziologickému poklesu koncentrace vápníku v krvi o 10 %, dále je u mužské populace zaznamenán pokles vápníku s rostoucím věkem oproti ženám, u kterých nebyly zjištěny výrazné poklesy hladiny vápníku vzhledem k věku (Wilhelm, 2007).

Mezi další příčiny vzniku hypokalcemie jsou udávány:

- hypotyreóza - onemocnění štítné žlázy, které způsobuje sníženou tvorbu parathormonu v příštítných tělíscích
- nedostatek vitamínu D - pokud dochází k nedostatečnému příjmu vitamínu D z potravy nebo nedostatečnému přijímání vitamínu D ze slunečního světla
- akutní pankreatida - rozvoj akutního zánětu slinivky břišní má za následek tvorbu zvýšeného množství pankreatických enzymů, které rozštěpí lipidy na mastné kyseliny, a tak dochází při navázání vápníku na mastnou kyselinu k vysrážení vápenatých solí
- léčiva - některé druhy léčiv mohou způsobovat vznik hypokalcemie, jedná se např. o bisfosfonáty užívané při osteoporóze
- selhávání ledvin - při onemocnění ledvin dochází k poklesu schopnosti vylučovat fosfáty do moči, zvýšená hladina fosfátů má za následek snížení množství vápníku v krvi (Štefánek, 2011).

Léčba hypokalcemie spočívá v obnovení fyziologické hladiny vápníku v krvi pomocí podávání vápníku perorálně nebo nitrožilně současně s podáváním vitamínu D (Broulík, 2009).

3.4.2 Hyperkalcemie

Zvýšená hladina vápníku neboli hyperkalcemie je udávána jako množství vápníku v krvi vyšší než 2 SD (směrodatné odchylky) nad referenční mez fyziologické hladiny vápníku (Broulík, 2011.) Za hodnotu, která se již považuje za kritickou, je vyšší koncentrace vápníku v krvi než 3,75 mmol/l (Štefánek, 2011).

U mírného zvýšení celkové koncentrace vápníku často nedochází k projevům příznaků. Případy, u kterých dochází k výraznému zvýšení vápníku v krevním séru, mohou být doprovázeny těmito příznaky:

- svaly a kosti - nadměrné množství vápníku se ve většině případů do organismu nedostává z přijaté potravy, ale je vyplavováno z kostí. Kosti,

u kterých dojde k odvápnění, jsou následně křehčí, a tak mívají vyšší sklon k lámavosti. Další příznaky hyperkalcemie mohou být bolesti kostí a svalů.

- srdce - silná hyperkalcemie může mít za následek narušení správné funkce srdce, což může vést k vzniku arytmie, bušení srdce a dalších problémů, které mohou v konečné fázi způsobit ztrátu vědomí až smrt.
- mozek - hyperkalcemie také negativně ovlivňuje činnost mozku a centrální nervové soustavy. Mezi projevy se řadí apatie, únava a zmatenost, mimo jiné i deprese.
- trávicí soustava - zvýšená hladina vápníku se většinou případů projevuje jako zácpa, bolesti břicha, zvracení a nevolnost.
- ledviny - pokud v organismu dochází ke vzniku hyperkalcemie, tak se ledviny pokoušejí vyloučit z těla přebytečný vápník. Zvýšená funkce ledvin se následně projeví nadměrným močením doprovázeným zvýšenou žíznivostí. Přebytečný vápník má také tendenci se akumulovat v ledvinách, což přispívá k tvorbě ledvinových kamenů, zejména navázání vápníku s kyselinou šťavelovou za vzniku šťavelanu vápenatého.

Mezi nejčastější příčiny vzniku hyperkalcemie se uvádí:

- hyperparatyreóza - jedná se o zvýšenou funkci příštítných tělísek podmíněnou vznikem benigních nádorů na příštítných tělíscích, což má za následek zvýšenou produkci parathormonu.
- nádory - některé druhy nádorů mohou zvyšovat množství vápníku v krvi, např. karcinom plic, prsu a lymfomy.
- další onemocnění - hyperkalcemie může být způsobena i dalšími onemocněními (tuberkulóza a sarkoidóza). Mezi fyziologické projevy těchto chorob patří i zvýšení hladiny vitamínu D, který zvyšuje vstřebatelnost vápníku přijatého z potravy v trávicím ústrojí.
- léčiva - mezi léčiva, která mohou zvyšovat hladinu vápníku v krvi, patří např. lithium užívané při léčbě duševních chorob a bipolární poruchy, které může i mimo jiné zvyšovat vylučování parathormonu.
- výživové doplňky - nadměrný příjem doplňků stravy s obsahem vápníku a vitamínu D může postupně vést k zvýšenému množství vápníku v krvi.

-
- silná dehydratace - při silné dehydrataci může dojít k přechodnému zvýšení vápníku v krvi.
 - snížená mobilita - u lidí, kteří jsou z důvodu dalších chorob upoutáni na lůžko, hrozí vznik hyperkalcemie z důvodu odvápnování kostí, jelikož kosti pro správné ukládání vápníku potřebují pravidelnou zátěž (Vilímovský, 2022).

Léčba hyperkalcemie spočívá v podávání léků na snížení obsahu vápníku v krvi a zajištění dostatečné hydratace pacienta doplněním tekutin perorálně, pokud to není možné, pak podávání 3-6 litrů fyziologického roztoku intravenózně (Broulík, 2011).

3.5 Choroby spojené s metabolismem vápníku a vitamínu D

3.5.1 Osteoporóza

Osteoporóza je definována jako onemocnění skeletu s postupnou progresí, u kterého dochází k úbytku kostní hmoty spojeného s poruchou výstavby kostní tkáně. Kostí postižené osteoporózou jsou náchylnější k zlomeninám (Luchavová a Raška, 2011).

Příčiny vzniku osteoporózy nejsou jednotné, a tak je možné jejich rozdělení na primární a sekundární. U primární osteoporózy je faktorem vzniku postupné stárí lidského organismu a nesouvisí s dalším onemocněním.

- typ I - postmenopauzální: rozvoj této varianty je zaznamenáván v 51 - 65 letech a incidence je 6× častější u žen než u mužů. Tento typ souvisí s poklesem ovariálních hormonů (Němcová a Korsa, 2008).
- typ II - senilní: vznik této varianty nastává u pacientů starších 70 let, přičemž postižení žen je dvakrát častější než u mužů. Tato varianta je doprovázena zvýšenou sekrecí parathormonu a sníženou hladinou vitamínu D v krevním séru, čímž dochází ke snížené schopnosti organismu vstřebávat vápník ze střeva.

U sekundární osteoporózy jsou příčinami vzniku další choroby, např. endokrinní onemocnění, choroby jater a ledvin a diabetes mellitus (Klener, 2006).

Mezi rizikové faktory rozvoje osteoporózy patří:

- vyšší věk
- ženské pohlaví
- etnikum
- BMI < 19

-
- nadměrný příjem alkoholu
 - kouření
 - dlouhodobé užívání kortikoidů
 - genetické predispozice - výskyt zlomenin v 1. linii (otec, matka) (Luchavová a Raška, 2011).
 - nízký příjem vápníku a vitamínu D

Diagnostika tohoto onemocnění spočívá v měření hustoty kostní tkáně (BMD - bone mineral density). Základním principem tohoto vyšetření je měření ztrát RTG záření s dvěma odlišnými energetickými hladinami při průchodu stanovenou oblastí měření (obvykle bederní páteř a proximální část kosti stehenní. Naměřené hodnoty BMD mohou být udávány pomocí T skóre nebo Z skóre. Z skóre je definováno jako počet směrodatných odchylek (SD), které se nachází nad nebo pod střední hodnotou BMD. T skóre využívá stejného principu jako Z skóre, ale je využíváno při diagnostice mladých jedinců. Hranice osteoporózy je stanoveno pod 2,5 SD BMD indexu.

