

**NOVÉ NUTRIČNÍ ASPEKTY A VYUŽITÍ  
MOŘSKÝCH A SLADKOVODNÍCH ŘAS  
VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA**

**NEW NUTRITIONAL ASPECTS AND UTILIZATION  
OF SEAWEED AND FRESHWATER ALGAE  
IN HUMAN DIET**

**DIZERTAČNÍ PRÁCE**

Program: P2901 Chemie a technologie potravin

Obor: 2901V013 Technologie potravin

Autor: Ing. Ladislava Mišurcová

Školitel: prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.

Zlín, 2008

# PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na realizaci této dizertační práce.

Zvláštní poděkování patří mému školiteli prof. Ing. Stanislavu Kráčmarovi, DrSc. za jeho cenné rady, připomínky a pomoc, kterou mně poskytoval během celého doktorského studia. Mé poděkování patří Ivaně Stratilové z laboratoře Agrotest fyto, s.r.o. v Kroměříži za pomoc při stanovení minerálních prvků. Práce vznikla za podpory projektu MŠMT: MSM 7088352101.

Můj vřelý dík patří mé rodině, která mně poskytovala zázemí, bez něhož bych neměla dostatek sil k sepsání této práce.

## ABSTRAKT

Dizertační práce se zabývá nutriční hodnotou produktů ze sladkovodních a mořských řas dostupných na trhu v České republice. Mořské a sladkovodní řasy jsou známé obsahem nutričních a biologicky aktivních látek jako jsou aminokyseliny, proteiny, vitaminy, minerální látky, mastné kyseliny, enzymy, barviva a vláknina. Cílem práce bylo získat nové a rozšířit stávající poznatky o nutričních hodnotách vybraných produktů a stanovit jejich stravitelnost metodou *in vitro*. Byl navržen a zpracován nový postup pro stanovení stravitelnosti použitím inkubátoru Daisy.

V deseti vybraných produktech ze sladkovodních (*Chlorella Tabs*, *Spirulina Pacifica*, *Spirulina Bio*) a z mořských řas (*Arame*, *Hijiki*, *Kombu*, *Wakame*, *Wakame instant*) byly zastoupeny: sladkovodní zelené – *Chlorella pyrenoidosa*; modrozelené - *Spirulina pacifica*, *S. platensis*; červené mořské - *Palmaria palmata*, *Porphyra tenera*; hnědé mořské řasy – *Eisenia bicyclis*, *Hijikia fusiformes*, *Laminaria japonica* a *Undaria pinnatifida*.

Byly stanoveny hodnoty sušiny, popele, celkových dusíkatých látek, aminokyselin, minerálních látek, vlákniny a stravitelnosti. Sušina a popel produktů se pohybovaly v rozmezí 88,86 - 95,02 % a 7,32 - 33,02 %. Obsah celkových dusíkatých látek a esenciálních aminokyselin činil 7,82 - 59,58 % a 21,00 - 39,42 g.16 g<sup>-1</sup> N v uvedeném pořadí. Nejčastěji se vyskytující esenciální aminokyselinou byl Leu 4,41 - 8,74 g.16 g<sup>-1</sup> N; nejméně byl ve většině produktů obsažen Met 1,98 - 6,64 g.16 g<sup>-1</sup> N. Největší zastoupení měly Asp a Glu. Bylo zjištěno, že produkty z řas jsou dobrým zdrojem mikroprvků, zvláště Fe, jehož hodnoty se pohybovaly v rozmezí 56,43 až 1833,03 mg.kg<sup>-1</sup> sušiny.

Hodnota vlákniny závisí na použité analytické metodě. Byla stanovena metodou podle Henneberg–Stohmana, dále oxidativní hydrolýzou, enzymaticky a na přístroji Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer. Nejvyšší hodnoty celkové vlákniny byly

zjištěny enzymatickou metodou a pohybovaly se v rozmezí 8,49 až 59,81 %. Jako nejvhodnější metoda stanovení vlákniny pro běžnou laboratorní praxi se jeví gravimetrická po hydrolýze detergentními činidly; zjištěné obsahy neutrálně-detergentní vlákniny byly 0,22 - 28,18 % a acido-detergentní vlákniny 0,12 - 29,36 %.

Hodnota stravitelnosti určuje využitelnost nutričních látek v lidském organismu. Stravitelnost byla stanovena jako úbytek dusíkatých látek před a po působení proteolytického enzymu pepsinu a její hodnoty se pohybovaly v rozmezí 35,71 - 88,78 %. Dále byla stravitelnost stanovena gravimetricky nově navrženou metodou po působení enzymů pepsinu a pankreatinu s použitím inkubátoru Daisy. Použitím pepsinu bylo dosaženo nejnižších hodnot stravitelnosti sušiny a stravitelnosti organické hmoty: 51,85 až 89,62 % a 66,75 až 92,30 % ve stejném pořadí. Jejich nejvyšších hodnot bylo dosaženo použitím pankreatinu v rozmezí 57,07 až 97,51 % a 79,04 až 98,06 % ve stejném pořadí. Všechny hodnoty stravitelnosti byly vztaženy ke kaseinu, jehož stravitelnost je považována za 100 %-ní.

V práci jsou navrženy i možnosti využití mořských a sladkovodních řas pro výživu člověka. Z hlediska vysokého obsahu esenciálních aminokyselin je možné využít jako doplňků stravy zejména *S. pacifica*. Tato řasa by mohla být, spolu s dalšími - *Ch. pyrenoidosa* a *P. tenera*, využita i jako minerální doplněk. Pro zvýšení obsahu vlákniny potravin by se mohly využívat zejména *E. bicyclis*, *H. fusiformes* a *U. pinnatifida*. Nejvyšší stravitelnost vykazovaly *S. platensis* a *P. palmata*.

#### **Klíčová slova:**

Sladkovodní a mořské řasy, dusíkaté látky, aminokyseliny, minerální prvky, vláknina, stravitelnost

## ABSTRACT

The Doctoral thesis deals with the study of nutritional values of the products from freshwater algae and seaweed which are available in market of the Czech Republic. Seaweed and freshwater algae are known for their content of nutritional and biological active substances as amino acids, proteins, vitamins, minerals, fatty acids, enzymes, pigments and dietary fibre. To obtain new data and extend knowledge about nutritional values and digestibility *in vitro* were the main topics. New method of digestibility determination was suggested and processed with using Daisy incubator.

Ten products from freshwater algae (Chlorella Tabs, Spirulina Pacifica, Spirulina Bio) and seaweed (Arame, Hijiki, Kombu, Wakame, Wakame instant) as representative: freshwater green – *Chlorella pyrenoidosa*; bluegreen - *Spirulina pacifica*, *S. platensis*; red seaweed - *Palmaria palmata*, *Porphyra tenera*; brown seaweed – *Eisenia bicyclis*, *Hijikia fusiformes*, *Laminaria japonica* and *Undaria pinnatifida* were chosen.

Dry weight, ash, crude protein, amino acids, minerals, dietary fibre and digestibility *in vitro* were determined. Dry weight and ash ranged from 88.86 to 95.02 % and from 7.32 to 33.02 %, respectively. Values of protein and essential amino acid contents ranged from 7.82 to 59.58 % and from 21.00 to 39.42 g.16 g<sup>-1</sup> N, respectively.

The most frequently abundant essential amino acid was Leu with contents ranging from 4.41 to 8.74 g.16 g<sup>-1</sup> N. Met was established as limiting acid with values from 1.98 to 6.64 g.16 g<sup>-1</sup> N in majority of samples. As the most abundant Asp and Glu have occurred. There was discovered that products are good source of microelements, especially Fe with its content ranging from 56.43 to 1833.03 mg.kg<sup>-1</sup> dw.

The content of dietary fibre depends on using analytical method. The contents of dietary fibre were determined using different analytical methods: method

according Henneberg–Stohman, oxidative hydrolysis, enzymatic method and method using Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer. Results show that the highest content of dietary fibre was analyzed using enzymatic method and ranged from 8.49 to 59.81 %. It seems that the best analytic method for common laboratory practise is gravimetric method after hydrolysis by detergents. The content of neutral-detergent fibre and acido-detergent fibre ranged from 0.22 to 28.18 % and from 0.12 to 29.36 %, respectively.

The value of digestibility determines the utilization of nutrients in human organism. Digestibility was established as a reduction of protein contents analyzed before and after being affected by proteolytic enzyme pepsin. The values of digestibility ranged from 35.71 to 88.78 %. Furthermore, digestibility was examined by gravimetric method using enzymes pepsin and pancreatin. The new procedure of this method was suggested, using Daisy incubator. The lowest values of DMD and OMD were determined while using pepsin; values ranged from 51.85 to 89.62 % and 66.75 to 92.30 %, respectively. The highest content of DMD and OMD was determined with pancreatin; values ranged from 57.07 to 97.51 % and 79.04 to 98.06 %, respectively. All values of digestibility were related to 100 % digestibility of casein.

In conclusion, the thesis proposes different possibilities how to use seaweed and algae in human nutrition. By reason of the high content of essential amino acids it is possible to use especially *S. pacifica* as a nutritional supplement. *S. pacifica*, *Ch. pyrenoidosa* and *P. tenera* can be used as mineral supplements. For reasons of high fibre contents can be used *E. bicyclis*, *H. fusiformes* a *U. pinnatifida* as a good source of dietary fibre. Results show that *S. pacifica* and *P. palmata* contain the highest values of digestibility.

**Key words:**

Freshwater algae, seaweed, crude proteins, amino acids, mineral elements, dietary fibre, digestibility

# OBSAH

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PODĚKOVÁNÍ.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>ABSTRAKT .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>OBSAH .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>SEZNAM ILUSTRACÍ.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>SEZNAM TABULEK .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>POUŽITÉ SYMBOLY A ZKRATKY .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>1. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>   | <b>20</b> |
| 1. 1. SYSTEMATIKA ŘAS .....   | 20        |
| 1. 2. SLOŽENÍ ŘAS .....   | 21        |
| 1. 2. 1. <i>Proteiny a aminokyseliny</i> .....  | 22        |
| 1. 2. 2. <i>Minerální látky</i> .....   | 23        |
| 1. 2. 3. <i>Vláknina potravy</i> .....  | 25        |
| 1. 2. 4. <i>Lipidy a mastné kyseliny</i> .....  | 27        |
| 1. 2. 5. <i>Antioxidační aktivita</i> .....   | 27        |
| 1. 3. STRAVITELNOST.....  | 30        |
| <b>2. CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ .....</b>   | <b>33</b> |
| 3. 1. VÝBĚR A ÚPRAVA VZORKŮ .....   | 33        |
| 3. 2. STANOVENÍ NUTRIČNÍCH UKAZATELŮ.....   | 39        |
| 3. 2. 1. <i>Stanovení sušiny a popela</i> .....                                       | 39        |
| 3. 2. 2. <i>Stanovení celkových dusíkatých látek</i> .....                            | 39        |
| 3. 2. 3. <i>Stanovení aminokyselin</i> .....  | 40        |
| 3. 2. 4. <i>Stanovení minerálních prvků</i> .....                                     | 42        |
| 3. 2. 5. <i>Stanovení vlákniny potravy</i> .....                                      | 44        |
| 3. 3. STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....   | 49        |
| 3. 3. 1. <i>Stanovení obsahu dusíkatých látek rozpustných působením pepsinu</i> ..... | 49        |
| 3. 3. 2. <i>Stanovení stravitelnosti s použitím inkubátoru Daisy</i> .....            | 50        |
| <b>4. VÝSLEDKY PRÁCE .....</b>  | <b>55</b> |
| 4. 1. NUTRIČNÍ UKAZATELE .....  | 55        |
| 4. 1. 1. <i>Sušina a popel</i> .....  | 55        |
| 4. 1. 2. <i>Celkové dusíkaté látky</i> .....  | 55        |
| 4. 1. 3. <i>Aminokyseliny</i> .....   | 56        |
| 4. 1. 4. <i>Minerální prvky</i> .....   | 61        |
| 4. 1. 5. <i>Vláknina potravy</i> .....  | 65        |
| 4. 2. STRAVITELNOST.....  | 69        |
| 4. 2. 1. <i>Obsah dusíkatých látek rozpustných působením pepsinu</i> .....            | 69        |
| 4. 2. 2. <i>Stravitelnost stanovená s použitím inkubátoru Daisy</i> .....             | 70        |
| 4. 3. MOŽNOSTI VYUŽITÍ SLADKOVODNÍCH A MOŘSKÝCH ŘAS.....                              | 88        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5. DISKUZE .....</b>                      | <b>91</b>  |
| <b>6. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI.....</b> | <b>100</b> |
| <b>7. ZÁVĚR .....</b>                        | <b>102</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>       | <b>104</b> |
| <b>SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA .....</b>         | <b>117</b> |
| <b>CURRICULUM VITAE .....</b>                | <b>119</b> |



