

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

**Vliv suplementace potravin vápníkem na
organismus**
Bakalářská práce

2012

Hana Vančurová

University of Pardubice
Faculty of Chemical Technology

Supplementation of food with calcium and its
influence of human health

2012

Hana Vančurová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hana Vančurová**
Osobní číslo: **C09159**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Název tématu: **Vliv suplementace potravin vápníkem na organismus**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vypracujte teoretickou rešerši zabývající se suplementací potravin vápníkem.

1. Z odborné literatury vyhledejte, jaké potraviny jsou nejčastěji obohacovány vápníkem, jaké jsou k tomu důvody.
2. Zaměřte se na formy přidávaného vápníku s ohledem na jeho využitelnost z daného zdroje.
3. Uveďte i možnosti jeho stanovení se zaměřením na analýzu potravin.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucí práce.

Vedoucí bakalářské práce:

RNDr. Lucie Korecká, Ph.D.

Katedra biologických a biochemických věd

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. června 2012**



prof. Ing. Petr Lošťák, DrSc.

děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2012

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem k práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 ods. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 01. 06. 2012

Hana Vančurová

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat paní RNDr. Lucii Korecké za její pomoc při psaní mé bakalářské práce, za poskytnuté materiály a informace. V neposlední řadě děkuji své rodině, přátelům a příteli za podporu a trpělivost během mého studia.

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem obohacování potravin vápníkem na lidský organismus.

První část této práce shrnuje základní informace o vápníku, o jeho výskytu a funkcích v těle, denním příjmu, výskytu v potravinách. Dále se zabývá poruchami metabolismu vápníku při jeho nedostatečném a nadbytečném příjmu.

Druhá část pojednává o obohacování potravin vápníkem, o příjmu vápníku v potravinových doplňcích a o vlivu na lidský organismus.

Poslední část je zaměřena na stanovení vápníku v potravinách.

Klíčová slova: vápník

suplementace potravin

stanovení vápníku

Summary

This thesis focused on the monitoring of the foodstuff supplementation with calcium and its influence to human health.

The first part summarizes basic information about calcium, its occurrence and functions in the body, daily intake and occurrence in foods. It also deals with disorders of calcium metabolism due to its high and low intake.

The second part discusses the fortification of foods with calcium, intake of calcium in food supplements and its effect to human health.

The last part is focused on the analysis of calcium by various methods.

Key words: calcium
supplementation of foodstuff
determination of calcium

Obsah

1. Úvod	9
2 Vápník	10
2.1 Výskyt vápníku v lidském těle.....	10
2.1.1 Doporučené denní dávky vápníku.....	10
2.1.2 Faktory ovlivňující rovnováhu vápníku v organismu	12
2.2 Biochemické funkce vápníku.....	14
2.3 Metabolismus vápníku.....	15
2.3.1 Absorpce vápníku v organismu.....	16
2.3.2 Poruchy metabolismu vápníku.....	17
2.4 Výskyt vápníku v potravinách	18
2.4.1 Faktory ovlivňující biologickou dostupnost vápníku.....	21
3 Suplementace potravin vápníkem.....	23
3.1 Obohacování potravin.....	23
3.1.1 Účinnost a bezpečnost obohacovaných potravin	26
3.1.2 Právní hledisko přídatku živin do potravin	28
3.2 Doplnky stravy.....	29
3.2.1 Legislativa	30
4 Stanovení vápníku	31
4.1 Příprava vzorku.....	31
4.2 Metody stanovení vápníku v potravinách	32
4.2.1 Atomová absorpční spektrofotometrie	32
4.2.2 Odměrná analýza - manganometrie	34
4.2.3 Plamenová fotometrie	35
4.2.4 Stanovení vápníku s elektrochemickou detekcí	35
4.2.5 Kapilární zónová elektroforéza	37
Závěr.....	39
Seznam použité literatury	40

1. Úvod

V lidském organismu je přítomen velký počet minerálních látek v nepatrných množstvích. Některé z nich jsou součástí nebo jsou důležité pro správnou funkci hormonů, enzymů, vitamínů a jiných fyziologicky významných látek, proto jsou pro náš organismus nezbytné a je potřeba je přijímat stravou [1].

Vápník je biogenní látka, která je pro náš organismus nezbytná, je to nejvíce zastoupená minerální látka v našem těle. Většina vápníku se nachází v kostech a zubech, zbylá část je v tělních tekutinách, měkkých tkáních, krvi a uvnitř každé buňky.

Vápník je esenciální látka, naše tělo si ho nedokáže vytvořit samo, proto ho musí přijímat stravou v dostatečném množství. Přijímané denní dávky vápníku jsou v populaci velmi rozdílné vzhledem k věku, pohlaví, stravovacím zvykům apod. Nedostatečný, ale i nadbytečný příjem vápníku má na lidské zdraví negativní vliv.

Většina populace v dnešní době přijímá nedostatečné množství vápníku, a proto se některé potraviny obohacují vápníkem. Mezi tyto potraviny patří zejména mléčné výrobky, margaríny a ovocné džusy.

Další způsob jak zvýšit denní příjem vápníku je užívání doplňků stravy s vápníkem, které jsou běžně dostupné na trhu.

2 Vápník

2.1 Výskyt vápníku v lidském těle

Vápník je z kvantitativního hlediska hlavní minerální složkou v lidském těle. Jeho celkový obsah v organismu je asi 1500 g, z toho 99% je obsaženo v kostech a zubech ve formě fosforečnanu vápenatého [2].

Vápník patří v naší výživě k nejproblematičtějším látkám. Výživové poměry u naší populace nejsou ideální, řada lidí má, zejména díky nízké spotřebě mléka a mléčných výrobků, vápníku nedostatek. S ohledem na řadu funkcí, které vápník ovlivňuje, se organismus snaží udržovat jeho hladinu v krevní plazmě (kalcemii) na hodnotách 2,25 – 2,75 mmol/l. Regulaci zajišťuje vitamin D (ve formě hydroxykalciferolu) a hormony parathormon, kalcitonin a růstový hormon [3].

2.1.1 Doporučené denní dávky vápníku

Člověk vápník přijímá stravou, tekutinami a suplementy. Hlavním zdrojem vápníku je mléko a mléčné výrobky (s výjimkou tavených sýrů). Vápník z rostlinných potravin je hůře využitelný, protože je v nich vázaný jako oxalát, fytát nebo fosforečnan [3].

Denní příjem vápníku by se měl pohybovat v rozmezí 840 – 1300 mg v závislosti na věku a pohlaví (Tabulka č.1). Avšak u řady osob je příjem vápníku nedostatečný. Navíc doporučená dávka vápníku nezaručuje jeho dostatečnou absorpci. Ta může být snížena interferencí s ostatními minerály, vlákninou a dalšími komponenty stravy [4].

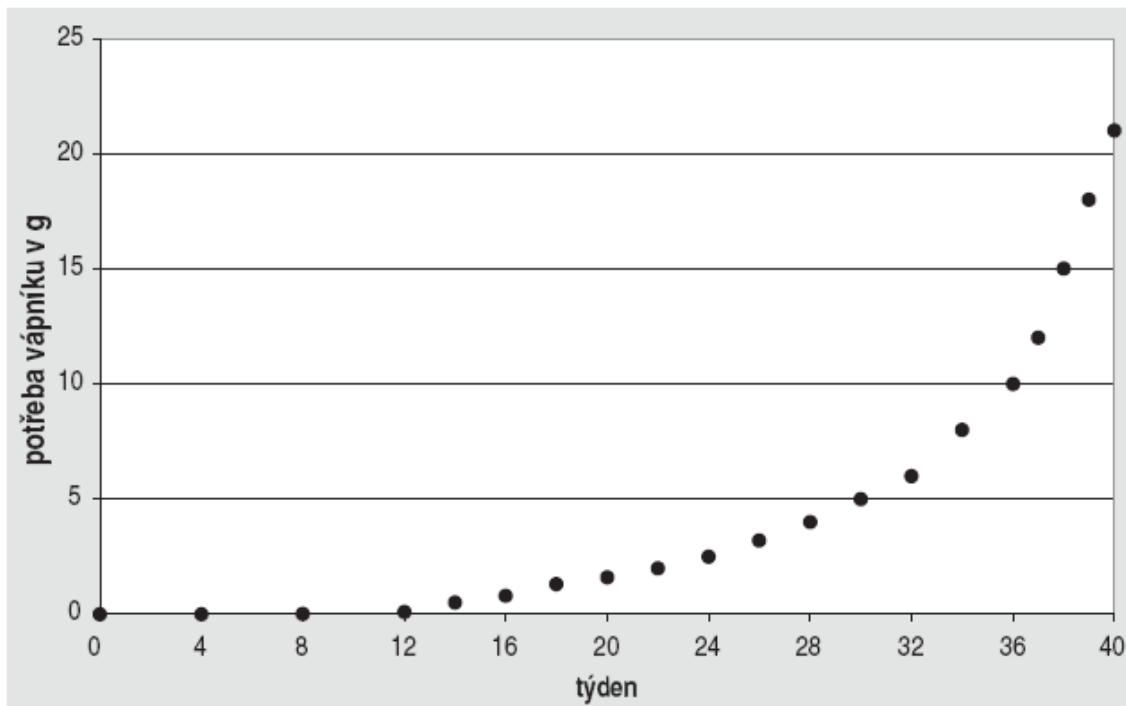
Minerální látky zaujímají 54% objemu kostní hmoty a z tohoto množství zaujímá vápník 60%. Proto pro udržování a rozvoj kostní hmoty je důležitý dostatečný denní přívod vápníku. Zabráníme tak zlomeninám, podpoříme zvyšování kostní hustoty a vykompenzujeme denní ztráty vápníku. Najednou bychom však neměli konzumovat více než 500 mg vápníku, protože zažívací trakt nedokáže absorbovat větší množství. Pro maximální absorpci by denní dávky vápníku měly být rozloženy rovnoměrně po celý den [5].