Léčba osteoporózy je založena na doplňování vápníku a vitamínu D s užíváním léčiv, které zabráňují nadměrnému odvápnění kostí a podporují jeho resorpci (Korsa a Němcová, 2007).

3.5.2 Osteomalácie

Osteomalácie je odborně definována jako měknutí kostí, na rozdíl od osteoporózy dochází k patologickým změnám na kosti, která zatím nebyla vytvořena. U osteoporózy jsou přítomny defekty již při přestavbě hotových kostí.

Nejčastějším faktorem vzniku tohoto onemocnění je neadekvátní příjem vitamínu D. Většina populace trpí jeho nedostatkem, jelikož existuje malé množství potravin s jeho obsahem (mléko a mléčné výrobky, ryby), a tyto potraviny nejsou řadou lidí konzumovány v dostatečném množství. V některých případech může být nedostatek vitamínu D způsoben chorobami trávicího ústrojí např. Crohnova choroba, celiakie, syndrom dráždivého tračníku a nádory, kdy dochází k snížené absorpci živin ze střeva. Potíže s vstřebáváním vitamínu D z potravy mohou mít i lidé, kteří dlouhodobě užívají léky s protizánětlivým účinkem s nesteroidním efektem - ibuprofen a léky, jež snižují kyselost žaludku.

Mezi nejčastější příznaky patří oslabení kostí a svalů, kosti jsou náchylné ke zlomeninám kvůli jejich měknutí a potíže se svalstvem jsou způsobeny zejména zkrácením svalových úponů na kostech. Mezi další příznaky se řadí mravenčení horních

i dolních končetin, nepravidelný srdeční tep, mravenčení kolem úst a vznik křečí v oblasti horních i dolních končetin. Léčba spočívá v doplnění nedostatku vitamínu D a vápníku pomocí doplňků stravy (Vilímovský, 2022).

Křivice je obdobou osteomalacie, ale k jejímu vzniku dochází v dětském věku. Výskyt křivice neboli „anglické nemoci“ je stále zaznamenáván po celém světě. Denní doporučené množství vitamínu D je 800 - 1000 UI, a to od novorozeneckého období až po dospělost. V zeměpisné šířce ČR by měl být doplňován vitamin D v průběhu celého růstu jedince až do období dospívání, a to od října do dubna. Pro správné vstřebávání vitamínu D musí být ve stravě dostatečné množství vápníku. Symptomy tohoto onemocnění u dětí jsou:

- patologické změny na kloubech a skeletu
- deformace zubů a náchylnost k zubním kazům
- náchylnost k infekcím (bronchitida a bronchopneumonie)
- hypotonie břišního svalstva, vznik tzv. žabího břicha
- těžké deformity hrudníku (Cirmanová, 2014).

4 Zastoupení vápníku ve vybraných potravinách

4.1 Mléko a mléčné výrobky

Obsah vápníku v mléce je v podstatě konstantní a z velké části není ovlivněn podnebím, stádiem laktace a složením krmné dávky dojnice. Zhruba $\frac{2}{3}$ obsahu vápníku v mléce je navázáno na kasein, malé množství vápníku na fosfor, citrát a další druhy proteinů vyskytující se v mléce. Zbylé množství vápníku v mléce se nachází ve volném stavu. Z mléčných výrobků si uchovává nízkotučné mléko, sušené nízkotučné mléko a jogurt veškeré množství vápníku před jeho následnou technologickou úpravou (Theobald, 2005).

Z celkového obsahu vápníku zůstává 80 % v tvrdých sýrech např. čedar, na rozdíl od másla, které obsahuje pouze 18 % vápníku (Theobald, 2005). Nejvyšší množství vápníku bylo zjištěno u zrajících sýrů (přibližně 400 až 1400 mg na 100 g). Nižší obsah vápníku byl zjištěn u fermentovaných mléčných výrobků (103 až 170 mg na 100 g) a u čerstvých sýrů (90 až 100 mg na 100 g) (Klobukowski et al., 2014). Mléko a mléčné výrobky jsou jedny z nejlepších zdrojů vápníku, jelikož jeho využitelnost z těchto potravin činí 30 % (Heaney et al., 1988). Tato vysoká vstřebatelnost je zřejmě ovlivněna nepřítomností faktorů, které inhibují vstřebávání vápníku, a obsahem složek s podporujícím účinkem vstřebávání - proteiny, laktóza a fosfopeptidy (Cashman, 2002).

Vysoké vstřebatelnosti vápníku obsaženého v mléce a mléčných výrobcích je dále využíváno při možném zvýšení obsahu vápníku fortifikací, kdy tyto výrobky mohou přispívat ke snížení nedostatku vápníku v jídelníčku ohrožené části populace, např. starších osob a žen v postmenopauzálním věku. Proces zvýšení obsahu vápníku v mléce a mléčných produktech je založen na přidavku vápenatých solí do vybraného výrobku. Mezi nejčastěji používané vápenaté soli se řadí uhličitan vápenatý, chlorid vápenatý, mléčnan vápenatý, citrát vápenatý a glukonát vápenatý (Koutina et al., 2014).

Přídavek vápníku do mléka může následně ovlivňovat fyzikálně-chemické vlastnosti produktu a vést k ireversibilní koagulaci při průmyslovém zpracování mléka, zejména při tepelném zahřevu mléka na vysoké teploty. Při tepelném zahřevu fortifikovaného mléka také může docházet ke vzniku netypické pachuti mléka, která je pro spotřebitele nepřijatelná. Z výše uvedených důvodů je důležitý výběr vhodné soli, případě jejich kombinací, který je založen na snížení výskytu nežádoucích vlastností

a zvýšení vstřebatelnosti vápníku ve výsledném produktu (Acosta et al., 2020). Například při přidavku 120 mg vápníku na 100 ml mléka ve formě nerozpustných solí (fosfát vápenatý a citrát vápenatý) nedochází ke změnám hodnoty pH a koncentraci iontů Ca^{2+} a mléko si zachovává tepelnou stabilitu. Rozdíl je pozorován při přidavku rozpustných solí (chlorid vápenatý a glukonan vápenatý), jelikož dochází ke snížení pH mléka a zvýšení obsahu Ca^{2+} , čímž mléko ztrácí tepelnou stabilitu a není vhodné pro následnou tepelnou úpravu. Chlorid vápenatý se řadí mezi sůl s nejvyšším negativním účinkem na tepelnou stabilitu mléka. Mléko s jeho přidavkem bylo nevhodné pro úpravu UHT pasterizací na rozdíl od sterilace v obalu. Mezi hlavní problémy při produkci fortifikovaného UHT mléka patří zvýšení sedimentace hotového výrobku a nárůst tvorby nánosu ve výměníku tepla, což má za následek zvýšenou frekvenci čištění stroje a nárůst ekonomických nákladů. Snížení sedimentace lze dosáhnout přidavkem chelátového činidla (Lewis a Deeth, 2014) jako je např. citronan sodný a hydrogenfosforečnan sodný (Pathomrungsriyounggul et al., 2010).

