

LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POSTUPY

OBSAH MINERÁLNÍCH LÁTEK VE VYBRANÝCH PRODUKTECH Z MOŘSKÝCH A SLADKOVODNÍCH ŘAS

LADISLAVA MIŠURCOVÁ^a, IVANA
STRATILOVÁ^c a STANISLAV KRÁČMAR^b

^a Ústav technologie a mikrobiologie potravin, ^b Ústav biochemie a analýzy potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín, ^c Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, 767 01 Kroměříž
misurcova@ft.utb.cz

Došlo 29.4.08, přepracováno 12.6.09, přijato 25.6.09.

Klíčová slova: minerální prvky, mořské a sladkovodní řasy

Úvod

Minerální látky se podílejí na výstavbě tkání a na životně důležitých biochemických reakcích v roli kofaktorů mnohých enzymů. Lidský organismus si je sám nedokáže vytvořit, proto jsou nezbytnou součástí potravy a jejich přísun lidské populaci je závislý na koncentraci minerálních látek v rostlinných a v živočišných surovinách.

Mořské a sladkovodní řasy jsou pro přímou spotřebu využívány v asijských zemích již od dávných dob. O jejich významu svědčí fakt, že byly vybrány již v šedesátých letech minulého století jako zdroj výživy kosmonautů, zejména z důvodu obsahu hodnotných bílkovin s hojným zastoupením esenciálních aminokyselin, minerálních látek, vitaminů i vlákniny¹. Po objevení jejich želírujících vlastností se extrakty z řas staly celosvětově významnou surovinou pro potravinářský, farmaceutický, ale i kosmetický průmysl, zejména pro výrobu hydrokoloidů, zahušťovačů a želírovacích látek². V evropských zemích byly odedávna využívány v přímořských státech jako krmivo pro hospodářská zvířata. V současné době mořské řasy získávají oblibu pro přípravu orientálních delikatesních pokrmů jako je sushi, či zeleninové saláty i v České republice. Sladkovodní řasy *Chlorella pyrenoidosa* a *Spirulina pacifica* jsou v podobě tablet a vloček používány jako výživové doplňky.

Chemické složení řas, včetně obsahů minerálních látek, je velmi proměnlivé. Závisí na přírodním prostředí (geografická lokalita, teplota, intenzita světla, koncentrace minerálních látek ve vodě) a také na druhu řas^{3,4}. Přítom-

nost některých sloučenin, jako je kyselina fytová a polysacharidy buněčných stěn (agary, karagenany, či algináty), může způsobit nižší využitelnost některých kovů pro organismus konzumenta^{5,6}. Dalším faktorem, který se podílí na resorpci jednotlivých kovů, je antagonistický vztah, kdy vyšší koncentrace některého kovu může omezit resorpci jiného⁷. Řasy mají vysokou kapacitu vázat těžké kovy. Je to dáno složením jejich buněčných stěn, které obsahují polysacharidy obsahující síru, v nichž hydroxylové, síranové i karboxylové skupiny mají schopnost výměny iontů a jsou důležitými vazebnými místy pro kationty těžkých kovů^{8–12}. Z tohoto důvodu jsou řasy využívány i jako bioindikátory znečištění. Biosorpce těžkých kovů může být ovlivněna jednak druhem řas, ale také některými přírodními faktory, jako je geografická poloha a roční období^{13–15}. Řasy, rostoucí ve studených vodách, jsou obvykle velmi citlivé na sezónní změny, zatímco červené a hnědé řasy, obývající tropické a subtropické oblasti, jsou vhodnými bioindikátory znečištění². Sezónní vlivy se projevují zejména u kadmia, zatímco u olova nejsou tak průkazné⁴. Dále bylo zjištěno, že biosorpce kadmia výrazně poklesla se zvyšující se koncentrací vápenatých iontů^{16,17}. Byly zjištěny i korelace mezi Cd a Cu, Cd a Zn, či Pb a Fe (cit.¹⁸).

Cílem této práce bylo stanovit obsahy Fe, Zn, Cu, Mn, B, P, Ca, Mg, K, Na, Cr v produktech z řas, které jsou na českém trhu běžně dostupné a zhodnotit jejich podíl na denní dávce ve vztahu k ostatním zdrojům minerálních látek. Vzhledem ke skutečnosti, že řasy poutají zájem odborníků nejen svou dietetickou hodnotou, ale také schopností absorbovat těžké kovy z prostředí, byly stanoveny i rizikové kovy Cd, Pb a Hg.