Tabulka č. 1: Denní doporučené dávky Ca: převzato z: [2]

kategorie	min. hodnota (mg)	max. hodnota (mg)
muži 19 – 70 let	840	1000
muži nad 70 let	1100	1300
ženy 19 – 50 let	840	1000
ženy nad 50 let	1100	1300
těhotné 14 – 18 let	1050	1300
těhotné 19 – 50 let	840	1000
ženy v období laktace 14 – 18 let	1050	1300
ženy v období laktace 19 – 50 let	840	1000

Pokud je žena těhotná nebo v období kojení je pro ni velmi důležitý zvýšený příjem vápníku, protože v průběhu těhotenství dostává rostoucí plod veškerou výživu z mateřských zdrojů. Dynamická rovnováha mezi vápníkem uloženým v kostech matky a nutričními potřebami plodu může mít negativní vliv na rovnováhu vápníku v těle matky. Pokud před těhotenstvím nebyly kosti matky dostatečně vyživené vápníkem a během těhotenství byl příjem vápníku stravou nedostatečný, mohou být kosti degradovány, tím, že je vápník převzat z mateřské kostry. Tento deficit vápníku u matky během těhotenství a kojení značně spotřebovává mateřské zásoby vápníku vzhledem k tomu, že se v plodu během těhotenství hromadí 25 – 30 g vápníku. K největšímu spotřebování vápníku dochází v průběhu třetího trimestru a kojení. Jedná se o období, kdy plod potřebuje nejvíce vápníku od matky. Proto se pro těhotné doporučuje zvýšený příjem vápníku během těhotenství a kojení [6].

Zvýšený příjem vápníku během těhotenství a kojení má také příznivý vliv na plod, zejména na prodloužení bederní páteře, stehenní a lýtkové kosti. Také se zvýší vstupní kostní hustota u novorozence, která je nezbytná pro to, aby se zvyšovala postupně s věkem. Množství vápníku, které potřebuje plod ve vztahu k jeho stáří je zobrazen na obrázku č. 1 [6, 7].



Obrázek č. 1: Množství vápníku v těle plodu v závislosti na jeho stáří, převzato z: [7]

2.1.2 Faktory ovlivňující rovnováhu vápníku v organismu

Rovnováhu vápníku v organismu ovlivňují i další minerální látky a vitamíny. Jsou to hlavně fosfor a vitamín D, dále sodík, draslík a hořčík [8].

2.1.2.1 Vitamín D

Ve většině potravin, které lidé konzumují je pouze malé množství vitamínu D, nebo tam není vůbec. Výjimkou je maso tučných ryb, jako jsou sardinky nebo sled' a oleje z jiných ryb například z tresky nebo tuňáka. Drůbeží, hovězí nebo vepřové maso obsahuje vitamínu D jen velmi malé množství [9].

Dalším hlavním zdrojem vitamínu D pro lidi je syntéza v kůži vystavená ultrafialovému nebo slunečnímu záření. Většina lidí může z tohoto zdroje získat dostatečné množství vitamínu D [9].

Denní příjem vitamínu D by měl být pro děti i dospělé 400 IU (mezinárodní jednotka založená na měřeném biologickém účinku), pro kojící a těhotné ženy 600 IU.

Denní dávka vyšší než 1800 IU způsobuje přebytek vitamínu D, který se projevuje průjmy, zvracením, častým močením, zavápněním cév a poškozením ledvin [8].

Odpovídající příjem vitamínu D je velmi důležitý pro transport, správné vstřebávání a ukládání vápníku. Při jeho nedostatku klesá absorpce vápníku ve střevě, to může u dětí způsobovat křivici a u starších lidí osteomalacii. Naopak při nadměrném příjmu vitamínu D hrozí hypervitaminóza, která se projevuje jako hyperkalcemie. Ta může způsobit akutní pankreatitidu, žaludeční vředy a vznik ledvinových kamenů [3].

2.1.2.2 Fosfor

Fosfor je v každé buňce našeho těla a účastní se většiny biologických reakcí. Na rozdíl od vápníku je fosfor velmi efektivně vstřebáván organismem za přítomnosti vitamínu D a vápníku. Poměr mezi vápníkem a fosforem by měl být 2,5: 1. Rovnováhu mezi fosforem a vápníkem narušuje cukr a uhličitán vápenatý [8].

Fosfor je přítomen v těle i ve stravě téměř výhradně jako fosforečnan. Rozpustné fosforečnany (i organicky vázané estery) se snadno vstřebávají, kdežto fosfor vázaný ve fytátech je velmi málo využitelný. Proto jsou potraviny rostlinného původu horším zdrojem fosforu než potraviny živočišného původu. Denní příjem by měl dosahovat asi 1,0 – 1,2 g fosforu. Dobrým zdrojem fosforečnanů je mléko a mléčné výrobky, maso, ryby, vejce, ořechy a luštěniny [3].

V roce 2002 byl u nás i ve světě příjem fosforu příliš vysoký, což zhoršovalo resorpci vápníku. To je dáno zejména vysokou spotřebou kolových nápojů, ale i některých masných výrobků a tavených sýrů. Nedostatečný příjem fosforu je neobvyklý [3].

Nadbytečný příjem fosforu způsobuje vylučování vápníku z kostí, aby se vyrovnal poměr vápníku a fosforu a tím se zhoršuje kvalita kostí a zubů [10].

2.1.2.3 Draslík, hořčík a sodík

V neposlední řadě rovnováhu vápníku ovlivňují i minerální látky zejména draslík, hořčík a sodík. Sodík a vápník mají stejnou cestu absorpce a proto je příjem sodíku přímo úměrný exkreci vápníku. Při nedostatečném příjmu sodíku dochází k hyperkalcemii naopak při nadměrném příjmu sodíku se snižuje hladina vápníku v krvi. Draslík a hořčík

naopak podporují absorpci vápníku z ledvinových kanálků zpět do krve. To znamená, že při nízké hladině hořčíku a draslíku se sníží hladina vápníku [1, 11].

Potřeba hořčíku je 300 až 600 mg na den. Hlavním zdrojem je zelená zelenina, maso a vnitřnosti. Při nadměrném příjmu vápníku a fosforečnanů se jeho vstřebávání snižuje. Denní příjem hořčíku je u naší populace nedostatečný, což může být způsobeno menší spotřebou zeleniny [3].

Sodík se do našeho organismu dostává hlavně v podobě jedlé soli. Optimální denní příjem sodíku by měl být 3 g. V současné době naše populace přijímá asi 12 g sodíku vlivem tradice a konzumních zvyků. Sodík se přirozeně vyskytuje v živočišných potravinách, méně v rostlinných a je také přítomen v minerálních vodách [3].

Příjem draslíku by měl být 4 g denně ve formě KCl. Hlavním zdrojem draslíku jsou potraviny rostlinného původu [3].

2.2 Biochemické funkce vápníku

Vápník se nachází nejvíce v kostech a zubech. V malém množství se také nachází v krvi a tělních tekutinách. Zde je jeho úloha velmi významná. V tělních tekutinách se ho nachází 50% ve formě vápenatých iontů, podobná část je vázána na bílkoviny, zejména na albuminy a globuliny, zbytek je ve formě komplexních vápenatých iontů (např. v aniontovém citrátovém komplexu), případně i ve formě neionizované [12].

K hlavním biologickým funkcím vápníku patří kromě stavební funkce, ve vazbě na bílkoviny osteokalcin a osteonektin, účast na nervové a svalové činnosti. Vápník je nezbytný i pro srážlivost krve. Řada metabolických dějů je regulována vápenatými ionty prostřednictvím jejich vazby na sérový polypeptid kalmodulin, který ovlivňuje aktivitu některých enzymů (adenylátcyklázy, spolu s hořčíkem také aktivitu ATPázy) [2].

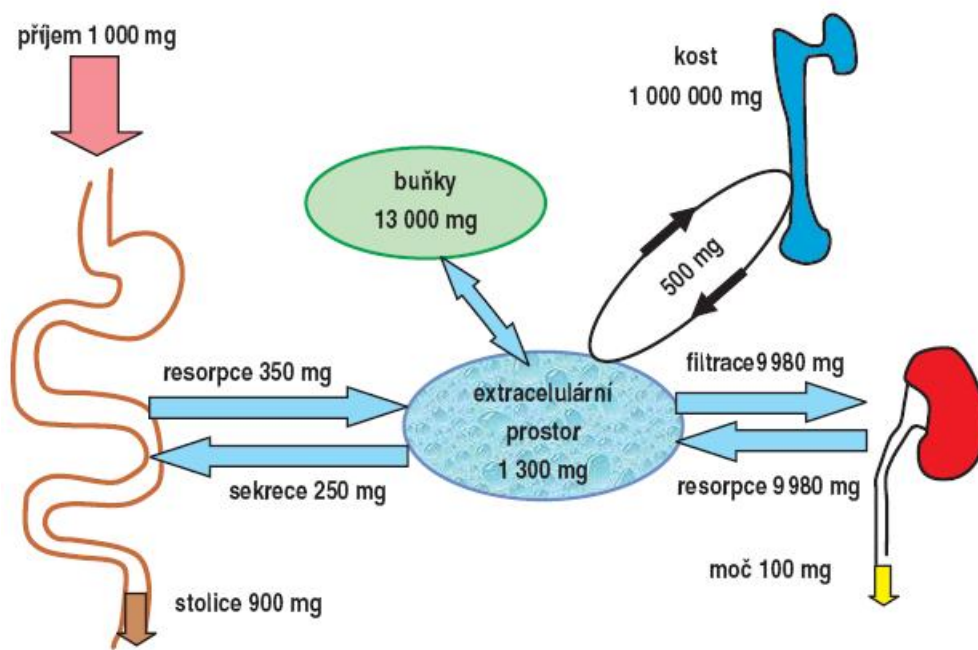
Vápník ovlivňuje sekreci a působení hormonů, schopnost vytvořit aktivní kostní zásobu s možností uvolnit vápník podle potřeb organismu [1].