Tabulka 4.1: Množství vápníku ve vybraných mléčných výrobcích

Vybraný mléčný produkt	Obsah vápníku (mg/100 g)
Feta	360
Čedar	739
Máslo	18
Slazené kondenzované mléko	330
Parmezán	1025
Plnotučné mléko	118
Nízkotučný bílý jogurt	162
Sušené odtučněné mléko	1280
Čerství kozí sýr	133

Zdroj: (Theobald, 2005).

4.2 Ostatní potraviny

Obiloviny

Obiloviny přirozeně neobsahují významné množství vápníku, ale díky fortifikaci vápníkem se mohou produkty z obilovin stát významným zdrojem vápníku v lidském jídelníčku. Až do 18. století bylo běžné při výrobě chleba do mouky přidávat mletou kostní močku a křídou, důvodem tohoto postupu nebylo zvýšení nutriční hodnoty výsledného produktu, ale vysoká poptávka veřejnosti po bílém chlebu, zároveň díky tomuto přidavku byl chléb schopen více kynout. Tato fortifikace byla zakázaná v roce 1758. V roce 1943 bylo nařízeno při výrobě chleba přidávat uhličitan vápenatý, a to institucí Medical Research Council's Accessory Food Factor Committee, z důvodu strachu z nedostatku mléka a mléčných výrobků během válečného období (Theobald, 2005).

Kyselina fytová je schopna vázat vápník za vzniku dobře rozpustného vápenato-fytátového komplexu, aby bylo dosaženo stanové rozpustnosti, tak musí být hodnota pH nižší než 4. Při posunu tohoto komplexu dále trávicím ústrojím dochází ke snížení rozpustnosti vzhledem k zvyšujícímu se pH. Když je fytát posunut až do tlustého střeva, tak je rozkládán pomocí enzymu fytázy, který je produkován střevní mikroflórou. Množství produkovaného enzymu záleží na celkovém množství vápníku ve stravě, a aby bylo dosaženo 100% rozkladu fytátu, tak musí být molární poměr fosforu a vápníku 4:1 a hodnota pH nižší než 8 (Huppertz a Skhembí, 2022).

Ovoce a zelenina

Množství konzumace ovoce a zeleniny se výrazně liší v jednotlivých státech, např. ve Velké Británii celkové množství zkonsumovaného ovoce a zeleniny přispívá k celkové denní dávce vápníku 50 mg denně, toto množství může být v určitých státech s vyšším zařazením těchto plodin do jídelníčku 200 mg až 400 mg. Způsob pěstování zeleniny má nízký vliv na celkové množství vápníku v rostlině, ale jsou zaznamenány rozdíly ve vstřebatelnosti mezi jednotlivými druhy (Theobald, 2005). Tento faktor je dán rozdílným množstvím kyseliny šťavelové, která tvoří s vápníkem sůl s nízkou mírou rozpustnosti.

Šťavelan vápenatý je těžko rozpustný při neutrálním či zásaditém pH, ale k zvýšení jeho rozpustnosti nedochází ani při poklesu pH pod 2. Nerozpustné šťavelanové soli jsou z těla vylučovány s výkaly, ale malé množství vápníku, který na ně není navázán je vstřebáno v tlustém střevě. Zvýšení negativního efektu oxalátu na vstřebatelnost vápníku nastává, když je molární poměr šťavelanu k vápníku 9:4., tento případ je popsán u rebarbory a špenátu, jelikož jsou tyto druhy řazeny mezi ze-

leninu s vysokým obsahem kyseliny šťavelové. Vyšší vstřebatelnost vápníku je dosahována při konzumaci zeleniny s nízkým obsahem kyseliny šťavelové např. brokolice, kapusta a pak choi (čínské zelí) (Huppertz a Skhembí, 2022).

Luštěniny

Vápník obsažený v luštěninách je lidským organismem vstřebáván v omezeném množství z důvodu přítomnosti antinutričních látek jako je kyselina fytová, lektiny a saponiny (Sandberg, 2003). Produkty z luštěnin mohou být fortifikovány vápníkem, např. sójové mléko, které je alternativou kravského mléka pro vegany a vegetariány. Nativní sójové mléko bez přídavku vápníku obsahuje nízké množství vápníku oproti kravskému, ale po následné fortifikaci zpravidla dosahuje podobných hodnot. Vstřebatelnost vápníku ze sójových bobů je okolo 30 - 40 %, což je více než např. listové zeleniny a fazolí. Při dalších studiích bylo zjištěno, že vstřebatelnost vápníku z kravského mléka je vyšší o 25 % než u sójového, do kterého je vápník dodáván ve formě fosforečnanu vápenatého (Heaney et al., 2000).

Maso, vejce, ryby

Dalšími zdroji vápníku v jídelníčku mohou být vejce, u nichž je obsah vápníku v celém vejci 57 mg/100g, vyšší množství vápníku se nachází v samotném vaječném žloutku, a to 130 mg na jeden žloutek. Ryby a mořské plody, zejména druhy, u nichž jsou s masem konzumovány kosti, jsou významným zdrojem vápníku (Theobald, 2005).

Tabulka 4.2: Obsah vápníku ve vybraných druzích potravin

Vybrané druhy potravin	Obsah vápníku (v mg/100 g)
Konzervovaný tuňák	8
Konzervované sardinky	540
Vařené krevety	110
Tepelně neupravené dršťky	52
Čočka	71
Hrách	96
Sója	201
Cizrna	124
Fazole	197
Pomeranče	47
Jablka	4
Banány	6
Vařená brokolice	40
Konzervovaná rajčata	12
Ledový salát	28
Syrová mrkev	25
Nové brambory vařené ve slupce	13
Vařené pozdní brambory	5
Vařená hnědá rýže	4
Celozrnná pšeničná mouka	38
Vařené těstoviny	33
Žitný chléb	80
Pšeničný chléb	177
Celozrnný chléb	106

5 Výživová hodnota rostlinných nápojů a zastoupení vápníku

Množství konzumovaných rostlinných nápojů neboli extraktů získávaných z vybraných částí rostlin je každoročně zvyšováno ve vyspělých i rozvojových státech. Rostlinné nápoje jsou velmi často označovány jako rostlinná mléka, což je dle legislativy protiprávní postup v označování výrobku (Fuchs et al., 2016).

Dostupné živiny z rostlinných nápojů postrádají vyšší kvalitu živin oproti mlékům pocházejícím z živočišných zdrojů např. kravské mléko. Do velkého množství rostlinných nápojů jsou běžně přidávána zahušťovadla z důvodu nízkého obsahu sušiny. Možné benefity související s konzumací rostlinných nápojů jsou především vyšší obsah vlákniny, nižší množství nasycených mastných kyselin, vyšší koncentrace vitamínu E a antioxidantů rostlinného původu (Jenkins et al., 2002).

Konzumace rostlinných nápojů může mít i negativní vlastnosti, jedná se např. o potvrzený dvojnásobný výskyt těžkých kovů (arsen a kadmium) oproti kravskému mléku. Podle provedené studie Státního zdravotnického ústavu obsahuje 240 ml nefiltrované rostlinné nápoje vyrobeného z máku množství kadmia, které 3x překračuje denní povolený limit pro děti s váhou do 20 kg. Dále rostlinné nápoje obsahují menší množství bílkovin s nižší biologickou hodnotou v důsledku nepřítomnosti některých esenciálních aminokyselin (lysin a větvené či sirné aminokyseliny). Obsah bílkovin v rostlinných nápojích je udáván od 0,1 až do 2,85 % hmotnosti (Dostálová et al., 2017).

