

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ  
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

ANALÝZA PRVKŮ V POTRAVNÍCH DOPLŇCÍCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

TEREZA MOTLOVÁ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

## ANALÝZA PRVKŮ V POTRAVNÍCH DOPLŇCÍCH

ANALYSIS OF ELEMENTS IN NUTRITION SUPPLEMENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

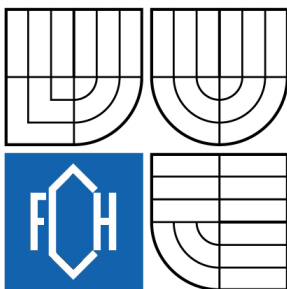
TEREZA MOTLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA VITOULOVÁ, Ph.D.

BRNO 2008



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce

**FCH-BAK0193/2007**

Akademický rok: **2007/2008**

Ústav

Ústav chemie potravin a biotechnologií

Student(ka)

**Motlová Tereza**

Studijní program

Chemie a technologie potravin (B2901)

Studijní obor

Potravinářská chemie (2901R021)

Vedoucí bakalářské práce

**Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.**

Konzultanti bakalářské práce

### Název bakalářské práce:

Analýza prvků v potravních doplňcích

### Zadání bakalářské práce:

Vypracování literární rešerše z dostupné knižní a časopisecké literatury na téma:

1. Přehled prvků používaných v doplňcích stravy
2. Účinky vybraných prvků na lidský organismus - nedostatek, nadbytek
3. Možnosti stanovení vybraných prvků v potravních doplňcích (příprava vzorků pro analýzu, metody používané pro stanovení prvků)

### Termín odevzdání bakalářské práce: 30.5.2008

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

---

Tereza Motlová  
student(ka)

---

Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.  
Vedoucí práce

---

Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2007

---

doc. Ing. Jaromír Havlica, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se věnuje problematice potravních doplňků, minerálních prvků a jejich stanovení v doplňcích stravy. Cílem práce bylo vypracování literární rešerše zaměřené na potravní doplňky, minerální prvky v nich obsažené a na metody stanovení vybraných prvků v doplňcích stravy.

První část této práce je věnována doplňkům stravy, jejich základním kategoriím, minerálním prvkům obsaženým v potravních doplňcích a jejich účinkům při nadbytku či nedostatku v lidském organismu. Druhá část bakalářské práce je věnována možnostem stanovení vybraných minerálních látek v potravních doplňcích. Dále se práce zabývá přípravou vzorků pro analýzu a jednotlivými metodami pro jejich stanovení.

Doplňky stravy jsou potraviny určené k přímé spotřebě, které se odlišují od běžných potravin vysokým obsahem vitamínů, minerálních prvků a jiných látek, které mají nutriční a fyziologický účinek. Potravní doplňky jsou vyrobeny za účelem doplnění stravy pro běžné uživatele na úroveň příznivě ovlivňující zdraví.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with food supplements, mineral elements and their determination in dietary supplements. The aim of this thesis was to elaborate a literature review focused on the food supplements, mineral elements, which are used in food supplements, and methods for determination of mineral elements in nutrition supplements.

Forepart of this bachelor treats of food supplements, their basic categories, mineral elements which are contained in nutrition supplements and their effects in case of their oversupply (at high doses) or lack (at low concentrations) in a human body. Other part of this thesis is concerned with options of mineral elements determination in food supplements. Thereinafter, the thesis deals with ways of preparing samples for determination and analytical methods which are used for determination of mineral elements in nutrition supplements.

Food supplements are foodstuffs which serve to direct consumption. Supplements differ from casually foodstuffs by high contents of vitamins, mineral elements and others matters which have nutrition and physiological effect. Food supplements are manufactured in order to achieve a diet completion of common user with positive impact on human health.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

potravní doplněk, minerální prvky, analytické metody, stanovení

## **KEYWORDS**

food supplement, mineral elements, analytical methods, determination

MOTLOVÁ, T. *Analýza prvků v potravních doplncích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 44 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje byly správně a úplně citovány. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis studenta

### *Poděkování:*

*Chtěla bych poděkovat Ing. Evě Vitoulové, Ph.D. za její vstřícnost, čas a cenné rady v průběhu celé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří se mnou sdíleli své zkušenosti a bez jejichž účasti by tato práce nemohla vzniknout. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat celé své rodině za pochopení a velkou dávku podpory.*

# OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Doplňky stravy a minerální prvky v nich obsažené .....</b>	<b>8</b>
2.1	Doplňek stravy .....	8
2.2	Další pojmy související s doplňkem stravy .....	8
2.3	Přehled doplňků stravy .....	9
2.4	Přehled prvků používaných v doplňcích.....	9
2.5	Jednotlivé prvky, formy výskytu v potravních doplňcích a jejich funkce v lidském organismu .....	10
2.5.1	Vápník .....	10
2.5.2	Hořčík.....	10
2.5.3	Železo .....	11
2.5.4	Měď .....	11
2.5.5	Jod .....	11
2.5.6	Zinek .....	11
2.5.7	Mangan.....	12
2.5.8	Sodík .....	12
2.5.9	Draslík .....	12
2.5.10	Selen.....	12
2.5.11	Chrom.....	13
2.5.12	Molybden .....	13
2.5.13	Fluor .....	13
2.6	Zastoupení vybraných minerálních prvků v potravinách.....	14
2.7	Účinky vybraných prvků na lidský organismus.....	15
2.7.1	Nedostatek prvků v těle.....	16
2.7.1.1	Vápník .....	16
2.7.1.2	Hořčík .....	16
2.7.1.3	Železo .....	16
2.7.1.4	Měď .....	16
2.7.1.5	Jod.....	17
2.7.1.6	Zinek.....	17
2.7.1.7	Mangan .....	17
2.7.1.8	Sodík.....	17
2.7.1.9	Draslík.....	18
2.7.1.10	Selen.....	18
2.7.1.11	Chrom .....	18
2.7.1.12	Molybden.....	18
2.7.1.13	Fluor .....	18
2.7.2	Nadbytek prvků v těle .....	19
<b>3</b>	<b>Možnosti stanovení vybraných prvků v potravních doplňcích.....</b>	<b>20</b>
3.1	Příprava vzorků pro analýzu .....	20
3.1.1	Mineralizace na suché cestě .....	20
3.1.2	Mineralizace na mokré cestě.....	20
3.1.3	Mineralizace za použití mikrovláknového záření .....	21

3.1.4	Extrakce pro stanovení jednotlivých forem prvků ve vzorku .....	21
3.2	Metody používané pro stanovení prvků.....	22
3.2.1	Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP OES) 22	
3.2.1.1	<i>Princip metody</i> .....	22
3.2.1.2	<i>Analytické využití</i> .....	23
3.2.2	Atomová absorpční spektrometrie (AAS).....	23
3.2.2.1	<i>Princip metody</i> .....	23
3.2.2.2	<i>Analytické využití</i> .....	24
3.2.3	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS) .....	24
3.2.3.1	<i>Princip metody</i> .....	24
3.2.3.2	<i>Analytické využití</i> .....	25
3.2.4	Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS) .....	25
3.2.4.1	<i>Princip metody</i> .....	25
3.2.4.2	<i>Analytické využití</i> .....	26
3.3	Studované vzorky.....	26
3.3.1	Stanovení železa.....	26
3.3.2	Stanovení selenu.....	28
<b>4</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Použitá literatura</b> .....	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Přílohy</b> .....	<b>36</b>

# 1 ÚVOD

Při současných životních podmínkách jako je například neustálý stres a poškozené životní prostředí spolu s nedostačující a nevhodnou stravou, která je ochuzená v důsledku průmyslové výroby o mnoho nezbytných ochranných látek, je vhodné užívat produkty obsahující tyto chybějící látky.

Existuje řada produktů, které se neřadí mezi léčiva, ale zároveň je také nemůžeme chápat jako klasické potraviny. Tyto potraviny jsou označovány jako potraviny pro zvláštní výživu. Rozdělujeme je na dva základní druhy, jako jsou potravní doplňky neboli jednotlivé substance a na doplňky stravy, ve kterých se kombinuje více potravních doplňků.

Doplňky stravy jsou mnohdy spotřebiteli označovány za léky nebo jako klasické potraviny. Velká část populace vnímá užívání doplňků jako možnou náhradu různorodé a pestré stravy. Avšak tyto produkty se od ostatních potravin odlišují pouze vysokým obsahem vitamínů, minerálních látek nebo jiných látek s nutričním (výživovým) či fyziologickým účinkem. Potravní doplněk tedy nelze chápat či dokonce užívat jako náhradu plnohodnotného a zdravého stravování. Doplněk stravy je opravdu jen doplněk.

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku potravních doplňků, minerálních prvků v nich obsažených a na metody stanovení vybraných prvků v doplňcích stravy. První část této práce je věnována doplňkům stravy, jejich základním kategoriím, minerálním prvkům obsaženým v potravních doplňcích a jejich účinkům při nadbytku či nedostatku. Druhá část bakalářské práce je věnována možností stanovení vybraných minerálních látek v potravních doplňcích. Dále se zabývá přípravou vzorků pro analýzu a jednotlivými metodami pro jejich stanovení.



## 2 DOPLŇKY STRAVY A MINERÁLNÍ PRVKY V NICH OBSAŽENÉ

### 2.1 Doplněk stravy

*Doplněkem stravy* je potravina určená k přímé spotřebě, která se odlišuje od potravin pro běžnou spotřebu vysokým obsahem vitaminů, minerálních látek nebo jiných látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem a která byla vyrobena za účelem doplnění běžné stravy pro spotřebitele na úroveň příznivě ovlivňující zdravotní stav a která se uvádí do oběhu pouze s označením účelu jejího použití. (podle zákona o potravinách č. 456/2004 Sb. – úplné znění zákona č. 110/1997 Sb.)

Doplněk stravy jsou tedy potravinami určenými pro zvláštní výživu se zvýšeným obsahem potravních doplňků.<sup>1</sup> Zároveň podle stávajících zákonů není žádný doplněk stravy určen k prevenci anebo k léčbě jakýkoliv onemocnění.<sup>2</sup>

Existuje široká škála živin, bylin i dalších látek, které mohou být v doplňcích stravy přítomny. Základ tvoří vitaminy, minerální látky, aminokyseliny, esenciální mastné kyseliny, vláknina, široké spektrum různých rostlinných a bylinných výtažků a rostlin pěstovaných i volně rostoucích.<sup>3</sup> Avšak doplňky stravy nesmí obsahovat rostliny, popřípadě jejich části, které obsahují velmi silně účinné látky využívané pro farmaceutické a terapeutické účely.<sup>1</sup>

Pro výrobu doplňků stravy se používají vitaminy a minerální látky pouze ve stanovených formách, které jsou schváleny Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA).<sup>3</sup>

Doplněk stravy se uvádí do oběhu pouze balené.<sup>1</sup> Na doplňky stravy se vztahují všechny požadavky na balení a značení jako na běžné potraviny. Na doplňcích stravy je nezbytné uvést:

- 1) označení „doplněk stravy“,
- 2) složení obsahující názvy kategorií živin nebo látek charakterizujících výrobek nebo označení povahy těchto živin či látek,
- 3) doporučená denní dávka výrobku, příp. návod k použití,
- 4) varování před překročením uvedené doporučené denní dávky,
- 5) upozornění, že by doplňky stravy neměly být používány jako náhrada pestré stravy,
- 6) upozornění, že by výrobky měly být skladovány mimo dosah malých dětí.<sup>3</sup>

Dále také označení doplňků stravy a jejich reklama nesmí obsahovat tvrzení, že mají případně preventivní nebo léčivé účinky, pokud nebyly prokazatelně zjištěny.<sup>2, 4</sup> Na doplňcích stravy je nutné vyjádřit i v procentech doporučené denní dávky obsahu přidaných vitaminů a minerálních látek.<sup>3</sup>

Doplněk stravy jsou obvykle upraveny do formy kapslí či tobolek, pastilek, tablet (potahované, nepotahované), dražé, sáčků s práškem, ampulek s tekutinou, kapek nebo jiných jednoduchých forem tekutin a prášků určených pro příjem v malých odměřených množstvích.<sup>2, 3</sup>

### 2.2 Další pojmy související s doplňkem stravy

*Potravní doplňky* jsou nutriční faktory (jako jsou vitaminy, minerální látky, aminokyseliny, specifické mastné kyseliny, extrakty a další látky) s významným biologickým

účinkem, které se přidávají do potravin za účelem obohacení a zvýšení jejich výživové hodnoty. (podle zákona č. 456/2004 Sb. – úplné znění zákona č. 110/1997 Sb.)