Přítomnost vápníku je důležitá pro většinu metabolických pochodů, je důležitý pro tvorbu kostí a zubů. Při nedostatku vápníku se vyskytuje osteomalacie a osteoporóza. Intracelulární vápník ovlivňuje činnost enzymů, které jsou zapojeny do syntézy tuků a lipofýzy. Zvýšený příjem vápníku potlačuje parathormon, ale naopak stimuluje lipolýzu.

Vzájemné regulace metabolismu tuků a vápníku vedou ke změně ve složení těla, ve kterém je méně tukové tkáně, protože zvýšeným příjmem vápníku ve stravě dochází k potlačení oběhu neesterifikovaných mastných kyselin po jídle. Tento stav trvá většinu dne vzhledem k požití několika jídel během dne. Neesterifikované mastné kyseliny jsou vydatným zdrojem energie, mohou krýt 20 – 25 % energetické potřeby [3, 13, 14].

2.3 Metabolismus vápníku

Aktivní resorpce vápníku probíhá hlavně v duodenu a horní části tenkého střeva. Pasivně probíhá v nižších částech tenkého střeva a v tlustém střevě. Resorpce vápníku probíhá zároveň s jeho exkrecí. Poměry resorpce a exkrece vápníku a rozdělení do jednotlivých oblastí v těle jsou zobrazeny na obrázku č. 2. Stupeň resorpce vápníku je 5-15% a je značně závislý na chemické formě vápníku a na složení stravy. Např. stupeň resorpce vápníku ze špenátu, kde je převládající formou oxalát vápenatý, bývá jen 2-5%. Naopak z pšeničného chleba (forma vápníku je fytyl) se resorbují 40% a ze zelí (vápenaté soli organických kyselin, zejména citronové) 40-70% přítomného vápníku. Navíc vyšší obsah bílkovin ve stravě zvyšuje resorpci vápníku [2, 7].



Obrázek č. 2: Metabolismus vápníku, převzato z: [7]

2.3.1 Absorpce vápníku v organismu

Organismus reguluje bilanci vápníku několika způsoby. Patří mezi ně vstřebávání ve střevě, resorpce z kostní tkáně a uvolnění do krve, zpětná resorpce v ledvinách, přechod vápenatého kationtu z plazmy do kostní tkáně, vylučování ledvinami a střevem [3].

Regulační schopnost organismu je poměrně malá a nestačí vyrovnávat nedostatečný příjem nebo sníženou absorpci vápníku z trávicího traktu. Absorpce závisí na věku (s věkem klesá), pohlaví (u mužů je vyšší než u žen), hladině vitamínu D v organismu, pH v tenkém střevě (vyšší pH snižuje absorpci), příjmu vlákniny (vyšší obsah v potravě absorpci snižuje), příjmu antacid obsahujících hliník, která absorpci snižují [3].

Pro správnou absorpci vápníku a jeho aktivitu je potřeba žaludeční kyselina, aby se vápník rozpustil, vitamin D, fosfor, hořčík, bílkoviny a vitaminy A a C. V opačném případě se usazuje a to může vést k různým poruchám, například k tvorbě ledvinových kamenů, nebo ateroskleróze, což je celkové onemocnění cév [8].

Fosfáty a fytáty přijímané stravou z potravin rostlinného původu vstřebávání vápníku tlumí. Z potravy se absorbuje jen část přijatého vápníku a střevní absorpce je

společně s renální (ledvinovou) eliminací součástí regulace homeostázy vápenatých kationtů v organismu. Maximum vstřebávání probíhá v duodenu (dvanácterníku) [1].

Pokud je ve střevní lumen nepoměr mezi vápenatými kationty a oxalátovými anionty dochází ke snadnějšímu vstřebávání toho iontu, který je v relativním nadbytku. Při nedostatku vápenatých kationtů tak vzniká hyperoxalurie, při nižším obsahu oxalátů v lumen se lépe vstřebává vápenatý kationt. Jinak se vytvoří nerozpustný kalciumoxalát, který je vyloučen ledvinovým systémem. Tento mechanismus se využívá při léčbě hyperoxalurie, která způsobuje tvorbu ledvinových kamenů [1].

2.3.2 Poruchy metabolismu vápníku

2.3.2.1 Nedostatek vápníku

Hladinu celkového vápníku v těle může snížit nedostatečný příjem vápníku, jeho snížená absorpce a nadměrné vylučování močí. Snížená hladina vápníku může způsobit rozvoj osteoporózy a další následky chronicky nízkého příjmu jako je vyplavování vápníku z kostí [15].

Příznaky nedostatku vápníku jsou křehké a bolestivé kosti a klouby po fyzické aktivitě, zvýšená kazivost zubů a dráždivost svalů, při které dochází ke křečím a tetanii nejčastěji v lýtkách a chodidlech. Ohrožené skupiny nedostatkem vápníku jsou ženy v klimakteriu, těhotné a kojící ženy, laktózově intolerantní jedinci a vegetariáni [16].

Poruchy metabolismu vápníku se projevují vznikem dvou typů chorob. Jsou to osteomalacie a osteoporóza [1].

Osteomalacie bývá u dětí označována jako rachitis neboli křivice. Je způsobena nedostatečnou hladinou vitamínu D nebo jeho aktivního metabolitu kalcitriolu. Při tomto onemocnění klesá mineralizace bílkovinného kostního základu, snižuje se hladina vápníku a fosfátů v plazmě, dále se projevuje měknutím kostí, neohrazenými bolestmi skeletu a celkovou slabostí. Kostí ztrácejí svoji pevnost. Zvýšeným přívodem vápníku a vitamínu D se dá osteomalacii předcházet [1].

Osteoporóza se projevuje bolestmi páteře a kyčlí. Zvyšuje se riziko fraktur, zejména zlomeniny páteře, kyčelních kloubů a předloktí. Příčinou osteoporózy je

nedostatečný příjem vápníku v mladším věku, protože skelet se vytváří asi do třiceti let věku a poté dochází k jeho fyziologickému poklesu. Další příčinou osteoporózy jsou hormonální změny zejména u žen po menopauze, kdy dochází k úbytku estrogenů. Nepříznivě působí rovněž nadbytek kortikoidů a hypertyreóza. Hypertyreóza je onemocnění, při kterém štítná žláza produkuje více hormonů, než organismus potřebuje. Riziko osteoporózy může zvyšovat i tělesná hmotnost, podváha spojená s nedostatečnou výživou a snížená fyzická aktivita. Osteoporóze můžeme předcházet přívodem vápníku (0,8 – 1,0 g, u žen po menopauze až 1,5 g denně), přívodem vitamínu D, omezením případného nadměrného příjmu bílkovin, sodíku a fosfátů, zvýšením tělesné aktivity, substitucí estrogenů, v případě podváhy zvýšením tělesné hmotnosti [1].

2.3.2.2 Nadbytek vápníku

V případě příjmu vápníku je nebezpečný jak nízký příjem tak i příliš vysoký příjem vápníku. Stanovený horní limit příjmu je dle WHO (Světová zdravotnická organizace) 3 g/den. Hyperkalcémie, zvýšená koncentrace vápníku v krvi, může také nastat vysokým příjmem vitamínu D v suplementech. Rizikem hyperkalcémie je tvorba močových kamenů. Pokud je zvýšený příjem vápníku potravou, jeho koncentrace v moči roste velmi pomalu a riziko ledvinových kamenů je malé. Kromě rizika ledvinových kamenů může vysoký příjem vápníku způsobit jeho ukládání i do jiných měkkých tkání, jako jsou srdce nebo plíce, při velmi vysokém příjmu hrozí jejich selhání. Dále se zhoršuje absorpce zinku, hořčíku, fosforu a železa a omezuje se metabolismus vitamínu K. Hyperkalcémie ze stravy nebo suplementů je však velmi vzácná [17].

2.4 Výskyt vápníku v potravinách

Vhodným zdrojem vápníku ve stravě člověka je mléko a některé mléčné výrobky. V potravinách rostlinného původu se nachází ve formě různých solí, které jsou obtížně vstřebatelné jako například fytin, oxalát a pektinové látky [12].

Některé potraviny jsou bohaté na obsah vápníku, zatímco jiné ho obsahují relativně málo. S vývojem ve výrobě potravin se zvyšuje dostupnost vápníkem obohacených

potravin a potravinových doplňků, což vede k širšímu okruhu bohatých zdrojů vápníku.

Hladiny vápníku v potravinách se velmi liší. Obecně platí, že vyšší obsah je v mléce a mléčných výrobcích na rozdíl od masných výrobků (Tabulka č. 2) [2].

Tabulka č. 2: Obsah majoritních minerálních prvků ve významných potravinových surovinách a potravinách, převzato z: [2]

potravina	obsah v mg/ kg	
	Ca	P
vepřové maso	50- 90	1300- 2200
hovězí maso	30- 150	1200- 2000
kuřecí maso	60- 130	1200- 2500
ryby	60- 5200	1900- 3900
mléko plnotučné	1100- 1300	870- 980
tvarož	960- 990	2000
sýry	1500- 12000	2900- 8600
jogurt	1400	1100- 1200
vaječný bílek	50- 110	210- 330
vaječný žloutek	1300- 1400	5000- 5900
mouka pšeničná	130- 260	1000- 3500
chléb celozrnný	140- 650	1800- 2000

potravina	obsah mg/ kg	
	Ca	P
hrách	440- 780	3000- 4300
čočka	400- 750	2400
fazole	300 -1800	3700- 4300
květák	180- 310	420- 750
špenát	700- 1250	250- 550
hlávkový salát	400- 800	300- 390
jablka	30- 80	100- 130
rajčata	60- 140	210- 260
mrkev	240 – 480	300- 560
hrášek	260- 410	1000- 1500
cibule	200- 440	300- 480
brambory	30- 130	320- 580
pomeranče	400- 730	230- 240
banány	50- 120	230- 310
jahody	180- 260	230- 350
vlašské ořechy	600	4300- 5100
rýže loupáná	50- 110	770- 1200

Dolní mez – medián nutričního požadavku pro uspokojení denní potřeby 50 % osob v dané kategorii.
Horní mez – koncipována tak, aby pokryla potřebu 97 – 98 % osob v dané kategorii.