Ve většině případů je složení lipidů u rostlinných nápojů vhodnější než u mléčného tuku - v 1 g mléčného tuku se přibližně nachází 0,6 g nasycených kyselin, avšak u sušených rostlinných nápojů byl zjištěn poměrně vysoký obsah *trans* mastných kyselin, a to 8,4 g na 100 g sušeného nápoje. Tento zvýšený výskyt je zapříčiněn přidáváním částečně ztužených rostlinných olejů do výrobku. *Trans* mastné kyseliny působí negativně na kardiovaskulární systém a přispívají k vzniku diabetu II. typu (Dostálová et al., 2017).

Celkové množství vápníku ve vybraných druzích rostlinných nápojů bylo znatelně nižší než u kravského mléka s průměrnou hodnotou 100 - 120 mg na 100 g. Mezi výjimky se řadí makový nápoj s množstvím 355 mg vápníku na 500 ml, což je nejvyšší přirozený obsah Ca v rostlinných nápojích bez jejich fortifikace vápníkem. U sušených nápojů, které se následně připravují po rozpuštění s vodou, bylo zjištěno minimální

množství tohoto prvku. U nápojů číslo 4. až 6. - (kokosový s rýží - fortifikovaný, sójový - fortifikovaný a ovesný fortifikovaný) je vyšší obsah vápníku z důvodu fortifikace nápoje fosforečnanem vápenatým. Podle mnohých studií je vápník, který je důležitý pro správný vývin kostí v především dětském věku, nejlépe využit z mléka než z rostlinných nápojů s jeho přidavkem (Dostálová et al, 2017). Konzumace mléka a mléčných výrobků je spojována s dosažením vyššího věku - dívky, které pravidelně denně pily tři porce mléka, vyrostly následující rok o 0,3 cm více než dívky, jež konzumovaly jen jednu porci denně. Při konzumaci pouze rostlinných nápojů namísto kravského mléka v porcích 3 denně bylo zjištěno, že děti s tímto příjmem byly nižší o 1,5 cm než jejich vrstevníci, jejichž jídelníček obsahoval mléko (Scholz-Ahrens et al., 2020). Z těchto důvodů je nutné při nahrazení mléka v jídelníčku rostlinnými nápoji brát na zřetel nižší výživovou hodnotu těchto výrobků. Kompletní nahrazení mléka rostlinnými alternativy není vhodné u těhotných a kojících žen, dětí a seniorů, z důvodu nedostatečného zásobení organismu adekvátním množstvím určitých živin (Dostálová et al., 2017).

Tabulka 5.1: Obsah vápníku ve vybraných rostlinných nápojích

Druh nápoje	Obsah vápníku (v mg/100 g)
Rýžový	10,1
Ovesný	9,5
Kukuřičný (sušený)	14,7
Kokosový s rýží (fortifikovaný)	125
Sójový (fortifikovaný)	126
Ovesný (fortifikovaný)	120
Mandlový	57,7

Zdroj: (Dostálová et al., 2017).

6 Laktózová intolerance

Laktózová intolerance, která souvisí s primární nebo sekundární nedostatečnou expresí enzymu laktázy a mezi jejíž příznaky patří bolesti žaludku, plynatost, škrundání v břiše, popřípadě jeho nafouknutí a průjem, je způsobena příjmem laktózy obsažené zejména v mléce a v mléčných výrobcích. Vznik a propuknutí onemocnění nespočívá jen s mírou exprese laktázy v organismu jedince, ale i s přijatou dávkou laktózy, stavem střevní mikroflóry, pohybem střevního traktu a citlivostí trávicího traktu na množství vznikajících plynů, které vznikají při rozkladu laktózy v tenkém střevě. (Deng et al., 2015).

6.1 Laktóza

Z chemického hlediska je laktóza disacharid tvořený 1 molekulou glukózy a 1 molekulou galaktózy. Obsah laktózy v mléce je značně variabilní (0,1-7 %). Nejvyšším obsahem laktózy disponuje mateřské mléko (7,1-7,2 %), čerstvé kravské mléko s porovnáním k mateřskému mléku obsahuje (4,5-5,2 %), ale nejčastěji v průměru obsahuje 4,3 % laktózy. Obsah laktózy v mléce dojnic závisí především na celkovém zdraví mléčné žlázy, fázi laktace, popřípadě dalším metabolickým onemocněním. Při mastitidách ve většině případů dochází k jejímu zvýšení. Laktóza neboli také mléčný cukr je důležitou složkou energetického příjmu u savců v období mléčné výživy, s výjimkou mateřského mléka ploutvonožců, které neobsahuje laktózu (Kopáček, 2017).

Mimo energetickou důležitost laktóza dodává mléku typickou nasládlou chuť, a dále ovlivňuje fyzikálně-chemické vlastnosti mléka jako bod varu, bod mrznutí, hustotu a osmotický tlak. Její obsah v mléce podporuje vstřebávání vápníku a zvyšuje nutriční profil mléka a mléčných výrobků. Další vlastností laktózy je působení jako prebiotikum, čímž napomáhá růstu prospěšných bakterií v střevním traktu. Laktóza má nezastupitelnou funkci při výrobě mléčných výrobků, mezi které se řadí sýry a fermentované mléčné výrobky, při zpracování mléka na výrobu mražených krémů a zahusťených mléčných výrobků ovlivňuje jejich texturu (Kopáček, 2017).

6.2 Trávení laktózy

Pro řádné trávení laktózy a její rozložení na glukózu a galaktózu v trávicím traktu je nutná přítomnost enzymu β -galaktosidázy neboli laktázy. Pokud není enzym přítomen v dostatečné koncentraci nebo zcela chybí jeho tvorba, tak dochází k nerozložení a nevstřebání laktózy, a ta postupuje trávicím traktem do kyčelníku a následně do tlustého střeva, kde dochází k jejímu rozkladu bakteriemi mléčného kvašení, což má za následek vznik trávicích potíží (Kopáček, 2017). Laktáza je tvořena na kartáčovém lemu enterocytů, z nichž je pak uvolňovaná k rozkladu laktózy po její konzumaci (Galenus, 2022). Aktivita laktázy na povrchu hlenové vrstvy tenkého střeva může být již detekována v 8. týdnu embryonálního vývoje, množství tohoto enzymu se postupně zvyšuje do 34. týdnu gravidity a k vrcholu jeho exprese dochází těsně před porodem (Deng et al., 2015).

V dětství je aktivita laktázy velmi vysoká až stoprocentní, tento faktor je důležitý zejména pro kojence, jelikož jsou ve většině případů živeni mateřským mlékem. Pokud dochází v ojedinělých případech k nepřítomnosti laktázy po narození, tak musí být mateřské mléko nahrazeno umělou výživou nebo mlékem bez obsahu laktózy. Porucha exprese laktázy se také může projevit u nedonošených novorozenců vzhledem k nedostatečné zralosti trávicího traktu, ale ve většině případů spontánně odezní s dokončením vývinu trávicí soustavy (Kopáček, 2017).