## SEZNAM ILUSTRACÍ

|   |    |
|---|----|
| Obr. 1 Produkt Chlorella Tabs ( <i>Ch. pyrenoidosa</i> ) .....  | 34 |
| Obr. 2 Produkt Spirulina Pacifica ( <i>S. pacifica</i> ) .....  | 34 |
| Obr. 3 Produkt Spirulina Bio ( <i>S. platensis</i> ) .....  | 35 |
| Obr. 4 Produkt Dulse vločky Bio ( <i>P. palmata</i> ) .....   | 35 |
| Obr. 5 Produkt Nori vločky ( <i>P. tenera</i> ) .....   | 36 |
| Obr. 6 Produkt Arame ( <i>E. bicyclis</i> ) .....   | 36 |
| Obr. 7 Produkt Hijiki ( <i>H. fusiformes</i> ) .....  | 37 |
| Obr. 8 Produkt Kombu ( <i>L. japonica</i> ) .....   | 37 |
| Obr. 9 Produkt Wakame ( <i>U. pinnatifida</i> ) .....   | 38 |
| Obr. 10 Produkt Wakame instant ( <i>U. pinnatifida</i> ) .....  | 38 |
| Obr. 11 Analyzátor aminokyselin AAA 400 (INGOS Praha) .....   | 41 |
| Obr. 12 Atomový absorpční spektrometr Varian AA 240Z a grafitová<br>kyveta GTA 120 – Varian AA 2402 .....       | 43 |
| Obr. 13 Ankom <sup>220</sup> Fiber Analyzer (ANKOM Technology, New York) .....                                  | 48 |
| Obr. 14 Daisy inkubátor (ANKOM Technology, New York) .....  | 48 |
| Obr. 15 Průměrné obsahy Su, Po a NL v produktech z různých řasových<br>skupin .....                             | 56 |
| Obr. 16 Průměrné obsahy EAK, NEAK, celkových a sirných AK<br>v produktech z různých řasových skupin .....       | 60 |
| Obr. 17 Průměrné obsahy EAK, NEAK, celkových a sirných AK<br>v produktech ze sladkovodních a mořských řas ..... | 60 |
| Obr. 18 Průměrné obsahy vlákniny potravy v produktech z různých<br>řasových skupin .....                        | 67 |
| Obr. 19 Obsahy HV a ADF v produktech ze sladkovodních a mořských<br>řas.....                                    | 68 |
| Obr. 20 Průměrné hodnoty ST vztažené ke kaseinu v produktech z různých<br>řasových skupin .....                 | 70 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| Obr. 21 | Hodnoty DMD v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas při různých navážkách pankreatinu ..... | 74 |
| Obr. 22 | Hodnoty DMD v produktech z hnědých mořských řas při různých navážkách pankreatinu .....                    | 74 |
| Obr. 23 | Hodnoty OMD v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas při různých navážkách pankreatinu ..... | 75 |
| Obr. 24 | Hodnoty OMD v produktech z hnědých mořských řas při různých navážkách pankreatinu .....                    | 76 |
| Obr. 25 | Hodnoty DMD v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas při různých způsobech hydrolýzy.....    | 86 |
| Obr. 26 | Hodnoty DMD v produktech z hnědých mořských řas při různých způsobech hydrolýzy .....                      | 86 |
| Obr. 27 | Hodnoty OMD v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas při různých způsobech hydrolýzy.....    | 87 |
| Obr. 28 | Hodnoty OMD v produktech z hnědých mořských řas při různých způsobech hydrolýzy .....                      | 87 |

## SEZNAM TABULEK

|         |   |    |
|---------|---|----|
| Tab. 1  | Vyšetřované produkty ze sladkovodních a mořských řas .....  | 33 |
| Tab. 2  | Charakteristiky stanovení minerálních prvků .....   | 42 |
| Tab. 3  | Procentuální obsahy Su, Po a NL v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....                          | 55 |
| Tab. 4  | Celkové obsahy EAK, NEAK a sirných AK v produktech<br>z mořských a sladkovodních řas .....  | 57 |
| Tab. 5  | Obsahy EAK v produktech ze sladkovodních a červených<br>mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....                                     | 57 |
| Tab. 6  | Obsahy EAK v produktech z mořských hnědých řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....   | 58 |
| Tab. 7  | Obsahy NEAK v produktech ze sladkovodních a červených<br>mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....                                    | 59 |
| Tab. 8  | Obsahy NEAK v produktech z hnědých mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) ....   | 59 |
| Tab. 9  | Obsahy fosforu, vápníku a hořčíku v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....                        | 62 |
| Tab. 10 | Obsahy draslíku a sodíku v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....                                 | 62 |
| Tab. 11 | Obsahy železa, zinku a mědi v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....                              | 63 |
| Tab. 12 | Obsahy manganu, chrómu a bóru v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ).....                             | 64 |
| Tab. 13 | Obsahy kadmia, olova a rtuti v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....                             | 65 |
| Tab. 14 | Procentuální obsahy vlákniny potravy v produktech ze<br>sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....                     | 66 |
| Tab. 15 | Procentuální obsahy vlákniny potravy (HV, NDF, ADF, ADL)<br>v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) ..... | 66 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| Tab. 16 | Hodnoty stravitelnosti v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ ).....                             | 69 |
| Tab. 17 | Hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při použití pepsinu ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) .....             | 71 |
| Tab. 18 | Hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při použití 3 a 4 g pankreatinu ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) ..... | 72 |
| Tab. 19 | Hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při použití 5 a 6 g pankreatinu ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) ..... | 72 |
| Tab. 20 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Chlorela Tabs .....   | 76 |
| Tab. 21 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Chlorela Tabs .....   | 77 |
| Tab. 22 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Spirulina Pacifica.....   | 77 |
| Tab. 23 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Spirulina Pacifica .....  | 77 |
| Tab. 24 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Spirulina Bio .....   | 77 |
| Tab. 25 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Spirulina Bio .....   | 78 |
| Tab. 26 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Dulse .....   | 78 |
| Tab. 27 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Dulse .....   | 78 |
| Tab. 28 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Nori vločky .....   | 78 |
| Tab. 29 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Nori vločky .....   | 79 |
| Tab. 30 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Arame .....   | 79 |
| Tab. 31 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Arame .....   | 79 |
| Tab. 32 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Hijiki .....  | 79 |
| Tab. 33 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Hijiki .....  | 80 |
| Tab. 34 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Kombu.....  | 80 |
| Tab. 35 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Kombu .....   | 80 |
| Tab. 36 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Wakame .....  | 80 |
| Tab. 37 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Wakame .....  | 81 |
| Tab. 38 | Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Wakame instant .....  | 81 |
| Tab. 39 | Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Wakame instant .....  | 81 |

|   |    |
|---|----|
| Tab. 40 Procentuální změny DMD a OMD v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas v závislosti na navážce pankreatinu .....                              | 82 |
| Tab. 41 Hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas při kombinované hydrolýze pepsinem<br>a pankreatinem ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) ..... | 83 |
| Tab. 42 Procentuální změny DMD a OMD v produktech ze sladkovodních<br>a mořských řas v závislosti na způsobu hydrolýzy.....                                 | 85 |
| Tab. 43 Opakovatelnost stanovení DMD a OMD v produktech ze<br>sladkovodních a mořských řas při různém způsobu hydrolýzy .....                               | 88 |

## POUŽITÉ SYMBOLY A ZKRATKY

|                      |   |
|----------------------|---|
| a                    | spotřeba odměrného roztoku H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> při titraci [ml]                |
| A                    | označení vzorku Arame   |
| AA                   | arachidonová kyselina   |
| AAS                  | atomová absorpční spektrometrie   |
| ADF                  | acido-detergentní vláknina  |
| ADL                  | acido–detergentní lignin  |
| AES                  | atomová emisní spektrometrie  |
| AK                   | aminokyselina   |
| Ala                  | alanin  |
| Arg                  | arginin   |
| AR                   | hmotnost popela vzorku bez sáčku [g]  |
| Asp                  | kyselina asparagová   |
| B                    | bór   |
| c                    | koncentrace odměrného roztoku H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [0,025 mol.l <sup>-1</sup> ] |
| c <sub>1</sub>       | korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze (inkubaci) [g]                                       |
| c <sub>2</sub>       | korekce hmotnosti sáčku po spálení [g]  |
| C                    | označení vzorku Chlorella Tabs  |
| Ca                   | vápník  |
| Cd                   | kadmium   |
| Cr                   | chróm   |
| Cu                   | měď   |
| CH <sub>3</sub> COOH | kyselina octová   |
| Cys                  | cystein   |
| D                    | označení vzorku Dulse vločky Bio  |
| DM                   | obsah sušiny ve vzorku [%]  |
| DMD                  | hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%]  |
| DMR                  | hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení [g]                                      |

|           |   |
|-----------|---|
| EAK       | esenciální aminokyselina  |
| EFA       | esenciální mastná kyselina  |
| ENZ       | enzymaticky   |
| EPA       | eikosapentaenová kyselina   |
| ET-AAS    | elektrotermická atomová absorpční spektrometrie se Zeemanovou korekcí |
| $f_{kor}$ | korekční faktor   |
| $f_t$     | titrační faktor   |
| $f_z$     | zředovací faktor  |
| F-AAS     | plamenová atomová absorpční spektrometrie                             |
| Fe        | železo  |
| FIP       | jednotka aktivity enzymu  |
| GLA       | $\gamma$ -linolenová kyselina   |
| Gly       | glycin  |
| Glu       | kyselina glutamová  |
| H         | označení vzorku Hijiki  |
| $H_3BO_3$ | kyselina boritá   |
| HCl       | kyselina chlorovodíková   |
| Hg        | rtuť  |
| His       | histidin  |
| $H_2O_2$  | peroxid vodíku  |
| H-S       | Henneberg-Stohman   |
| $H_2SO_4$ | kyselina sírová   |
| $HNO_3$   | kyselina dusičná  |
| HV        | celková vláknina  |
| Ile       | izoleucin   |
| KAS       | kasein  |
| KB        | označení vzorku Kombu   |
| K         | draslík   |