Potravní doplňky představují jednotlivé složky doplňků stravy.<sup>2</sup> To znamená, že doplněk stravy může obsahovat jeden nebo více potravních doplňků.<sup>3</sup>

**Parafarmaceutika** je pojem používaný v lékárnické praxi k označení přípravků a doplňků stravy, které se prodávají v lékárně a nejsou léčivý.<sup>3</sup>

**Potraviny nového typu (novel food)** jsou potraviny s charakterem doplňků stravy, které jsou definovány v nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 258/1997 jako potraviny, které dosud nebyly ve významné míře používány v Evropské unii k lidské spotřebě. Jsou zmíněny proto, že pokud některá složka doplňku stravy není uvedena v seznamu povolených látek, není běžná nebo není získána běžnou technologií, hodnotí se, zda-li nepatří do skupiny tzv. potravin nového typu. Na tyto potraviny se vztahuje zvláštní registrační, resp. schvalovací režim.<sup>5</sup> (dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 258/1997)

## 2.3 Přehled doplňků stravy

**Vitaminy a minerály** (mikroživiny), které obsahují podskupiny multivitaminy a multiminerály. Tyto látky jsou označovány jako mikroživiny, kdy při jejich nedostatku může hrozit porucha zdraví.<sup>3, 6, 7</sup>

**Antioxidanty** jsou skupinou vitamínů, minerálů, extraktů a dalších látek, které potlačují tzv. oxidační stres organismu.<sup>3</sup>

**Rostlinné extrakty** (výtažky) užívané v nejrůznějších formách, jako jsou tablety, čaje, tobolky, nálevy a tinktury.<sup>8</sup>

**Doplňky stravy, podporující hubnutí** jsou látky na kontrolu tělesné hmoty.

**Doplňky na povzbuzení** mají význam pro celkovou duševní a fyzickou kondici, vitalitu anebo sexuální výkonnost (afrodiziaka).<sup>2, 9</sup>

**Doplňky stravy na problémy s klouby**, jejichž složkami jsou minerály (hořčík, vápník, fosfor, křemík), vitamíny, antioxidanty (selen) a výtažky ze živočišných chrupavek či želatina.<sup>1, 2</sup>

**Probiotika** jsou živé mikroorganismy přidávané do potravin nebo do potravinových doplňků, které příznivě ovlivňují zdraví jejich konzumenta zlepšením rovnováhy jeho střevní mikroflóry.<sup>3</sup>

**Enzymy** jsou mezi doplňky stravy zastoupeny např. laktázou.

**Doplňky sportovní výživy** jsou přípravky užívané ve sportu k podpoře aktivity.<sup>10</sup>

**Doplňky s mastnými kyselinami** (nenasycenými) podporují hubnutí, snižují hladinu cholesterolu (výtažek z rybího tuku resp. kyseliny dokosahexaenová a eikosapentaenová, nebo potlačují tvorbu tzv. leukotrienů a prostaglandinů, které podporují zánětlivé procesy anebo prohlubují nepříjemné pocity při menstruaci).<sup>7</sup>

## 2.4 Přehled prvků používaných v doplňcích

Minerální látky potravin obvykle definujeme jako prvky obsažené v popelu potravin nebo přesněji jako prvky, které zůstávají ve vzorku potravin po úplné oxidaci organického podílu na oxid uhličitý, vodu aj. Minerální podíl tvoří u většiny potravin 0,5-3 hmotnostních procent.

Minerální látky lze klasifikovat podle různých kritérií, např. s ohledem na jejich množství, biologický a nutriční význam, účinky ve stravě a původ. Podle množství dělíme minerální látky na majoritní, minoritní a stopové prvky.

Majoritní minerální látky dříve nazývané makroelementy, které se vyskytují v potravinách ve větším množství, obvykle v setinách až jednotkách hmotnostních procent (tj. ve stovkách až desetitisících  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a patří k nim Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S.

Minoritní minerální prvky, které jsou v potravinách obsaženy v menších množstvích představujících několik desítek až stovek  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; tvoří přechod mezi majoritními a stopovými prvky; obvykle sem řadíme Fe a Zn.

Stopové prvky čili mikroelementy; ty jsou zastoupeny v ještě nižších koncentracích (desítky  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a méně); k potravinářsky důležitým stopovým prvkům patří Al, As, B, Cd, Co, Cr, F, (Fe), Hg, I, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, (Zn); v literatuře se lze setkat také s termínem ultrastopové prvky, který označuje podskupinu stopových prvků se zvláště nízkým obsahem (jednotky  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a méně).<sup>12</sup>

Při výrobě potravních doplňků mohou být použity minerální látky, jako jsou: vápník, hořčík, železo, měď, jód, zinek, mangan, sodík, draslík, selen, chrom, molybden, fluór, chlor, fosfor.<sup>1</sup> (viz. příloha č. 1)

## 2.5 Jednotlivé prvky, formy výskytu v potravních doplňcích a jejich funkce v lidském organismu

Minerální prvky se v potravě a v potravních doplňcích většinou nevyskytují v elementární formě, ale ve formě anorganických a organických sloučenin. (přesně definovány v příloze č. 2)

### 2.5.1 Vápník

Do doplňků stravy se dodává ve formě uhličitanu, chloridu, glukonanu, glycerofosforečnanu, mléčnanu, oxidu a hydroxidu vápenatého, dále jako vápenaté soli kyseliny citronové a fosforečné.<sup>1</sup> Na jeho využití z potravy i z doplňků stravy je nezbytná dostatečná hladina vitamínů, aby se dodržely rovnovážné poměry s dalšími látkami a prvky, jako jsou fosfor a hořčík.<sup>3</sup> Např. vitamín C napomáhá ke vstřebávání vápníku v kostech.<sup>1</sup>

**Funkce:** důležitý prvek pro stavbu kostí a zdravé zuby; hlavní minerální složka v lidském těle, účastní se nervové a svalové činnosti (pravidelná činnost srdce); nezbytný pro srážlivost krve, krevní tlak a imunitu; podílí se při vstřebávání železa;<sup>12, 13</sup> zmírňuje poruchy trávení, napomáhá v prevenci postupujícího úbytku kostní hmoty a osteoporózy<sup>14</sup>

### 2.5.2 Hořčík

Hořčík je dodáván do potravních doplňků ve formě octanu, uhličitanu, chloridu, glukonanu, glycerofosforečnanu, mléčnanu, hydroxidu, oxidu a síranu hořečnatého, dále pak jako hořečnaté soli kyseliny citrónové a kyseliny fosforečné.<sup>1, 4</sup>

**Funkce:** důležitý prvek pro stavbu bílkovin; nezbytný pro metabolické děje (tvorba či hydrolýza ATP); podporuje mineralizaci kostí, činnost enzymů, svalovou kontrakci, účastní se nervových vzruchů (poskytuje ochranu před srdečními záchvaty) a posiluje imunitu;<sup>2, 3</sup> udržuje zdravé zuby, ovlivňuje růst a množení buněk, zmírňuje žaludeční potíže a pomáhá zvládnout deprese;<sup>12</sup> důležitý pro stálou hladinu cholesterolu, reguluje stažitelnost svalových

vláken;<sup>13</sup> může zmírňovat astmatické záchvaty a napomáhat v prevenci komplikací cukrovky<sup>14, 15</sup>

### 2.5.3 Železo

V potravních doplňcích se vyskytuje ve sloučeninách jako jsou uhličitan, citronan, glukonan, fumaran, mléčnan a síran železnatý, dále citronan železito-amonný, difosforečnan sodno-železitý, difosforečnan železitý a oxid železitý se sacharózou. Také se může vyskytovat ve formě elementárního železa, získaného redukcí vodíkem nebo elektrolytem.<sup>1</sup>

Na využití železa z potravních doplňků je třeba dostatečný přísun vitamínů. Např. vitamín C napomáhá k udržení železa v krvi.<sup>3</sup>

**Funkce:** železo je důležitou složkou bílkoviny hemoglobinu (slouží jako přenašeč kyslíku) a myoglobinu, který napomáhá ke svalové kontrakci;<sup>3</sup> železo také podporuje růst, zlepšuje schopnost organismu odolávat nemocem, odstraňuje únavu a navrácí pružnost pokožce;<sup>12</sup> železo je zvláště potřebné v těhotenství a u žen se silným menstruačním krvácením;<sup>14</sup> železo je důležité pro některé mozkové funkce (schopnost učení); prospívá vlasům a nehtům<sup>15</sup>

### 2.5.4 Měď

Do doplňků stravy je dodávána ve formě uhličitanu, citronanu, glukonanu a síranu měďnatého a také jako komplex mědi a lysinu.<sup>1</sup>

**Funkce:** nezbytná pro efektivní využití a vstřebávání železa; slouží k tvorbě kolagenu a bílkovin; součástí mnoha enzymů;<sup>3, 11</sup> udržuje organismus v dobré kondici;<sup>14</sup> měď působí prospěšně při hojení ran a zajišťuje tělu optimálně využívat vitamin C;<sup>15</sup> zpevňuje krevní cévy, kosti, šlachy a nervy; měď napomáhá udržovat plodnost; udržuje zdravé vlasy a kůži<sup>16</sup>

### 2.5.5 Jod

Jod se vyskytuje v potravních doplňcích ve formách jodičnanu a jodidu sodného nebo jodičnanu a jodidu draselného.<sup>1</sup>

**Funkce:** je součástí hormonů štítné žlázy tyroxinu a trijodthyroninu (regulují rychlost buněčných oxidačních procesů, ovlivňují spotřebu kyslíku v jaterní, ledvinové a srdeční tkáni); jod reguluje růst, vývoj a metabolismus;<sup>3, 12</sup> zvýrazňuje účinek redukčních diet díky spalování nadbytečných tuků; udržuje duševní svěžest a pomáhá udržet zdravé nehty, vlasy, pokožku a zuby<sup>13</sup>

### 2.5.6 Zinek

Do potravních doplňků je dodáván ve formě octanu, chloridu, citronanu, glukonanu, mléčnanu, oxidu, uhličitanu a síranu zinečnatého.<sup>1</sup>

Pro využití zinku z potravních doplňků je důležité vzájemně působení s vitamínem C. Tato synergická podpora zvyšuje lokální imunitu nosohltanové sliznice a tak zabraňuje rhinovirům, způsobujícím záněty horních cest dýchacích, proniknout do organismu.<sup>3</sup> Také bílkoviny a vitamín A podporují příjem zinku do organismu.<sup>12</sup>

**Funkce:** stopový prvek, vyskytující se v orgánech a tkáních (např. oči, slinivka břišní, varlata, kosti); plní řadu biologických funkcí; zinek je součástí metabolismu sacharidů, procesu odbourávání alkoholu, dělení buněk a tvorby RNA a DNA; má také imunitní funkci (posiluje obranyschopnost těla, zejména ve stáří) a je prvkem vyskytujícím se v růstovém hormonu, pohlavních hormonech a mužském spermatu; zinek je součástí např. enzymu

superoxiddismutázy (silný antioxidační účinek), některých hormonů (např. insulinu) a bílkovin;<sup>3, 12</sup> zklidňuje kožní problémy a trávicí obtíže; může zlepšovat plodnost, udržovat zdravé vlasy a zmírňovat hučení v uších.<sup>15</sup>

### 2.5.7 Mangan

Mangan se do potravních doplňků přidává ve formě uhličitanu, chloridu a citronanu manganatého nebo glukonanu, glycerolfosforečnanu a síranu manganatého.<sup>1,3</sup>

**Funkce:** napomáhá k usnadnění mnoha buněčných procesů; je obsažen v několika enzymech (např. pyruvátkarboxyláza – klíčový enzym biosyntézy sacharidů a arginasa – enzym katalyzující hydrolýzu argininu na močovinu a ornithin);<sup>3, 12</sup> snižuje dráždivost nervů a odstraňuje únavu;<sup>13</sup> potřebný pro stavbu a udržování kostí, zubů a vaziv a úzce spolupracuje s minerálním prvkem vápníkem; podporuje obranyschopnost těla<sup>14</sup>

### 2.5.8 Sodík

V doplňcích stravy je přítomen ve formě hydrogenuhlčitanu, uhličitanu, chloridu, citronanu, glukonanu, mléčnanu a hydroxidu sodného a také jako sodné soli kyseliny fosforečné.<sup>1</sup>

**Funkce:** v organismu udržuje s chloridem jako protiiontem osmotický tlak tekutin vně i uvnitř buněk (vytlačuje vodu z buněk do mezibuněčných prostor) a acidobazickou rovnováhu; sodík je také potřebný pro aktivaci některých enzymů (např. pro aktivaci  $\alpha$ -amylázy); podporuje přenos nervových vzruchů a svalovou kontrakci<sup>12</sup>

### 2.5.9 Draslík

Do doplňků stravy je dodáván ve formách hydrogenuhlčitanu, uhličitanu, chloridu, citronanu, glukonanu, glycerofosforečnanu, mléčnanu a hydroxidu draselného a dále jako draselné soli kyseliny fosforečné.<sup>1</sup> Doplňky se zvýšeným obsahem draslíku jsou příznivé pro odstranění návyku na slanou chuť.<sup>3</sup>

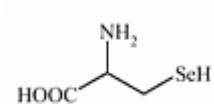
**Funkce:** udržuje vodní a elektrolytické rovnováhy v těle; významně ovlivňuje svalovou kontrakci (zejména aktivitu srdečního svalu) a přenos nervového vzruchu; vytlačuje vodu z mimobuněčných prostor do buněk; draslík slouží také k aktivaci některých enzymů (např. na aktivaci glykolytických enzymů a enzymů dýchacího řetězce);<sup>12</sup> pomáhá snižovat krevní tlak a může napomáhat v prevenci mozkových i srdečních příhod<sup>15</sup>

### 2.5.10 Selen

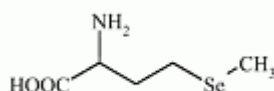
Selen se vyskytuje v potravních doplňcích ve formě selenanu sodného, hydrogenoseleničitanu sodného a seleničitanu sodného.<sup>1</sup> V mnoha potravních doplňcích je selen přítomen jako organicky vázaný – nejčastěji jsou na trhu dostupné potravinové doplňky ve formě kvasinek, které byly živeny substrátem, ve kterém byl přítomen anorganicky vázaný selen. Kvasinky mají zabezpečit převedení anorganicky vázaného selenu na selen vázaný organicky. Bohužel v potravních doplňcích nejsou deklarovány hodnoty jaké množství selenu je v organické formě. Organické formy selenu mohou být selenomethionin, selenocystein, selenoethionin, selenocystin, dimethyldiselenid a trimethylselenoniový ion.<sup>3,4</sup> V kombinaci s vitamíny C a E dochází k zesílení účinků selenu.<sup>12</sup>

**Funkce:** selen má silné antioxidační účinky, urychluje tvorbu hormonů štítné žlázy; má protirakovinový účinek; selen významně zasahuje do metabolických dějů v organismu

především při antioxidačních procesech, antikancerogenních procesech (inhibuje pravděpodobně jednotlivé fáze nádorového růstu), účastní se spermiogeneze (nedostatek vede k mužské neplodnosti, je nutný pro buněčnou imunitu apod.; má pozitivní vliv na růst vlasů; selen zmírňuje toxické účinky rtuti, kadmia, thalia, arsenu a teluru;<sup>3, 12</sup> selen dále napomáhá k udržení mladé a pružné tkáně, zpomaluje proces stárnutí a zmírňuje návaly horka a nevolnosti v klimakteriu, zabraňuje tvorbě lupů ve vlasech;<sup>13</sup> je účinný v boji proti virovým infekcím, zmírňuje průběh oparu a pásového oparu; může zpomalit průběh AIDS<sup>15</sup>