Porucha trávení laktózy nemusí vést vždy k symptomům nesnášenlivosti laktózy. Většina jedinců, jež trpí laktózovou intolerancí, je schopna strávit až 12 g laktózy najednou, což odpovídá přibližně 240 ml mléka, a to bez vzniku jakýchkoliv obtíží, po případě konzumace může být provázena méně závažnými příznaky laktózové intolerance. Konzumace vyšších dávek výrobků s laktózou by měla být rozložena do menších dávek a tyto dávky by měly být podávány během celého dne v intervalech (Kopáček, 2017).

6.3 Laktózová perzistence a její mutace

Jedinci, kteří jsou nositelem mutace pro laktózovou perzistenci, jsou schopni konzumovat sladké mléko v dospělosti bez trávicích obtíží díky přetrvávající aktivitě laktázy. Tato mutace je celosvětově populaci zastoupena 32 % a její rozložení je ovlivněno především kontinentálně a etnickým původem obyvatel. K značnému rozšíření laktázové perzistence došlo v Evropě, a to zejména v severských oblastech - Velká Británie a Skandinávie, kde je přítomnost této mutace mezi 96 - 82 % obyvatel. Výskyt

této mutace v ČR je přibližně okolo 80 % a s postupným posunem k jihu procento obyvatelstva s laktózovou perzistencí klesá. V dospělosti se také vyskytuje mutace u pastevců žijících v Africe, Arabském poloostrovu a Předním východu, naopak zcela chybí u populací v Jihovýchodní Asii a Australanů i Indiánů. Mezi obyvateli Střední Asie a Indie je přítomnost laktózové perzistence na rozhraní již zmiňovaných oblastí (Priehodová, 2016).

Teorie o vzniku LP - (laktózové perzistence) se především opírají teorie, které označují vznik této mutace jako součást genově-kulturní revoluce. Jedná se především o vývoj zemědělství a začlenění mléčné produkce do systému hospodaření, a v současnosti přetrvává u národů, které v minulosti pravidelně konzumovaly mléko a mléčné výrobky a v této tradici stále pokračují. Mezi další faktory patří možné zlepšení tělesné kondice jedinců v určitých klimatických podmínkách, a to především platí pro pastevce na Arabském ostrově a v Africe, kteří s konzumací 1 - 2 l mléka přijmou nejen značné množství energie, ale zejména v oblastech s nedostatkem kvalitní pitné vody i cenné tekutiny. Vysoká přítomnost LP v severských evropských zemích souvisí především se zhoršenou schopností místní populace získávat vitamin D ze slunečního záření. Vitamin D vzniká z prekursoru (provitaminu 7-dehydrocholesterolu) v pokožce a následně se z něj stává výchozí látka, jež odpovídá za syntézu kalcitriolu. Tento hormon je důležitý pro správný metabolismus fosforu a vápníku. Deficit vitaminu D má za následek vznik osteomalacie nebo křivice. Jestliže lidé v těchto zeměpisných oblastech jsou nositeli mutace, která umožňuje trávit laktózu, tak se konzumace mléka a mléčných výrobků stává důležitým zdrojem vápníku a v menším množství vitaminu D, a tak se zvyšuje šance potomků, že se dožijí dospělosti bez onemocnění křivicí. S velkou pravděpodobností dojde i k narození většího množství potomků, kteří po rodičích zdědí mutaci laktázové perzistence, která se může postupně šířit v populaci do dalších generací (Priehodová, 2016).

Laktózová perzistence se v populaci dědí jako autozomálně dominantní znak a její poloha byla identifikována na pozici genu pro laktázu (LCT) – 2q21, přesněji umístěnou na dlouhém ramenu druhého chromozomu, přesný důvod vzniku LP byl vědci objasněn až roku 2002. Genová výbava člověka obsahuje dvacet dva párů autozomů a jeden pár gonozomů, který určuje pohlaví jedince. Pokud je zkoumaný znak autozomálně dominantní dědičný, tak to v případě laktázové perzistence znamená, že se znak projeví i u heterozygotního jedince, jelikož stačí přítomnost mutace na jednom páru chromozomu. V případě dominantního homozygota dochází k výskytu této

mutace na obou párech chromozomu. Vznik laktóзовé perzistence souvisí s mutací nacházející se v jednom a to konkrétně záměna dusíkaté báze thyminu za cytosin, jež ale není lokalizována v genu pro expresi laktázy, ale v sousedním genu, který je označován zkratkou MCM6, jenž se přesně nachází v odstupu 13 910 páru bází. Konkrétně ve vzdálenosti 13 910 párů bází v opačném směru transkripce od genu pro laktázu. Bylo zjištěno, že tato konkrétní mutace zvyšuje expresi genu pro laktázu neboli tvorbu laktázy, a tak nedochází ke snížení množství její produkce jako u jedinců, kteří nejsou nositelem mutaci pro laktóзовou perzistenci. Mutace označována jako 13910*T (toto označení udává vzdálenost od genu LP a zaměněné báze) byla označena jako důvod přítomnosti laktóзовé perzistence v Evropě. U značné části populace pastevců Předního východu a východní Afriky, jež jsou schopni trávit laktózu v dospělosti, ale není u nich detekována evropská mutace pro LP. Potupně byly objeveny další mutace, které odpovídají za rozšíření LP v této oblasti, a to 14010*C (alela před záměnou guanin), 13907*G (alela před záměnou cytozin) a 14009*G (alela před záměnou thymin) v Africe, v oblasti Afrického poloostrova pak 13915*G (alela před záměnou thymin). Nutné je však zmínit, že v Africe je kromě již zmiňovaných mutací přítomna i evropská mutace pro LP, zatímco v Evropě a na Arabském poloostrově je přítomen jen jeden druh mutace daný pro jednotlivou zeměpisnou oblast. Z těchto poznatků lze usuzovat, že mutace pro LP vznikala v jednotlivých oblastech nezávisle na sobě v různých historických periodách (Priehodová, 2016).

6.4 Typy laktóзовé intolerance

S tímto onemocněním jsou rozlišovány jeho tři formy:

- vrozená laktóзовá intolerance - tato forma se považuje za vzácnou, zcela chybí exprese laktázy v organismu postiženého jedince
- primární laktóзовá intolerance - tato forma je přítomna především v adultním věku u lidí, jimž v dospělosti chybí alela, která je zodpovědná za mutaci pro laktóзовou perzistenci. Vzhledem ke globálnímu měřítku, v kterém je 70 % obyvatelstva neschopno v dospělosti trávit mléčný cukr, tak je možné tento stav vnímat jako „normální“ s výjimkou populací s rozšířenou laktóзовou perzistencí, u nichž je schopnost trávit mléčný cukr po celou dobu života možné považovat za standardní stav.

-
- získaná laktózová intolerance - v některých případech se stává, že poškození střevní sliznice dalšími vlivy má za následek vznik neschopnosti trávit mléčný cukr. Jedná se především o konečný důsledek onemocnění průjmů, užíváním některých druhů léčiv (antibiotika), a při chronických onemocněních střevní sliznice např. Crohnova choroba nebo celiakie, příčinou mohou být také pooperační stavy po operaci žaludku, kdy dochází k rychlému průchodu potravy žaludkem a do tenkého střeva, kde dochází k nedostatečně rychlé produkci laktázy buňkami tenkého střeva. U kojenců je tento druh laktózové intolerance často způsoben po infekci rotaviry, kdy při navrácení mléka do dětského jídelníčku dochází k vleklým průjmům, které ohrožují organismus dítěte závažnou dehydratací. Nedostatek produkce laktázy bývá ve většině případů jen dočasný, a tak po zhojení sliznice dochází k její opětovné produkci, což znamená možnost konzumace mléka dítětem bez dalších negativních následků (Kopáček, 2017).