Experimentální část

Materiál a metody

Vzorky řas

Pro stanovení minerálních látek bylo vybráno 11 produktů, které byly koupeny jako výživové doplňky nebo sušené řasy ve specializované prodejně, s ohledem na obecné rozdělení řas do čtyř skupin, jež jsou charakterizovány jejich barvou: na zelené (Chlorophyta – *Chlorella pyrenoidosa*), hnědé (Fucophyceae, Phaeophyceae – *Eisenia bicyclis*, *Hizikia fusiformes*, *Laminaria japonica*, *Undaria pinnatifida*) a červené (Rhodophyta – *Palmaria palmata*, *Porphyra tenera*, *Digenes simplex*). *Spirulina*, jež patří mezi oxygenní fotosyntetické bakterie (Cyanobacteria)¹⁹, bývá často označována jako modrozeleňá řasa (Cyanophyceae)². Charakteristika jednotlivých vzorků je uvedena v tab. I.

Tabulka I
Vyšetřované produkty z řas

Produkt	Označení vzorku	Výrobce	Původ suroviny	Řasa
Chlorella Tabs	C	Chlorella centrum s.r.o.	Taiwan	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>
Spirulina Pacifica	S	Nutrex, Inc. USA	Hawai	<i>Spirulina pacifica</i>
Arame	A	Country life s.r.o.	Japonsko	<i>Eisenia bicyclis</i>
Hijiky	H	Country life s.r.o.	Japonsko	<i>Hizikia fusiformes</i>
Kombu	K	Country life s.r.o.	Japonsko	<i>Laminaria japonica</i>
Kombu-Kelp	KK	Marksman-import Zlín	Japonsko	<i>Laminaria japonica</i>
Wakame	W	Country life s.r.o.	Japonsko	<i>Undaria pinnatifida</i>
Wakame-instant	WI	Country life s.r.o.	Japonsko	<i>Undaria pinnatifida</i>
Dulse vložky BIO	D	Lifefood CR, s.r.o.	USA	<i>Palmaria palmata</i>
Korzický čaj-Makura	M	Sunfood	Japonsko	<i>Digenes simplex</i>
Nori vložky	NV	Sunfood	Japonsko	<i>Porphyra tenera</i>

Použité chemikálie

Pro chemický rozklad vzorků i další stanovení byly použity chemikálie čistoty p. a., výrobce Lab:Ner, v koncentracích: 98% H₂SO₄ (w/w), 30% H₂O₂ (w/w), 65% HNO₃ (w/w) a 35% HCl (w/w). Standardy pro Na, K, Mg, Ca, P, Fe, Zn a Mn byly koupeny u firmy Sigma-Aldrich, standardy pro Cu, B, Cr, Pb, Cd, Hg a modifikátory pro termickou stabilizaci vzorků NH₄H₂PO₄ a Pd (15% roztok Pd(NO₃)₂ v 65% HNO₃ (w/w), kata-

logové číslo B 833 189 611) u firmy Merck.

Metody stanovení

Vzorky byly zhomogenizovány v laboratorním mlýnku na velikost částic 1 mm. Způsoby mineralizace a metody stanovení jednotlivých prvků jsou uvedeny v tab. II. Pro stanovení rtuti v přístroji TMA-254 (Tesla, ČR) bylo 0,3 g vzorku navažováno s přesností na 0,0001 g do speciální spalovací lodičky.

Tabulka II
Metody stanovení jednotlivých prvků

Prvek	Rozklad vzorku	Metodika	Kalibrační rozsah
P	zařízení Digester	spektrofotometrie	
Ca	zařízení Digester	AES acetylen – N ₂ O	12,5–50 mg l ⁻¹
Mg	zařízení Digester	F-AAS acetylen – vzduch	3–15 mg l ⁻¹
K	zařízení Digester	F-AAS acetylen – vzduch	40–200 mg l ⁻¹
Na	zařízení Digester	F-AAS acetylen – vzduch	5–20 mg l ⁻¹
Fe	uzavřený mikrovlnný	F-AAS acetylen – vzduch	2,5–10 mg l ⁻¹
Zn	uzavřený mikrovlnný	F-AAS acetylen – vzduch	0,5–2 mg l ⁻¹
Cu	uzavřený mikrovlnný	F-AAS acetylen – vzduch	0,6–2,5 mg l ⁻¹
Mn	uzavřený mikrovlnný	F-AAS acetylen – vzduch	1,2–5 mg l ⁻¹
Cr ^a	uzavřený mikrovlnný	ET-AAS	2,5–10 µg l ⁻¹
Pb ^b	uzavřený mikrovlnný	ET-AAS	5–30 µg l ⁻¹
Cd ^b	uzavřený mikrovlnný	ET-AAS	0,5–2 µg l ⁻¹
B	uzavřený mikrovlnný	spektrofotometrie	
Hg	bez rozkladu	TMA-254	0,5 µg l ⁻¹