**Obr. 1** Selenocystein.<sup>16</sup>



**Obr. 2** Selenomethionin.<sup>17</sup>

### 2.5.11 Chrom

V potravních doplňcích se vyskytuje ve formě chloridu chromitého a síranu chromitého.<sup>1</sup>

**Funkce:** nepostradatelný prvek pro metabolismus cukrů a tuků; chrom má vliv na složení tělesných tkání, podporuje růst, upravuje anebo snižuje vysoký krevní tlak; vyšší dávky chromu mohou působit jako prevence proti diabetu;<sup>3, 12, 13</sup> chrom může snižovat hladinu celkového cholesterolu a krevního cukru;<sup>14</sup> chrom spolupůsobí při růstu embrya<sup>15</sup>

### 2.5.12 Molybden

Do potravních doplňků je dodáván ve sloučeninách jako jsou molybdenan amonný a molybdenan sodný.<sup>1</sup>

**Funkce:** esenciální prvek pro mikroorganismy a rostliny; je součástí mnoha enzymů s antioxidačním účinkem i enzymů, které stimulují některé specifické chemické reakce v těle; zabraňuje vzniku anémie a podporuje pocit celkové pohody, má pozitivní vliv na imunitní systém a na obranu proti infekcím;<sup>3, 12, 13</sup> působí jako prevence proti dně; aktivuje jaterní enzymy, které např. odbourávají alkohol;<sup>14</sup> důležitý pro imunitní systém a novou tvorbu kožních buněk<sup>15</sup>

### 2.5.13 Fluor

Fluór se v doplňcích stravy vyskytuje ve formě fluoridu draselného a fluoridu sodného.<sup>1</sup>

**Funkce:** sloučeniny fluoru (fluoridy) jsou stavební složkou kostí a zubů (zvyšuje pevnost kostí), fluor vykazuje ochranný účinek proti zubnímu kazu omezováním hromadění bakterií v ústech;<sup>12, 13</sup> fluor má také vliv na tvorbu svalů, vaziv, kůže a vlasů; v těhotenství zlepšuje vstřebávání železa<sup>14</sup>

V tab.1 je uveden souhrn jednotlivých prvků a jejich doporučené denní dávky a také nejvyšší přípustné množství minerálních látek v doporučené denní dávce (DDD). U všech látek není přesně stanoveno množství, a proto jsou některé hodnoty přibližné.

**Tabulka 1** Přehled doporučených a nejvyšších přípustných množství minerálních látek v doplňcích v denní dávce.<sup>1,3</sup> (definovány v příloze č. 3 a č. 4)

Minerální prvek	Doporučená denní dávka	Nejvyšší přípustné množství v denní dávce
Vápník (mg)	800	2500
Hořčík (mg)	300	400
Železo (mg)	14	20
Měď (μg)	1500 - 3000	3000
Jod (μg)	150	200
Zinek (mg)	15	25
Mangan (mg)	2 - 5	5
Sodík (mg)	400	500
Draslík (mg)	1000	1000
Selen (μg)	65 - 75	200
Chrom (μg)	25 - 35	200
Molybden (μg)	75	100
Fluor (mg)	0,3 - 0,5	1
Chlor (mg)	75	750
Fosfor (mg)	800	Není stanoveno

## 2.6 Zastoupení vybraných minerálních prvků v potravinách

Minerální látky jsou v těle člověka obsaženy jen v malých množstvích. Celkově tvoří tyto prvky asi 4 % tělesné váhy. Avšak tyto anorganické prvky jsou nezbytné pro řadu životních procesů, proto je potřebné posilovat zásobu minerálů stravou bohatou na tyto látky nebo potravními doplňky.<sup>15</sup>

Chemické složení potravin je možné sledovat buď jako látkové složení, tj. zastoupení jednotlivých sloučenin, nebo jako elementární složení, tj. obsah jednotlivých prvků. Pokud pomineme vodu, pak převážnou část hmoty potravin tvoří organické látky. Hlavními konstitučními prvky organických látek jsou uhlík, kyslík, vodík, dusík, fosfor a síra. Těmto prvkům říkáme organogenní prvky. Další chemické prvky obsažené v potravinách označujeme jako minerální látky. Prvky fosfor a síra patří do obou skupin.

Ve veškerých přírodních zdrojích jako jsou např. mléko, maso, vejce či ovoce jsou obsaženy minerální látky, které se vyskytují v doplňcích stravy. Obsah minerálních látek v potravinách se pohybuje v širokém rozmezí od 0,1 % až 5 %, výjimečně i více než 5 %.<sup>18</sup>

Pro lepší přehlednost jsou vybrané minerální prvky a potraviny shrnuty do tab.2.

**Tabulka 2** Vybrané minerální prvky a jejich přírodní zdroje.<sup>3, 15, 19</sup>

Minerální prvek	Přírodní zdroj
Vápník	sýry, mléko, malé ryby (sardinky), tofu, zelenina, podmáslí, obiloviny a mléčná čokoláda
Hořčík	ořechy (kešu), luštěniny, pšeničné otruby a ovesné vločky, ovoce, mořské plody, čokoláda a kakao
Železo	maso, hovězí játra, srdce, ledviny, ryby, drůbež, ústřice, melasa, celozrnné obiloviny, ořechy a sušené ovoce
Měď	maso, mořské plody, ústřice, krabi a humři, ořechy, švestky, banány, luštěniny a pitná voda
Jod	jodizovaná sůl, mořské plody, krabi, krevety a tresky, cibule, chléb, zelenina a mléčné výrobky
Zinek	hovězí a vepřové maso, ryby, houby, obilné klíčky a semena dýní, vejce, zelenina, nízkotučné mléko a hořčice
Mangan	černý čaj, pražená káva, jeřabiny, brambory, luštěniny (rýže) a obiloviny (celozrnná mouka)
Sodík	kuchyňská sůl, celozrnný chléb, ovesné vločky, špenát, sýry, ryby (mořský losos), vepřové maso a mléko
Draslík	hrách, pražená káva, čaj, vepřové maso, ovoce, zelenina, vlašské ořechy a mandle, sójové boby, fazole, obilniny a mléko
Selen	mořské plody, krabi a humři, drůbež, para ořechy, obilné klíčky, pivovarské droždí, brokolice, rajčata a cibule
Chrom	maso, sýry, celozrnné výrobky (pšeničný chléb), černý pepř, tuky, kukuřičný olej a pивní droždí
Molybden	luštěniny, zelenina, pšeničné klíčky, sójová mouka, luštěniny, vločky a zvířecí orgány
Fluor	fluoridovaná voda, mořské ryby a krabi, sledi v tomatě, pitná voda, černý čaj a želatina
Chlor	sýry, mléko, slepičí vejce, kuchyňská sůl, sojová omáčka, banány, olivy a mléčná čokoláda
Fosfor	maso, mléko, tvaroh a sýry, ryby, drůbež, vejce, pivovarské kvasinky, vlašské ořechy

V tab.2 nejsou uvedeny všechny přírodní zdroje jednotlivých prvků, ale pouze ty, ve kterých je co nejvyšší obsah uvedených minerálních látek.

## 2.7 Účinky vybraných prvků na lidský organismus

Při konzumaci různých druhů potravin, s obsahem jednotlivých minerálních látek, je důležité kontrolovat vyvážený obsah minerálních prvků v jídelníčku. Často bývá spoléháno na užívání tzv. multiminerálů, o kterých je známo, že jejich doplňováním k běžné stravě je zaručen dostatečný příjem důležitých látek.<sup>3</sup> Z tohoto důvodu mohou nastat případy, kdy je



v organismu nedostatek nebo naopak nadbytek určitého prvku, který může dříve či později způsobit komplikace ohrožující zdraví.

## **2.7.1 Nedostatek prvků v těle**

### **2.7.1.1 Vápník**

Při nedostatku vápníku v organismu, obzvláště v dětství a během dospívání, může dojít k onemocnění kostí (osteoporóze – řídnutí kostní tkáně), rachitidě (anglická nemoc), k poruchám růstu (křivice) ve spojení s nedostatkem vitamínu D a osteomalacie (měknutí kostí). Důsledkem všech těchto nemocí je zvýšená lomivost kostí.<sup>3, 12</sup> Také uvolňování zubů (paradentóza) a další podobná onemocnění mohou být důsledkem nedostatečného příjmu vápníku. Odebrání štítné žlázy, silný alkoholismus anebo velký stres mohou být příčinou zhoršeného zásobování těla vápníkem. Deficit vápníku dále vyvolává tiky víček a ústních koutků, lámavost nehtů, zvýšené padání vlasů a zvýšený krevní tlak.<sup>14</sup> Při nízké hladině vápníku v krvi může docházet také ke svalovým křečím.<sup>15, 18</sup>

### **2.7.1.2 Hořčík**

Nedostatek hořčíku může vést ke zvýšení dráždivosti, projevům nesnášenlivosti, agresivity, nervozity, chvění a stresu.<sup>12</sup> I při mírném nedostatku se zvyšuje riziko srdečních onemocnění a cukrovky. Při nedostatečném zásobování organismu hořčíkem dochází k poruše schopnosti soustředění, nespavosti, podrážděnosti na hluk, angině pectoris a dokonce i k infarktu. Dále může dojít k narušení funkce ledvin a onemocnění jater.<sup>14</sup> Při zvyšující se absenci hořčíku dochází k nepravidelnému bušení srdce, únavě, svalové křeči, zmatenosti.<sup>15</sup> Také skleróza může být častým důsledkem nedostatku hořčíku. Nemocí z deficitu hořčíku je velmi mnoho, např. třes končetin, křečovitě pohyby (záchvaty), poruchy orientace, epileptické křeče svalů, cévní poruchy a deprese.<sup>18</sup>

### **2.7.1.3 Železo**

Nedostatečný příjem železa ve stravě vede k anémii (chudokrevnosti) a snížení imunity. Anémie je onemocnění, u kterého dochází v krvi ke snížení množství hemoglobinu a červených krvinek. Toto způsobuje omezení přenosu kyslíku ke tkáním a snížení výkonnosti organismu.<sup>12</sup> Dalšími příznaky deficitu železa jsou nesoustředěnost, nechutenství, drsná kůže, zbrázděné nehty, bolestivé ústní koutky, polykací potíže a nespavost.<sup>14</sup> Nedostatek železa v těle se projevuje únavou, slabostí, bledostí, dušností, bušením srdce a zvýšenou vnímavostí vůči infekci.<sup>15</sup> Dalšími příznaky nedostatku železa v organismu mohou být bolesti hlavy, krátký a rychlý dech, gastrické potíže (nadýmání, zácpa), stavy slabosti, mdloby, vypadávání vlasů a lámavost nehtů.<sup>18</sup>

### **2.7.1.4 Měď**

Nedostatečný příjem mědi může způsobit anémii (chudokrevnost) anebo různá kožní onemocnění, např. edémy.<sup>12</sup> Mezi příznaky nedostatku mědi patří poruchy srdečního rytmu, pigmentace (padání vlasů, šedivění vlasů) a nervové soustavy; únava a slabost, lomivé

a vybledlé vlasy, chudokrevnost, vysoký krevní tlak, zhoršení odolnosti vůči nemocem, kornatění cév, poruchy kostí a neplodnost.<sup>14, 15</sup>

#### **2.7.1.5 Jod**

Důsledkem nedostatečného příjmu jodu může být snížená funkce štítné žlázy (hypothyreosa). Hypothyreosa (nedostatek hormonů štítné žlázy) způsobuje v mládí poruchy růstu, tzv. nanismus (trpasličí růst, při kterém není porušena inteligence) a později vede k nadměrnému zvětšení štítné žlázy (struma). K příznakům strumy patří bolesti v krku, pocit stísněnosti, oslabení schopnosti soustředění, celková únava a dýchací potíže. Projevem vrozené hypothyreosy je kretenismus.<sup>12, 14</sup> Dále se hypothyreosa projevuje únavou, suchou kůží, vzestupem krevních tuků, chraptivým hlasem, snižováním mentálních schopností a prodlouženou reflexní dobou.<sup>15</sup>

#### **2.7.1.6 Zinek**

Deficit zinku, je velmi nebezpečným faktorem v dětském věku, má za následek zpomalený růst, nedostatečný vývoj mužských pohlavních orgánů a snížení rozmnožovací schopnosti. Dalšími příznaky jsou neplodnost, ztráta chuti a čichu, opožděné dospívání, menstruační poruchy, náchylnost k infekcím (deficit zinku oslabuje imunitu), pomalé hojení ran, bolesti kloubů, ateroskleróza, poruchy oběhu krve, duševní zpozdilost, ztráta schopnosti se učit, alergie, onemocnění kůže a akné, předčasné stahy v těhotenství, bílé skvrny na nehtech, změny na kůži, vypadávání vlasů a nehtů a nepřiměřené pocení. V neposlední řadě lze nedostatku zinku přisuzovat náchylnost k cukrovce, může totiž způsobit poruchu tolerance cukru v krvi.<sup>3, 12, 15</sup>

#### **2.7.1.7 Mangan**

Při nadměrném příjmu vápníku, železa a fosfátů dochází ke značnému omezení schopnosti přijímat mangan. Pokusy na zvířatech ukázaly, že se dlouhodobý nedostatek manganu projevuje zpomaleným růstem, chorobami nervů, abnormálním vývojem kostí (poruchy růstu, změna kostry) a poškozením reprodukční funkce. Deficit manganu je nebezpečný u novorozenců, protože může způsobit poruchu hybnosti. Nedostatkem manganu je také ovlivňován metabolismus lipidů a isoprenoidů (snížená syntéza mastných kyselin, cholesterolu).<sup>12, 14</sup>