6.5 Klinická diagnóza a léčba laktózové intolerance

V medicínské praxi jsou známy různé typy klinických a laboratorních vyšetření, které slouží k prokázání snížené schopnosti absorpce laktózy a následné diagnostice laktózové intolerance.

Mezi invazivní metody se řadí biopsie hlenu tenkého střeva, která zároveň slouží jako referenční standard posuzující primární a sekundární laktózovou intoleranci, ale nevýhodou této metody je detekční limit při rozdílné expresi laktázy v tenkém střevě u jednotlivých jedinců a především její invazivnost (Deng et al., 2015).

Při dechovém testu dochází ke stanovení množství vydechovaného H_2 , který je produkován střevními bakteriemi po konzumaci (Kopáček, 2017). Při provedení vodíkového testu je nutné brát na zřetel malé množství falešně pozitivních testů z důvodu přemnožení bakterií v trávicím traktu, ale mezi horší potíže při provedení tohoto testu patří procento falešně negativních testů, a to v rozmezí (2 % – 43 %). Falešná negativita testů je způsobena přítomností bakterií neprodukujících vodík, které se nachází v tračníku. Tento problém lze do určité míry zmírnit zkoumáním hlášení pacientů po konzumaci testovací dávky. Falešně pozitivní pacienty si stěžují na příznaky, jenž mohou souviset s laktózovou intolerancí bezprostředně po požití testovací dávky s ob-

sahem laktózy. Pacienti, kteří skutečně trpí laktózovou intolerancí, si stěžují na projevy příznaků až po 50-100 minutách po požití testovací dávky, což je obvykle doba, kdy laktóza vstoupí do tračníku (Deng et al., 2015).

Laktózový intoleranční test je založen na měření hladiny glukózy v krvi po požití 50 g laktózy rozpuštěné ve vodě. K testování hladiny glukózy dochází v jednotlivých intervalech pomocí odběru kapilární krve - 0, 5, 15, 30, 45 a 60 minut. Důkazem laktózové intolerance je nárůst glukózy v krvi vyšší než 1,4 mol/l (Canani a Costanzo, 2018). Při vyhodnocování této metody je nutné brát na vědomí výkyvy v hladinách krevního cukru po jídle (Deng et al., 2015).

Tato metoda diagnostiky laktózové intolerance se využívá především u dětských pacientů. Metodika tohoto testu spočívá v měření kyselin ve stolici. Z laktózy, která není strávena v tlustém střevě, vzniká kyselina mléčná a další mastné kyseliny, jež lze laboratorně detekovat. V stolici mohou být přítomny další metabolity např. metabolit laktózy (glukóza) (NDDIC, 2012).

6.6 Léčba laktózové intolerance

Léčba laktózové intolerance spočívá zejména v úpravě jídelníčku (Kopáček, 2017) a případném dodání laktázy do organismu ve formě doplňků stravy, které se přidávají přímo do pokrmu s obsahem laktózy (Vilímovský, 2018). Dle závažnosti snížení aktivity laktázy je vhodné vyřadit z jídelníčku mléčné výrobky s vysokým obsahem laktózy, a to především mléko, ale naopak je vhodné pravidelně konzumovat výrobky se sníženým množstvím laktózy, a to především zakysané mléčné výrobky (Kopáček, 2017).

Tvrdé sýry obsahují minimální množství laktózy, a tak jsou vhodné pro konzumaci osobami trpícími laktózovou intolerancí. V čerstvých, tavených sýrech a tvarohu je množství laktózy výrazně sníženo, a tak by jejich konzumace neměly vyvolávat výrazné trávicí potíže. Tato vlastnost je dána přidáním čistých mléčných kultur při výrobě, jelikož tyto kultury jsou schopny rozložit část laktózy obsažené v mléce na kyselinu mléčnou a další metabolity, které již nečiní člověku trávicí potíže (Kopáček, 2017).

Zakysané mléčné výrobky např. jogurty také obsahují laktózu, ale v menším množství než mléko, jelikož došlo již k částečnému rozkladu mléčnými bakteriemi. Tyto bakterie dále pomáhají rozštěpit laktózu v trávicím traktu, a tak většina lidí trpící laktózovou intolerancí, je schopna konzumovat jogurty bez větších trávicích obtíží.

Mléčné bakterie, jež jsou součástí zakysaných mléčných výrobků, a to zejména probiotických, mohou přispět k výraznému zlepšení zdravotního stavu pacienta s laktózovou intolerancí. U tohoto onemocnění je třeba klást důraz i na výběr dalších potravin, které mohou laktózu obsahovat. Nejčastěji se jedná o zmrzlinu, zákusky, margarín, máslo, mléčnou čokoládu, vybrané druhy dezertů nebo také potraviny s obsahem sušeného mléka. Laktóza se také může nacházet v nápojích, žvýkačkách či lécích, proto je nutné pečlivě sledovat složení potravin, které zařadíme do našeho jídelníčku (Kopáček, 2017).

V současnosti je na trhu pro osoby trpící laktózovou intolerancí dostupný poměrně široký výběr výrobků, u nichž je snížen obsah laktózy nebo výrobky delaktózované, které zcela neobsahují laktózu. Výhodou těchto výrobků je zejména obsah stejného množství živin, jako jsou např. bílkoviny, minerály, z nichž je nejdůležitější vápník a vitamíny jako mléko a mléčné výrobky bez odstranění laktózy. Pro spotřebitele je nezanedbatelnou výhodou i jejich chuťová podobnost s běžným mlékem a mléčnými výrobky, a tak zařazení bezlaktózových výrobků do jídelníčku není pro většinu konzumentů problematickým (Kopáček, 2017).

Další možností je také vyzkoušení pravidelné konzumace mléka a mléčných výrobků s postupným navyšováním množství a frekvence zkonsumovaného množství výrobku. Tato expozice ve většině případů může vést ke zvýšení schopnosti organismu štěpit laktózu i ke snížení příznaků, kterými pacienti s laktózovou intolerancí trpí. Dle studií, které byly provedeny v nedávné době, bylo zjištěno, že lidé trpící neschopností trávit mléčný cukr, si snížili množství a závažnost symptomů způsobených tímto onemocněním až o polovinu v důsledku pravidelného konzumování nízkého množství laktózy v časovém rozmezí 10 dnů (Kopáček, 2017).

7 Metody sloužící k stanovení vápníku v mléce

7.1 Chelatometrie

Chelatometrie se řadí mezi metody odměrné analýzy. Při této analýze slouží jako odměrný roztok disodné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové, který je běžně označována jako Chelaton III. Principem této metody je vznik komplexu složeného z kovu a odměrného roztoku Chelatonu III označován jako chelát. Stabilita vznikajícího komplexu je ovlivněna hodnotou pH, při kterém je titrace prováděna. Jednotlivé kovy disponují rozdílnými nároky na pH okolí, např. Ca^{2+} tvoří stabilnější komplexy pH. Nejvhodnější hodnotou pH pro stanovení vápníku je pH přibližně 12. Kvůli různým nárokům na pH prostředí je časté upravování této veličiny pomocí pufrů. K indikaci bodu ekvivalence jsou využívány metalochromní indikátory (Slovák, 2022).