Obsah a koncentrace vápníku ve vybraných potravinách živočišného a rostlinného původu jsou vyznačené v tabulkách č. 3 a 4 s ohledem na velikost porcí daných potravin [9].

Tabulka č. 3: Obsah vápníku ve vybraných potravinách živočišného původu, převzato z: [9]

Název potraviny	Velikost porce	Hmotnost (g)	Vápník (mg)	Koncentrace (mg/g)
plnotučné mléko	250 ml	258	308	1,19
mléko částečně odtučněné	250 ml	258	314	1,22
odtučněné mléko	250 ml	259	319	1,23
odtučněné mléko s přidavkem sušeného mléka		100	143	1,43
mléko konzervované, slazené a kondenzované	300 ml	388	1100	2,84
mléko odpařené, polotučné, konzervované, neředěné	250 ml	268	739	2,76
ovocný jogurt	175 g	175	214	1,22
sýr cheddar	4 plátky	52	378	7,27
strouhaný sýr mozzarella	125 ml	60	321	5,35
sýr cottage	125 ml	119	82	0,69
sázené vejce	1 velký	50	24	0,48
hovězí maso, mleté, suché, středně grilované	1 masitá placka	80	9	0,11
hovězí maso mechanicky vykostěné, syrové		100	485	4,85
vepřová kotleta, suchá, osmažená	1 kotleta	69	16	0,23
kuřecí prsa, pečená	1/2 prsou	98	5	0,05
losos, pečený a grilovaný	1/2 filet	155	11	0,07
losos konzervovaný, sušina + kosti + tekutina	125 ml	79	181	2,29
sardinky, konzervované v oleji, odvodněné, s kostmi	4 sardinky	48	183	3,81

Tabulka č. 4: Obsah vápníku ve vybraných potravinách rostlinného původu, převzato z: [9]

Název potraviny	Velikost porce	Hmotnost (g)	Vápník (mg)	Koncentrace (mg/g)
fazole, mražené, odvodněné, vařené	125 ml	71	35	0,49
syrová mrkev	1 střední ks	80	22	0,28
zelený hrášek, mražený, vařený, odvodněný	125 ml	85	20	0,24
špenát vařený, odvodněný	125 ml	95	129	1,36
syrová jablka se slupkou	1 ks	138	10	0,07
syrový banán	1 střední ks	115	7	0,06
pomeranče syrové	1 ks	131	52	0,40
pšenice, mouka	250 ml	132	20	0,15
chléb bílý	1 plátek	25	27	1,08
kukuřičná mouka	125 ml	73	4	0,05
lněná semínka	125 ml	73	196	2,68
sojová mouka, odtučněná	250 ml	106	255	2,41
tofu připravené chloridem hořečnatým	1 ks	80	164	2,05
tofu připravené síranem vápenatým	1 ks	100	683	6,83
mandle, pražené, solené	125 ml	73	206	2,82
arašidy, pražené, bez skořápky	125 ml	78	42	0,54
lískové oříšky sekané, sušené	125 ml	61	119	1,95
sezam	4 ks	35	247	7,06

2.4.1 Faktory ovlivňující biologickou dostupnost vápníku

Biologická dostupnost může být definována jako množství vápníku, které je dostupné pro absorpci a metabolické pochody v lidském těle. Biologickou dostupnost vápníku ovlivňuje mnoho faktorů, nejvíce dietní a fyziologické faktory. K fyziologickým faktorům patří rychlost růstu, věk, pohlaví, hladina vitamínu D a fosforu v krvi. Mezi dietní faktory se řadí úroveň příjmu vápníku, chemické pochody pokud je přijímán v jídle nebo jako doplněk stravy, přítomnost inhibičních látek [9].

V tabulce č. 5 jsou uvedené vybrané potraviny živočišného i rostlinného původu a stupeň jejich absorpce organismem [9].

Tabulka č. 5: Biologická dostupnost vápníku z různých potravinových zdrojů, převzato z: [9]

Potravina	Velikost porce (g)	Obsah vápníku (mg)	Absorpce (%)	Porce ekvivalentní 240 ml mléka
mléko	240	300	32,1	1
sójové mléko (neobohacené)	120	5	31,0	60,4
mandle pražené	28	80	21,2	5,7
sezamová semínka bez slupky	28	37	20,8	12,2
brokolice	71	35	52,6	5,0
růžičková kapusta	78	19	63,8	8,0
špenát	90	122	5,1	15,5
listy tuřínu	72	99	51,6	1,9
tofu	126	258	31,0	1,2

3 Suplementace potravin vápníkem

Někdy je obtížné dodat tělu potřebné množství různých vitamínů a minerálních látek pouze běžnou stravou a proto se při výrobě do potravin přidávají některé živiny. Pokud se některá citlivá živina rozloží během technologického zpracování, doplňuje se na původní obsah restitucí. Někdy se také přidává některá živina ve větším množství, než byla původně v surovině. Jde o tzv. fortifikaci neboli obohacování. V některých případech se přidává do potravin látka, která v surovině původně nebyla. Jedná se o nutrifikaci [1].

Nutriční hodnota potravin je kontrolována systémem norem, předpisů a právních úprav. Ale o tom, co jíme, v jakém množství a v jaké skladbě si rozhodujeme každý sám. Většinou ale bohužel přesně nevíme, zda přijímáme každý den vitamíny a minerální látky ve správném množství a kvalitě [1].

Druh a množství živin, které se přidávají do potravin, pro jejich obohacení závisí na tom, jaké nutriční nedostatky mají být upraveny, charakteristice cílové skupiny populace a stravovacích zvyčích v dané oblasti. Aby byly potraviny obohaceny živinami, musí být prokázána potřeba zvýšení příjmu určité živiny v jedné nebo více skupinách populace a tuto potravinu musí riziková skupina konzumovat. Příjem této potraviny by měl být stálý a jednotný. Množství přidávané živiny má být dostatečné k prevenci deficitu, pokud je přijímána v normálním množství cílovou skupinou. Zároveň by se živina přidávaná do potravin měla doplňovat jen v takovém množství, při kterém nedojde k nadměrnému příjmu u jednotlivců s vysokou spotřebou této potraviny [18].

3.1 Obohacování potravin

Pro dostatečný přívod všech živin často stačí jen pestrá strava. Avšak u rafinovaných potravin, to je u potravin, které jsou technologicky upravené tak, aby se zvýšila jejich přitažlivost pro spotřebitele, může docházet k nutričnímu ochuzení potraviny. Tyto potraviny jsou ochuzené o některé biologicky aktivní látky a to především vitamíny, minerální látky, stopové prvky, vlákninu a další cenné složky potravin. Ke ztrátám může dojít i při kulinářských úpravách potravin. Dalším důvodem ke zlepšení nutričního obsahu potravin je i snížení fyzické aktivity většiny populace, která má za

následek snížení potřeby energie, ale za to větší potřeby biologicky aktivních látek. Proto se ve všech těchto případech výrobci uchylují k obohacování potravin [19].

Tuto problematiku komplikují další faktory, kterými jsou nevhodné redukční diety, období rekonvalescence, zvýšené riziko snížené obranyschopnosti, riziko zvýšeného oxidačního stresu [1].

Protože správný příjem vápníku v dietní a doplňkové formě je základem preventivního i léčebného režimu při osteoporóze, přidává se do potravin nejčastěji uhličitan a citrát vápenatý, aby zlepšili výživovou hodnotu potravin. Používání chloridu vápenatého pro obohacování potravin má několik nevýhod na rozdíl od používání jiných aditiv jako je například laktát, propionát nebo glukonát vápenatý. Mezi nevýhody používání chloridu vápenatého patří hlavně zhoršená pevnost produktu a tvorba karcinogenních sloučenin (chloramin, trihalometan) [5, 20].

Vápníkem ve formě fosforečnanu vápenatého se obohacují pomerančové džusy, zeleninové šťávy, margaríny a suché směsi nápojů. Jednotlivé porce potravin obohacených fosforečnanem vápenatým mohou však na druhé straně ve stravě přidat až 400 mg fosforu, což dvojnásobně převyšuje denní doporučený příjem fosforu. Sloučeniny vápníku bez fosfátu jako jsou glukonát, laktát, sulfát, citrát, acetát a karbonátové sole mohou být použity k obohacení potravin vápníkem, aniž by se zvýšil příjem fosforu [21].

Potraviny uvedené v tabulce č. 6 normálně činí bezvýznamný příspěvek v příjmu jak fosforu, tak i vápníku. Tyto potraviny obohacené vápníkem přidají 100 mg vápníku v jedné porci (cca 5 g) margarínu, nebo 300 mg vápníku v jedné porci (240 g) pomerančového nebo zeleninového džusu. Bylo prokázáno, že obohacování potravin je ekonomický způsob jak doplnit vápník a odstranit tak problémy s dodržováním doporučených denních dávek vápníku. Zároveň si lidé nemusí pamatovat, kdy si mají vzít doplněk stravy. Každý člověk, tak může až zdvojnásobit příjem vápníku konzumací jediné dávky uvedených potravin v tabulce č. 6 [21].