#### **2.7.1.8 Sodík**

Jeho deficit v krvi, např. způsobený dlouhodobým pocením (nedostatečný přívod sodíku a tekutin) je nazýván hyponatremie. Tento nedostatek může způsobit onemocnění jako jsou třesavka, svalová křeč, zástava dýchání, bolesti hlavy nebo průjem.<sup>3, 12</sup> Dále při nedostatku sodíku dochází k nedostatečnému trávení cukrů anebo k případným neurologickým onemocněním, jako např. pokles krevního tlaku.<sup>13</sup> Důsledkem nedostatku sodíku v potravě bývají pocity únavy, deprese, křeče svalů lýtek a prstů u nohou, postupné oslabování organismu, ztráta chuti a stavy mdloby.<sup>18</sup>

### **2.7.1.9 Draslík**

Nedostatek draslíku se projevuje vyšší unavitelností, svalovou slabostí a nauzeou (nevolnost až zvracení). Při nadměrné ztrátě tekutin nebo při některých onemocněních (např. těžké průjmy, zvracení) může dojít při deficitu draslíku k poruchám ledvin, svalové slabosti a nepravidelné srdeční činnosti až k úplnému srdečnímu selhání.<sup>3, 12</sup> Pokud nedostatek draslíku omezí funkci nervů vedoucích ke svalům, dochází k bolestem a ochabnutí svalů, k zácpě, k narušení funkce srdce, ochromení střev a extrémnímu poklesu krevního tlaku.<sup>14</sup> Dalšími příznaky mohou být hučení v uších, edémy a hypoglykémie.<sup>15</sup>

### **2.7.1.10 Selen**

Nemoci způsobené nedostatkem selenu jsou např. poruchy reprodukce, onemocnění bílých svalových vláken, srdeční a svalové myopatie a potlačený růst. Deficit selenu může způsobit poruchy funkce jater i svalů, předčasnou ztrátu kondice, nepříznivě ovlivňuje vnímavost vůči nemocem a optimální zdraví.<sup>3, 12</sup> Při trvalém příjmu selenu nižším než DDD může docházet ke zvýšenému výskytu rakoviny, srdečních onemocnění, zánětlivých stavů všeho druhu (zvláště kožním) a také k výskytu imunitních problémů. Nedostatek selenu v průběhu těhotenství zvyšuje riziko vrozených vad.<sup>15</sup>

### **2.7.1.11 Chrom**

Při deficitu chromu mohou nastat tyto příznaky - zhoršená glukosová tolerance (špatné využívání glukosy), zvýšené hladiny cholesterolu a triacylglycerolů v krevním séru, trvale zvýšená hladina glukosy v krvi a přítomnost sacharidů v moči.<sup>3</sup> Předpokládá se, že existuje určitá souvislost mezi nedostatkem chromu a vznikem diabetu a aterosklerózy. V závislosti na nedostatku tohoto prvku byly zjištěny mozkové a nervové poruchy.<sup>12</sup> Nedostatek ohrožuje především diabetiky a těhotné ženy, protože embrya jej potřebují ke svému růstu (může dojít ke značnému narušení jejich vývoje).<sup>14</sup> Při nedostatku chromu může docházet k úzkostným stavům, zvýšení hladiny cholesterolu v krvi, šedému zákalu (oční choroba) a snížení metabolismu aminokyselin.<sup>15</sup>

### **2.7.1.12 Molybden**

Nedostatek molybdenu může být u dětí příčinou zubního kazu. Dále může podporovat vznik dny a špatnou snášenlivost alkoholu. Projevy nedostatku molybdenu jsou spíše známy u hospodářských zvířat. Nejsou žádné poznatky o nemocech z deficitu molybdenu v lidském organismu.<sup>12</sup>

### **2.7.1.13 Fluor**

Nedostatečným příjmem fluoru v potravě a pitné vodě se zvyšuje kazivost zubů, poškození kostí a může způsobit osteoporosu.<sup>12</sup> Špatné vstřebávání fluoru může být způsobeno nesprávnou výživou anebo nadměrným množstvím vápníku, hliníku a hořčíku ve stravě.<sup>19</sup>

## 2.7.2 Nadbytek prvků v těle

Zvýšený příjem minerálních prvků v potravě a potravních doplňcích může vést k těžkým poruchám a onemocněním. Přehled jednotlivých látek a jejich účinků na lidský organismus je přehledně zpracován v tab.3.

**Tabulka 3** Přehled vybraných prvků a jejich účinků při nadbytku.<sup>3, 10, 12, 13</sup>

Minerální prvek	Účinky, onemocnění
Vápník	zvýšení dráždivosti, tvorba ledvinových kamenů, narušení vstřebávání jiných minerálů (zinku, železa a hořčíku)
Hořčík	útlum nervové činnosti; průjem, nevolnost, svalová slabost, zmatenost dýchací obtíže, snížení krevního tlaku a závrať
Železo	hromadění hemosiderinu v játrech (hemosiderosa vede k poškození jater), zvýšení rizika chronických onemocnění (srdeční choroby, rakovina tlustého střeva)
Měď	kontaminace mědí používáním měděných nádob (poškození jater, kóma, smrt); kontaminace plodin ošetřených pesticidy na bázi měďnatých sloučenin (tvrdnutí jater a narušení jejich funkce, šedohnědé zbarvení kůže); podráždění žaludku
Jod	30× zvýšená denní dávka – kovová chuť v ústech, afty, otoky slinných žláz, kožní vyrážky, dechové potíže, bolesti hlavy, průjem a zvracení
Zinek	vyšší dávky toxické, působí podráždění sliznic trávicího ústrojí a zvracení, poruchy imunity, snížení hladiny HDL cholesterolu
Mangan	zpomalení růstu, anémie (při velmi vysokých dávkách), není zaznamenáno předávkování manganem z potravin
Sodík	těžké poruchy (např. hypertenze), k předávkování může dojít u některých chorob
Draslík	k toxickým projevům může dojít u nemocných s ledvinovým onemocněním; svalová únava, nepravidelná srdeční akce, podráždění žaludku a nevolnost; při předávkování dochází k šumění v uších, halucinacím a zmatenosti
Selen	záněty dýchacích cest, edém plic, krvácivost, kožní změny, deprese a nervozita, nevolnost a zvracení, česnekový dech, kovová chuť; ve vážných případech žloutenka, cirhóza jater, vypadávání vlasů, nehtů, zubní kaz a selhání ledvin
Chrom	poruchy růstu, poškození jater a ledvin, ekzémy a kožní změny, rakovina plic, průjem, kolaps krevního oběhu, prudké bolesti břicha a krvavé zvratky
Molybden	snížená resorpce mědi, zvýšené vylučování mědi z organismu, příznaky podobné dně
Fluor	příznaky otravy zvané fluorosa (bílé skvrny na zubech), poškození zubů, kostí, ledvin a nervového systému
Chlor	přebytek (chloru a chloridů) vytlačuje vitamín E a jod ze stravy, u zdravého člověka je nadbytek chloru vyloučen močí
Fosfor	zvyšuje nároky organismu na vápník při nesprávné funkci ledvin a příštitých tělísek

### 3 MOŽNOSTI STANOVENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ V POTRAVNÍCH DOPLŇCÍCH

#### 3.1 Příprava vzorků pro analýzu

Předpokladem pro stanovení minerálních prvků je mineralizace vzorků, tj. odstranění organického podílu buď suchým anebo mokřým spalováním. V ojedinělých případech lze jednotlivé složky stanovit přímo bez mineralizace v kapalných vzorcích nebo extraktech.

Jestliže sledujeme jen jednotlivé minerální látky (zejména mikroelementy), je výhodné použít mineralizaci na mokřé cestě. Suchý způsob mineralizace se používá při stanovování množství a alkality popela, případně písku.<sup>20</sup>

##### 3.1.1 Mineralizace na suché cestě

Při mineralizaci na suché cestě se uplatňují tepelné operace jako jsou např. tavení, sintrace neboli slinování, pražení anebo žíhání.<sup>21</sup> Provádí se v otevřeném, či uzavřeném systému.<sup>22</sup>

Při použití suchého spalování se nejprve vzorek vysuší při 105 °C (používá se horkovzdušná sušárna, topná deska nebo písková lázeň), zuhelní v platinovém, porcelánovém nebo křemíkovém kelímku (400 °C) a dále se žíhá od 500 až do 900 °C podle druhu vzorku. Zuhelnatělý vzorek se žíhá až do doby, kdy se získá bílý anebo světle bílý popel, který neobsahuje uhlíkové částice.

Rychlost mineralizace lze zvýšit přidávkem oxidačních látek, např. několik kapek peroxidu vodíku (do vychladlého vzorku), oxidu hořečnatého, dusičnanu hořečnatého, kyseliny sírové a síranu draselného. Přídavek pomocného činidla však může vzorek kontaminovat.<sup>23</sup>

Jakost výrobků se posuzuje podle obsahu popela anebo jeho alkality. Celkový obsah popela se stanoví žíháním při optimální teplotě, tj. 500 až 600 °C; zřídka i při vyšší teplotě (např. až při 900 °C u mouky).<sup>21</sup>

Vzorky obsahující mnoho draselných solí, fosforu a síry se doporučují nejprve zuhelnatit, rozpustné látky vymýt vodou a zbytek na filtru znovu zuhelnatit a vyžíhat. Výluh se potom přidá k popelu a přežíhá. Někdy se ke vzorku přidává octan hořečnatý anebo chlorid hlinitý a zmineralizuje se. Při stanovení popela se výsledek koriguje o množství oxidu hořečnatého, který odpovídá množství přidaného octanu hořečnatého. Na odstranění případných ztrát prchavých složek popela se přidává také chlorid hlinitý.

Suchá mineralizace je poměrně zdlouhavá, a proto se do vzorku přidávají různé katalyzátory (např. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) nebo se přivádí do žhacích pecí proud kyslíku urychlujícího proces oxidace. Na stanovení popela lze také využít vodivost, která je úměrná obsahu popela (např. u cukrovarnických výrobků).<sup>20</sup>

##### 3.1.2 Mineralizace na mokřé cestě

Mineralizací potravin mokřou cestou se získá mineralizát, ve kterém se stanovují jednotlivé minerální složky. Pro tento typ rozkladu se používají prakticky všechny známé minerální kyseliny a jejich směsi, např. HCl, HNO<sub>3</sub> (konc. 65%), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (konc. cca 98%), HClO<sub>4</sub> (konc. 70%), HF (konc. 40%) a NaOH.<sup>20, 22</sup> Mineralizace na mokřé cestě vyžaduje maximální čistotu používaných chemikálií, protože každý přídavek další látky zvyšuje nebezpečí kontaminace vzorku. Rozklad lze provést v otevřeném, polozavřeném nebo uzavřeném systému.<sup>23</sup>

Vzorek se nejprve spaluje v Kjeldahlově baňce ve směsi např. kyseliny sírové nebo dusičné. Vzorky obsahující větší množství vody se předem vysuší. Vzorky, které obsahují větší množství cukrů a bílkovin, při mineralizaci pění, proto je vhodné na ně působit směsí kyselin za studena po určitou dobu. Při mineralizaci se také tvoří dýmy oxidu dusíku a síry, které je třeba odsávat, aby nepodráždily dýchací cesty.

Mineralizace na mokré cestě se dá urychlit přidáním katalyzátoru např.  $H_2O_2$ , manganistanem draselným apod. Vzorek, který je správně zmineralizovaný má čirou, bezbarvou anebo mírně nažloutlou barvu.<sup>20</sup>

Během mokré mineralizace vzniká kyselina nitrosylsírová, která musí být po skončení rozložena přídatkem 10 – 15 ml vody a uvedena do varu.

Místo kyseliny dusičné je možné použít kyselinu chloristou, trichloroctovou nebo jinou kyselinu. Čistota jednotlivých použitých kyselin na mineralizaci musí být vysoká, aby se tím nezvyšoval obsah minerálních látek. Přesných výsledků lze dosáhnout paralelním stanovením slepého pokusu.<sup>23</sup>

V poslední době se vyvinulo mnoho aparatur, které napomáhají k urychlení procesu spalování. Při stanovení stopových prvků se doporučuje působit na vzorek kyselinou dusičnou. Jedná se o speciální skleněné nebo teflonové aparatury, které jsou buď refluxní či přetlakové.<sup>21</sup>

### 3.1.3 Mineralizace za použití mikrovlnného záření

Mikrovlnou mineralizaci lze rozdělit na dva typy, a to buď s rozptýleným nebo usměrněným (fokusovaným) mikrovlnným zářením. Mineralizátory s rozptýleným zářením pracují podobně jako kuchyňské mikrovlnné trouby.

V dnešní době se většinou používají přístroje s fokusovaným mikrovlnným polem. Mikrovlny působí přímo na vzorek v rozkladné nádobce, ve které se mění energie mikrovlnného záření na teplo. Materiál rozkladných nádobek (teflon) působí jako izolátor.

Využití mikrovlnných mineralizátorů je dnes velmi mnohostranné a jeho velké rozšíření je spojeno zejména s významným zkrácením času potřebného k rozkladu vzorku, snížením množství používaných kyselin a dalších činidel, dosažením prakticky úplného rozrušení matrice vzorku, minimální kontaminací vzorku, zlepšením hygieny práce, zamezením ztrát těkavých analytů apod.<sup>22</sup>

### 3.1.4 Extrakce pro stanovení jednotlivých forem prvků ve vzorku

Uveden příklad pro selen:

Formy organicky vázaného selenu v potravních doplncích se extrahují pomocí rozpouštědel, většinou organických, nebo s využitím fyzikálních technik. Nejvhodnější je použití těchto rozpouštědel a technik kombinovat, aby se docílilo kvantitativního oddělení selenu z organické matrice.

Jako rozpouštědla se používají voda (studená, teplá), methanol, chloroform a jejich směsi, enzymy a zředěná kyselina chlorovodíková.