Metalochromní indikátory se řadí mezi látky organické povahy, které s chelátovým komplexem utvářejí komplex odlišného zabarvení, který se liší od původního zbarvení. Mezi nejčastěji používané metalochromní indikátory se řadí xylenolová oranž, murexid, eriochromová čerň T a thymolftalexon (Slovák, 2022).

7.2 Manganometrie

Manganometrie je řazena k titracím redoxního charakteru. Tyto titrace jsou založeny na redoxně-oxidačních rovnováhách. Při manganometrii je využíván manganistan draselný (KMnO_4) jako činidlo s vysokým oxidačním potenciálem. K dosažení maximální reakčního potenciál tohoto činidla musí titrace probíhat v kyselém prostředí. Výhodou této titrační metody je provedení bez přídavku indikátoru, jelikož manganistan draselný disponuje tmavě fialovým zabarvením. K stanovení bodu ekvivalence dochází vizuálně, a to při prvním pozorovaném nadbytku činidla, které zabarví roztok do růžova. Při standardizaci manganistanu draselného je jako standard využíván dihydrát kyseliny šťavelové (Opekar et al., 2003).

7.3 Atomová absorpční spektrofotometrie

Při stanovení vápníku dle této metody je využívána metodika nacházející se ve vyhlášce ČSN ISO 8070. Vzorek mléka, popřípadě vybraného mléčného výrobku, může být rozložen mineralizací nebo žiháním. Při rozkladu je využíváno kyseliny dusičné. Takto připravený roztok je následně rozložen v otevřeném mikrovlnném digesčním systému či v tlakovém mikrovlnném digesčním systému. Mikrovlnným rozkladem jsou získány zkušební vzorky, které jsou následně zředěny podle druhu zkušebního vzorku - faktor ředění f_1 . Dle metody je následně připravena řada kalibračních roztoků

o výsledné koncentraci 0 mg/l až 0,5mg/l. Pomocí mikropipety jsou dávkovány objemy zásobního roztoku o koncentraci - (100 mg/l vápenatých kationtů) do šesti odměrných baněk s objemem 100 ml. Objem zásobních roztoků je - 0 ml, 1ml, 2 ml, 3ml, 4 ml a 5 ml. Následně je do všech baněk zvlášť přidáno 10 ml roztoku LaCl_3 (chlorid lanthanitý), následně je objem doplněn destilovanou vodou pod rysku a důkladně promíchán.

Jednotlivé koncentrace kalibračního roztoku jsou měřeny samostatně třikrát a z naměřených hodnot je vypočítaná průměrná hodnota. Po tomto kroku je sestavena kalibrační křivka. Při měření hodnoty absorbance zkušební roztoku a slepého vzorku dochází ke zředění zkušební vzorku pomocí faktoru ředění f_2 . Při ředění je přidáváno takové množství LaCl_3 , aby bylo dosaženo jeho výsledného objemového podílu 10 % v připraveném roztoku. Následně jsou kalibrační a zkušební roztoky atomizovány v acetylenovém plameni o vlnové délce 422,7 nm (Česká technická norma, 2022).

7.4 Potenciometrie

Potenciometrií jsou označovány analytické metody sloužící pro stanovení koncentrace sledované látky měřením elektromotorického napětí pomocí elektrochemických článků, kterými protéká minimální množství elektrického proudu (téměř bez zatížení elektrického proudu). Při využití přímé potenciometrie dochází ke stanovení sledované látky rovnou z hodnoty elektrického napětí článku. Možná aplikace přímé potenciometrie je např. při stanovení pH.

Elektrochemické články, které jsou využívány, jsou složeny ze dvou elektrod - elektrody indikační s potenciálem úměrným koncentrací stanovované látky a elektrody referentní, jejíž potenciál je za daných nastavených podmínek neměnný. Využívané indikační elektrody jsou např. merkurosulfátové, chloridortuťné a chloridostříbrné, jako referentní elektrody se většině případů využívají elektrody vyrobené z kovu, jehož ionty jsou přítomné v roztoku, nebo elektrody iontově selektivní membránové, z nich je nejvíce využívána elektroda skleněná (Vinšová et al., 2022).

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo shrnutí informací o obsahu vápníku v mléce a v mléčných výrobcích, dalších vybraných potravinách a rostlinných nápojích, a to i schopnosti vstřebatelnosti lidským organismem. U rostlinných zdrojů vápníku dochází ke snížené dostupnosti z důvodu přítomnosti antinutričních látek – např. kyselina fytová a šťavelová, které tvoří s vápníkem komplexy, které jsou těžko vstřebatelné v trávicím ústrojí člověka.

V posledních letech a v současnosti dochází ke zvyšování konzumace rostlinných nápojů, které v jídelníčku nahrazují mléko. Důvody pro konzumaci těchto výrobků spočívají především v etickém přesvědčení a možných zdravotních benefitech (nižší obsah nasycených mastných kyselin, vyšší obsah vitamínu E a vlákniny). Rostlinné nápoje oproti mléku však postrádají vyšší výživovou hodnotu a problémem je i nižší vstřebatelnost minerálních látek včetně vápníku, kterým jsou často fortifikovány, např. průměrný obsah vápníku v kravském mléce činí 100 - 120 mg na 100 ml. Znatelný rozdíl v množství vápníku je např. v nefortifikovaném ovesném nápoji s obsahem 9,5 mg vápníku na 100 ml nápoje. Z výše uvedených důvodů není tedy žádoucí zcela vyřadit mléko a mléčné výrobky, a to především u osob s vyššími výživovými nároky, tj. u těhotných a kojících žen, dětí, adolescentů a seniorů.

Seznam použité literatury

1. ACOSTA, N. B. et al. (2020). Milk fortified with calcium: Changes in the physicochemical and rheological characteristics that affect the stability. *Food Science and Technology*, 134: s 1-8
 2. AGERBO, P. a ANDERSEN, H. *Vitaminy a minerály pro zdravý život*. Grada, Praha. 1997. ISBN 80-716-9489-4.
 3. BROULÍK, P. (2009). Diferenciální diagnóza hypokalcemie. *Interní medicína pro praxi*. 2009, 11(11): s 507–510
 4. BROULÍK, P. (2011). Hyperkalcemie: na co je třeba myslet a jaká vyšetření provést?. *Interní medicína pro praxi*. 2011, 13(7): s 314-317
 5. CASHMAN, KD. (2002). Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *British Journal of Nutrition*, 87: s 169–77.
 6. DICOSTANZO, M. a BERNI CANANI R. (2018). Lactose Intolerance: Common Misunderstandings. *Annals of Nutrition and Metabolism* 73 Suppl 4:30-37.
 7. CIMRMANOVÁ, V. (2014). Možnosti pozitivního ovlivnění kostní hmoty u dětí, současný pohled na křivice. *Pediatric pro praxi* 2014, 15(5): s 287-290
 8. Česká technická norma ČSN ISO 8070 Mléko a mléčné výrobky – Stanovení obsahu vápníku, sodíku, draslíku a hořčíku – Metoda atomové absorpční spektrometrie.
 9. DOSTÁLOVÁ, A. et al. (2017). Porovnání rostlinných nápojů a kravského mléka z výživového a senzorického hlediska. *Mlékařské listy* 164: s 4-9
 10. DENG, A. et al. (2015). Lactose Intolerance in Adults: Biological Mechanism and Dietary Management. *Nutrients* 2015, 7(9): s 8020-8035
 11. DEETH, H. a LEWIS, M. (2014). Practical consequences of calcium addition to and removal from milk and milk products. *International Journal of Dairy Technology*. 68: s 1 - 10
 12. Galenus.cz (2022). Laktáza [online] [cit. 18. 3. 2022]. Dostupné z: <https://galenus.cz/clanky/rejstrik/laktaza>
 13. GÓRSKA-WARSEWICZ H. et al. (2019). Milk and Dairy Products and Their Nutritional Contribution to the Average Polish Diet. *Nutrients*. Aug 1;11(8): s 1-19
 14. HEANEY, RP. et al. (1988). Calcium absorbability from spinach. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Apr47(4): s 707-709
-