Modifikátory pro termickou stabilizaci vzorků: ^a Pd, ^b NH₄H₂PO₄

Analýze P, Ca, Mg, K a Na předcházela rozklad vzorků směsí $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ (cit.²⁰) v zařízení Digester DG 120 (EL Spektrum, SR). K navážce 0,5 g vzorku s přesností na 0,0001 g bylo přidáno 5 ml 98% H_2SO_4 (s přidávkou H_2SeO_3 v koncentraci 4,08 mg ml⁻¹) a 10 ml 30% H_2O_2 . Mineralizace probíhala při teplotě 350 °C po dobu 40 min. Poté bylo přidáno cca 6 ml 30% H_2O_2 a rozklad vzorku probíhal dalších 15 min. Mineralizát byl převeden a doplněn do 100ml odměrné baňky.

Pro stanovení Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cr, Pb a Cd byl rozklad vzorků proveden v mikrovlnném uzavřeném systému v mikrovlnné peci Mars 5-Xpress (Varian, Inc., Austrálie). Navážka 0,5 g vzorku s přesností na 0,0001 g byla podrobena rozkladu ve speciální nádobce z teflonu o objemu 75 ml působením 8 ml mineralizační směsi (65% HNO_3 (w/w) + 35% HCl (w/w) + H_2O v poměru 1 : 1 : 2) po dobu 20 min při teplotě 190 °C. Mineralizát byl převeden a doplněn do 50ml odměrné baňky.

Vzhledem k charakteru vzorků byly prvky stanoveny metodami platnými pro krmiva^{20,21}. Spektrofotometr VIS –

Specol 10 (Carl Zeiss Jena, NDR) byl použit pro stanovení P a B. Fosfor byl stanoven v mineralizátu při vlnové délce 430 nm po obarvení vybarvovacím činidlem na bázi molybdenanu amonného a vanadičnanu amonného²⁰. Bor byl stanoven v mineralizátu metodou podle Berger-Truoga azomethinem-H při vlnové délce 420 nm (cit.²¹).

Ostatní prvky byly stanoveny metodou AAS^{20,21} na přístroji Varian AA 240Z (Varian, Inc., Austrálie). Pro F-AAS byl použit dilutor SIPS pro automatické vstřikování vzorků. Mineralizáty byly aplikovány bez dalšího ředění a průtok vzorků byl stanoven na 5 ml min⁻¹.

Pro ET-AAS na přístroji GTA 120 – Varian AA 2402 (Varian, Inc., Austrálie) bylo pro nástřik vzorků využito automatického dávkovače PSD 120 a mineralizát byl aplikován bez dalšího ředění v objemu 20 µl. Pro termickou stabilizaci vzorků byly použity modifikátory: pro Cr – roztok Pd (10 µg Pd v nástřiku) a pro Pb a Cd – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (50 µg v nástřiku).

Vyhodnocení obsahů prvků bylo provedeno z pětibodových kalibračních křivek, stanovených použitím