Tabulka č. 6: Obsah vápníku a fosforu v potravinách doplňovaných fosforečnanem vápenatým, převzato z: [21]

potravina	neobohacované potraviny (mg/ 100 g)		obohacované potraviny (mg/ 100 g)	
	vápník	fosfor	vápník	fosfor
pomerančový džus	8,8 ± 0,4	16,1 ± 0,8	142,6 ± 6,8	72,3 ± 2,8
zeleninový džus	11,0 ± 1,1	22,5 ± 2,2	136,2 ± 8,2	85,2 ± 9,0
margarín	0	0	2120 ± 120	1200 ± 60

Jediná porce obohacených potravin přidá dalších 400 mg fosforu, který by přispěl k dosažení cíle zvýšení příjmu vápníku vzhledem k adekvátnímu příjmu fosforu. Současný doporučený příjem vápníku a fosforu pro mládež žijící ve Spojených státech je 1000 mg vápníku a 700 mg fosforu, oproti tomu je typický příjem 700 - 900 mg vápníku a 1400 mg fosforu. Příjem fosforu je obvykle vyšší než příjem vápníku, protože fosfor se nachází skoro v každé skupině potravin. Navíc jsou sloučeniny fosforu přidávány do zpracovaných potravin pro zlepšení trvanlivosti a do nápojů kolového typu se přidává značné množství fosforu ve formě kyseliny fosforečné. I když přidávání fosforu do potravin je mnohem nižší než horní přípustná hranice 4000 mg, neexistují žádné větší výhody než při adekvátním příjmu fosforu, zejména za podmínek nízkého příjmu vápníku [21].

Potenciální negativní vliv vysokého příjmu fosforu stravou na zdraví kostí lze negovat vysokým příjmem vápníku. Kromě toho vyšší příjem vápníku do určité míry snižuje absorpci fosforu. Dosáhnout vyššího příjmu vápníku vzhledem k odpovídajícímu příjmu fosforu umožní pouze používání bezfosforečnanových vápenatých sloučenin pro obohacování potravin vápníkem. Existuje celá řada vápenatých sloučenin s různými anionty (glukonát, laktát, sulfát, acetát, citrát a karbonát), které jsou schválené pro obohacování potravin a jejich absorpční schopnost vápníku je podobná jako z mléka [21].

Další studie ukazuje, že u zdravých žen po menopauze, suplementace potravin vápníkem a vitamínem D přispěla k malému, ale významnému zlepšení kostní hustoty kyčle a ke snížení rizika ledvinových kamenů. Používáním obohacených potravin došlo u všech účastnic studie k významnému snížení zlomenin. Zvláště u žen po menopauze došlo ke snížení zlomenin kyčle o 29% a u žen starších 60-ti let se zlomeniny kyčle snížily o

21%. Výsledkem této studie je, že jakýkoli přínos vápníku a vitamínu D na hustotu kostní hmoty nebo riziko vzniku zlomenin je malý a může se u populace lišit od skupiny ke skupině [5].

Věkem ubývá kostní hmota a to přispívá ke zvýšenému riziku zlomenin u mužů i žen. Souvisí s tím i nutriční faktory, jako například nedostatek vitamínu D v důsledku omezeného působení slunečního záření a nízkého příjmu stravou. Nedostatek vitamínu D má za následek snížené vstřebávání vápníku v trávicím traktu, k tomu se přidává i nízký příjem vápníku ve stravě. Proto je potřeba vápník a vitamín D doplňovat, aby se snížilo riziko periferních zlomenin u starších mužů a žen [22].

3.1.1 Účinnost a bezpečnost obohacovaných potravin

Mnoho spotřebitelů věří v účinnost obohacených potravin při ochraně proti špatnému zdraví a jsou podporováni výrobci potravin. Suplementace potravin vápníkem a vitamínem D je základem prevence osteoporózy již po mnoho let [5, 23].

Adekvátní příjem vápníku v mládí je důležitý pro tvorbu zdravé kostní hmoty a v pozdějším životě pro minimalizaci jejího úbytku. Bylo pozorováno, že vysoký příjem vápníku souvisí s nízkou hodnotou krevního tlaku. Zároveň vysoký příjem vápníku může bránit vstřebávání jiných minerálních látek, jako jsou například železo, fosfor, hořčík a zinek. Existuje i důkaz, že příliš vysoký příjem vápníku může být spojován se zvýšeným rizikem rakoviny prostaty. Ve Finsku, kde byla tato studie provedena, je příjem vápníku mezi dospělou populací dostačující. Nicméně vyskytuje se zde až 17% populace s intolerancí laktosy. Přesto, že je k dispozici mnoho mléčných výrobků s nízkou hodnotou laktosy, tito lidé mají nižší příjem vápníku, než ostatní populace a to zejména ženy. Proto je potřeba u některých skupin obyvatel zvýšit příjem vápníku. Od roku 2002 finská legislativa dovoluje obohacovat ovocné šťávy vápníkem na 120 mg/ 100 ml. K obohacování ostatních potravinářských produktů je zapotřebí zvláštního povolení od Národní agentury pro výživu. Rozsah přiměřeného a bezpečného příjmu vápníku je poměrně úzký i pro dospělé, proto obohacování potravin vápníkem u některých skupin obyvatelstva představuje riziko, kdy by příjem vápníku mohl překročit přípustnou horní hranici. Obohacování potravin má nejvyšší dopad na zvýšení průměrného příjmu vápníku a na snížení počtu osob, jejichž příjem vápníku je nedostatečný (Tabulka č. 7) [24].

Tabulka č. 7: Dopad obohacení jednotlivých potravin nebo skupin potravin na denní příjem vápníku za předpokladu, že všechny uvedené potraviny jsou obohacené vápníkem, převzato z [24]

	příjem vápníku (mg/ den)		příjem menší než 800 mg/ den (%)		příjem větší než 2500 mg/ den (%)	
	můži	ženy	muži	ženy	muži	ženy
ovocné džusy (10 + 80 mg/ 100 ml)*	1230 (456)	1109 (376)	17,0	21,1	1,1	0,2
mléko a zakysané mléko (121 + 51 mg/ 100 ml)*	1422 (569)	1243 (446)	12,3	15,5	4,5	0,93
pomazánky (28 + 592 mg/ 100 g)*	1528 (584)	1303 (461)	8,4	12,7	6,3	1,4
jogurty a mléčné deserty (108 + 531 mg/ 100 g)*	1572 (595)	1370 (477)	7,4	10,2	7,3	2,0
chléb (16 + 129 mg/ 100 g)*	1784 (619)	1519 (503)	3,0	5,6	12,7	3,8

Údaje jsou uvedeny jako průměr nebo jako %.

*Průměrný obsah vápníku vyjádřený jako přírodní vápník + doplněný vápník

Výsledky této finské studie ukazují, že obohacování potravin vápníkem je poměrně bezpečné a účinné ve snižování podílu dospělé populace s nízkým příjmem vápníku. Obohacování potravin je vhodné zejména pokud je konzumují těhotné a kojící ženy, protože potřebují přijímat daleko více vápníku než ostatní lidé. Ale pokud byl podíl doplněného vápníku 50%, část mužů významně překročila doporučené dávky příjmu vápníku. Rizika a přínosy potravin obohacených vápníkem se velmi liší mezi pohlavími. Vyšší příjem vápníku se projevuje u mužů, díky jejich celkově větší spotřebě potravin. Navíc obohacované potraviny konzumují převážně více muži než ženy. Proto je obtížné obohatit potraviny tak, aby klesl podíl žen s nízkým příjmem vápníku a zároveň, aby se významně nezvýšil podíl mužů s vysokým příjmem vápníku. Jedním z možných řešení je doplnit ty potraviny (např.: jogurty, minerální vody), které jsou spotřebovávány více ženami než muži [24, 25].

Vzhledem k tomu, že je poměrně obtížné obohatit potraviny tak, aby se zvýšil příjem vápníku u těch skupin populace, které jej přijímají v nedostatečném množství

a zároveň, aby se příliš nezvýšil příjem vápníku u skupin populace, které více přijímají obohacované potraviny, není obohacování potravin vápníkem reálný způsob jak řešit problém s nedostatečným příjmem vápníku [26].

Důvěra v suplementaci potravin byla do určité míry narušena tím, že tento doplněk má na riziko zlomenin jen malý vliv. I přesto používání obohacování potravin je nadále podporováno, protože nebyl zjištěn žádný negativní účinek. Avšak podle posledních údajů je užívání obohacování potravin spojeno se zvýšeným rizikem infarktu a cévní mozkové příhody kvůli nadměrnému příjmu vápníku. Zároveň poslední studie naznačují, že toto riziko není sníženo ani při současném užívání vitamínu D. Tudíž suplementace potravin vápníkem nehraje roli v preventivním opatření a není vhodnou cestou pro dosažení optimálního denního příjmu vápníku [27].

3.1.2 Právní hledisko přídavku živin do potravin

Obohacování potravin reguluje ministerstvo zdravotnictví, útvar hlavního hygienika, který vychází z doporučených výživových dávek stanovených v roce 1989. V době, kdy byla tato studie provedena, se připravovala jejich změna [18].

Možnost předávkování minerálními látkami a vitaminy konzumací obohacovaných potravin u nás nehrozí, ale existuje možné riziko z volně dostupných minerálních doplňků stravy. Proto je nutné přesně stanovit a kontrolovat jejich složení, které by se mělo pohybovat v rozmezí mezi zlomkem doporučené denní dávky a jejím násobkem. Množství přidávané živiny se vždy musí řídit podle toxikologických vlastností, aby nedocházelo k ohrožení zdravotní bezpečnosti a to zejména v případě vitamínu D [18].

Potraviny, do kterých je povinné přidávat vitaminy a minerální látky, jsou potraviny pro zvláštní dietní účely, to znamená pro lidi s poruchou trávení, kojence a děti. Dále je povinné obohacovat základní potraviny, potravinové náhražky, potraviny ztrácející živiny při zpracování [28].

V některých zemích jako je Švýcarsko, Německo a Velká Británie není povinné potraviny obohacovat vitaminy a minerálními látkami, ale obohacený výrobek musí být řádně označen. Mohou se doplňovat nad přirozený obsah, ale pouze za předpokladu, že nepřesáhnou trojnásobek doporučené denní dávky v denní porci [28].