-
15. JENKINS DJ. et al. (2002). Dose response of almonds on coronary heart disease risk factors: blood lipids, oxidized low-density lipoproteins, lipoprotein(a), homocysteine, and pulmonary nitric oxide: a randomized, controlled, crossover trial. *Circulation*, 106: s 1327-1332
 16. KOUTINA, G. et al. (2014). The effect of pH on calcium and phosphorus distribution between micellar and serum phase after enrichment of skim milk with calcium D-lactobionate. *Dairy science and technology*, 95: s 63-74
 17. KOPÁČEK, J. (2017). Laktózová intolerance, její příčiny, příznaky a nutriční řešení. *Mlékařské listy* 165: s 11 -1615.
 18. KLENER, P. *Vnitřní lékařství*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Karlinum, Praha. c2006. ISBN 80-726-2430-X.
 19. KŁOBUKOWSKI, J. et al. (2014). Calcium bioavailability from dairy products and its release from food by in vitro digestion. *Journal of Elementology*. 19: s 277-288
 20. MALEČKOVÁ, R. (2020). Vápník - důležitý stavitel kostí [online] [cit. 4. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.lekarna.cz/clanek/vapnik/>
 21. NĚMCOVÁ, J. a KORSA, J. (2008). Komplexní léčba a prevence osteoporózy - postavení a význam pohybové aktivity a léčebné rehabilitace. *Medicina pro praxi* 2008, 5(4): 165-168.
 22. National Digestive Diseases Information Clearinghouse (NDDIC) (2012) Lactose In-tolerance [online] [cit. 20. 3. 2022]. Dostupné z: https://www.metsol.com/wp-content/uploads/Foods_containing_lactose.pdf
 23. OPEKAR, F. *Základní analytická chemie pro studenty, pro něž analytická chemie není hlavním studijním oborem*. 2. Karolinum, vyd. Praha. 2002. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0553-8
 24. FANTÓ, A. *Vitamíny a prevence: příručka k dosažení dlouhověkosti a svěžesti pomocí vitamínů a minerálních látek*. Dona, České Budějovice. 1993. ISBN 80-854-6318-0.
 25. FUCHS M. (2016): *Potravinová alergie a intolerance*. Mladá fronta a.s., 2016, ISBN 978-80-204-3757-0
 26. LUCHAVOVÁ, M. a RAŠKA. I. (2011). Novinky a možnosti prevence a léčby osteoporózy. *Interní medicína pro praxi* 2011; 13(2): s 70-74.
 27. PATHOMRUNGSIYOUNGGUL, P. et al. (2010). Effects of calcium-chelating agents and pasteurisation on certain properties of calcium-fortified soy milk. *Food Chemistry*. 118: s 808-814
-

-
28. PINOTTI L. et al. (2021). The Contribution of Dietary Magnesium in Farm Animals and Human Nutrition. *Nutrients*. 2021; 13(2): s 509
 29. PRIECHODOVÁ, E. (2016). Laktázová perzistence a pití mléka. *živa* 5/2016: 238-240.
 30. SANDBERG, A. (2003). Bioavailability of minerals in legumes. *The British journal of nutrition*. 88 Suppl 3. s 281-285.
 31. SLOVÁK, V. (2022). Chelantometrie [online] [cit. 23. 3. 2022]. Dostupné z: https://olympiada.vscht.cz/media/filer_public/6e/ab/6eaba22a-d260-4d50-8d26-b24a2f3cc38e/chelatometrie.pdf
 32. SCHOLZ-AHRENS, K. et al. (2020). Nutritional and health attributes of milk and milk imitations. *European Journal of Nutrition*. Feb, 59(1): s 19-34
 33. SHKEMBI, B. A HUPPERTZ, T. Calcium absorption from food products: food matrix effects. *Nutrients*, 2021, 14.1: s 1 -31
 34. ŠTEFÁNEK, J. (2011). Nízký vápník – hypokalcémie [online] [cit. 21. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/nizky-vapnik-hypokalcemie>
 35. ŠTEFÁNEK, J. (2011). Vysoký vápník – hyperkalcémie [online] [cit. 21. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/vysoky-vapnik-hyperkalcemie>
 36. THEOBALD, H.E. (2005). Dietary calcium and health. *Nutrition Bulletin*, 30: s 237 - 277
 37. VELÍŠEK, J. a HAJŠLOVÁ J.. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. OSSIS, Tábor. OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
 38. VILÍMOVSKÝ, M. (2021). Hyperkalcémie (zvýšený vápník v krvi): vše co potřebujete vědět [online] [cit. 24. 3. 2022]. Dostupné z: <https://cs.medlicker.com/1768-hyperkalcemie-zvyseny-vapnik-v-krvi>
 39. VILÍMOVSKÝ, M. (2021). Osteomalacie, její příčiny, příznaky a léčba? [online] [cit. 24. 3. 2022]. Dostupné z: <https://cs.medlicker.com/1602-osteomalacie>
 40. VILÍMOVSKÝ, M. (2018). Laktózová intolerance, její příčiny projevy a léčba [online] [cit. 29. 3. 2022]. Dostupné z: <https://cs.medlicker.com/1176-laktozova-intolerance>
 41. VINŠOVÁ, H. (2022). Potenciometrické měření pH [online] [cit. 1. 4. 2022]. Dostupné z: <https://uanlch.vscht.cz/files/uzel/0012437/0007>
 42. Vyhláška č. 225/2008 Sb. (2022). *Vyhláška č. 225/2008 Sb.* [online] [cit. 1. 4. 2022]. Dostupné z : <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-225>
 43. WILHELM, Z. (2007). Co je dobré vědět o vápníku. *Praktické lékařství*. 2007, 3(4): s 184-189
-

-
44. ZAMBERLIN, Š., ANTUNAC, N., HAVRENEK, J. a SAMARŽIJA, D. (2012).
Mineral elements in milk and dairy products, *Mljekarstvo* ,62(2): s 111-125

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Zastoupení vybraných minerálních látek ve vybraných druzích mlék .	10
Tabulka 4.1: Množství vápníku ve vybraných mléčných výrobcích	22
Tabulka 4.2: Obsah vápníku ve vybraných druzích potravin	25
Tabulka 5.1: Obsah vápníku ve vybraných rostlinných nápojích	27

Seznam použitých zkratek

AMK aminokyseliny

BMI Body Mass Index

LP laktózová perzistence

UHT Ultra Heat Temperature