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$           | dihydrogenfosforečnan draselný  |
| $\text{LaCl}_3$                    | chlorid lantanitý   |
| Leu                                | leucin  |
| Lys                                | lyzin   |
| m                                  | hmotnost [g]  |
| Mn                                 | mangan  |
| $M_N$                              | molární hmotnost dusíku [ $M_N = 14,01 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ] |
| Met                                | metionin  |
| Mg                                 | hořčík  |
| Na                                 | sodík   |
| $\text{Na}_2\text{HPO}_4$          | hydrogenfosforečnan sodný   |
| NaOH                               | hydroxid sodný  |
| NDF                                | neutrálně–detergentní vlákna  |
| NEAK                               | neesenciální aminokyselina  |
| $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ | dihydrogen fosforečnan amonný   |
| NL                                 | celkové dusíkaté látky [%]  |
| NV                                 | označení vzorku Nori vločky   |
| OM                                 | obsah organické hmoty v sušině vzorku [g]                               |
| OMD                                | hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku [%]                       |
| OX                                 | oxidativní hydrolýza  |
| P                                  | fosfor  |
| Pb                                 | olovo   |
| Pd                                 | paládium  |
| Phe                                | fenylalanin   |
| PK                                 | pankreatin  |
| Po                                 | popel vzorku [%]  |
| PP                                 | pepsin  |
| Pro                                | prolin  |
| r                                  | korelační koeficient  |



|           |  |
|-----------|--|
| ROS       | reaktivní kyslíkové radikály (reactive oxygen species)     |
| RNS       | dusíkové radikály (reactive nitrogen species)              |
| S         | označení vzorku Spirulina Pacifica                         |
| SB        | označení vzorku Spirulina Bio                              |
| S.D.      | směrodatná odchylka  |
| Ser       | serin  |
| S.E.      | směrodatná chyba   |
| Su        | sušina vzorku [%]  |
| ST        | stravitelnost vzorku                                       |
| TAA       | celková antioxidační aktivita (total antioxidant activity) |
| Thr       | treonin  |
| Trp       | tryptofan  |
| Tyr       | tyrozin  |
| ÚKZUZ     | Ústřední kontrolní zkušební ústav zemědělský               |
| V         | vláknina potravy   |
| Val       | valin  |
| W         | označení vzorku Wakame                                     |
| WI        | označení vzorku Wakame instant                             |
| $\bar{x}$ | aritmetický průměr   |
| Zn        | zinek  |
| $\Sigma$  | suma   |

## **SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY**

Kvalitní a vyvážená strava je nezbytná pro zajištění všech životních funkcí člověka. Potraviny jsou zdrojem živin, minerálních prvků, vitaminů a dalších látek, které v lidském organismu plní funkci stavební pro tvorbu tkání a slouží jako zdroj energie pro metabolické děje. Konzumní styl života a faktory znečištění přírodního prostředí přímo souvisí s výskytem mnoha civilizačních chorob, které postihují nemalou část lidské populace ve vyspělých zemích. Na druhé straně existují oblasti, ve kterých vysoké procento dětí i dospělých trpí podvýživou a chorobami z nedostatku potravin.

S rozvojem lidské činnosti dochází k zatěžování přírodního prostředí organickými i anorganickými zplodinami, používáním chemických hnojiv k ničení půdních bakterií zajišťujících koloběh minerálních prvků. Absence těchto prvků v půdě znamená i jejich nízký obsah v plodinách a následkem toho i v potravinách, ve kterých chybí důležité stopové prvky nebo mohou být kontaminovány toxickými prvky.

Snahou části lidské populace je nalezení prostředků, které by chránily životní prostředí před znečištěním, podporovaly imunitní systém, chránily proti nemocem a zpomalovaly proces stárnutí. Velké procento civilizačních chorob je způsobeno nesprávnou stravou. Mnoho potravin obsahuje toxické látky, jež mohou způsobovat rakovinu, srdeční a degenerativní choroby, či ztrátu imunity. Tyto důvody, spolu se snahou nasycit stále rostoucí lidskou populaci v rozvojových zemích, vedou k hledání nových zdrojů potravin, které by svou nutriční hodnotou mohly doplnit chybějící zdroje kvalitních proteinů, či minerálních látek.

Jedním z řešení jsou řasy, fototrofní organizmy, které sbírají sluneční energii a transformují ji na živou hmotu. Jedlé mořské i sladkovodní řasy se konzumují již od dávných dob zejména v Japonsku, Číně a Koreji buď jako čerstvá nebo sušená zelenina, či jako koření. V evropských zemích byly odedávna využívány

v přímořských státech jako krmivo pro hospodářská zvířata. V padesátých a šedesátých letech minulého století se řasy staly předmětem vědeckého zájmu při hledání nových zdrojů rostlinných proteinů, které by mohly nahradit dražší a často nedostatkové živočišné proteiny. O jejich významu svědčí fakt, že již v té době byly vybrány jako zdroj výživy kosmonautů, zejména z důvodu významného obsahu nutričních a biologicky aktivních látek jako jsou aminokyseliny, proteiny, vitaminy, minerální látky, mastné kyseliny, enzymy a rostlinná barviva. Po objevení jejich želírujících schopností se extrakty z řas staly celosvětově významnou surovinou pro potravinářský, farmaceutický, ale i kosmetický průmysl, zejména pro výrobu fykokoloidů, zahušťovacích a želírujících látek. Množství spotřebovaných řas v současné době vysoce převyšuje zásoby dostupné z přírodních zdrojů, proto se více než 90 % požadovaného množství získává průmyslovou kultivací [1]. Z Dálného východu se produkce řas rozšířila i do západních zemí a v současné době se úspěšně pěstují asi v 35 zemích nejen pro průmyslové využití, ale i pro přímou spotřebu.

Dosud bylo zdokumentováno složení některých sladkovodních a mořských řas. Obsahy nutričních hodnot se však v mnoha případech značně liší, a to nejenom mezi různými skupinami, ale i v rámci stejných druhů řas, které pochází z různých lokalit. Mnohem méně pozornosti je však věnováno stravitelnosti neboli využitelnosti jejich nutričních složek.

# 1. TEORETICKÁ ČÁST

## 1. 1. Systematika řas

Řasy (Algae) představují skupinu velmi různorodých sladkovodních i mořských organismů, do níž je zahrnováno více než 30 tisíc druhů, které jsou v současné době systematicky zařazeny do čtyř říší [2].

Taxonomie řas, stejně jako ostatních organismů, není dogmatem, ale na základě výsledků výzkumu molekulární biologie dochází ke změnám zařazení do jednotlivých taxonů [2-4].

Taxonomické rozdělení vyšetřovaných řas:

Doména: Bakterie (Bacteria)

Oddělení: Sinice – Cyanobacteria (syn. Cyanophyta)

Třída: Cyanophyceae

Řád: Oscillatoriales

Rod: *Arthrospira* (*Spirulina*)

Druh: *S. pacifica*, *S. platensis*

Doména : Eukarya (Eucarya)

Říše: Chromista - Chromalveolata

Oddělení: Heterokontophyta

Třída: Hnědé řasy - Fucophyceae (syn. Phaeophyceae)

Řád: Fucales

Rod: *Hizikia*

Druh: *H. fusiformes*

Řád: Laminariales

Rod: *Laminaria*, *Eisenia*, *Undaria*

Druh: *L. japonica*, *E. bicyclis*, *U. pinnatifida*

Říše: Rostliny (Plantae)

Oddělení: Ruduchy - Rhodophyta

Třída: Bangiophyceae

Řád: Bangiales

Rod: *Porphyra*

Druh: *P. tenera*

Třída: Florideophyceae

Řád: Palmariales

Rod: *Palmaria*

Druh: *P. palmata*

Oddělení: Heterokontophyta

Třída: Trebouxiophyceae

Řád: Chlorellales

Rod: *Chlorella*

Druh: *Ch. pyrenoidosa*

Řasy, významné z potravinářského hlediska, jsou podle barvy rozděleny do tří skupin na zelené (Chlorophyceae), hnědé (Fucophyceae, Phaeophyceae) a červené (Rhodophyta). Pro *Arthrospira*, jež patří mezi oxigenní fotosyntetické bakterie (Cyanobacteria), se vžil mezinárodně uznávaný název *Spirulina* a bývá označována jako modro-zelená řasa (Cyanophyceae) [1].

## 1. 2. Složení řas

Chemické složení a nutriční hodnoty mořských i sladkovodních řas, které jsou využívány pro přímou spotřebu jsou velmi variabilní. Liší se jednak podle jednotlivých druhů, ale také v závislosti na geografické lokalitě, ročním období, vnějších podmínkách jako je teplota, či slanost vody, intenzita světla a v neposlední řadě i na koncentraci živin [5-17].

### 1. 2. 1. Proteiny a aminokyseliny

Řasy jsou významným zdrojem dusíkatých látek, zejména proteinů a aminokyselin. Obsahují i malé množství neproteinového dusíku, jehož zdrojem jsou volné aminokyseliny, chlorofyl, dusičnanový a dusitanový dusík, amonné ionty a nukleové kyseliny [18].

Vysoký obsah proteinů, který tvoří až 70 % sušiny, mají sladkovodní mikrořasy *Chlorella* a *Spirulina* [19]. Obsah proteinů v hnědých řasách je většinou malý, průměrně je udávána hodnota 5 - 15 % sušiny [20], ale poměrně vysoký obsah je v červených a zelených řasách, průměrně 10 - 30 % sušiny [21]. V některých červených řasách, jako např. *P. palmata* a *P. tenera*, které jsou známy pod komerčními názvy Dulse a Nori, tvoří proteiny 35 - 47 % sušiny, což jsou hodnoty srovnatelné se sójou [22, 23].

Kvalita proteinu je posuzována podle aminokyselinového složení. Pokud obsahuje všechny esenciální aminokyseliny v určitém množství je považován za plnohodnotný. Nutriční hodnota každého proteinu je určena limitující esenciální aminokyselinou, která je obsažena v nejmenší koncentraci vzhledem k vaječnému proteinu, jehož aminokyselinové složení je považováno za ideální a slouží pro posouzení kvality proteinů ostatních potravin u nichž se některé aminokyseliny vyskytují v limitující koncentraci [24]. U řas je nejčastěji limitující aminokyselinou Trp [20].

Hodnoty aminokyselin jsou rozdílné mezi jednotlivými druhy řas, ale i v rámci jednoho druhu. Pro výpočet obsahu dusíkatých látek je používán faktor 6,25. Podle některých autorů je však tento tradičně používaný faktor nevhodný, protože může v případě přítomnosti většího množství neproteinového dusíku znamenat nadhodnocení obsahu dusíkatých látek, zejména u červených řas [25, 26]. I přes tento fakt, je však ve větší míře používán korekční faktor 6,25 s odůvodněním, že ztráta aminokyselin při hydrolýze je kompenzována obsahem volných aminokyselin [27-29].

V současné době je studována biologická aktivita fykobiliproteinů, které se vyskytují v červených mořských řasách – červený fykoerytrin a modrý fykocyanin ve *Spirulině*. Bylo zjištěno, že vykazují antioxidační vlastnosti, které by se svým příznivým účinkem mohly podílet na prevenci a léčení neurodegenerativních chorob, způsobených oxidačním stresem jako je Alzheimerova a Parkinsonova choroba, ale také žaludečních vředů a rakoviny [22].

### **1. 2. 2. Minerální látky**

Lidský organizmus si nedokáže sám vytvořit minerální látky. Jejich příjem je více než z 95 % zajištěn poživatinami. Jsou tedy nezbytnou součástí potravy a jejich úroveň v lidské populaci je závislá na koncentraci minerálních látek v rostlinných a živočišných surovinách. Většina minerálních látek se v lidském organizmu podílí na výstavbě tkání a na životně důležitých biochemických reakcích v roli kofaktorů mnohých enzymů [30-37].

Minerální látky v řasách jsou zajímavé jednak svým obsahem, ale také formou koloidních roztoků, v nichž jsou přítomny. Chemická forma je velmi důležitá pro využitelnost esenciálních prvků, protože určuje jak míru absorpce, tak i jejich distribuci v organizmu [38]. Částice koloidních roztoků jsou malé velikosti a mohou být snadno absorbovány tělními buňkami, avšak ani tato rozpustná forma není vždy zárukou jejich plnohodnotné využitelnosti. Přítomnost sloučenin, jako je vláknina, kyselina fytová a polysacharidy mořských řas (agary, karagenany, či algináty), způsobuje nižší využitelnost některých kovů, protože s nimi tvoří stabilní komplexy, z nichž jsou pro lidský organizmus nevyužitelné. Dalším faktorem, který se podílí na resorpci jednotlivých kovů je antagonistické chování, kdy vyšší koncentrace některého kovu může omezit resorpci jiného [39-42]. Jejich obsah v konečném produktu může být ovlivněn také způsobem kuchyňské úpravy [43].