Jestliže informace na etiketě uvádí, že potravinu je bohatým zdrojem určité živiny, musí denní dávka potravin obsahovat alespoň polovinu doporučené denní dávky pro tuto živinu. Potravinu s jakýmkoli jiným tvrzením na etiketě musí obsahovat minimálně 1/6 doporučené denní dávky živiny v denní dávce potravin [28].

Předpisy o přídavku živin do potravin a předpisy o označování se v jednotlivých zemích liší. Obecně platí, že živiny přidávané do potravin se musí objevit na seznamu složek v sestupném pořadí podle množství. Také musí být uvedena numerická deklarace na 100 g nebo 10 ml. Výrobce musí zajistit, aby množství uvedené na etiketě bylo ve výrobku i na konci data minimální trvanlivosti [28].

3.2 Doplnky stravy

Doplnky stravy se řadí mezi potraviny, které jsou určeny k přímé spotřebě a od běžných potravin se odlišují vysokým obsahem vitamínů, minerálních látek nebo jiných biologicky významných látek. Jejich cílem je obohatit běžnou stravu na úroveň, která příznivě ovlivňuje zdraví konzumentů. Doplnky stravy jsou uváděny na trh v podobě tablet, kapslí, nebo v práškovité a tekuté formě [29].

Pro některé lidi může být problém ve velikosti tablet a schopnosti je spolknout. Také není jednoduché začlenit do každodenního režimu užívání doplňků stravy v jiné formě například v tekuté nebo práškové. Doplnky stravy ve formě tablet mohou způsobovat nevolnost, poruchy trávení, zácpu a nadýmání. Proto je výhodnější správný příjem vápníku kombinovat stravou a doplňkovými zdroji [30].

Doplnky stravy mohou ovlivňovat nebo blokovat vstřebávání některých léků, jako například tetracyklinu nebo léků na nemoci štítné žlázy. Obecně platí, že léky, které by měly být užívány na lačný žaludek, by neměly být užívány současně s doplňky stravy nebo s jídlem. Vápník z doplňků stravy je obvykle lépe stravitelný, proto jsou zajímavou alternativou ke standardní stravě pro zvýšení příjmu vápníku [30].

Na trhu je řada přípravků od různých firem, které obsahují různé vitamíny, minerální látky nebo jejich kombinace v různých lékových formách. Užívání vitaminových preparátů může napomáhat k tomu, aby člověk nedbal na obsah vitamínů při skladbě stravy. Multivitaminové a multi-minerální doplňky mají opodstatnění pouze v případech určité podvýživy (např. u některých redukčních diet) [1].

3.2.1 Legislativa

Potravní doplňky patří mezi potraviny, a proto podléhají předpisům o potravinách. Výrobce doplňků stravy musí před uvedením na trh podat oznámení na Ministerstvo zdravotnictví. V notifikačním adresáři musí uvést text označení a seznam zdravotních tvrzení používaných na obalu a v reklamě. Účinnost přípravků a zajištění kvality nejsou při schvalování doplňků stravy posuzovány. Výrobce však nesmí prohlašovat nepravdivá tvrzení o účinku přípravku. O posouzení zdravotní nezávadnosti výrobku a způsobu jeho užívání výrobce zažádá Státní zdravotní ústav (SZU) pouze v případě, že doplněk stravy obsahuje formy vitamínů a minerálních látek neuvedených ve vyhlášce č. 225/2008 Sb. Doplňky stravy musí splňovat všechny platné normy, které jsou kladené na potraviny a jejich dodržování. A stejně jako u potravin je kontroluje Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI) [23].

4 Stanovení vápníku

Vápník se v potravinách rostlinného i živočišného původu stanoví obvykle ve výluhu popela, který se získá spálením vzorku buď suchou, nebo mokrou metodou [12].

Pro stanovení vápníku v potravinách existuje mnoho metod, z nichž nejběžnější je atomová absorpční spektrometrie. Existují i další alternativní metody včetně metod odměrných s EDTA nebo KMnO_4 , neutronová aktivační analýza nebo emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Dále se používají elektrochemické metody, HPLC, rentgenová fluorescence a iontová chromatografie [9, 20].

4.1 Příprava vzorku

Většina vzorků potravin se připravuje buď suchým nebo mokrým spalováním, nebo kombinací obou metod. Techniky suchého spalování zahrnují spalování při teplotách 500-550°C, kdy je vzorek rozložen až na organickou hmotu. Poté se popel rozpustí v kyselině vhodné pro následnou analýzu [9].

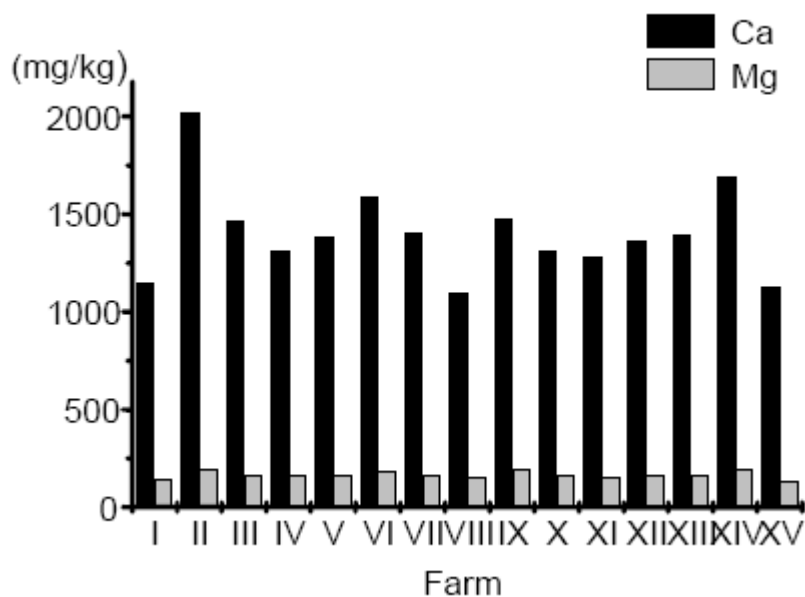
Spalování mokrou cestou obvykle zahrnuje destrukci zahříváním v koncentrované kyselině dusičné až do světle slámové barvy. Dalším krokem je oxidace kyselinou chloristou nebo peroxidem vodíku pro vyjasnění roztoku vzorku. V procesech spalování mokrou cestou zejména u vzorků s vysokým obsahem vápníku jako je kostní moučka je potřeba se vyhnout kyselině sírové vzhledem ke srážení vápníku v podobně síranu, což může vytvořit sádrovec [9].

4.2 Metody stanovení vápníku v potravinách

4.2.1 Atomová absorpční spektrofotometrie

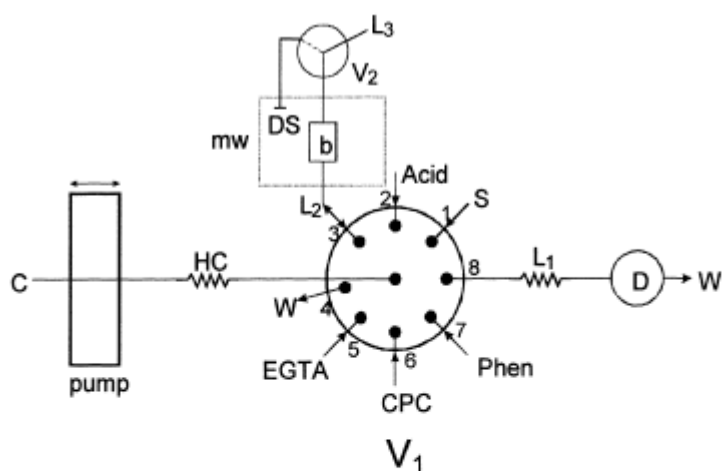
Atomová absorpční spektrometrie je nejpoužívanější metodou pro stanovení vápníku v potravinách. Jako součást roztoku vzorku se používá lanthan, který slouží jako modifikátor matrice pro snížení rušení aniontů amonných a síranových, které mohou tvořit žáruvzdorné komplexy a oslabit absorpci světla atomovým vápníkem. Absorbance se měří při 422,7 nm spektrální čáry vápníku, následuje atomizace v redukčním plameni vzduch-acetylen a porovnání s certifikovanými analytickými standardními kalibračními roztoky. Redukční plamen dává vyšší citlivost, ačkoli oxidační plamen může dát vyšší přesnost tam, kde je to rozhodující. Obvykle je touto metodou dosahováno pracovního rozsahu až 5 mg/l. Při využití vyšší citlivosti rozprašovače může být touto metodou dosahováno až dvojnásobných pracovních rozsahů [9].

M. Sikiric a kol. (2003) stanovovali pomocí plamenové atomové absorpční spektrofotometrie obsah minerálních látek v kravském mléce, které odebírali na 15 různých farmách. Ze vzorků syrového mléka byla nejprve vysrážena bílkovinná část, poté byly vzorky mineralizovány v mikrovlnném rozkladném systému MLS – 1200 Mega. V takto upravených vzorcích byly stanoveny obsahy minerálních látek v mléce přímo plamenovou atomovou absorpční spektrofotometrií. Na obrázku č. 3 je pro srovnání znázorněný obsah vápníku a hořčíku v 15 vzorcích kravského mléka získaného z 15 různých farem. Výsledky této studie ukázaly, že mléko z vybraných farem obsahuje relativně velké množství vápníku, zatímco ostatní minerální látky nejsou v tak velkém zastoupení [31].



Obrázek č. 3: Množství vápníku a hořčíku v kravském mléce z 15 různých farem, převzato z: [31]

V další studii Oliveira a kol. (2000) je kombinován mikrovlnný asistovaný rozklad vzorku s průtokovou injekční analýzou a plamenovou atomovou absorpční spektrometrií. Vzorek je zaveden do nosiče proudu roztoku, poté je okyselen a výsledná suspenze se zastaví v mikrovlnné troubě, kde dojde k rozkladu vzorku za reprodukovatelných podmínek. Po vyluhování je tok obnoven a zaveden do rozprašovače ve spektrometru. Tento systém je bezpečný a schopný vyluhovat vzorky aniž by byly předtím jakkoli upraveny. Schéma této metody je uvedeno na obrázku č. 4 [32].