Tabulka III

Obsah majoritních prvků v řasových produktech a ve vybraných potravinách

Produkt	Obsah prvků v mg kg ⁻¹ sušiny						
	Na	K	Mg	Ca	P	Na/K	Ca/P
^Z Chlorella	10,4	11,0	3,53	2,30	19,2	0,95	0,12
^M Spirulina	10,1	14,9	4,76	2,96	12,6	0,68	0,23
^H Arame	12,0	14,5	6,55	6,79	0,78	0,83	8,73
^H Hijiki	16,2	54,5	6,85	6,49	1,02	0,30	6,39
^H Kombu	27,1	90,9	6,72	5,74	4,76	0,30	1,21
^H Kombu-Kelp	21,2	48,7	5,61	4,52	2,35	0,43	1,92
^H Wakame	62,6	64,8	12,0	4,94	6,04	0,97	0,82
^H Wakame-instant	74,9	1,49	9,43	5,31	3,52	50,3	1,51
^H Průměr	35,7	45,8	7,87	5,63	3,08	8,85	3,43
^Č Dulce	22,8	105	3,46	2,08	4,97	0,22	0,42
^Č Korzický čaj	20,8	20,4	11,4	52,8	0,60	1,02	87,9
^Č Nori vločky	8,55	26,0	40,6	5,72	2,02	0,33	2,83
^Č Průměr	17,4	50,6	18,5	20,2	2,53	0,52	30,4
Mateřské mléko	160	530	20	280	145	0,3	1,93
Játra vepřová	770	3500	240	65	4200	0,22	0,02
Špenát	900	6300	595	975	400	0,14	2,44
Hrách	200	6400	1200	610	3650	0,03	0,17
Fazole	210	12000	1015	1050	4000	0,02	0,26
Sója	60	16000	2450	1550	5400	0,004	0,29
Čaj černý	450	21600	2500	4300	6300	0,02	0,68
RDI^a	500	2000	325	800	1200	0,25	0,67

Indexy ^{Z, M, H, Č} značí zelenou a modro-zelenou sladkovodní, hnědé a červené mořské řasy, ^a RDI (Reference Daily Intake) – pro dospělého člověka v mg na den

automatického SIPS dilutoru. Kalibrační rozsahy jednotlivých prvků jsou uvedeny v tab. II. Ve všech vzorcích byla stanovena sušina²⁰ a obsahy kovů jsou vyjádřeny v mg kg⁻¹ sušiny. Hodnoty byly vyhodnoceny analýzou rozptylu (ANOVA) za použití statistického balíku Unistat, v. 5.1 a Office Excel®Microsoft (cit.²²).

Výsledky a diskuse

V tab. III a IV jsou uvedeny hodnoty stanovených prvků v analyzovaných řasových produktech. Pro srovnání jsou uvedeny i jejich obsahy ve vybraných potravinách a také hodnoty doporučených denních příjmů (RDI)²³.

Obsahy prvků vykazovaly značné rozdíly mezi skupinami sladkovodních a mořských řas, ale i mezi jednotlivými produkty v rámci skupiny.

Majoritní prvky jsou důležitými extra- a intracelulárními kationty, které udržují osmotický tlak uvnitř a vně buněk a podílí se na udržení acidobazické rovnováhy a membránového potenciálu buněk.

Produkty z hnědých i z červených mořských řas obsahovaly vyšší hodnoty Na, K, Mg a Ca než produkty ze sladkovodních řas *Chlorella* a *Spirulina*, u nichž byl naopak zjištěn vysoký obsah P. V hnědých mořských řasách byl vyšší obsah Na a P, v červených naopak K, Mg a Ca, přičemž velké rozdíly byly zjištěny i mezi řasami jedné skupiny. Sodík se v potravinách vyskytuje ve velmi proměnlivém množství a často záleží na množství použitého NaCl při solení potravin; v případě mořských řas závisí na stupni vyprání suroviny. Naproti tomu K je v potravinách přítomen v mnohem vyšších koncentracích. Přirozeně jsou Na a K nejvíce obsaženy ve špenátu, v luštěninách a v černém čaji²³. Ve vyšetřovaných vzorcích řas byly nalezeny spíše nižší hodnoty Na; nejvyšší hodnoty byly zjištěny v produktu Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*. Nejvyšší hodnoty K byly obsaženy ve vzorku Dulce vložky BIO z červené mořské řasy *P. palmata* a také v Kombu z hnědé mořské řasy *L. japonica*, ale ve srovnání s vybranými potravinami je toto množství opět malé. Optimální poměr Na a K ve stravě 1 : 2,5 je důležitým faktorem v prevenci proti vysokému krevnímu tlaku a ateroskleróze²⁴. Velmi příznivý poměr Na/K byl zjištěn ve vzorcích Dulce vložky BIO a Nori vložky z červených řas a ve vzorcích Hijiki, Kombu a Kombu-Kelp z hnědých mořských řas. Vysoký byl pouze ve vzorku Wakame instant. Při zjišťování poměru Na/K je však důležitá jeho hodnota v celé dietní dávce. Mezi největší zdroje Mg patří černý čaj, pražená káva, ale také luštěniny, zejména sója²³. V analyzovaných řasách bylo nejvíce Mg zjištěno v Nori vložkách z červené mořské řasy *P. tenera*. Největším zdrojem Ca jsou sýry, černý čaj, vaječný žloutek, luštěniny i špenát²³. Ve vzorcích řas byly zjištěny nízké hodnoty Ca, nejvyšší obsah byl stanoven v Korzickém čaji – Makura, jež obsahuje červenou řasu *D. simplex*. Pro vstřebávání obou prvků je důležitý jejich vzájemný poměr, kdy přijímaný P by neměl převýšit dvojnásobné množství Ca