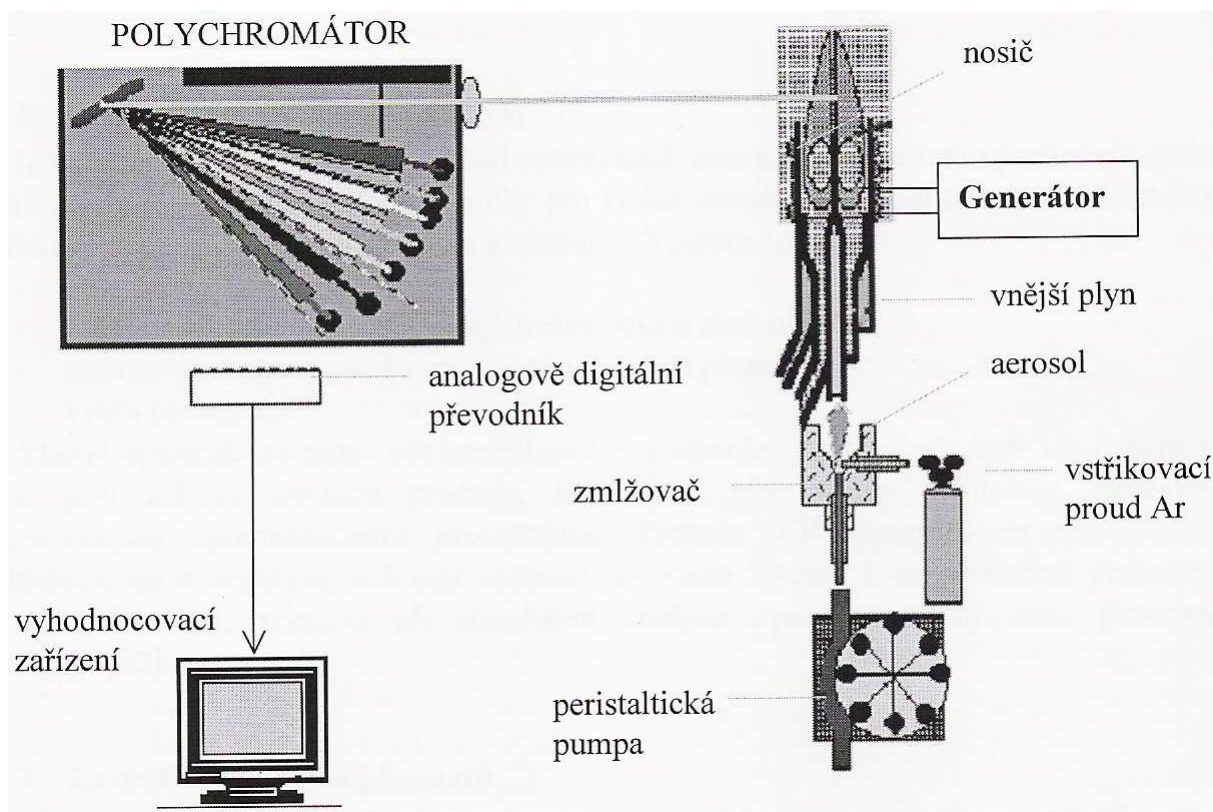
Z fyzikálních metod slouží k rozbití matrice působení mikrovln, zvýšená teplota a ultrazvuk.<sup>24</sup>

## 3.2 Metody používané pro stanovení prvků

### 3.2.1 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP OES)

#### 3.2.1.1 Princip metody

Optická emisní spektrometrie je založena na sledování emise elektromagnetického záření volnými atomy látek v plynném stavu.<sup>25</sup> Toto záření je emitováno excitovanými atomy a ionty, které vznikají v excitačním prostředí (např. elektrický oblouk nebo elektrická jiskra).<sup>26</sup>



**Obr. 3** Schéma ICP spektrometru.<sup>25</sup>

Z metod optické emisní spektrometrie (OES) je pro běžné analýzy využívána především plamenová fotometrie a OES s indukčně vázaným plazmatem (ICP OES).

Optická emisní spektrometrie je metoda sloužící ke kvalitativnímu a kvantitativnímu určení složení analyzovaného vzorku ze záření vzorku, které vysílají atomy a ionty zkoumaného vzorku. Aby došlo k vysílání záření, musí se atomy prvku převést do excitovaného stavu dodáním tepelné energie v plazmatu, v plameni, v elektrickém oblouku nebo elektrické jiskře a jiných tepelných zdrojích. Kvalitativní složení prvku je určeno přítomností charakteristických frekvencí (vlnových délek), nalezených v získaném spektru analyzovaného vzorku, kvantitativní složení poměrným rozdělením intenzity záření na tyto frekvence.<sup>25, 26</sup>

Hlavním úkolem optických emisních spektrometrů je rozložit charakteristické záření na jednotlivé spektrální čáry. Hlavní části optických emisních spektrometrů tvoří: budící zdroj, optický spektrometr, elektronická část a výpočetní systém.<sup>24</sup>

Spektrometrické přístroje s indukčně vázanou plazmou (ICP) jsou univerzální zařízení s vysokou citlivostí, schopné stanovit a spolehlivě rozlišit 50 – 60 prvků ve velmi širokém koncentračním rozmezí od několika  $\mu\text{g}/\text{kg}$  až po desítky %. Při ICP se měří excitovaná energie prvků, které se přivádějí do plazmy rozptýlené ve formě aerosolu. Při teplotě 5000 až 10 000 K dochází k odpaření, atomizaci a excitaci prvků.<sup>24, 25, 26</sup>

### 3.2.1.2 Analytické využití

Hlavní přednosti ICP OES jsou mutlielementární analýza, široký rozsah koncentrací, možnost stanovení až 60 prvků za krátký čas, možnost analýzy nekovových prvků, vysoká linearita kalibrací (snižuje počet nutných standardů, umožňuje stanovit hlavní a stopovou složku vedle sebe), dobré detekční limity aj.<sup>24, 26</sup>

Nevýhodou metody ICP OES je velká spotřeba argonu a vysoká pořizovací cena přístroje.

Lze provádět rozbory povrchových i odpadních vod a hledat v nich stopové prvky, analyzovat biologické materiály, odpady, půdy a další složky životního prostředí.<sup>24, 25</sup>

## 3.2.2 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

### 3.2.2.1 Princip metody

Podstatou atomové absorpční spektrometrie je absorpce vhodného elektromagnetického záření volnými atomy v plynném stavu. Absorbovat se bude záření, splňující podmínku  $E_1 - E_0 = \frac{hc}{\lambda_1}$ ,  $E_2 - E_0 = \frac{hc}{\lambda_2}$  atd., kde  $E_0$  je energie základní hladiny a  $E_1$ ,  $E_2$  atd. jsou energie excitovaných hladin.<sup>26</sup>

AAS je optická metoda, která je založena na specifické absorpci monochromatického záření volnými atomy sledovaného prvku v základním elektronovém stavu. Energie absorbovaného fotonu odpovídá přechodu valenčního elektronu na základní energetické hladiny na některou vyšší hladinu. Hodnota měřené absorbance závisí na koncentraci atomů.

Pro absorpci platí obecně Lambert-Beerův zákon, který pro čárové spektrum lze napsat:

$$I = I_0 \cdot \exp(-\kappa \cdot n \cdot l),$$

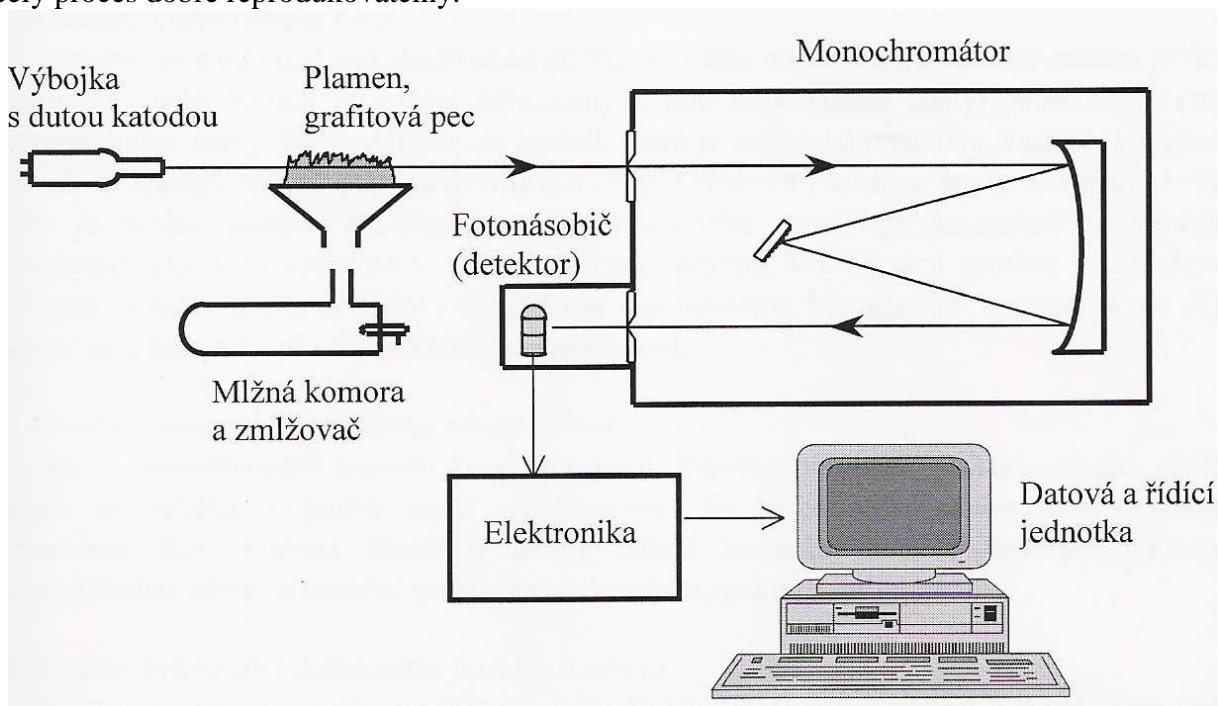
kde  $I_0$  a  $I$  je intenzita čáry před průchodem a po průchodu absorbující vrstvou tloušťky  $l$ ,  $\kappa$  je atomový absorpční koeficient pro danou čáru,  $n$  je počet volných atomů v jednotce objemu (rozměr  $\text{cm}^{-3}$ ). S výhodou je možné použít metody kalibrační křivky.<sup>27</sup>

Spektrometry pro AAS se vyrábějí jednonálové v jednopaprskovém nebo dvoupaprskovém uspořádání. Jednopaprskové přístroje jsou konstrukčně jednodušší a měří sekvenčně nejdříve neabsorbovanou čáru a pak absorbovanou, dvoupaprskové přístroje jsou používány při konstrukci výkonných spektrofotometrů a porovnávají dva paprsky získané dělením zdrojového záření rotujícími zrcadlovými segmenty. Jeden paprsek prochází přes absorbující prostředí a druhý (srovnávací) mimo. Také existují dvoukanálové přístroje,



kteře umožňují současné stanovení dvou prvků ve vzorku, nebo použití jednoho prvku jako vnitřního standardu.<sup>28, 29</sup>

Atomizátor v AAS slouží jako generátor a rezervoár volných atomů. Atomizátor je zařízení, které je schopno s dostatečnou účinností přeměnit stanovovaný prvek na atomovou páru, tj. na atomy v základním nebo excitovaném stavu. Hlavní požadavek je, aby poskytoval co nejvyšší koncentraci volných atomů analytu. Zařízení atomizátoru musí být jednoduché a celý proces dobře reprodukovatelný.<sup>26</sup>



**Obr. 4** Schéma atomového absorpčního spektrometru.<sup>28</sup>

### 3.2.2.2 Analytické využití

Atomová absorpční spektrometrie slouží k elementární kvantitativní analýze kovových prvků o nízkých koncentracích. Pracuje se metodou kalibrační křivky nebo standardního přídatku. Metodu lze použít pro 60 prvků periodické tabulky. AAS je velmi citlivá metoda dosahující citlivosti v  $\text{ng}\cdot\text{ml}^{-1}$  a u elektrotermické atomizace lze detekovat  $\text{pg}$  v dávce vzorku.