Obsahy minerálních prvků jsou v některých druzích řas velmi dobře zdokumentovány [44]. Obecně platí, že makrobiogenní prvky jsou ve srovnání

s jinými zdroji potravin v malé koncentraci, ale hodnoty oligobiogenních prvků, zejména železa a zinku jsou v některých druzích řas velmi vysoké. Hnědé řasy jsou významné svým obsahem jódu, zejména druh *L. japonica*, u něhož byla zjištěna koncentrace jódu  $734 \text{ mg.kg}^{-1}$  čerstvé řasy [45].

Řasy mají vysokou kapacitu vázat toxické kovy olovo, kadmium, rtuť a arzén. Tato schopnost je vázána na složení jejich buněčných stěn, které jsou bohaté na sulfatované polysacharidy, jejichž hydroxylové, síranové a karboxylové skupiny jsou důležitými vazebnými místy pro kovové kationty [46]. Podle některých autorů jsou za vazbu těžkých kovů u hnědých řas zodpovědné karboxylové skupiny celulózy, u červených řas je to karagenan [17]. V případě kontaminace vodního prostředí anorganickými sloučeninami rtuti je nebezpečí jejich přeměny na mnohem toxičtější organické formy, zejména metylrtuť. Na těchto přeměnách se velkou měrou podílí mikrobiální procesy a mořské organizmy [47]. Pro schopnost akumulovat těžké kovy jsou řasy využívány jako bioindikátory znečištění nebo k odstraňování toxických prvků z prostředí [48-61]. Biosorpce těžkých kovů může být ovlivněna jednak druhem řas, ale také některými přírodními faktory jako je geografická poloha a roční období [62]. 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 znečištění. Sezónní vlivy se projevují zejména u kadmia, zatímco u olova nejsou tak průkazné [63]. Biosorpce kovů je ovlivněna i antagonizmem mezi prvky. Bylo zjištěno, že biosorpce kadmia výrazně poklesla se zvyšující se koncentrací vápenatých iontů [51, 63], ale korelace byly zjištěny i mezi Cd a Cu, Cd a Zn, či Pb a Fe [53].

Vzhledem k této skutečnosti je nutné v řasách a řasových produktech sledovat obsah toxických prvků, neboť jejich koncentrace v potravinách patří k hlavním ukazatelům jejich zdravotní nezávadnosti a jsou pro ně stanovena nejvyšší přípustná množství. V případě řas, či produktů z mořských a sladkovodních řas, nejsou v ČR konkrétní limity stanoveny. Francie jako doposud jediná evropská



země stanovila stejné limity pro kadmium i olovo  $\leq 5,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  sušiny a pro rtuť  $\leq 0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  sušiny [64].

### **1. 2. 3. Vláknina potravy**

Definovat vlákninu je obtížné, protože se jedná o komplex sloučenin různého chemického složení a struktury. Poprvé byla definována v roce 1953 Hipsleyem jako nestravitelné součásti buněčných stěn rostlin, které zahrnovaly celulózu, hemicelulózy a lignin [65-68]. S vývojem analytických metod používaných k izolaci a stanovení jednotlivých komponent prodělala definice vlákniny potravy během následujících desetiletí velké změny [69]. Při definování vlákniny se často uplatňovala také kriteria rozpustnosti. Rozpustné frakce zahrnují pektin, nestravitelné oligosacharidy, gumy a vosky, zatímco nerozpustné frakce celulózu, hemicelulózy a lignin [70].

V současné době je podle American Association of Cereal Chemists (AACC) vláknina potravy definována jako: „Jedlé součásti rostlin, které odolávají trávení a absorpci v lidském tenkém střevě a podléhají úplné nebo částečné fermentaci v tlustém střevě. Vláknina potravy zahrnuje polysacharidy, oligosacharidy, lignin a doprovodné rostlinné složky. Vláknina potravy vykazuje prospěšné fyziologické účinky, které zahrnují laxativní a/nebo snižují hladinu cholesterolu v krvi, a/nebo snižují hladinu glukózy v krvi.“ [71].

Rozpustná a nerozpustná vláknina bývá spojována s mnohými fyziologickými účinky, které mají příznivý vliv na lidské zdraví. Rozpustná vláknina je považována za důležitý faktor při prevenci obezity a závažných onemocnění jako je rakovina tlustého střeva a kardiovaskulární choroby [72-74]. Nerozpustné polysacharidy, zejména celulóza, mají laxativní účinek a urychlují průchod potravy zažívacím ústrojím. U fukoidanů byly prokázány protizánětlivé, antitrombotické, antikoagulační, protirakovinné i antivirové účinky [64, 75]. Některé výzkumy naopak popírají nadhodnocené účinky vlákniny při onemocněních jako např. rakovina prsu [76].

Za dobrý zdroj vlákniny jsou považovány mořské i sladkovodní řasy, které obsahují velké množství polysacharidů, jejichž typy a množství se mezi jednotlivými druhy řas velmi liší. Hlavními energetickými rezervami většiny živých organismů jsou polysacharidy  $\alpha$ -glukanového typu škrob a glykogen. Škrob je tvořen lineární amylozou a větveným amylopektinem v různých stupních polymerace. Hlavní zásobní látkou zelených řas je škrob. Hnědé řasy škrob nikdy netvoří, jejich zásobním polysacharidem je laminaran ( $\beta$ -1,3-glukan) a manitol. Zásobním polysacharidem červených řas je florideový škrob ( $\alpha$ -1,4-glukan), který se od škrobu zelených řas a rostlin liší absencí amylozy. V některých studiích však bylo potvrzeno, že polyglukany některých druhů červených řas obsahují i jednotky amylozy [77, 78]. Další odlišností je neobvyklé uložení zrn florideového škrobu v cytoplazmě, které je podobné spíše způsobu uložení glykogenu v bakteriích a v živočišných buňkách [79].

Strukturní polysacharidy většiny řas jsou hlavními stavebními složkami buněčných stěn a jsou hojně využívány v potravinářském i kosmetickém průmyslu pro výrobu fykokoloidů: algináty z hnědých řas, karagenany a agary z červených řas. Z dalších polysacharidů, přítomných v buněčných stěnách, avšak v menším množství, jsou fukoidany hnědých řas, xylany červených a některých zelených řas a ulvany zelených řas [22, 80]. Většinu těchto polysacharidů (agary, karagenany, ulvany a fukoidany) je přisuzována funkce vlákniny potravy, protože je lidské střevní bakterie nedokáží strávit.

*Chlorella*, jako zástupce sladkovodních zelených řas obsahuje škrob, hemicelulózu a celulózu, přičemž zastoupení i množství jednotlivých polysacharidů se mezi jednotlivými druhy tohoto rodu velmi liší [81]. *Spirulina*, jako fotosyntetizující bakterie, má buněčnou stěnu tvořenou čtyřmi tenkými vrstvami. Tři z nich jsou tvořeny peptidoglykany, které jí udělují pevnost. Pouze jedna vrstva je tvořena  $\beta$ -1,2-glukanem, který je pro člověka nestravitelný, je však ve velmi nízké koncentraci (< 1 %) a z pohledu vlákniny nemá velký význam [82].

#### 1. 2. 4. Lipidy a mastné kyseliny

Lipidy jsou v řasách přítomny ve velmi malém množství, představují asi jen 1 – 5 % sušiny. Velký podíl však tvoří polynenasycené  $\omega$ -3 a  $\omega$ -6 mastné kyseliny, které mají preventivní účinek na kardiovaskulární choroby, osteoporózu a diabetes. V zelené řase *Chlorella* je významný obsah  $\alpha$ -linolenové kyseliny ( $\omega$ -3, C 18:3). *Spirulina* má vysoký obsah  $\gamma$ -linolenové kyseliny (GLA,  $\omega$ -6, C 18:3), jejíž podíl činí 20 – 25 % z celkového množství lipidů [83, 84]. V červených a hnědých řasách se vyskytují převážně mastné kyseliny s dvaceti uhlíkovými atomy: eikosapentaenová (EPA,  $\omega$ -3, C 20:5) a arachidonová (AA,  $\omega$ -6, C 20:4) [20]. Esenciální mastné kyseliny (EFA) podporují standardizaci cholesterolu a jsou prekurzory prostaglandinů, hormonů, které kontrolují mnoho metabolických funkcí. Lipidové extrakty některých jedlých řas vykazují antioxidační aktivitu a synergický účinek s tokoferoly [22].

#### 1. 2. 5. Antioxidační aktivita

Všechny buňky během svého metabolismu produkují volné radikály, které jsou charakterizovány nepárovými elektrony, které způsobují jejich vysokou nestabilitu a v přítomnosti kyslíku dochází ke vzniku peroxidových a hydroxylových radikálů. Oxidační reakce jsou důležité pro mnoho buněčných funkcí; uplatňují se v dýchacím řetězci, podílí se na signálních regulacích, detoxifikačních funkcích a v neposlední řadě i na správné funkci imunitního systému. Volné radikály však mají tendenci reagovat s buněčnými stavebními složkami, zejména s lipidy, bílkovinami a nukleovými kyselinami, mění jejich struktury a ovlivňují tak jejich funkce [85]. Oxido-redukční rovnováha je organizmem účinně regulována. Následkem fyziologického stresu, který může být způsoben nemocí nebo vlivem kouření, může nadměrná produkce reaktivních kyslíkových radikálů ROS (reactive oxygen species) a dusíkových radikálů RNS (reactive nitrogen species), označovaná jako oxidační stres, způsobit poškození buněk, tkání a orgánů a omezit jejich funkčnost. To často

vede k závažným onemocněním jako je rakovina, neurodegenerativní a kardiovaskulární choroby, ateroskleróza, diabetes, poruchy imunity a urychluje procesy stárnutí [86]. Ochranou proti škodlivému účinku volných radikálů jsou antioxidanty, široká skupina různorodých sloučenin hydrofilního i lipofilního charakteru. Endogenními antioxidanty jsou glutation, koenzym Q, případně kyselina močová. V současné době je věnována velká pozornost antioxidantům přijímaným potravou. Potraviny rostlinného původu obsahují vedle vitaminů C, E a karotenoidů velké množství přírodních látek, zejména polyfenolických sloučenin, které vykazují značnou antioxidační aktivitu [87]. Antioxidanty z přírodních zdrojů jsou preferovány s ohledem na možné toxické účinky syntetických antioxidantů [88]. Syntetické antioxidanty vykazují naopak větší stabilitu [89]. Vzhledem k různorodému charakteru široké škály přírodních antioxidantů je pro vzájemné srovnání stanovována jejich celková antioxidační aktivita (TAA – total antioxidant activity), která je považována za jedno ze základních kritérií biologické hodnoty potravin [87].

### ***Vitaminy***

Řasy jsou významným zdrojem vitaminů řady B, C a lipofilních vitaminů A a E. Zelené a některé hnědé řasy obsahují velké množství vitaminu C, jehož hodnota dosahuje v průměru 150 – 400 mg.kg<sup>-1</sup> sušiny. Tato koncentrace je srovnatelná s obsahem tohoto vitaminu ve významných zdrojích jako petržel, černý rybíz a paprika. Vitamin C, kromě své antioxidační funkce, posiluje imunitní systém, aktivuje střevní vstřebávání železa a regeneruje vitamin E.

Většina červených řas obsahuje vitaminy řady B, zejména B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub> [64]. Za nejbohatší řasový zdroj vitaminu B<sub>12</sub> je považována *Spirulina*. Tento vitamin je nezbytným faktorem krvetvorby, jehož nedostatek může vést k anemii [90].

Vitamin E je jedním z nejdůležitějších lipofilních vitaminů, jehož speciální funkcí je ochrana proti peroxidaci lipidů v biologických membránách. Existuje

ve čtyřech modifikacích jako  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tokoferoly a  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tokotrienoly. Nejvyšší antioxidační aktivitu *in vivo* vykazuje  $\alpha$ -forma [91].