(cit.²). Příznivý poměr byl pouze u vzorku Wakame. Bohatým zdrojem P jsou ořechy, sýry, černý čaj a luštěniny²³. Nejvyšší obsah P byl zjištěn ve vzorcích *Chlorella Tabs* a *Spirulina Pacifica* ze sladkovodních řas. Ve srovnání s RDI byly zjištěné obsahy majoritních prvků v produktech z mořských a sladkovodních řas poměrně nízké.

Minoritní prvky jsou důležitými biogenními prvky, jejichž dietní potřeba je velmi nízká, avšak jejich nedostatek vede k vážným zdravotním problémům. V lidském organismu jsou součástí mnoha metaloenzymů, které se podílejí na všech významných metabolických dějích^{25–27}.

Nejvyšší hodnoty Zn a Mn byly stanoveny ve vzorcích ze sladkovodních řas; Fe, Cu, Cr a B ve vzorcích z červených mořských řas. Červené mořské řasy obsahovaly obecně mnohem vyšší hodnoty Fe, Cu, Mn, Cr i B než hnědé řasy; v případě Fe 9násobek, u Mn dokonce 22násobek. Pouze obsahy Zn byly nepatrně vyšší u hnědých řas.

Největším zdrojem Fe byl vzorek Nori vložky a oba produkty ze sladkovodních řas *Spirulina Pacifica* a *Chlorella Tabs*. Hnědé řasy obsahovaly hodnoty až o dva řády nižší, přesto jsou i tato množství srovnatelná s jinými zdroji Fe, jako jsou vepřová játra, černý čaj, či luštěniny²³. Nejvyšší obsahy Zn, srovnatelné s obsahem zinku v luštěninách²³, byly zjištěny ve vzorcích *Spirulina Pacifica* a Wakame-instant, jež dvojnásobně převyšovaly průměrné hodnoty ve vzorcích z červených a hnědých mořských řas. Nejvíce Cu a Mn bylo obsaženo ve vzorcích Nori vložky a *Spirulina pacifica*. Naopak nejnižší hodnoty Mn byly zjištěny ve vzorcích z hnědých řas. Zdrojem Mn jsou obiloviny a luštěniny, ale také maliny a borůvky²³. Velmi vysoký obsah Mn je v čajových lístcích a v některých druzích koření, jako je hřebíček, kardamom a zázvor²³. Nejvyšší hodnoty Cr byly stanoveny ve dvou vzorcích z červených řas – Korzickém čaji – Makura a Nori vložkách. Nejnižší hodnoty byly zjištěny opět u vzorků z hnědých řas. Za bohatý zdroj Cr jsou považovány pivovarské kvasnice²³.

Bor je prvek, jehož esencialita pro člověka byla mnohokrát diskutována v devadesátých letech minulého století. Nejvyšší hodnoty B byly zjištěny ve vzorku Hijiki z hnědé řasy *H. fusiformes* a v Korzickém čaji – Makura; nejnižší ve vzorcích ze sladkovodních řas, ale i tyto hodnoty jsou srovnatelné s obsahem B v luštěninách. Všechny zjištěné obsahy minoritních prvků významně převyšují jejich RDI.