Metoda AAS je relativně přesná a chyby měření všeobecně nepřesahují hodnoty  $\pm 5\%$ , citlivost je možné zvýšit použitím grafitové kyvety. AAS se používá pro analýzy pitných a užitkových vod, v lékařství, potravinářství a ke sledování obsahu těžkých kovů v životním prostředí.<sup>26, 28</sup>

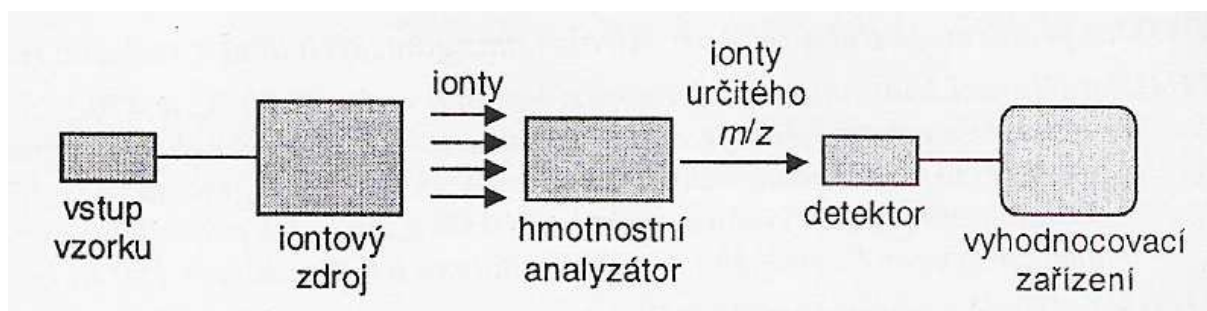
## 3.2.3 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS)

### 3.2.3.1 Princip metody

Hmotnostní spektrometrie je separační metoda, která převádí vzorek na ionizovanou plynnou fázi a separuje vzniklé ionty podle hodnoty podílu jejich hmotnosti a náboje  $m/z$ .<sup>26</sup>

ICP MS je technika kombinující ICP jako zdroj kladně nabitých částic a hmotnostní spektrometrii, která tyto částice detekuje. Základními kroky v této technice jsou odpaření vzorku, ionizace, akcelerace iontů hmotnostního analyzátoru, separace iontů hmotnostním filtrem a detekce iontů.<sup>26, 29</sup>

Metoda ICP MS se řadí mezi emisní metody, avšak nestuduje elektromagnetické záření, ale hmotnostní spektra. Hmotnostní spektrometry mohou být spojeny jako tandemové hmotnostní spektrometry. První reakce generuje ionty, z nichž se separuje požadovaný ion, ten se podrobí další reakci a z něj vzniklé ionty jsou analyzovány.<sup>26</sup>



**Obr. 5** Schéma hmotnostního spektrometru.<sup>26</sup>

### 3.2.3.2 Analytické využití

Hmotnostní spektrometrie se vyznačuje zejména vysokou citlivostí a rychlostí. ICP MS se využívá ke kvalitativní i kvantitativní chemické analýze, protože poskytuje velké množství informací o vzorku a jeho složení.<sup>26</sup> Tato metoda má velmi široký lineární dynamický rozsah s citlivostí stovek  $\text{mg.l}^{-1}$  (ppm) až jednotek  $\text{mg.l}^{-1}$  (ppt) a je vhodná pro víceprvkové stanovení. Používá se při analýze tělních tekutin, zejména krve, plazmy a krevního séra, a to proto, že dovoluje v řadě případů práci s pouze naředěnými a nerozložitelnými vzorky.<sup>29</sup>

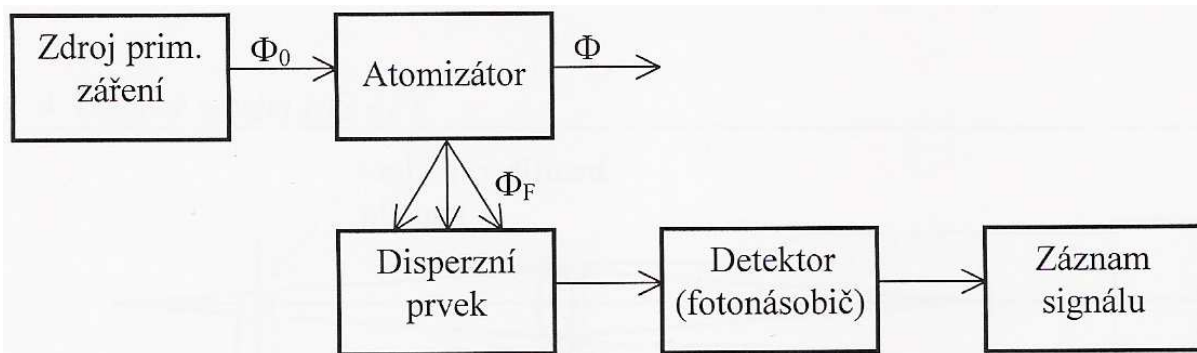
ICP MS se používá ke stanovení kovových a nekovových prvků s extrémně nízkými mezemi detekce v široké paletě matic.<sup>30</sup>

## 3.2.4 Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS)

### 3.2.4.1 Princip metody

Atomová fluorescenční spektrometrie sleduje emisi záření plynnými atomy, které byly excitovány absorpcí elektromagnetického záření. Fluorescenční spektra jsou velmi jednoduchá, protože excitace čárovým zdrojem je selektivní, detekce nevyžaduje sofistikovaný optický systém. Předpokládá se, že v analytickém prostředí je většina atomů v základním nezbuzeném stavu. Poté nejsilněji jsou absorbovány tzv. rezonanční čáry, které odpovídají přechodu atomu mezi stavem základním a některým vzbuzeným stavem. Těchto čar se využívá k měření. Tyto čáry mají největší koeficient  $\kappa$  a také největší citlivost. Pro praktická měření mohou být využity i nerezonanční čáry. Na těchto čarách se poté měří s menší citlivostí.<sup>26, 30</sup>

Přístrojové uspořádání pro atomovou fluorescenční spektrometrii je podobné jako u atomové absorpční spektrometrie.<sup>27</sup>



**Obr. 6** Blokové funkční schéma pro atomovou fluorescenční spektrometrii.<sup>28</sup>

V atomové fluorescenční spektrometrii se fluorescenční záření měří obvykle kolmo k excitačnímu paprsku. Pro atomovou fluorescenční spektrometrii lze uplatnit Lambert-Beerův zákon, který pro čárové spektrum lze napsat:

$$I = I_0 \cdot \exp(-\kappa \cdot n \cdot l),$$

kde  $I_0$  a  $I$  je intenzita čáry před průchodem a po průchodu absorbující vrstvou tloušťky  $l$ ,  $\kappa$  je atomový absorpční koeficient pro danou čáru,  $n$  je počet volných atomů v jednotce objemu (rozměr  $\text{cm}^{-3}$ ).<sup>26</sup>

### 3.2.4.2 Analytické využití

V současné době jsou dostupné simultánní plazmové atomové fluorescenční spektrometry (ICP AFS) umožňující mnohaprvkovou analýzu. Tyto přístroje mají nízké spektrální a maticové interference. Kalibrační křivky pro stanovení jsou lineární přes 4 až 5 řádů.<sup>26, 27</sup>

Atomová fluorescenční spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem se využívá například pro stanovení alkalických kovů. Pomocí ICP AFS lze stanovit jakost pitných a užitkových vod. Rozsáhlé uplatnění má také v oblasti životního prostředí a v potravinářství.<sup>28</sup>

## 3.3 Studované vzorky

Tato bakalářská práce je zpracována teoreticky, a proto jsou v části „studované vzorky“ uvedeny dva minerální prvky a způsoby jejich stanovení. První prvek železo je mikroelement, který se řadí mezi prvky tvořící přechod mezi majoritními a stopovými prvky, druhý prvek selen se řadí mezi stopové prvky.

### 3.3.1 Stanovení železa

Na stanovení železa se používají nejvíce spektrofotometrické metody a také zejména atomová absorpční spektrometrie (AAS), optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP OES) a hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS).

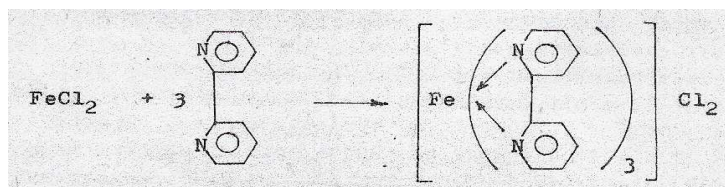
Nejznámější sloučeniny pro fotometrické stanovení jsou 2,2'-bipyridyl, 1,10-fenantrolin a bathofenantrolin, tiokyanid a 3-(2-pyridyl)-5,6-difenyl-1,2,4-triazin (PDT).<sup>20</sup>

Stanovení železa spektrofotometricky s PDT se provádí se vzorky po mineralizaci suchou cestou. Vzniklý popel se rozpustí ve zředěné kyselině dusičné, poté se upraví pH na 4,5 a přidá se hydroxylamin, PDT a chloristan sodný. Barevný komplex se extrahuje isoamylalkoholem. Na zakrytí iontů mědi se přidává ke komplexu kyanid sodný. Změří se absorbance červeně zbarveného roztoku při 555 nm. Ze změřené kalibrační přímky se spočítá obsah železa ve vzorku.<sup>21</sup>

V současnosti se v rámci bezpečnosti práce ustupuje od využití jedů při stanoveních, pokud jde vzorek stanovit i jinak bez použití nebezpečných látek (v tomto případě kyanidů).

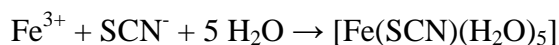
Na stanovení dvojmocného železa se využívá fotometrická metoda s 2,2'-bipyridylem. Vzorek se mineralizuje suchou cestou a použitím HCl a poté se trojmocné železo redukuje hydroxylaminem. Vzniklý červený roztok se měří při 522 nm. Z absorbance roztoku při dané vlnové délce se z kalibrační křivky určí hmotnost železa v roztoku.

Reakce probíhá následovně:



Bathofenantrolinová metoda je vhodná pro analýzu vzorků s nízkým obsahem železa jako jsou např. mléko a tuky. Pro stanovení vyšších obsahů železa, které jsou běžné u většiny potravin, je výhodnější použít bipyridylovou metodu.

Stanovení trojmocného železa se provádí s thiokyanidem draselným za vzniku červeně zbarveného komplexu. Zbarvený roztok se měří při 470 nm. Výluh popela se oxiduje kyselinou dusičnou, aby všechno dvojmocné železo přešlo na  $\text{Fe}^{3+}$ . Vznik komplexu popisuje následující rovnice:<sup>20, 21</sup>



Pro stanovení železa v potravinách jsou k dispozici zejména tyto dvě standardní metody:

- ČSN 56 0075 Stanovení železa v potravinách;
- ČSN ISO 9526 Ovoce, zelenina a výrobky z nich. Stanovení obsahu železa plamenovou atomovou absorpční spektrometrií.

Při stanovení železa metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS) je zapotřebí nejprve připravit vzorek za použití rozkladu na suché nebo mokré cestě, tlakového rozkladu anebo mikrovlnného rozkladu kyselinou dusičnou nebo hydrolýzou vzorku zředěnou kyselinou chlorovodíkovou nebo dusičnou.

Poté je kapalný vzorek zmlžován do plamene  $\text{C}_2\text{H}_2$ -vzduch a je měřena absorpce záření volnými atomy železa na rezonanční čáře 248,3 nm. Koncentrace prvku v analyzovaných

roztocích se z naměřených absorpčních křivek určuje metodou kalibrační křivky. Při zmlžování vodných roztoků lze měřit koncentraci s velmi dobrou opakovatelností v intervalu cca 0,1-8 µg/ml.

Tato metoda vyhovuje normě ČSN ISO 9526 Ovoce, zelenina a výrobky z nich. Stanovení obsahu železa plamenovou absorpční spektrometrií.<sup>31</sup>

### 3.3.2 Stanovení selenu

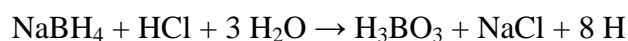
Při stanovení selenu se všeobecně používají metody atomové spektrometrie, a to atomová absorpční spektrometrie s generací hydridů (HGAAS), optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP OES), atomová fluorescenční spektrometrie (AFS) a hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS).

Studovat se mohou anorganické formy selenu nacházející se v přírodních materiálech a vodách – seleničitan ( $\text{SeO}_3^{2-}$ ), elementární selen ( $\text{Se}^0$ ) a selenan ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ), nebo organické formy jako jsou dimethylselenid, selenomethionin a selenocystein.<sup>32</sup>

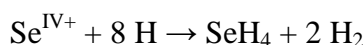
Prvním krokem analýzy je stanovení celkového množství selenu, většinou se provádí mineralizace organické hmoty, mineralizace na suché i mokré cestě a s využitím mikrovlnného záření.<sup>24</sup>

Pro stanovení selenu metodou HGAAS lze použít atomový absorpční spektrometr s výbojkou s dutou katodou a přídatným zařízením ke generování plynných hydridů. Pro generování hydridů se používá redukce s tetrahydridoboritanem sodným ( $\text{NaBH}_4$ ).

Reakci tetrahydridoboritanu sodného v kyselém prostředí popisuje následující rovnice:



Následující rovnice demonstruje vznik hydridu stanovovaného analytu:



Pro optimální uvolňování hydridů závisí především na formě analytu a kyselosti roztoku. Pouze čtyřvalentní selen je schopen tvořit hydridy. Pro zredukování Se (VI) na Se (IV) se doporučuje použít kyselinu chlorovodíkovou o koncentraci 5-7 mol.dm<sup>-3</sup>.<sup>33</sup>

Hydridy jsou proudem plynu vedeny do křemenné kyvety délky 170 mm a s přívodní křemennou trubicí uprostřed. Tato kyveta je vyhřívána na teplotu okolo 900°C plamenem acetylen-vzduch a dochází v ní k vysoce účinné atomizaci.

Měření se provádí při vlnové délce 196 nm a vyhodnocení je dáno metodou kalibrační křivky.<sup>33, 34</sup>

Metody atomové absorpční spektrometrie s generací hydridů (HGAAS) bylo použito při monitorování vlivu přidávání sloučenin selenu do půdy na obsah sloučenin selenu v hlízách brambor. Pokusy s bramborami byly založeny na pokusném objektu MZLU v Brně v lokalitě Žabčice u Brna a polní pokusné stanici Valečov u Havlíčkova Brodu.

Hlízy po sklizni byly zbaveny slupky, sušeny při 60 °C v laboratorní sušárně, homogenizovány na laboratorním šrotovníku a dále analyzovány. Mineralizace hlíz

pro stanovení selenu byla provedena rozkladem vzorků ve směsi  $\text{HNO}_3$  a  $\text{H}_2\text{O}_2$  v mikrovlnném zařízení MILESTONE MLS 1200 MEGA. Po převedení byl vzorek analyzován na atomovém absorpčním spektrometru UNICAM 939 „SOLAR“ metodou tvorby hydridů.

Selen byl do půdy aplikován ve formě roztoku seleničitanu sodného na povrch půdy dva týdny před výsadbou brambor. Následně, při přípravě půdy, byl sele zapraven do celého orničního profilu, aby došlo k ustavení rovnováhy mezi půdním roztokem a pevnou půdní fází.