Hnědé řasy obsahují větší množství vitamínu E než zelené a červené řasy. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u Fucaceae, zejména v rodech *Ascophyllum* a *Fucus*, a to 200 – 600 mg.kg<sup>-1</sup> sušiny. Hnědé řasy obsahují  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -tokoferol, zatímco červené řasy pouze  $\alpha$ -tokoferol [22].

### ***Karotenoidy***

Karotenoidy jsou velmi silnými antioxidanty. Současné vědecké studie prokazují vztah mezi dietou bohatou na karotenoidy –  $\beta$ -karoten a lykopen a klesajícím rizikem kardiovaskulárních chorob a rakoviny; v případě luteinu a zeaxantinu – očních chorob. Mezi karotenoidy hnědých řas patří fukoxantin,  $\beta$ -karoten a violaxantin. Hlavními karotenoidy červených řas jsou  $\alpha$ ,  $\beta$ -karoten a jejich deriváty zeaxantin a lutein. Karotenoidové složení zelených řas je podobné jako u vyšších rostlin, hlavním zástupcem je  $\beta$ -karoten, lutein, violaxantin, anteraxantin, zeaxantin a neoxantin [22]. Také *Spirulina* je významným zdrojem  $\beta$ -karotenu, jehož koncentrace dosahují 0,2 – 0,4 % sušiny [82].

### ***Polyfenoly***

Polyfenoly jsou početnou skupinou látek, jejichž společným rysem je přítomnost jednoho nebo více aromatických jader substituovaných hydroxylovými skupinami, které určují sílu jejich antioxidační aktivity [92]. Jsou zastoupeny fenolickými kyselinami, flavonoidy a skupinou stilbenů a lignanů, přičemž jednotlivé skupiny vykazují mnoho společných vlastností. Mechanismus jejich působení spočívá v inhibici enzymů jako je např. proteinkináza C, která se podílí na vzniku superperoxidového anion-radikálu, případně lipoxygenáz, které oxidují mastné kyseliny obsahující 1-cis, 4-cis-pentadienový systém, zejména kyselinu  $\alpha$ -linolenovou [93]. Některé polyfenoly

tvoří chelátové vazby s kovy, zejména s mědí a dvojmocným železem [94]. Volné ionty těchto kovů se podílí na tvorbě ROS při Fentonově reakci [95]. Jejich známými zdroji jsou zelenina, ovoce, čaje a vína. S rostoucím zájmem o přírodní fenolické látky jsou vyvíjeny nové metody jejich stanovení, které umožňují stanovení velkého spektra fenolických sloučenin [93, 96-98].

Řasy obsahují substituované fenoly a polyfenoly, které vykazují antioxidační aktivitu. Řasové polyfenoly jsou nazývány florotaniny a jsou tvořeny velmi různorodými skupinami molekul, jež určují jejich strukturu a stupeň polymerace a poskytují poměrně široký rozsah biologické aktivity. Největší množství florotaninů je obsaženo v hnědých řasách, kde tvoří 5 – 15 % sušiny [99], avšak jejich vliv na prevenci chorob není tak dobře prozkoumán jako u polyfenolů suchozemských rostlin.

### **1. 3. Stravitelnost**

Pro stanovení nutriční hodnoty každé potraviny je nutné kromě jednotlivých nutričních faktorů zjistit také jejich využitelnost lidským organizmem neboli stravitelnost. Stravitelnost je tedy dána množstvím živiny, které bylo absorbováno zažívacím ústrojím. Vzhledem k široké škále nutričně významných látek není jednoduché stanovit jednotnou metodu pro zjišťování stravitelnosti. Zahrnují metody *in vivo* a *in vitro*. Metodou *in vivo* je na pokusných objektech stanoveno množství spotřebovaného dusíku ve vztahu k přijatému a vyloučenému dusíku organizmem. Metody *in vitro* jsou založeny na simulování podmínek *in vivo* v laboratorních podmínkách, kdy je stanoveno množství dusíku před a po působení proteolytických enzymů [100].

Při zjišťování nutričních hodnot biologických materiálů je nutné vzít v úvahu přítomnost široké škály sloučenin, jejichž synergické a antagonistické chování může významně ovlivnit využitelnost jednotlivých nutričních faktorů. Mezi látky snižující stravitelnost patří některé součásti vlákniny, třísloviny a fenolické látky běžně se vyskytující v ovoci a zelenině [101]. Vysoký obsah vlákniny ve

stravě může způsobit nedostatečnou využitelnost stopových prvků [102]. Stravitelnost neboli využitelnost proteinů z řas může být ovlivněna přítomností fenolických sloučenin, jež mohou narušit strukturu proteinů tím, že se k nim váží kovalentní vazbou v oxidačních podmínkách, což znesnadňuje jejich extrakci. Dalším faktorem, který ovlivňuje stravitelnost proteinů je přítomnost polysacharidů, které se chovají jako rozpustná a nerozpustná vlákna. V případě hnědých řas bylo zjištěno, že rozpustná vlákna byla poměrně silným inhibičním faktorem aktivity pepsinu v podmínkách *in vitro*. Stravitelnost řasových proteinů *in vivo* zatím není dobře zdokumentována [103].

## 2. CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Sladkovodní i mořské řasy jsou stále více využívány pro přímou spotřebu z důvodu jejich nutričního složení. Oblastí jejich tradičního využití jsou asijské státy a přímořské země. S rozvojem tzv. „zdravého životního stylu“ se i v České republice rozšiřuje nabídka alternativních zdrojů potravin, včetně sladkovodních a mořských řas. Velmi malá, mnohdy zkreslená informovanost, však vede k malému zájmu o tyto produkty, na druhé straně se objevují nadhodnocené údaje o jejich nutričních hodnotách.

Cíle této práce je možno rozdělit na tři části:

1. Stanovit nutriční hodnotu vybraných produktů z různých druhů mořských a sladkovodních řas, které jsou dostupné v České republice.
2. Stanovit jejich stravitelnost metodou *in vitro*.
3. Navrhnout možnosti využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka.



### 3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

#### 3. 1. Výběr a úprava vzorků

Pro tuto studii byly vybrány produkty ze sladkovodních a mořských řas, které jsou běžně dostupné v České republice. Výběr vzorků byl volen tak, aby byly zastoupeny všechny řasové skupiny: sladkovodní zelené řasy – Chlorophyta (*Chlorella pyrenoidosa*) a modrozelené řasy z oddělení Cyanobacteria (*S. pacifica*, *S. platensis*); mořské červené – Rhodophyta (*P. palmata*, *P. tenera*) a mořské hnědé řasy – Fucophyceae, syn. Phaeophyceae (*E. bicyclis*, *H. fusiformes*, *L. japonica*, *U. pinnatifida*). Jejich charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 1. Byly zakoupeny v prodejně se zdravou výživou jako potravní doplňky v podobě tablet, případně sušené řasy v různé úpravě ve formě vloček, plátů a nudliček. Vzorky byly před vlastní analýzou zhomogenizovány mixérem (Vorwerk Thermomix TM 31, Německo) na velikost částic 1 mm. Všechny použité chemikálie byly čistoty p. a. (Lachema, Chemapol, Lach-Ner) pokud není uvedeno jinak.

Tab. 1 Vyšetřované produkty ze sladkovodních a mořských řas

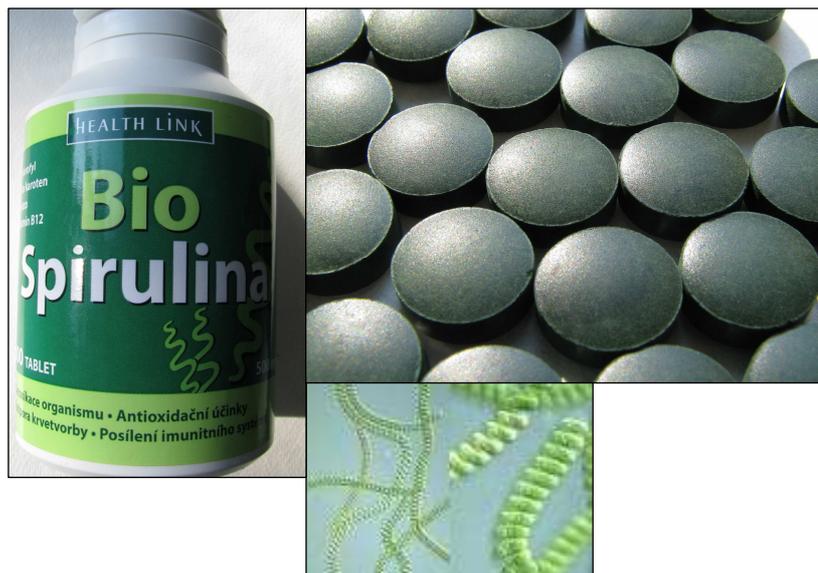
| Produkt            | Označení vzorku | Výrobce                  | Původ suroviny | Řasa                         |
|--------------------|-----------------|--------------------------|----------------|------------------------------|
| Chlorella Tabs     | C               | Chlorella centrum s.r.o. | Taiwan         | <i>Chlorella pyrenoidosa</i> |
| Spirulina Pacifica | S               | Nutrex, Inc. USA         | Hawai          | <i>Spirulina pacifica</i>    |
| Spirulina Bio      | SB              | Health Link s.r.o.       | Indie          | <i>Spirulina platensis</i>   |
| Dulce vločky BIO   | D               | Lifefood CR, s.r.o.      | USA            | <i>Palmaria palmata</i>      |
| Nori vločky        | NV              | Sunfood                  | Japonsko       | <i>Porphyra tenera</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              | KB              | Country life s.r.o.      | 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>   |



Obr. 1 Produkt Chlorella Tabs (*Ch. pyrenoidosa*)



Obr. 2 Produkt Spirulina Pacifica (*S. pacifica*)



Obr. 3 Produkt Spirulina Bio (*S. platensis*)



Obr. 4 Produkt Dulse vložky Bio (*P. palmata*)



Obr. 5 Produkt Nori vložky (*P. tenera*)



Obr. 6 Produkt Arame (*E. bicyclis*)



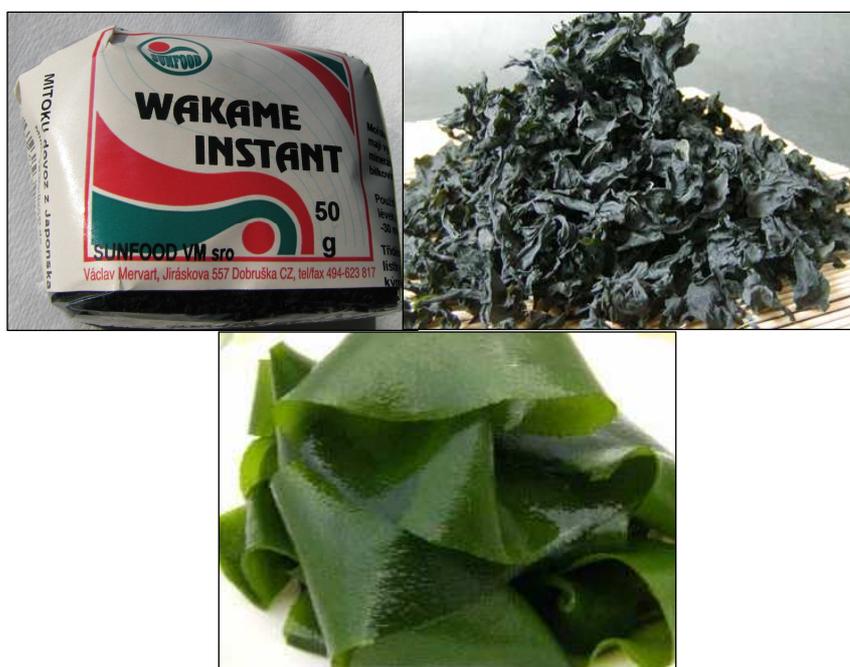
Obr. 7 Produkt Hijiki (*H. fusiformes*)



Obr. 8 Produkt Kombu (*L. japonica*)



Obr. 9 Produkt Wakame (*U. pinnatifida*)



Obr. 10 Produkt Wakame instant (*U. pinnatifida*)

### 3. 2. Stanovení nutričních ukazatelů

Ve vybraných produktech ze sladkovodních a mořských řas byly stanoveny následující nutriční ukazatele.