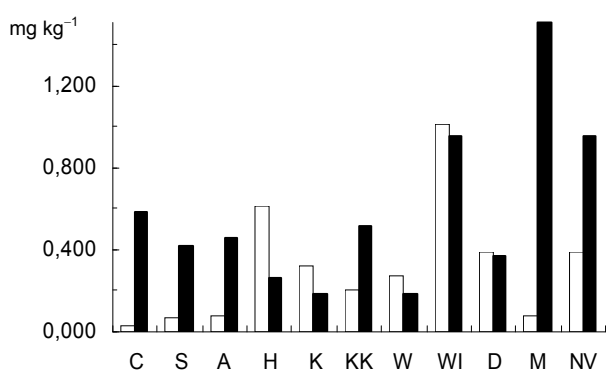
Obsah rizikových kovů v potravinách patří k hlavním ukazatelům zdravotní nezávadnosti potravin, proto byla stanovena jejich nejvyšší přípustná množství. V případě řas, či produktů z nich, nejsou v ČR limity stanoveny. V této práci byly naměřené hodnoty Cd, Pb a Hg porovnány s limity pro obsah toxických kovů v řasách a v řasových produktech, které stanovila Francie (jako jediná evropská země). Pro Cd i Pb platí stejný limit $\leq 5,0 \text{ mg kg}^{-1}$ sušiny a pro rtuť $\leq 0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ sušiny²⁵. Nejnižší hodnoty Cd byly zjištěny ve vzorcích *Chlorella Tabs* a *Spirulina* ze sladkovodních řas a také ve vzorku

Tabulka IV

Obsah minoritních prvků v řasových produktech a ve vybraných potravinách

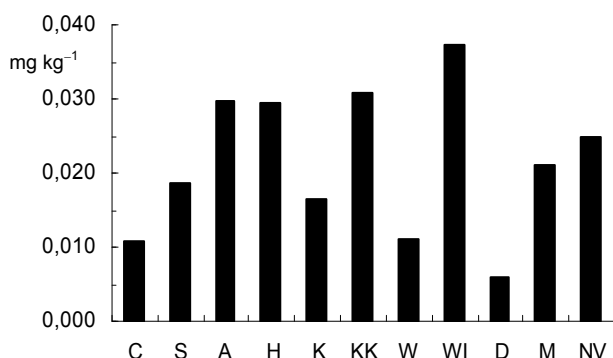
Produkt	Sušina v %	Obsah prvků v mg kg ⁻¹ sušiny					
		Fe	Zn	Cu	Mn	Cr	B
^Z Chlorella	92,9	1185	24,7	6,21	77,8	1,38	27,5
^M Spirulina	93,5	1480	59,2	7,26	240	1,08	33,0
^H Arame	87,4	63,4	27,2	4,30	3,94	0,77	37,0
^H Hijiki	88,4	56,4	16,2	2,02	6,20	0,55	117
^H Kombu	91,0	73,8	18,2	1,64	4,67	0,71	89,5
^H Kombu-Kelp	91,3	76,4	19,3	1,95	3,90	0,43	87,5
^H Wakame	89,7	70,9	22,5	3,41	6,94	0,40	69,0
^H Wakame-instant	88,5	304	50,7	3,07	11,4	0,93	33,0
^H Průměr		107	25,7	2,73	6,17	0,63	72,1
^Č Dulse	94,4	717	37,0	4,60	27,5	0,98	52,0
^Č Korzický čaj	94,9	283	16,4	4,70	20,0	8,01	107
^Č Nori vločky	84,0	1833	19,4	15,8	360	4,90	69,5
^Č Průměr		944	24,3	8,37	136	4,63	76,0
Mateřské mléko		0,5	1,2	0,33	0,02	0,0003	0,07
Játra vepřová		250	84	16,5	3,9	0,08	0,25
Špenát		25	8,65	1,15	18,8	0,07	1,95
Hrách		58	34,5	6,7	11,6	0,06	6,6
Fazole		70,5	29,5	9,5	16	0,08	20
Sója		80	48	14	52	0,07	28
Čaj černý		160	30,5	22	680	1,61	
RDI^a		10	10	2,25	3,5	0,05–0,20	– ^b

Indexy ^{Z, M, H, Č} značí zelenou a modro-zelenou sladkovodní, hnědé a červené mořské řasy, ^a RDI (Reference Daily Intake) – pro dospělého člověka v mg na den, ^b hodnota nebyla stanovena



Obr. 1. Obsah kadmia a olova v mg kg⁻¹ sušiny ve vzorcích: Chlorella Tabs (C), Spirulina (S), Arame (A), Hijiki (H), Kombu (K), Kombu-Kelp (KK), Wakame (W), Wakame instant (WI), Dulse (D), Korzický čaj – Makura (M), Nori vločky (NV); □Cd, ■Pb