Z výsledků polního pokusu se stupňovanými dávkami selenu aplikovaného do půdy při pěstování brambor vyplynulo, že se obsah Se v hlízách zvyšoval v přímé závislosti s jeho aplikovanou dávkou.<sup>35</sup>

Pro stanovení selenu v tělních tekutinách lze použít řadu analytických metod, nejčastěji se však používá atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací (ET AAS). Tato technika umožňuje přímé stanovení selenu, avšak toto stanovení je velmi obtížné vzhledem k těkavosti selenu a složitosti matrice.<sup>36</sup>

Stanovení selenu metodou ICP OES se provádí spektrometrem s pneumatickým koncentrickým zamlžovačem. Intenzita signálu se měří při vlnové délce 196 nm. Příkon generátoru má hodnotu 1150 W, argon se používá jako plazmový i stínící plyn. Celkový obsah selenu se vyhodnocuje metodou kalibrační křivky.<sup>32, 33</sup>

Pro stanovení selenu je v současné době nejpoužívanější metodou ICP MS, u které je citlivost ovlivněna koncentrací stanovovaného roztoku. Pro stanovení forem selenu přítomných ve vzorku se většinou používá spojení separace pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) se specifickou detekcí jako je ICP MS.

Analýzu metodou HPLC-ICP-MS použili TYSON a kol. (1996) na druhy zeleniny jako jsou česnek, cibule a brokolice, které vyrostly v přítomnosti a bez přítomnosti selenanu sodného v živném substrátu. Tyto rostliny přijímaly anorganický selen, který následně přeměňovaly na různé organické formy.<sup>37</sup>

Organicky vázaný selen, který se používá v potravních doplňcích je možné získat z anorganických sloučenin selenu, které jsou obsaženy v médiu, na kterém jsou kultivovány kvasinky. Během růstu kvasinek je špatně biologicky dostupný seleničitan převáděn na biologicky účinnější formu jako je selenomethionin, který má lepší nutriční vlastnosti.<sup>38</sup>

Metodu LC-ICP-AES použili TSOPELAS a kol. (2005) na kvasinkách po jejich enzymatické extrakci s proteázou XIV. Zkoumané specie selenu - seleničitan, selenan, selenomethionin a dimethyldiselenid byly kultivovány méně než 6 minut na BIO Wide Poor RP-18. Poté byla změřena absorbance vzorků při vlnové délce 192 nm.

Tato studie je přínosná pro běžné laboratoře k zhodnocení různých druhů selenu v mnoha materiálech.<sup>38, 39</sup>

Pomocí metody ICP AFS provedli Gamiz-Gracia a Luque de Castro analýzu selenu v potravních doplňcích. Byly použity doplňky stravy se selenem ve formě seleničitanu sodného a selenomethioninu. Metoda zahrnovala dva kroky, a to štěpení vzorků a redukci všech forem Se na  $\text{Se}^{\text{IV}}$ . Dalším krokem byla kontinuální tvorba hydridů a detekce pomocí

atomové fluorescence. Metoda je použitelná v širokém rozsahu koncentrací a to 0,3 - 1300 ng.ml<sup>-1</sup> Se. Metoda je výborná pro svou opakovatelnost. Analýza Se byla provedena podle platných certifikací a nominálních hodnot. Výnosy se pohybovaly v rozmezí 86,5 až 104,8 % s přesností na 4,2 %.<sup>40</sup>

## 4 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracování literární rešerše zaměřené na minerální prvky obsažené v potravních doplňcích a způsobech jejich stanovení.

V poslední době začínají být potravní doplňky nedílnou součástí běžného života. Užívání nejrůznějších doplňků stravy je stále více rozšířenější a populárnější. Avšak nesmí docházet k mylnému faktu, že doplňkem stravy lze nahradit plnohodnotnou a pestrou stravu. Doplňky stravy musí splňovat veškeré platné normy kladené na potraviny. Jejich dodržování kontroluje SZPI. Potravní doplňky se podobají léčivým přípravkům, a to nejen svou vnější formou, ale mnohdy i obsahem stejných látek.

Minerální prvky obsažené v potravních doplňcích se obvykle vyskytují v anorganických a organických formách. Výskyt elementární formy prvku není zcela běžný, ale v jistých případech se může vyskytovat např. u železa.

Minerální látky tvořící nezbytnou součást potravin, živin a potravních doplňků jsou důležité pro lidský organismus. Plní řadu nezbytných funkcí pro život, účastní se mnoha biochemických reakcí a napomáhají udržovat správnou rovnováhu organismu.

Jednotlivé minerální prvky, které jsou obsaženy v mnoha druzích potravin, je důležité kontrolovat ohledně jejich vyváženého obsahu v jídelníčku. Mnoho z nás spoléhá na používání multiminerálů, které jsou určeny k doplnění běžné stravy a zaručují dostatečný příjem důležitých látek. Avšak může dojít k situaci, kdy je v lidském organismu nedostatek či nadbytek určitého prvku, který může být příčinou možných komplikací anebo onemocnění ohrožující zdraví.

V druhé část bakalářské práce se zabývá možnostmi stanovení vybraných prvků v potravních doplňcích. Pro stanovení jsou jako nejvhodnější vybrány čtyři analytické metody - atomová absorpční spektrometrie (AAS), atomová fluorescenční spektrometrie (AFS), optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP OES) a hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS).

Pro analýzu jednotlivých minerálních prvků je nezbytná mineralizace vzorku, která se dá provést suchou cestou, mokrou cestou, za použití mikrovlnného záření anebo extrakcí pro stanovení jednotlivých forem prvků ve vzorku. Po mineralizaci se použije vhodná analytická metoda pro stanovení analyzovaného prvku.

V této bakalářské práci byly vybrány dva odlišné minerální prvky a popsány různé postupy jejich stanovení. Prvním prvkem je železo. Většinou se stanovuje fotometrickými metodami, ale lze ho určit také spektrofotometrickými metodami, jako je například atomová absorpční spektrometrie. Druhým vybraným prvkem je selen. V potravních doplňcích se obvykle formy selenu stanovují spojením vysokoučinné kapalinové chromatografie s detekcí pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem.



## 5 POUŽITÁ LITERATURA

1. STATNÍ ZEMĚDĚLSKÁ A POTRAVINÁŘSKÁ INSPEKCE. *Vyhláška č. 446/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin potravními doplňky* [online]. 17.01.2008 [cit. 2008-01-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.szpi.gov.cz/cze/legislativa/article.asp?id=56474&cat=2166&ts=2ec52>>.
2. WINKLEROVÁ, D., OSTRÝ, V., RUPRICH, J. *Doplňky stravy a PNT* [online]. 29.3.2008 [cit. 2008-03-29]. Dostupný z WWW: <[http://www.chpr.szu.cz/vedvybor/dokumenty/informace/info\\_2005\\_6\\_deklas\\_DS\\_PNT\\_rev2.pdf](http://www.chpr.szu.cz/vedvybor/dokumenty/informace/info_2005_6_deklas_DS_PNT_rev2.pdf)>.
3. MACH, I. a kol. *Doplňky stravy*. 1.vyd. Praha: SVOBODA SERVIS, 2004. 157 s. ISBN 80-86320-34-0.
4. MICHALOVÁ, I., SDRUŽENÍ ČESKÝCH SPOTŘEBITELŮ, O.S. *Průvodce spotřebitele, svazek č.12 – Doplňky stravy (Potraviny k doplnění jídelníčku)*. [online] 2007 [cit. 2008-02-17]. Dostupný z WWW: <[http://www.konzument.cz/publikace/soubory/pruvodce\\_spotrebitele/Doplňky%20stravy.pdf](http://www.konzument.cz/publikace/soubory/pruvodce_spotrebitele/Doplňky%20stravy.pdf)>. ISBN 978-80-903930-1-1.
5. KODL, J., TUREK, B. *Přídavné a aromatické látky, kontaminanty a potravní doplňky v nové potravinářské legislativě*. 1.vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 64 s. ISBN 80-86153-67-3.
6. DUBICK, M. A., RUCKER, R. B. (1983). Dietary supplements and health aids – A critical evaluation: Part 1 – Vitamins and minerals. *J. Nutr. Ed.* 15: 47-53.
7. MACH, I. a kol. *Doplňky stravy na našem trhu*. 1.vyd. Praha: SVOBODA SERVIS, 2006. 118 s. ISBN 80-86320-46-4.
8. KELLER, U., MEIER, R., BERTOL, S. *Klinická výživa*. 1. vyd. Praha: Scientia medica, 1993. 240 s.
9. FOŘT, P. *Zdraví a potravní doplňky*. 1.vyd. Praha: Euromedia Group, k. s. – Ikar v Praze, 2005. 398 s. ISBN 80-249-0612-0.
10. FOŘT, P. *Sport a správná výživa*. 1. vyd. Praha: Euromedia Group, k. s. – Ikar v Praze, 2002. 352 s. ISBN 80-249-0124-2.
11. PÁNEK, J., POKORNÝ, J., DOSTÁLOVÁ, J. *Základy výživy a výživová politika*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2002. 219 s. ISBN 80-7080-468-8.
12. VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 328 s. ISBN 80-86659-01-1.
13. MINDELL, E. *Vitamínová bible*. Budapešť: GLÓRIA KIADÓ, 1994. 398 s.
14. ROEDIGEROVÁ-STREUBELOVÁ, S. *Minerální látky a stopové prvky*. 1. vyd. Praha: Ivo Železný, nakladatelství a vydavatelství, spol. s. r. o., 1997. 158 s. ISBN 80-237-3490-3.
15. READER'S DIGEST VÝBĚR. *Léčivá moc vitamínů, bylin a minerálních látek*. [z anglického originálu přeložili Jarmila Kantová a Jiří Kanta] 1. vyd. Praha: Reader's Digest Výběr, spol. s r. o., 2001. 416 s. ISBN 80-86196-24-0.
16. *Selenocystein*. [online]. 2008 [cit. 2008-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.speciation.net/Public/Data/sp/Image/selenocysteine.gif>>.
17. *Selenomethionin*. [online]. 2008 [cit. 2008-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.speciation.net/Public/Data/sp/Image/selenomethionine.gif>>.

18. JANČA, J. *Co nám chybí - kovy, jiné prvky a vitamíny v lidském těle*. 1. vyd. Praha: EMINENT, 1991. 123 s. ISBN 80-9000302-4-6.
19. HEJDA, S. *Jak žít a hlavně jak jíst ve stáří*. 1. vyd. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, n. p., 1972. 260 s.
20. PRIBELA, A. *Analýza potravin*. 2. vyd. Bratislava: Slovenská Technická univerzita v Bratislavě, 1991. 58 s. ISBN 80-227-0398-2.
21. PRIBELA, A. *Analýza potravin – cvičenie*. 2. vyd. Bratislava: Slovenská Technická univerzita v Bratislavě, 1991. 394 s. ISBN 80-227-0398-2.
22. BARTOŠ, M., ŠRÁMKOVÁ, J., STANĚK, V., RENGGER, F., KALOUS, J. *Analytická chemie I* [online]. 26.04.2008 [cit. 2008-04-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.upce.cz/priloha/kalch-analchem1-skripta>>.
23. *Teoretické základy některých instrumentálních metod a přípravných prací* [online]. 26.04.2008 [cit. 2008-04-26]. Dostupný z WWW: <<http://sci.ujep.cz/chemistry/download.php?soubor=teoreticke-zaklady.pdf&PHPSESSID=c9ed26680269cfe2588384d237236db7>>.
24. ŠIKOVÁ, H. *Určení forem výskytu selenu v potravinách*. Brno: 2004. 64 s. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická. Vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
25. SOMMER, L. a kol. *Optická emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu a vysokoteplotních plamenech*. 1. vyd. Praha: Academia, 1992. 152 s. ISBN 80-200-0215-4.
26. KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. 2. upravené a doplněné vyd. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
27. STUŽKA, V. *Analytická atomová optická spektrometrie*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2000. 81 s. ISBN 80-244-0206-8.
28. ČERNOHORSKÝ, T., JANDERA, P. *Atomová spektrometrie*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, 2000. 146 s. ISBN 80-7194-114-X.
29. CHROMNÝ, V., FISCHER, J., HAVEL, J., VOTAVA, M. *Bioanalytika – Analytická chemie v laboratorní medicíně*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2002. 268 s. ISBN 80-210-2917-X.
30. CHURÁČEK, J., KOTRLÝ, S. *Analytická chemie II*. 1. vyd. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická v Pardubicích, 1983. 189 s.
31. ROWE, C. J. *Food Analysis by Atomic Absorption Spectroscopy*. Springvale: Varian Techtron, 1973.
32. DOČEKALOVÁ, H., DOČEKAL, B., KOMÁREK, J., NOVOTNÝ, I. (1991). Determination of selenium by electrothermal atomic-absorption spektrometry 1. Chemical modifiers. *J Anal Spectrom* 6: 661-668.
33. REAMER, D. C., VEILLON, C. (1981). Preparation of biological materials for determination of selenium by hybride generation-atomic absorption spektrometry. *Anal. Chem.* 53: 1192-1195.
34. URBÁNKOVÁ, E. Stanovení selenu v prefixech metodou ICP-AES. *Bulletin* 2001. 1/2001.
35. HLUŠEK, J., JŮZL, M., ČEPL, J., LOŠÁK, T. Vliv přidávání sloučenin selenu do půdy na obsah sloučenin selenu v hlízách brambor. *Chemické listy* [online]. 2005,

- roč. 99 [citace 2008-05-06], s. 515-517. Dostupný z WWW: <[http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005\\_07\\_515-517.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005_07_515-517.pdf)>.
36. HEGEDÜS, O., HEGEDÜSOVÁ, A., GAŠPARÍK, J., IVIČIČOVÁ, A. Hodnocení metody stanovení selenu v zelenině atomovou absorpční spektrofotometrií s elektrotermickou atomizací a s generováním hydridů. *Chemické listy* [online]. 2005, roč. 99 [cit. 2008-05-06], s. 518-524. Dostupný z WWW: <[http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005\\_07\\_518-524.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005_07_518-524.pdf)>.
37. LOBINSKI, R. et al. Species-selective determination of selenium compounds in biological materials. *Pure Appl. Chem* 2000, vol. 72, no. 3, pp. 447-461.
38. TSOPELAS, F. N. et al. (2005) Comparison of ultra-violet and inductively coupled plasma-atomic emission spektrometry for the on-line quantification of selenium species after their separation by reversed-phase liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta* 539: 327-333. ISSN 0003-2670.
39. ERCINAR, J. R. et al. (2003). Methodological advances for selenium speciation analysis in trast. *Analytica Chimica Acta* 500: 171-183. ISSN 0003-2670.
40. GAMÍZ-GRACIA, L., LUQUE DE CASTRO, M. D. (1999). Determination of selenium in nutritional supplements and shampoos by flow injection-hydride generation-atomic fluorescence spektrometry. *Talanta* 50: 875-880. ISSN 0039-9140.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AAS	atomová absorpční spektrometrie
AES	atomová emisní spektrometrie
AFS	atomová fluorescenční spektrometrie
AIDS	syndrom získaného selhání imunity
ATP	adenosintrifosfát
ICP AFS	atomová fluorescenční spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ICP MS	hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ICP OES	optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
DDD	doporučená denní dávka
DNA	deoxyribonukleová kyselina
EFSA	evropský úřad pro bezpečnost potravin
HDL	lipoproteidy s vysokou hustotou
HGAAS	atomová absorpční spektrometrie s generací hybridů
LC	kapalinová chromatografie
HPLC	vysoko-rozlišovací kapalinová chromatografie
MZLU	Mendelova zemědělská a lesnická univerzita
OES	optická emisní spektrometrie
PDT	3-(2-pyridyl)-5,6-difenyl-1,2,4-triazin
PNT	potraviny nového typu
Ppm	parts per million (počet částic na jeden milion)
Ppt	parts per trillion (počet částic na jeden bilion)
RNA	ribonukleová kyselina
SZPI	Státní zemědělská a potravinářská inspekce

## 7 PŘÍLOHY

**Příloha č. 1:** Vitamíny a minerální látky, které mohou být použity k výrobě doplňků stravy.

**Příloha č. 2:** Formy vitamínů a minerálních látek, které mohou být používány při výrobě doplňků stravy a potravních doplňků.