#### 3. 2. 1. Stanovení sušiny a popela

Sušina byla stanovena sušením vzorku o hmotnosti 5 g v laboratorní sušárně Venticell (BMT, ČR) při 105 °C do konstantního úbytku a vypočtena podle rovnice (3.1):

$$S_u = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (3.1)$$

kde  $S_u$  je sušina vzorku (%)

$m$  je hmotnost navážky vzorku (g)

$m_1$  je hmotnost misky se vzorkem po vysušení při 105 °C (g)

$m_2$  je hmotnost prázdné vysušené misky (g).

Popel byl stanoven spálením navážky 1 g vzorku v muflové peci 018 LP (Elektrické pece Svoboda, ČR) při 550 °C po dobu 5 hodin a vypočten podle rovnice (3.2):

$$P_o = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (3.2)$$

kde  $P_o$  je popel vzorku (%)

$m$  je hmotnost navážky vzorku (g)

$m_1$  je hmotnost žíhacího kelímku se vzorkem po spálení při 550 °C (g)

$m_2$  je hmotnost prázdného vyžíhaného kelímku (g).

#### 3. 2. 2. Stanovení celkových dusíkatých látek

Celkové dusíkaté látky (NL) byly stanoveny metodou podle Winklera, při níž byl stanoven celkový dusík [104].

*Použité chemikálie:*

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98 % w/w), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,025 mol.l<sup>-1</sup>), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30 % w/w), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (2 % w/w), Tashirův indikátor.

K vlastní analýze bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Dusíkaté látky byly vypočteny podle rovnice (3.3) vynásobením celkového dusíku korekčním faktorem 6,25 na základě předpokladu, že vzorky obsahují protein s 16 % dusíku [5] a nevýznamné množství neproteinového dusíku:

$$NL = \frac{a * 10^{-3} * c * M_N * f_t * f_z * f_{kor}}{m} * 100 \quad (3.3)$$

kde NL jsou celkové dusíkaté látky (%)

a je spotřeba odměrného roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> při titraci (ml)

c je koncentrace odměrného roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,025 mol.l<sup>-1</sup>)

M<sub>N</sub> je molární hmotnost dusíku (M<sub>N</sub> = 14,01 g.mol<sup>-1</sup>)

f<sub>t</sub> je titrační faktor (f<sub>t</sub> = 2)

f<sub>z</sub> je zředovací faktor (f<sub>z</sub> = 5)

f<sub>kor</sub> je korekční faktor (6,25)

m je navážka vzorku (g).

### 3. 2. 3. Stanovení aminokyselin

Před vlastním stanovením AK je nutné provést jejich uvolnění z bílkovin a peptidů hydrolýzou, která může probíhat v kyselém nebo zásaditém prostředí. Při kyselé hydrolýze nedochází k racemizaci a L-konfigurace aminokyselin zůstává zachována, ale dochází k destrukci sirných aminokyselin, zejména za přítomnosti sacharidů. Před vlastní kyselou hydrolýzou je proto nutné provést oxidaci vzorků při níž je cystein převeden na kyselinu cysteovou a metionin na metioninsulfon, které jsou v kyselém prostředí stabilní.

Úprava vzorků před analýzou, jejich hydrolýza a vlastní stanovení aminokyselin bylo provedeno podle Anonym [105-107]. Pro oba typy hydrolýzy bylo navažováno u produktů ze sladkovodních řas 0,2 g a z mořských řas 0,5 g s přesností na 0,0001 g. Kyselá hydrolýza vzorků byla provedena působením



HCl ( $6 \text{ mol.l}^{-1}$ ) po dobu 24 hodin při teplotě media  $110 - 115 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pro stanovení sirných aminokyselin cysteinu (Cys) a metioninu (Met) byly vzorky hydrolyzovány oxidativně kyselou hydrolyzou, při níž byly nejprve oxidovány 5 ml směsi kyseliny mravenčí (85 % w/w) a peroxidu vodíku (30 % w/w) v poměru 9 : 1 po dobu 16 hodin při teplotě  $5-7 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a následně hydrolyzovány HCl ( $6 \text{ mol.l}^{-1}$ ). Hydrolyzáty byly kvantitativně převedeny do odměrných baněk (250 ml); po doplnění destilovanou vodou po rysku byl odebrán alikvotní podíl hydrolyzátu (25 ml), který byl odpařen na rotační vakuové odparce RVO – 200 (INGOS Praha) do sucha. Odparek byl naředěn sodnocitrátovým pufrům o pH 2,2 do stanoveného množství (zpravidla 10, resp. 25 ml). Takto připravený vzorek byl uložen do chladničky při teplotě  $5-7 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a připraven k vlastní analýze.

Stanovení aminokyselin bylo provedeno iontoměničovou chromatografií na analyzátoru aminokyselin AAA 400 (INGOS Praha, obr. 11). pomocí sodnocitrátových pufrů o rozpětí pH 2,6 až 7,9 s ninhydrinovou detekcí za vzniku Ruhemannova purpuru, jehož maximum absorbance je při 570 nm Aminokyseliny prolin a hydroxyprolin tvoří s ninhydrinem žlutý komplex s maximem absorbance při 440 nm.



Obr. 11 Analyzátor aminokyselin AAA 400 (INGOS Praha)

### 3. 2. 4. Stanovení minerálních prvků

Vzhledem k charakteru vzorků byly pro stanovení minerálních prvků použity metody platné pro krmiva [104, 108]. Charakteristiky stanovení jednotlivých prvků jsou uvedeny v tabulce 2.

*Použité chemikálie:*

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98 % w/w), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30 % w/w), HNO<sub>3</sub> (65 % w/w), HCl (35 % w/w), standardy prvků – viz tabulka 2.

Tab. 2 Charakteristiky stanovení minerálních prvků

| Prvek           | Rozklad vzorku             | Činidlo  | Metodika stanovení              | Koncentrace standardu    |
|-----------------|----------------------------|--|---------------------------------|--------------------------|
| P               | mineralizace mokrou cestou | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | spektrofotometrie               |                          |
| <sup>1</sup> Ca | mineralizace mokrou cestou | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | AES acetylen - N <sub>2</sub> O | 50,0 mg.l <sup>-1</sup>  |
| Mg              | mineralizace mokrou cestou | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | F-AAS acetylen - vzduch         | 15,0 mg.l <sup>-1</sup>  |
| K               | mineralizace mokrou cestou | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | F-AAS acetylen - vzduch         | 200,0 mg.l <sup>-1</sup> |
| Na              | mineralizace mokrou cestou | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | F-AAS acetylen – vzduch         | 20,0 mg.l <sup>-1</sup>  |
| Fe              | uzavřený mikrovlnný        | HNO <sub>3</sub> + HCl   | F-AAS acetylen - vzduch         | 10,0 mg.l <sup>-1</sup>  |
| Zn              | uzavřený mikrovlnný        | HNO <sub>3</sub> + HCl   | F-AAS acetylen - vzduch         | 2,0 mg.l <sup>-1</sup>   |
| Cu              | uzavřený mikrovlnný        | HNO <sub>3</sub> + HCl   | F-AAS acetylen - vzduch         | 2,5 mg.l <sup>-1</sup>   |
| Mn              | uzavřený mikrovlnný        | HNO <sub>3</sub> + HCl   | F-AAS acetylen – vzduch         | 2,5 mg.l <sup>-1</sup>   |
| <sup>2</sup> Cr | uzavřený mikrovlnný        | HNO <sub>3</sub> + HCl   | ET-AAS                          | 10,0 µg.l <sup>-1</sup>  |
| <sup>3</sup> Pb | uzavřený mikrovlnný        | HNO <sub>3</sub> + HCl   | ET-AAS                          | 30,0 µg.l <sup>-1</sup>  |
| <sup>3</sup> Cd | uzavřený mikrovlnný        | HNO <sub>3</sub> + HCl   | ET-AAS                          | 2,0 µg.l <sup>-1</sup>   |
| B               | uzavřený mikrovlnný        | HNO <sub>3</sub> + HCl   | spektrofotometrie               |                          |
| Hg              | bez rozkladu               |  | TMA-254                         | 0,5 µg.l <sup>-1</sup>   |

Modifikátory pro termickou stabilizaci vzorků:

<sup>1</sup>LaCl<sub>3</sub> 5 H<sub>2</sub>O

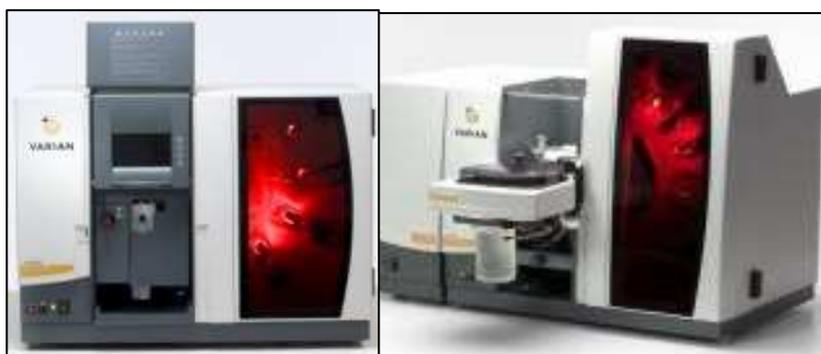
<sup>2</sup>Pd

<sup>3</sup>NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

Analýze P, Ca, Mg, K a Na předcházela rozklad vzorků v mineralizační jednotce pro mokrou rozklad Digestor DG 120 (EL Spektrum – Liptovský Hrádok, SR). Pro stanovení Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cr, Pb a Cd byly vzorky

rozloženy v uzavřeném systému v mikrovlnné peci Mars Xpress (Varian, Inc., Austrálie) ve speciálních nádobkách z teflonu. Pro stanovení rtuti v přístroji TMA–254 (Tesla ČR) byly vzorky přímo navažovány do speciální spalovací lodičky. Spektrofotometrické stanovení fosforu a bóru bylo provedeno na přístroji VIS – Specol 10 (Carl Zeiss Jena, NDR). Fosfor byl stanoven při vlnové délce 430 nm po reakci s činidlem na bázi molybdenanu amonného a vanadičnanu amonného [104] a bór metodou podle Berger-Truoga azometinem-H při vlnové délce 420 nm [107]. Prvky – Ca, Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu a Mn byly stanoveny plamenovou F–AAS na přístroji Varian AA 240Z (Varian, Inc., Austrálie, obr. 12); Cr, Pb a Cd bezplamenovou ET–AAS na grafitové kyvetě GTA 120 – Varian AA 2402 (Varian, Inc., Austrálie, obr. 12). Pro mineralizaci mokrou cestou bylo navažováno 0,5 g vzorku s přesností na 0,0001 g a mineralizát byl doplněn do 100 ml. Vlastní analýza F–AAS byla provedena bez dalšího ředění vzorku. Pro uzavřený mikrovlnný rozklad byla použita navážka 1 g a mineralizát byl doplněn do 50 ml. Také při analýze ET–AAS nebylo provedeno další ředění mineralizátu. Obsahy prvků byly vyhodnoceny na základě pětibodových kalibračních křivek, pro jejichž stanovení byly použity koncentrace standardů uvedených v tabulce 2.

Stanovení minerálních prvků bylo provedeno ve spolupráci s laboratoří Agrotest fyto, s.r.o. v Kroměříži.