Arame z hnědé mořské řasy a v Korzickém čaji – Makura z červené mořské řasy. Nejvyšší hodnota 1,01 mg kg⁻¹ sušiny byla nalezena ve vzorku Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*. Obecně lze konstatovat, že produkty z hnědých i z červených mořských řas obsahovaly vyšší hodnoty Cd oproti produktům ze zelených a modrozelených sladkovodních řas. V případě Pb se hodnoty pohybovaly od 0,18 mg kg⁻¹ sušiny v přípravcích Kombu a Wakame, do 1,51 mg kg⁻¹ sušiny v přípravku Korzický čaj – Makura. Ani v jednom vzorku však nebylo překročeno deklarované množství 5,0 mg kg⁻¹ sušiny (obr. 1). Bylo shledáno, že koncentrace Hg ve vzorcích ze sladkovodních i mořských řas byly velmi nízké (obr. 2) a jsou ve shodě s dalšími autory^{15,28,29}. Nejnižší hodnota Hg 0,006 mg kg⁻¹ sušiny byla stanovena ve vzorku Dulse z červené mořské řasy.



Obr. 2. Obsah rtuť v mg kg⁻¹ sušiny ve vzorcích: Chlorella Tabs (C), Spirulina (S), Arame (A), Hijiki (H), Kombu (K), Kombu-Kelp (KK), Wakame (W), Wakame instant (WI), Dulse (D), Korzický čaj – Makura (M), Nori vločky (NV)

Závěr

Obsahy minerálních látek v produktech ze sladkovodních a mořských řas mohou být ovlivněny druhem řas, ale také různými podmínkami vnějšího prostředí. Ze zjištěných výsledků je patrné, že všechny vyšetřované produkty ze sladkovodních i mořských řas jsou významným zdrojem minerálních látek. Obsahy majoritních prvků jsou ve srovnání s ostatními potravinami nízké, ale minoritní prvky dosahují koncentrací, které jsou obsaženy ve významných zdrojích těchto prvků, případně je ještě převyšují. Stanovené hodnoty těžkých kovů byly velmi nízké a ani v jednom případě nebyly překročeny francouzské limity, určené pro potravinářské produkty řas a sinic.

Obecně byly v produktech z mořských a sladkovodních řas zjištěny obsahy jednotlivých prvků v následujícím pořadí: Fe > Mn > B > Zn > K > Na > Mg > Cu > Ca > P > Cr a v případě toxických prvků: Pb > Cd > Hg.

Vzhledem k významnému obsahu minoritních prvků by výrobky z řas mohly být součástí nebo doplňkem stravy. Tomu zatím brání nízká konzumace těchto produktů českým spotřebitelem, zčásti zaviněná i malou informovaností obyvatelstva.

LITERATURA

- Dawczynski C., Schubert R., Jahreis G.: *Food Chem.* 103, 891 (2007).
- McHugh D. J.: *FAO Fisheries technical paper 441*. Rome 2003.
- Lares M. L., Flores-Muñoz G., Lara-Lara R.: *Environ. Pollut.* 120, 595 (2002).
- Riget F., Johansen P., Asmud G.: *Mar. Pollut. Bull.* 30, 409 (1995).
- Koplík R., Čurdová E., Mestek O.: *Chem Listy.* 91, 38 (1997).
- Duškova D., Dvořák R., Rada V., Doubek J., Marounek M.: *Acta Vet. Brno.* 70, 381 (2001).
- Kafka Z., Punčochářová J.: *Chem. Listy.* 96, 611 (2002).
- Hu S., Tang C. H., Wu M.: *Sci. Total. Environ.* 187, 65 (1996).
- Yu Q., Matheickal J. T., Yin P., Kaewsarn P.: *Wat. Res.* 33, 1534 (1999).
- Basha S., Murthy Z. V. P., Jha B.: *Chem. Eng. J.* 137, 480 (2008).
- Ghimire K. N., Inque K., Ohto K., Hayashida T.: *Biores. Technol.* 99, 32 (2008).
- Yoshida N., Ykeda R., Okuno T.: *Bioresour. Technol.* 97, 1843 (2006).
- Villares R., Puente X., Carballeira A.: *Environ. Pollut.* 119, 79 (2002).
- Vasconcelos M. T. S. D., Leal M. F. C.: *Mar. Chem.* 74, 65 (2001).
- Muñoz-Barbosa A., Gutierrez-Galindo E. A., Flores-Muñoz G.: *Mar. Environ. Res.* 49, 123 (2000).
- Hashim M. A., Chu K. H.: *Chem. Eng. J.* 97, 249 (2004).
- Tsui M. T. K., Cheung K. C., Tam N. F. Y., Wong M. H.: *Chemosphere* 65, 51 (2006).
- Caliceti M., Argese E., Sfriso A., Pavoni B.: *Chemosphere* 47, 443 (2002).
- Kalina T., Váňa J.: *Sinice, řasy, houby, mechorostry a podobné organismy v současné biologii*. UK, Praha 2005.
- Javorský P.: *Chemické rozborý v zemědělských laboratořích, I. díl*. MZV ČSR, České Budějovice 1987.
- Zbiral J.: *Analýza rostlinného materiálu. Jednotné pracovní postupy*. ÚKZÚZ Brno 1994.
- Snedecor G. W., Cochran W. G.: *Statistical Methods*. 6. vyd. Iowa State University, Iowa 1967.
- Velíšek J.: *Chemie potravin 2*. OSSIS, Tábor 2002.
- Van Cauwenbergh R., Hendrix P., Robberecht H. J., Deelstra H. A.: *Eur. Food Res. Technol.* 209, 63 (1999).
- Leary S. C., Cobine P. A., Kaufman B. A., Guercin G. H., Mattman A., Palaty J., Lockitch G., Winge D. R., Rustin P., Horvath R., Shoubridge E. A.: *Cell Metab.* 5, 9 (2007).
- O'Dell B. L.: *J. Nutr.* 130, 1432S (2006).
- Möllsten A., Marklund S. L., Wessman M., Svensson M., Forsblom C., Parkkonen M., Brismar K., Groop P. H., Dahlquist G.: *Diabetes* 56, 265 (2007).
- Mabeau S., Fleurence J.: *Trends Food Sci. Technol.* 4, 103 (1993).
- Phaneuf D., Cote I., Dumas P., Ferron L.A., Leblanc A.: *Environ. Res., Section A* 80, 175 (1999).