**Příloha č. 3:** Nejvyšší přípustná množství vitamínů a minerálních látek a některých dalších potravních doplňků v doplňcích stravy.

**Příloha č. 4:** Vitamíny, minerální látky a jejich doporučené denní dávky používané pro označování doplňků stravy.

**Příloha č. 5:** Potravní doplňky povolené pro obohacování potravin a jejich retenční dávky.

**Příloha č. 6:** Potravin, které mohou být obohacovány potravními doplňky, a to nejvýše do množství, které odpovídá procentuálnímu podílu referenční dávky.

**Příloha č. 1:** Vitamíny a minerální látky, které mohou být použity k výrobě doplňků stravy.

**Vitamíny a minerální látky, které mohou být použity při výrobě doplňků stravy**

1. Vitamíny

Vitamin A ( $\mu\text{g RE}$ )  
Vitamin D ( $\mu\text{g}$ )  
Vitamin E ( $\text{mg } \alpha\text{-TE}$ )  
Vitamin K ( $\mu\text{g}$ )  
Vitamin B<sub>1</sub> (thiamin)( $\text{mg}$ )  
Vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin) ( $\text{mg}$ )  
Niacin ( $\text{mg NE}$ )  
Pantothénová kyselina ( $\text{mg}$ )  
Vitamin B<sub>6</sub> (pyridoxin) ( $\text{mg}$ )  
Kyselina listová ( $\mu\text{g}$ )  
Vitamin B<sub>12</sub> (kyanokobalamin) ( $\mu\text{g}$ )  
Biotin ( $\mu\text{g}$ )  
Vitamin C ( $\text{mg}$ )

2. Minerální látky

Vápník ( $\text{mg}$ )  
Hořčík ( $\text{mg}$ )  
Železo ( $\text{mg}$ )  
Měď ( $\mu\text{g}$ )  
Jód ( $\mu\text{g}$ )  
Zinek ( $\text{mg}$ )  
Mangan ( $\text{mg}$ )  
Sodík ( $\text{mg}$ )  
Draslík ( $\text{mg}$ )  
Selen ( $\mu\text{g}$ )  
Chrom ( $\mu\text{g}$ )  
Molybden ( $\mu\text{g}$ )  
Fluór ( $\text{mg}$ )  
Chlor ( $\text{mg}$ )  
Fosfor ( $\text{mg}$ )

**Příloha č. 2:** Formy vitamínů a minerálních látek, které mohou být používány při výrobě doplňků stravy a potravních doplňků.

**Formy vitamínů a minerálních látek, které mohou být používány při výrobě doplňků stravy a potravních doplňků**

Vitaminy			
Vitamin A	(a) retinol (b) retinol-acetát (c) retinol-palmitát (d) beta-karoten	Niacin	(a) kyselina nikotinová (b) nikotinamid
		Kyselina pantothenová	(a) D-pantothenan vápenatý (b) D-pantothenan sodný (c) dexpanthenol
Vitamin D	(a) cholekalciferol (b) ergokalciferol	Vitamin B <sub>6</sub>	(a) pyridoxin-hydrochlorid (b) pyridoxin-5'-fosfát
Vitamin E	(a) D-alfa-tokoferol (b) DL-alfa-tokoferol (c) D-alfa-tokoferol-acetát (d) DL-alfa-tokoferol-acetát (e) D-alfa-sukcinát kyseliny tokoferolové	Kyselina listová	(a) kyselina pteroylmonoglutamová
		Vitamin B <sub>12</sub>	(a) kyanokobalamin (b) hydroxokobalamin
		Biotin	(a) D-biotin
		Vitamin C	(a) kyselina-L-askorbová (b) L-askorban sodný (c) L-askorban vápenatý (d) L-askorban draselný (e) L-askorbyl-6-palmitát
Vitamin K	(a) fylochinon (fytomenadion)		
Vitamin B <sub>1</sub>	(a) thiamin hydrochlorid (b) thiamin mononitrát		
Vitamin B <sub>2</sub>	(a) riboflavin (b) riboflavin-5-fosfát, sodná sůl		

Minerální látky			
Vápník	uhličitan vápenatý vápenaté soli kyseliny citrónové chlorid vápenatý glukonan vápenatý glycerofosforečnan vápenatý mléčnan vápenatý vápenaté soli kyseliny fosforečné hydroxid vápenatý oxid vápenatý	Hořčík	octan hořečnatý uhličitan hořečnatý chlorid hořečnatý hořečnaté soli kyseliny citrónové glukonan hořečnatý glycerofosforečnan hořečnatý hořečnaté soli kyseliny fosforečné mléčnan hořečnatý hydroxid hořečnatý oxid hořečnatý síran hořečnatý

Minerální látky			
Železo	uhličitan železnatý citronan železnatý citronan železito-amonný glukonan železnatý fumarán železnatý difosforečnan sodno-železitý mléčnan železnatý síran železnatý difosforečnan železitý elementární železo (získané redukcí vodíkem nebo elektrolyticky) oxid železitý se sacharosou	Mangan	uhličitan manganatý chlorid manganatý citronan manganatý glukonan manganatý glycerofosforečnan manganatý síran manganatý
		Sodík	hydrogenuhlíčitan sodný uhličitan sodný chlorid sodný citronan sodný glukonan sodný mléčnan sodný hydroxid sodný sodné soli kyseliny fosforečné
		Draslík	hydrogenuhlíčitan draselný uhličitan draselný chlorid draselný citronan draselný glukonan draselný glycerofosforečnan draselný mléčnan draselný hydroxid draselný draselné soli kyseliny fosforečné
Měď	uhličitan měďnatý citronan měďnatý glukonan měďnatý síran měďnatý komplex mědi a lysinu	Selen	selenan sodný hydrogenseleničitan sodný seleničitan sodný
Jód	jodičnan sodný jodid sodný jodičnan draselný jodid draselný		Chrom
Zinek	octan zinečnatý chlorid zinečnatý citronan zinečnatý glukonan zinečnatý mléčnan zinečnatý oxid zinečnatý uhličitan zinečnatý síran zinečnatý	Molybden	molybdenan amonný molybdenan sodný
		Fluor	fluorid draselný fluorid sodný



**Příloha č. 3:** Nejvyšší přípustná množství vitamínů a minerálních látek a některých dalších potravních doplňků v doplňcích stravy.

**Nejvyšší přípustná množství vitamínů, minerálních látek a některých dalších potravních doplňků v doplňcích stravy**

**Vitamíny**

Vitamíny/jednotky	Nejvyšší přípustné množství v denní dávce
Vitamin A (μg) RE*	2000
Vitamin D (μg)	10
Vitamin K (μg)	60
Thiamin (vitamin B <sub>1</sub> ) (mg)	10
Riboflavin (vitamin B <sub>2</sub> ) (mg)	10
Niacin (mg) NE**	500
Kyselina pantothenová (mg)	40
Vitamin B6 (pyridoxin) (mg)	10
Kyselina listová (μg)	1000
Vitamin B12 (kyanokobalamin) (μg)	50
Biotin (μg)	500
Vitamin C (mg)	2000
Vitamin E (mg) α-TE***	100

\* RE = trans-retinolekvivalent

\*\* NE = niacinekvivalent

\*\*\* α-TE = alfa-tokoferolekvivalent

**Minerální látky**

Minerální látky/jednotky	Nejvyšší přípustné množství v denní dávce
Draslík (mg)	1000
Vápník (mg)	2500
Hořčík (mg)	400
Železo (mg)	20
Zinek (mg)	25
Měď (μg)	3000
Jód (μg)	200
Selen (μg)	200
Mangan (mg)	5
Chrom (μg)	200
Molybden (μg)	100
Fluor (mg)	1

**Některé další potravní doplňky**

Potravní doplňky	Nejvyšší přípustné množství v denní dávce
Koenzym Q 10	60 mg
Karoteny	20 mg
Karnitin	1000 mg
Kreatin	2,5 g
Mateří kašička nativní	200 mg
Propolis	50 mg
Lecitin	Není omezeno
Inositol	Není omezeno
Mlezivo (colostrum)	Není omezeno
Sušená biomasa zelených řas rodů Chlorella, Scenedesmus, sinic rodu Spirulina. Sušená biomasa nebo extrakty z biomasy hnědých a červených jedlých řas z čeledí Fucaceae, Phaeophyceae a Rhodophyceae (tzv. kelp)	Není omezeno
Vitální kultury mikroorganismů Bifidobacterium spp. Candida valida Kluyveromyces marxianus, Lactobacillus acidophilus Lactobacillus bulgaricus Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus Lactococcus Leuconostoc Streptococcus lactis, Streptococcus salivarius subsp. thermophilus Saccharomyces cerevisiae Saccharomyces exiguus Saccharomyces unisporus Torulopsis	Není omezeno
Včelí pyl	Není omezeno

**Příloha č. 4:** Vitamíny, minerální látky a jejich doporučené denní dávky používané pro označování doplňků stravy.

**Vitamíny a minerální látky a jejich doporučené denní dávky  
používané pro označování doplňků stravy**

Vitamin A	μg	800
Vitamin D	μg	5
Vitamin E	mg	10
Thiamin (vitamin B <sub>1</sub> )	mg	1,4
Riboflavin (vitamin B <sub>2</sub> )	mg	1,6
Niacin	mg	18
Kyselina pantothenová	mg	6
Vitamin B <sub>6</sub> (pyridoxin)	mg	2
Kyselina listová	μg	200
Vitamin B <sub>12</sub> (kyanokobalamin)	μg	1
Biotin	μg	150
Vitamin C	mg	60
Fosfor	mg	800
Hořčík	mg	300
Jód	μg	150
Vápník	mg	800
Zinek	mg	15
Železo	mg	14

**Příloha č. 5:** Potravní doplňky povolené pro obohacování potravin a jejich retenční dávky.

Příloha č. 6 k vyhlášce č. 446/2004 Sb.

**Potravní doplňky povolené k obohacování potravin a jejich referenční dávky**

<b>Potravní doplněk</b>	<b>Referenční dávka</b>
Vitamin B <sub>1</sub>	1,4 mg
Vitamin B <sub>2</sub>	1,6 mg
Vitamin B <sub>6</sub>	2,0 mg
Vitamin B <sub>12</sub>	1,0 µg
Vitamin C	60,0 mg
Vitamin E	10,0 mg
Karoten	16,0 mg
Niacin	18 mg
Biotin	0,15 mg
Kyselina listová	200 µg
Kyselina pantothenová	6 mg
Draslík	1000,0 mg
Hořčík	300,0 mg
Vápník	800,0 mg
Zinek	15,0 mg
Měď	2,0 mg
Jód	150,0 µg

**Příloha č. 6:** Potraviny, které mohou být obohacovány potravními doplňky, a to nejvýše do množství, které odpovídá procentuálnímu podílu referenční dávky.

**Potraviny, které mohou být obohacovány potravními doplňky, a to nejvýše do množství, které odpovídá procentuálnímu podílu referenční dávky**

Skupina	Potravina	Procentuální podíl referenční dávky ve 100 g resp. ve 100 ml potraviny			
		Vitamin C %	Ostatní vitaminy a karoten* %	Jód %	Ostatní minerální látky* %
A	mléko	100	30	20	30
	chléb, běžné a jemné pečivo	100	50	20	30
	nealkoholické nápoje, koncentráty k přípravě nealkoholických nápojů	100	30	20	30
	pivo	100	30	20	30
	ovocné a bylinné čaje, instantní čaje a čajové extrakty	100	50	20	30
	dehydratované výrobky	100	50	20	30
B	masné a rybí výrobky	200	100	30	50
	výrobky z brambor	200	100	30	50
	těstoviny	200	100	30	50
	směsi z obilovin, müsli	200	100	30	50
	mléčné výrobky	200	100	30	50
C	mražené krémy	200	200	-	100
	jedlé tuky a oleje	200	200	-	100
	zpracované ovoce a zelenina	200	200	50	100
	trvanlivé pečivo, cukrářské výrobky	200	200	50	100
D	cukrovinky (kromě žvýkaček), čokoláda a čokoládové bonbóny	300	200	100	200
	žvýkačky a podobné výrobky	500	300	200	300
	koření přípravky	500	300	200	300

\* uvedené v příloze č. 6