Obrázek č. 4: Schéma sekvenčního injekčního systému, převzato z: [32]

C: nosič proudu vzrku, čerpadlo, peristaltické čerpadlo, HC: držák cívky, V₁: více-cestný ventil, D: detektor, S: vzorek, Acid – koncentrovaná kyselina dusičná, EGTA $6 \cdot 10^{-3}$ mol/l (EGTA roztok), CPC 0,02% (roztok o-cresolphthaleinu), Phen 0,025% roztok o-fenantrolinu, L₁ a L₂ – převodové linky, mw – mikrovlnná trouba, b – mineralizační bomba, V₂ – šesticečný ventil, L₃ – vývod cívky, DS- bezpečnost disku, W – vlna, 1 – 8: porty ventilů

4.2.2 Odměrná analýza - manganometrie

Manganometrie je založena na oxidačně-redukčních reakcích. Při tomto stanovení se využívá oxidačních vlastností manganistanu draselného, který se používá jako titrační činidlo. U této metody je zapotřebí, aby reakce probíhaly v kyselém prostředí, to se zajistí nejčastěji přidávkem kyseliny sírové. Hlavní výhodou manganometrie je, že není potřeba používat různé indikátory. Protože roztok manganistanu draselného je tmavě fialově zbarvený a první nadbytečná kapka obarví roztok slabě růžově. V tomto okamžiku je titrace skončena [33].

Po suchém zpopelnění a zředění popela demineralizovanou vodou na vhodný objem se k roztoku přidá bromkresolová zeleň a 20% roztok octanu sodného, aby se upravilo pH na hodnotu 4,8- 5,0. Roztok se přivede k varu. Vápník se vysráží pomalým přidáváním 3% roztoku kyseliny šťavelové dokud pH nedosáhne hodnoty 4,4- 4,6, to se projeví zeleným odstínem roztoku. Roztok se zahřeje k varu a vaří se 1-2 minuty, poté se nechá stát přes noc. Sraženina se přefiltruje přes filtrační papír nebo skleněnou fritu a promyje se malými částmi hydroxidu amonného. Ke sraženině se přidá směs demineralizované vody a kyseliny sírové. Tento roztok se zahřeje na 80- 90°C. Nakonec se titruje odměrným

roztokem 0,1 M manganistanu draselného při 70- 90°C do slabě růžového zbarvení. Výsledky se udávají v mg vápníku v určitém objemu vzorku a to za předpokladu, že 1 ml manganistanu draselného se rovná 1 mg vápníku. Tato metoda popsaná ve studii Benjamina Caballera byla použita pro stanovení vápníku v pšeničné mouce [9].

4.2.3 Plamenová fotometrie

Plamenová fotometrie je jednoduchá metoda stanovení alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Stanovení vápníku ruší velké přebytky lithia a sodíku, dostáváme tak vyšší výsledky. Dále ruší i vyšší přebytek draslíku a amonných iontů, kdy naopak dostáváme nižší výsledky. Proto je potřeba nejprve ze vzorku odstranit tyto kovy, aby neovlivňovaly stanovení. To se provádí vysrážením s hydroxidem amonným a síranem amonným. Všechna měření v této studii byla měřena na plamenovém fotometru Zeiss – model 3 s interferenčními filtry, acetyleno-vzduchovým plamenem ve spojení se stupnicovým galvanometrem. K analýze byly připraveny jen chloridy vápníku, které byly před přípravou základního roztoku sušeny při teplotě 230°C. Základní roztok obsahoval 1 mg Ca/ml a ostatní roztoky byly připraveny ředěním základního roztoku. Plamenovou fotometrií se dá prokázat 1- 10 μg Ca/ ml, nejvhodnější koncentrační oblast je v rozmezí 10 -100 μg Ca/ ml [34].

4.2.4 Stanovení vápníku s elektrochemickou detekcí

4.2.4.1 Detekce elektrodou s katalázou

Vápník může být detekován v některých nápojích jako je mléko, voda a minerální voda pomocí biosenzoru, který obsahuje katalázu. Kataláza je hlavní antioxidační enzym, který degraduje H_2O_2 na vodu a kyslík [20].

V této studii byl použit biosenzor založený na aktivaci katalázy ionty vápníku. Metoda stanovení vlivu iontů vápníku na aktivitu katalázy byla založena na základě odpovědi biosenzoru v nepřítomnosti a přítomnosti vápenatých iontů v roztoku.

Během reakce kataláza převede peroxid vodíku na vodu a oxid uhličitý v přítomnosti kyslíku. DO sonda (sonda s rozpuštěným kyslíkem) má k dispozici střední vrstvu mezi bioaktivní vrstvou a teflonovou membránou. V průběhu enzymatické reakce koncentrace rozpuštěného kyslíku klesá vzhledem k substrátu přidanému do reakčního media [20].

Vápník je kofaktorem katalázy a hraje roli v její aktivaci, proto se po přidání vápníku do reakční směsi zvýší aktivita enzymu a koncentrace rozpuštěného kyslíku se vzhledem k přidanému vápníku změní. Princip měření biosenzoru je založen na stanovení změn koncentrace rozpuštěného kyslíku v závislosti na množství přidávaného vápníku. Rozdíly mezi první a konečnou koncentrací vápníku byly použity k sestavení standardní křivky [20].

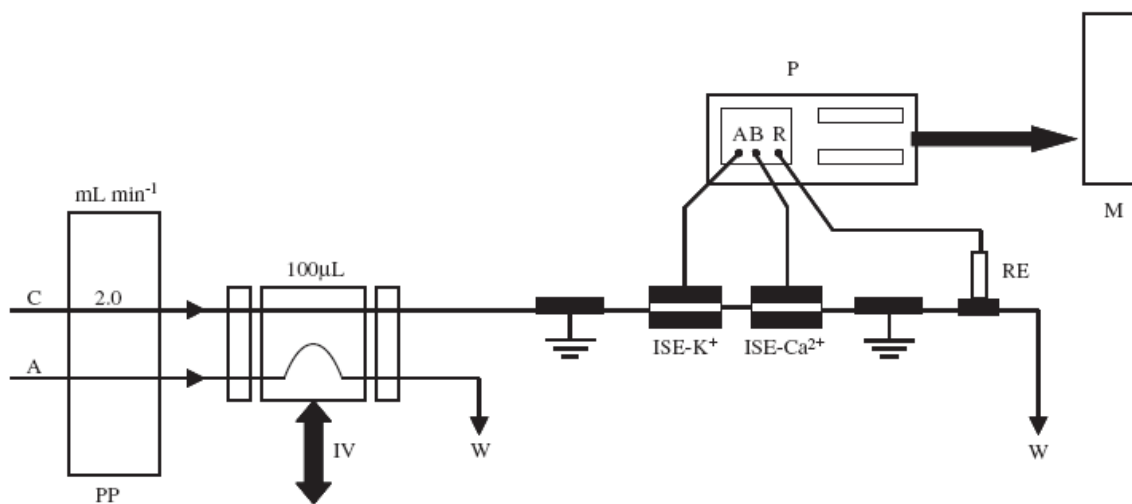
Tato metoda je rychlá, přesná a má nízké provozní náklady. Nevyžaduje žádné drahé přístroje a zařízení, materiál a laboratorní podmínky, protože biosenzor je přenosný. Je možné ji využít pro všechny kapalně vzorky a kromě ředění vzorku při stanovení vápníku, nejsou potřeba žádné předběžné úpravy. Biosenzor je velmi specifický, proto nevadí přítomnost jiných iontů kovů jako například měďnatých, hořečnatých, sodných, draselných a manganatých [20].

4.2.4.2 Průtoková injekční metoda s tubulárními potenciometrickými senzory

Potenciometrie je metoda založená na měření rovnovážného napětí článku, který je složen z měrné a srovnávací elektrody. Elektrický potenciál měrné elektrody závisí na koncentraci stanovované látky. Potenciál srovnávací elektrody je konstantní. Rovnovážné napětí je rozdílem těchto dvou potenciálů a zároveň je mírou koncentrace stanovované látky v roztoku [35].

Ve studii provedenou Karin Y. Chumbimuni-Torres (2006) byly použity miniaturizované iontově selektivní elektrody, které zlepšují dávkování. Iontově selektivní elektrody (ISE) s tubulárním tvarem jsou vhodné v průtokové injekční analýze, protože nemění charakteristiku hydrodynamického toku. ISE v průtokové injekční analýze jsou důležité, protože spotřebují jen malé množství vzorku a činidla. A vyznačují se rychlou odezvou a dobrou reprodukovatelností [36].

Schéma průtokové injekční analýzy pro stanovení vápníku a draslíku je zobrazeno na obrázku č. 5. Tato metoda stanovení vápníku současně s draslíkem ve vzorku kokosové vody má několik výhod ve srovnání s jinými metodami jako například s chromatografií nebo spektrometrií. První výhodou je, že je levná, nevyžaduje vyškolené pracovníky, není potřeba nejprve vzorek extrahovat nebo předčišťovat, bez problému určí ionty i v barevných vzorcích a detekční limit je $5,6 \times 10^{-6}$ mol/l . Nevýhodou může být zdlouhavost [36].



Obrázek č. 5: Schéma průtokové injekční analýzy pro současné stanovení vápníku a draslíku, převzato z: [36]

(C) nosič, (A) vzorek, (PP) peristaltické čerpadlo, (IV) injekční ventil, (ISE-K⁺) ISE pro draslík, (ISE-Ca²⁺) ISE pro vápník, (RE) referentní elektroda, (W) odpad, (M) mikropočítač

4.2.5 Kapilární zónová elektroforéza

Elektroforéza je separační metoda, která využívá různé pohyblivosti částic nesoucích náboj. Pohyb těchto nabitých částic je způsoben napěťovým spádem podél dráhy jejich pohybu. Existují tři modifikace elektroforézy a to volná elektroforéza, zónová elektroforéza a izotachoforéza. Kapilární zónová elektroforéza je separace, kdy základním elektrolytem, který vede proud, je naplněna kapilára [35].