L. Mišurcová^a, I. Stratilová^c, and S. Kráčmar^b
 (^aDepartment of Food Technology and Microbiology,
^bDepartment of Food Biochemistry and Analysis, Faculty
 of Technology, Tomas Bata University, Zlín, ^cAgrotest
 Fyto, Ltd, Kroměříž): **Mineral Contents in Food Products from Freshwater Algae and Seaweed**

Differences in the contents of macroelements (P, Ca, Mg, K, Na), trace elements (Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cr) and toxic elements (Pb, Cd, Hg) in food products prepared from freshwater algae or seaweed are discussed. Generally, the contents of macroelements are low. On the other hand, high contents of trace elements were observed. The order of macro- and trace elements in the products is Fe >

Mn > B > Zn > K > Na > Mg > Cu > Ca > P > Cr and that of toxic elements Pb > Cd > Hg. The highest Fe contents were found in products from red seaweed *Porphyra tenera*, blue-green freshwater algae *Spirulina pacifica* and green freshwater algae *Chlorella pyrenoidosa*, 1833, 1480 and 1185 mg kg⁻¹, respectively. Higher amounts of toxic elements were found in seaweed products. The highest contents of Cd and Hg were in a product from brown seaweed Wakame instant, 1.010 and 0.037 mg kg⁻¹, respectively. The highest Pb values were in Corsican tea from red seaweed *Digenes simplex*, 1.509 mg kg⁻¹. The French limits for the toxic elements were not exceeded in the investigated products.

**Proděkan chemické sekce Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze
 upozorňuje, že pro přijímací řízení ve školním roce 2010/11**

v navazujícím magisterském studiu

je možno studovat v následujících studijních programech/oborech

Studijní program: Chemie

Studijní obory:

Analytická chemie

Anorganická chemie

Fyzikální chemie

Biofyzikální chemie

Jaderná chemie

Makromolekulární chemie

Organická chemie

Chemie životního prostředí

Modelování chemických vlastností nano- a biostruktur

Učitelství chemie a biologie pro SŠ

Učitelství chemie a matematiky (UK MFF) pro SŠ

Učitelství chemie jednooborové

Studijní program: Biochemie

Studijní obor:

Biochemie

Studijní program: Klinická a toxikologická analýza

Studijní obor:

Klinická a toxikologická analýza

Přihlášky a podrobné informace lze získat na adrese: PŘF UK, studijní oddělení, Albertov 6, 128 43 Praha 2,
 tel: 221 951 155, 221 951 156. Přihlášky ke studiu se přijímají do 28. února 2010.

Další informace naleznete na webových stránkách PŘF UK – www.natur.cuni.cz.