Obr. 12 Atomový absorpční spektrometr Varian AA 240Z  
a grafitová kyveta GTA 120 – Varian AA 2402

### 3. 2. 5. Stanovení vlákniny potravy

Vláknina v řasových produktech byla stanovena podle následujících metod: celková vláknina (HV) podle Henneberg–Stohmana [104], oxidativní hydrolýzou [104] a enzymaticky [109]. Na přístroji Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer (ANKOM Technology, New York) byly stanoveny celková (HV), acido-detergentní (ADF), neutrálně–detergentní vláknina (NDF) a acido–detergentní lignin (ADL). Pro stanovení na přístroji Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer byly použity metodiky doporučené výrobcem [110], které byly modifikovány pro řasové produkty.

- **Stanovení celkové vlákniny podle Henneberg-Stohmana**

*Použité chemikálie:*

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,255 mol.l<sup>-1</sup>), NaOH (0,313 mol.l<sup>-1</sup>), indikátor methylčerveň, etanol denaturovaný benzínem (96 % w/w).

Pro vlastní analýzu byl navážen 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g a obsah celkové vlákniny byl vypočten podle rovnice (3.4):

$$HV = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (3.4)$$

kde HV je obsah celkové vlákniny vzorku (%)

m je hmotnost navážky vzorku (g)

m<sub>1</sub> je hmotnost pevných reziduí vzorku po vysušení při 105 °C (g)

m<sub>2</sub> je hmotnost popela reziduí (g).

- **Stanovení celkové vlákniny oxidativní hydrolýzou**

*Použité chemikálie:*

CH<sub>3</sub>COOH (80 % w/w), HNO<sub>3</sub> (65 % w/w), CH<sub>3</sub>COOH (10 % w/w), indikátor methylčerveň, aceton, p.a., reakční směs byla připravena těsně před použitím smícháním CH<sub>3</sub>COOH (80 % w/w) a HNO<sub>3</sub> (65 % w/w) v poměru 10 : 1.

Pro vlastní analýzu byl navážen 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g a obsah celkové vlákniny byl vypočten podle rovnice (3.5):

$$HV = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (3.5)$$

kde HV je obsah celkové vlákniny vzorku (%)

m je hmotnost navážky vzorku (g)

$m_1$  je hmotnost pevných reziduí vzorku po vysušení při 105 °C (g)

$m_2$  je hmotnost popela reziduí (g).

- **Stanovení celkové vlákniny enzymaticky**

Při enzymatické metodě byly vzorky podrobeny trávení enzymů  $\alpha$ -amylázy, proteázy a amyloglukozidázy (souprava enzymů Bioquant, Merck KGaA, Germany). Byla stanovena celková vláknina podle metodiky, dodávané k soupravě enzymů, která byla modifikována podle vyhlášky MZ 93/1997 Sb. [109].

Do čtyř reakčních baněk, z nichž dvě byly použity pro slepý pokus a do dvou byl navážen 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g, bylo přidáno 50 ml fosfátového pufru o hodnotě pH 6. Tento pufr byl, na rozdíl od původní metodiky, připraven smícháním  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (9,078 g.l<sup>-1</sup>) a  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  (11,876 g.l<sup>-1</sup>) v poměru 9 : 1. Do všech baněk bylo přidáno 50  $\mu\text{l}$  roztoku  $\alpha$ -amylázy. Po důkladném promíchání byly baňky přikryty alobalem a inkubovány 30 minut ve vodní lázni s vložkou pro třepání (Memmert, Německo) za stálého třepání při teplotě 95-100 °C. Po ochlazení obsahu baněk na teplotu místnosti bylo upraveno pH na hodnotu 7,5 použitím vodného roztoku NaOH (0,275 mol.l<sup>-1</sup>). Poté bylo do všech baněk přidáno 50  $\mu\text{l}$  proteázy, směs důkladně promíchána a po přikrytí alobalem byla provedena inkubace ve vodní lázni za stálého třepání při 60 °C po dobu 30 minut. Doba inkubace byla měřena od doby, kdy obsah baněk dosáhl 60 °C. Po jejím skončení byl obsah baněk opět zchlazen na teplotu místnosti a použitím vodného roztoku HCl (0,325 mol.l<sup>-1</sup>) bylo upraveno pH na hodnotu

4,5. Poslední hydrolýza byla provedena působením 150  $\mu$ l roztoku amyloglukozidázy opět ve vodní lázni za stálého třepání po dobu 30 minut od doby, kdy bylo dosaženo 60 °C v obsahu baněk. Přidáním 280 ml etanolu (80 % w/w) vytemperovaného na 60 °C byla sražena rozpustná vláknina. Baňky se vzniklou sraženinou byly umístěny na 1 hodinu do vodní lázně teplé 45 °C. Poté byly sraženiny přefiltrovány vodní vývěvou přes filtr (Nylon 66 Filter Membranes, velikost pórů 0,45  $\mu$ m). Filtrační kelímky (skleněné kelímky s fritou, Lukeš) se neosvědčily z důvodu velkých ztrát při kvantitativním převedení zbytku k další analýze. Následně byly sraženiny promyty dvakrát 10 ml etanolu (80 % w/w) a dvakrát 10 ml acetonu. Po vymizení pachu po acetonu byly zbytky na filtru sušeny při 130 °C do konstantního úbytku. Čtyři zbytky na filtračních papírech, z nichž dva byly zbytky ze vzorku a dva ze slepého pokusu, byly použity pro stanovení popela a dusíku podle kapitol 3.2.1. a 3.2.2. Pro každé stanovení byl použit jeden zbytek ze vzorku a druhý zbytek ze slepého pokusu.

Obsah celkové vlákniny byl vypočten podle rovnice (3.6):

$$HV = \frac{m_1 - m_B - m_P}{m} * 100 \quad (3.6)$$

$$m_B = m_{BVZ} - m_{BS} \quad (3.7)$$

$$m_P = m_{PVZ} - m_{PS} \quad (3.8)$$

kde HV je obsah celkové vlákniny vzorku (%)

m je hmotnost navážky vzorku (g)

$m_1$  je hmotnost pevných reziduí vzorku po vysušení při 130 °C (g)

$m_B$  je hmotnost dusíku (g)

$m_P$  je hmotnost popela (g)

$m_{BVZ}$  je hmotnost dusíku ve vzorku (g)

$m_{BS}$  je hmotnost dusíku ve slepém pokusu (g)

$m_{PVZ}$  je hmotnost popela ve vzorku (g)

$m_{PS}$  je hmotnost popela ve slepém pokusu (g).

- **Stanovení vlákniny na přístroji Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer**

Na přístroji Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer (ANKOM Technology, New York, obr. 13) byla stanovena celková (HV), acido–detergentní (ADF), neutrálně–detergentní (NDF) vláknina a acido–detergentní lignin (ADL). Pro analýzu byly použity filtrační sáčky F 57. Obsahy HV, ADF, NDF i ADL byly vypočteny podle rovnice (3.9):

$$V = \frac{(m_3 - m_1 c_1) - (m_4 - m_1 c_2)}{m_2} * 100 \quad (3.9)$$

kde V je obsah HV, ADF, NDF, ADL (%)

$m_1$  je hmotnost sáčku (g)

$m_2$  je hmotnost navážky vzorku (g)

$m_3$  je hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze (g)

$m_4$  je hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze (g)

$c_1$  je korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze

$c_2$  je korekce hmotnosti sáčku po spálení

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (3.10)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (3.11)$$

kde  $m_s$  je hmotnost vysušeného sáčku po hydrolýze (g)

$m_p$  je hmotnost popela sáčku (g).



Obr. 13 Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer (ANKOM Technology, New York)



Obr. 14 Daisy inkubátor (ANKOM Technology, New York)



### 3. 3. Stanovení stravitelnosti

Stravitelnost řasových produktů byla stanovena enzymaticko-gravimetrickými metodami *in vitro*. Jejich principem bylo simulování podmínek působení trávicích enzymů na potraviny v lidském těle. První metoda byla založena na stanovení změny obsahu dusíkatých látek před a po působení proteolytického enzymu pepsinu. Druhou metodou byla stravitelnost stanovena z úbytku organické hmoty po působení enzymy pepsinem a pankreatinem s použitím inkubátoru Daisy (ANKOM Technology, New York, obr. 14). U obou metod byl jako referenční protein použit kasein (Sigma Aldrich Corp.), jehož stravitelnost je považována za 100 %-ní.

#### 3. 3. 1. Stanovení obsahu dusíkatých látek rozpustných působením pepsinu

Obsahy dusíkatých látek rozpustných působením pepsinu byly stanoveny pomocí metody, která vznikla úpravou pracovního postupu „Stanovení obsahu dusíkatých látek rozpustných působením pepsinu v krmivech“ podle ÚKZUZ [111]. Navážka 5 g vzorku byla kvantitativně převedena do odměrné baňky (250 ml) pomocí inkubačního roztoku pepsinu. Inkubační roztok byl připraven vždy čerstvý tak, že 2 g pepsinu (z vepřové žaludeční sliznice, 0,7 FIP – U/g, Merck KGaA, Německo) byly rozpuštěny v 1000 ml HCl ( $0,075 \text{ mol.l}^{-1}$ ), předem zahřáté na teplotu 40 °C. Inkubační roztok pepsinu byl přidáván ke vzorku postupně s průběžným promícháváním, přičemž posledním přídatkem byly opláchnuty stěny baňky. Následně bylo zkontrolováno pH, jehož hodnota nesměla být vyšší než 1,7. Poté následovala inkubace vzorku v zazátkovaných odměrkách v termostatu BT 120 (BMT a.s., Brno) při 40 °C po dobu 48 hodin. Pro zajištění styku veškeré hmoty s roztokem bylo s baňkami mícháno po 6, 24 a 32 hodinách. Po ukončení inkubace bylo ke vzorku přidáno 7,5 ml HCl ( $7 \text{ mol.l}^{-1}$ ) a obsah baňky byl vytemperován na teplotu laboratoře, přičemž došlo k inhibici aktivity enzymu. Po doplnění baňky destilovanou vodou po rysku byl obsah důkladně promíchán a zfiltrován pomocí vodní vývěvy přes filtr (Filtrac

390, Selecta, Španělsko) do suché kádinky, přičemž první podíl filtrátu nebyl zachycen. Alikvotní podíl filtrátu (100 ml) byl odpařen na rotační vakuové odparce RVO – 200 (INGOS Praha). Odparek byl převeden redestilovanou vodou do odměrné baňky o objemu 10 ml a alikvotní podíl (1 ml) byl použit pro stanovení celkových dusíkatých látek podle postupu popsaného v kapitole 3.2.2.

Stravitelnost produktů z mořských a sladkovodních řas byla vypočtena podle rovnice (3.12):

$$ST = \frac{NL_{VZ} - NL_{VZP}}{NL_K - NL_{KP}} * 100 \quad (3.12)$$

kde ST je hodnota stravitelnosti vzorku (%)

$NL_{VZ}$  je obsah celkových dusíkatých látek v původním vzorku (%)

$NL_{VZP}$  je obsah celkových dusíkatých látek ve vzorku po enzymatické hydrolýze (%)

$NL_K$  je obsah celkových dusíkatých látek v kaseinu (%)

$NL_{KP}$  je obsah celkových dusíkatých látek v kaseinu po enzymatické hydrolýze (%)

### 3. 3. 2. Stanovení stravitelnosti s použitím inkubátoru Daisy

Pro stanovení stravitelnosti byla použita prováděcí metodika „Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin–celulázovou metodou užitím Daisy inkubátoru“ podle Třináctého [112]. I tato *in vitro* metoda, která je určena pro stanovení stravitelnosti krmiv, byla modifikována. Pro stanovení stravitelnosti produktů z mořských a sladkovodních řas bylo využito působení dvou enzymů – pepsinu (z vepřové žaludeční sliznice, 0,7 FIP–U/g, Merck KGaA, Německo) a pankreatinu (z vepřové slinivky, proteázová aktivita 350 FIP–U/g, lipázová aktivita 6000 FIP–U/g, amylázová aktivita 7500 FIP–U/g Merck KGaA, Německo). Stravitelnost sušiny a organické hmoty byla stanovena působením jednotlivých enzymů na vzorky. Dále byla provedena kombinovaná hydrolýza, nejdříve pepsinem a poté pankreatinem.