Fukushi a kol. (1997) vyvinuli kapilární zónovou elektroforézu pro stanovení vápenatých iontů v zelenině. Vzorek zeleniny nejprve rozdrtili v porcelánové misce a poté smíchali s převařenou vodou. Volné vápenaté kationty extrahovali varem po dobu 15 – 20

minut ve vodě a určili je přímo kapilární elektroforézou v komplexu s kyselinou ethylendiamintetraoctovou (EDTA). Detekční vlnová délka byla nastavena na 200 nm. Detekční limit vápenatých iontů u této metody je 0,26 mg/l [37].

Závěr

Tato bakalářská práce pojednává o vlastnostech vápníku, jeho výskytu v potravinách, výskytu v lidském těle a jeho metabolismu a adekvátním denním příjmu v různých skupinách populace. Dále se zabývá možností obohacování potravin vápníkem, doplňky stravy obsahujícími vápník a také metodami jeho stanovení.

Lidský organismus obsahuje mnoho minerálních látek ve velmi malých množstvích. Tyto minerální látky jsou součástí důležitých biogenních látek. Jsou pro naše tělo nezbytné a je nutné je přijímat stravou.

Vápník je minerální látka, která je v našem těle zastoupena nejvíce z ostatních minerálních látek. Je důležitý pro zdravé kosti a zuby, ale také pro nervosvalovou dráždivost. Proto je velmi potřebné, aby lidé ve všech skupinách populace měli dostatečný denní příjem vápníku.

Obohacování potravin vápníkem má určitý smysl, pokud jsou obohacované potraviny konzumovány převážně skupinami obyvatel, které mají nedostatečný příjem vápníku. Při konzumaci těchto potravin skupinami obyvatel s přiměřeným příjmem naopak hrozí nadbytečný příjem vápníku a s tím související zdravotní rizika jako například zvýšené riziko infarktu, cévní mozkové příhody a snížené vstřebávání ostatních minerálních látek. Vhodnou alternativou se jeví konzumace doplňků stravy obsahujících vápník.

Pro stanovení vápníku se nejčastěji využívá atomová absorpční spektrometrie, ale existuje mnoho dalších metod jeho stanovení například plamenová fotometrie, odměrné analýzy a rentgenová fluorescence.

Seznam použité literatury

- [1] A. Jabor a kol., Vnitřní prostředí, Grada Publishing a. s. 2008, 1. vydání, s. 72 – 90, ISBN 978-80-247-1221-5
- [2] J. Velíšek, J. Hajšlová, Chemie potravin 1., OSSIS, 3. vydání, (2009), s. 465-467, ISBN 978-80-86659-15-2
- [3] J. Pánek, J. Pokorný, J. Dostálová, P. Kohout, Základy výživy., Svoboda – Servis, Praha 2002, 1. vydání, ISBN – 80-86320-23-5
- [4] Z. Zadák, Vitaminy a mikroelementy ve stáří, Česká geriatrická revue 1/ 2003, s. 12 - 15
- [5] C. R. Kessenich, Calcium and vitamin D Supplementation for Postmenopausal Bone Health, *The Journal for Nurse Practitioners*, Vol. 3, 2007, S. 155 - 159
- [6] M. Thomas, S. M. Weisman, Calcium supplementation during pregnancy and lactation: Effect on mother and the fetus, *Americal Journal of Obstetrics and Gynecology*, Vol. 194 (2006), s. 937 - 945
- [7] Z. Wilhelm, Co je dobré vědět o vápníku, Praktické lékařství, 2007, s. 184 – 189, dostupné z: <http://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2007/04/09.pdf> (15. 5. 2012)
- [8] Michael Sharon, Komplexní výživa – správná cesta ke zdraví, Prion 1989, ISBN 80-85213-54-0
- [9] B. Caballero, L. C. Trugo, P. M. Finglas, Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, ISBN – 0-12-227057-6, s. 767- 768, 2. vydání
- [10] A. Cilla, M. J. Lagarda, A. Alegría, B. de Ancos, M. P. Cano, C. Sánchez-Moreno, L. Plaza, R. Barberá, Effect of procesing and food matrix on calcium and phosphorus bioavailability from milk-based fruit beverages in Caco-2 cells, *Food Research International*, Vol. 44 (2011), s. 3030 – 3038
- [11] P. Amchová, Nutriční aspekty vápníku a zdraví, bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno 2008, s. 37 – 38
- [12] J. Davídek, G. Janíček, J. Pokorný, Chemie potravin, Praha 1983, 1. vydání, s. 131 – 133, ISBN 04-815-83

- [13] Wendy chan she Ping-Delfos, M. Soares, Diet induced thermogenesis, fat oxidation and food intake following sequential meals: Influence of calcium and vitamin D, *Clinical Nutrition*, Vol. 30 (2011), s. 376 – 383
- [14] S. Trojan, Lékařská fyziologie, Grada, Praha, 4. vydání, 2003, ISBN 80-247-0512-5
- [15] M. E. Shils, Modern Nutrition in Health and Disease, 9th. ed., Baltimore, 1999
- [16] P. Hopfenzitzová, Minerální látky udržují tělo fit, 1. vydání, Praha 1999, s. 88 ISBN 80-7202-546-5
- [17] C. H. Burnett, Hypercalcemia without hypercalciuria or hypophosphatemia, calcinosis and renal insufficiency. A syndrome following prolonged intake of milk and alkali, *New England Journal of Medicine*, Vol. 240 (2004), s. 787 – 794
- [18] L. Benešová a kol., Potravinářství IV, ÚZPI Praha, 1997, 1. vydání, s. 18- 26, ISBN 80-85120-56-9
- [19] <http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/vitaminizace-potravin.html>
14. 5. 2012
- [20] E. Akyilmaz, O. Kozgus, Determination of calcium in milk and water samples by using catalase enzym electrode, *Food chemistry*, Vol. 115 (2009), s. 347 – 351
- [21] F. L. Cerklewski, Calcium fortification of food can add unneeded dietary phosphorus, *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 18 (2005), s. 595-598
- [22] F. Grados, M. Brazler, S. Kamel, S. Duver, N. Heurtebize, M. Maamer, M. Mathieu, M. Garabédian, J. Sebert, P. Fardellone, Effects on Bone Mineral Density of Calcium and Vitamin D Supplementation in elderly women with Vitamin D Deficiency, *Joint Bone Spine*, Vol. 70 (2003), s. 203 – 208
- [23] C. Reilly, Too much of a good thing? The problem of trace element fortification of foods, *Trends in food science & Technology*, Vol. 7 (1996), s. 139 – 142
- [24] T. Hirvonen, H. Tapanainen, L. Valsta, M. Hannila, A. Aro, P. Pietinen, Efficacy and safety of food fortification with calcium among adults in Finland, *Public Health Nutrition*: 9(6), 2005, s. 792-797,
- [25] F. P. Laboissiere, F. F. Bezerra, R. B. Rodrigues, J. C. King, C. M. Donangelo, Calcium homeostasis in primiparae and multiparae pregnant women with marginal calcium intakes and response to a 7-day calcium supplementation trail, *Nutrition Research*, Vol. 20 (2000), s. 1229 – 1239

- [26] L. Johnson-Down, M. R. L'abbé, N. S. Lee, K. Gray-Donald, Appropriate Calcium Fortification of the Food Supply Presents a Challenge, *Community and International Nutrition* (2003), s. 2232 – 2238
- [27] I. R. Reid, M. J. Bolland, P. N. Sambrook, A. Grey, Calcium supplementation: Balancing the Cardiovascular risks, *Maturitas*, volume 69, 2011, s. 285 – 289
- [28] I. Suková, Systémy zajišťování jakosti a provádění kontroly v potravinářství, ÚZPI Praha, 1. vydání, 1997, ISBN 80-85120-65-8
- [29] Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích ve znění zákona 456/2004 Sb., Sbírka zákonů, 2004, č. 153, s. 9014 – 9036
- [30] C. R. Kessenich, Alternative Choices for Calcium Supplementation, *The Journal for Nurse Practitioners* (2008), s. 36 – 39
- [31] M. Sikiric, N. Brajenovic, I. Pavlovic, J. L. Havranek, N. Plavljanic, Determination of metals in cow's milk by flame atomic absorption spectrophotometric, *Univerzity of Zagreb, Chorvatsko* (2003), s. 481 – 486
- [32] C. C. Oliveira, R. P. Sartini, E. A. G. Zagatto, Microwave-assisted sample preparation in sequential injection: spectrophotometric determination of magnesium, calcium and iron in food, *Analytica Chimica Acta*, Vol. 413 (2000), s. 41 – 48
- [33] I. Geherová, Učební texty pro předmět "Laboratorní kontrola", diplomová práce, Masarykova univerzita, Brno 2007, s. 74 – 78
- [34] V. Stučka, Stanovení lithia, sodíku, draslíku a vápníku plamenovou fotometrií, *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium, Mathematica*, vol. 3, 1962, No. 1, s. 223- 230, dostupné také z: <http://dml.cz/dmlcz/119794>
- [35] Z. Holzbecher, J. Churáček, *Analytická chemie*, Nakladatelství technické literatury, Praha, 1987, 1. vydání, s. 171 – 178
- [36] K. Y. Chumbimuni-Torres, L. T. Kubota, Simultaneous determination of calcium and potassium in coconut water by a flow-injection method with tubular potentiometric sensors, *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 19 (2006), s. 225 – 230
- [37] K. Fukushi, S. Takeda, S. Wakida, K. Higashi, K. Hiroyuki, Determination of calcium in vegetables by capillary zone electrophoresis, *Journal of Chromatography*, Vol. 759 (1997), s. 211 – 216