### ***Hydrolyza pepsinem***

Do filtračních sáčků (F 57, velikost pórů 50  $\mu\text{m}$ , ANKOM Technology, New York) bylo naváženo 0,25 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,0001 g. Sáčky se vzorky byly zataveny a spolu s prázdným zataveným sáčkem, který sloužil pro výpočet korekce, byly umístěny do inkubačních lahví v množství maximálně 25 kusů. Do každé inkubační láhve bylo přidáno 1700 ml roztoku HCl ( $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ ) předem vytemperovaného na 40 °C, ve kterém byly rozpuštěny 3 g pepsinu. Láhve byly ihned umístěny do inkubátoru Daisy a inkubovány po dobu 24 hodin. Po ukončení inkubace byly sáčky několikrát propláchnuty destilovanou vodou, dokud proplachovací voda nezůstala čirá. Přebytečná voda byla odstraněna pomocí filtračního papíru. Sáčky byly sušeny v laboratorní sušárně při 103 °C po dobu 24 hodin, umístěny do exsikátoru a zváženy. Poté byly zmineralizovány v muflové peci při 550 °C po dobu 5 hodin a po zchladnutí v exsikátoru zváženy. U všech vzorků byla podle postupu uvedeného v kapitole 3. 2. 1. stanovena sušina a popel.

### ***Hydrolyza pankreatinem***

Směs enzymů, která je produkována buňkami slinivky břišní, je označována termínem pankreatin. Je tvořena třemi enzymy – proteázou, lipázou (triglycerolhydroláza) a amylázou ( $\alpha$ -glykozidáza). Pro tento enzym byly odzkoušeny různé koncentrace pro hydrolyzu vzorků. Do filtračních sáčků bylo naváženo 0,25 g vzorku. Pankreatin je aktivní v širokém rozmezí pH 2 – 11. Vzhledem k tomu, že nejvyšší aktivita je vázána na hodnoty v intervalu od 7 do 8, byl jako inkubační roztok použit fosfátový pufr o hodnotě pH 7,45. Byl připraven smícháním  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ( $9,078 \text{ g.l}^{-1}$ ) a  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$  ( $23,889 \text{ g.l}^{-1}$ ) v poměru 2 : 8. Do každé inkubační láhve, která obsahovala sáčky se vzorky a prázdný sáček pro výpočet korekcí, bylo přidáno 1700 ml inkubačního roztoku, který byl připraven rozpuštěním 3, 4, 5 a 6 g pankreatinu ve fosfátovém pufru o hodnotě pH 7,45 předem vytemperovaným na 40 °C. Po 24 hodinové

inkubaci byly sáčky promyty destilovanou vodou, přebytečná voda byla odstraněna filtračním papírem. Sáčky byly vysušeny v laboratorní sušárně při 103 °C po dobu 24 hodin, umístěny do exsikátoru a zváženy. Poté byly sáčky zmineralizovány v muflové peci při 550 °C po dobu 5 hodin a po zchladnutí v exsikátoru zváženy.

### ***Kombinovaná hydrolýza pepsinem a pankreatinem***

Stravitelnost byla stanovena také po kombinované hydrolýze působením dvou enzymů pepsinu a pankreatinu. V případě pepsinu bylo postupováno výše popsaným způsobem. Po 24 hodinové inkubaci pepsinem, byly vzorky s minimálním mechanickým zásahem propláchnuty destilovanou vodou a do inkubační láhve bylo přidáno 1700 ml inkubačního roztoku, který byl připraven rozpuštěním 3 g pankreatinu ve fosfátovém pufru o hodnotě pH 7,45 předem vytemperovaným na 40 °C. Inkubace probíhala dalších 24 hodin, poté bylo postupováno podle předchozího postupu.

Hodnoty stravitelnosti, vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD), byly pro všechny typy hydrolýzy vypočteny podle rovnic (3.13) a (3.16):

$$DMD = 100 - \frac{100 * DMR}{m_2 * DM} \quad (3.13)$$

$$DMR = m_3 - m_1 c_1 \quad (3.14)$$

$$DM = \frac{Su * m_s}{100} \quad (3.15)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 * (DMR - AR)}{m_2 * DM * OM} \quad (3.16)$$

$$AR = m_4 - m_1 c_2 \quad (3.17)$$

$$OM = \frac{Su - Po}{100} \quad (3.18)$$

kde DMD je hodnota stravitelnosti sušiny vzorku (%)

OMD je hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku (%)

|       |  |
|-------|--|
| DMR   | je hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení (g)        |
| DM    | je obsah sušiny ve vzorku (g)                                  |
| Su    | je obsah sušiny ve vzorku (%)                                  |
| AR    | je hmotnost popela vzorku bez sáčku (g)                        |
| OM    | je obsah organické hmoty v sušině vzorku (g)                   |
| Po    | je obsah popela ve vzorku (%)                                  |
| $m_1$ | je hmotnost sáčku (g)  |
| $m_2$ | je hmotnost vzorku (g)   |
| $m_3$ | je hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci (g)        |
| $m_4$ | je hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci (g) |
| $m_S$ | je hmotnost vzorku na stanovení sušiny (g)                     |
| $c_1$ | je korekce hmotnosti sáčku po inkubaci                         |
| $c_2$ | je korekce hmotnosti sáčku po spálení                          |

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (3.19)$$

$$c_2 = \frac{m_P}{m_1} \quad (3.20)$$

kde  $m_S$  je hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci (g)  $m_P$  je hmotnost popela sáčku (g)

Hodnoty stravitelnosti sušiny (DMD) a stravitelnosti organické hmoty (OMD) byly pro všechny vzorky a všechny typy hydrolýzy přepočteny k referenčnímu proteinu kaseinu podle rovnic (3.21) a (3.22):

$$DMD_R = \frac{DMD_{VZ}}{DMD_K} * 100 \quad (3.21)$$

kde  $DMD_R$  je hodnota stravitelnosti sušiny vzorku, vztažená ke kaseinu (%)

$DMD_{VZ}$  je hodnota stravitelnosti sušiny vzorku (%)

$DMD_K$  je hodnota stravitelnosti sušiny kaseinu (%)

$$\text{OMD}_R = \frac{\text{OMD}_{VZ}}{\text{OMD}_K} * 100 \quad (3.22)$$

kde  $\text{OMD}_R$  je hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku, vztažená ke kaseinu (%)

$\text{OMD}_{VZ}$  je hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku (%)

$\text{OMD}_K$  je hodnota stravitelnosti organické hmoty kaseinu (%)

Všechny naměřené hodnoty byly vyhodnoceny analýzou rozptylu ANOVA [113] za použití statistického balíku Unistat, v. 5.1. a Office Excel®Microsoft.

## 4. VÝSLEDKY PRÁCE

### 4. 1. Nutriční ukazatele

#### 4. 1. 1. Sušina a popel

Sušina a popel byly stanoveny podle metody uvedené v kapitole 3. 2. 1. Jejich hodnoty, vyjádřené v %, jsou pro jednotlivé produkty ze sladkovodních a mořských řas uvedeny v tabulce 3. Ve všech vzorcích byly zjištěny vysoké obsahy sušiny, což je dáno charakterem produktů jak bylo uvedeno v kapitole 3. 1. Množství popela souvisí s obsahem minerálních látek. Produkty z mořských řas obsahovaly vyšší hodnoty, pouze ve vzorku Arame byla zjištěna hodnota popela srovnatelná s produkty ze sladkovodních řas.

Tab. 3 Procentuální obsahy Su, Po a NL v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ )

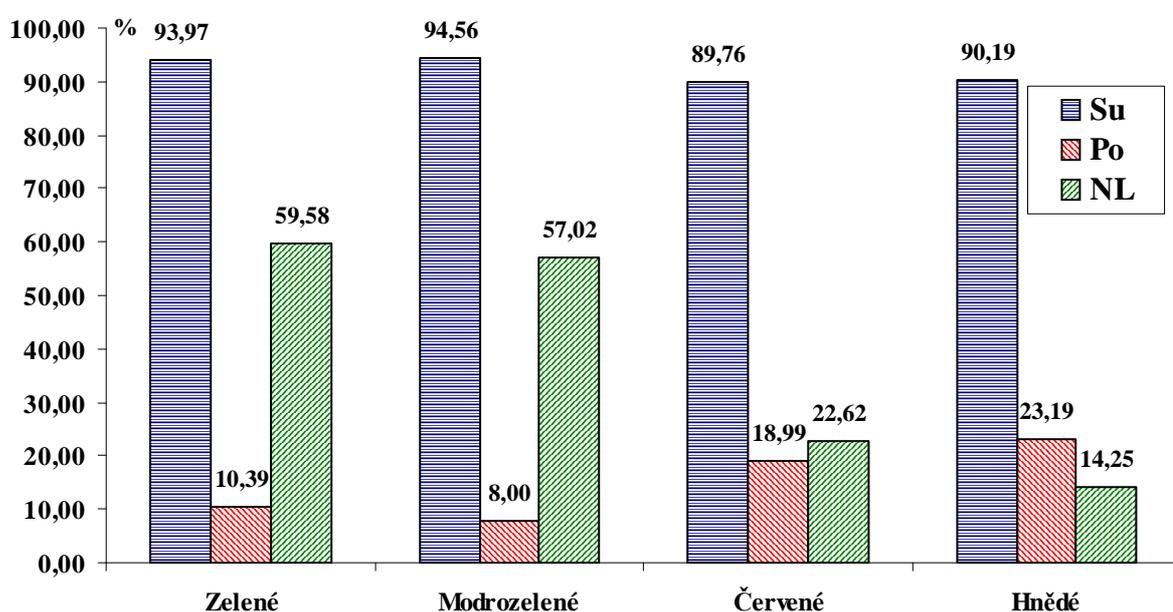
|    | Su        |        | Po        |        | NL        |        |
|----|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|    | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C  | 93,97     | ± 0,07 | 10,39     | ± 0,02 | 59,58     | ± 0,15 |
| S  | 95,02     | ± 0,03 | 8,68      | ± 0,05 | 58,01     | ± 0,05 |
| SB | 94,09     | ± 0,03 | 7,32      | ± 0,04 | 56,05     | ± 0,06 |
| D  | 91,45     | ± 0,04 | 17,45     | ± 0,07 | 26,53     | ± 0,14 |
| NV | 88,07     | ± 0,02 | 20,53     | ± 0,05 | 18,71     | ± 0,13 |
| A  | 88,96     | ± 0,03 | 9,72      | ± 0,10 | 8,92      | ± 0,11 |
| H  | 91,22     | ± 0,03 | 19,77     | ± 0,03 | 7,82      | ± 0,25 |
| K  | 90,29     | ± 0,03 | 26,63     | ± 0,19 | 11,97     | ± 0,12 |
| W  | 90,8      | ± 0,05 | 33,02     | ± 0,08 | 19,63     | ± 0,23 |
| WI | 89,49     | ± 0,06 | 26,79     | ± 0,07 | 22,90     | ± 0,11 |

#### 4. 1. 2. Celkové dusíkaté látky

Celkové dusíkaté látky byly stanoveny podle metody uvedené v kapitole 3. 2. 2. a jejich hodnoty, vyjádřené v %, jsou pro jednotlivé produkty ze

sladkovodních a mořských řas uvedeny v tabulce 3. Všechny produkty ze sladkovodních řas vykazovaly velmi vysoký obsah celkových dusíkatých látek, a to více než dvojnásobný, v porovnání s produkty z mořských řas. Nejméně celkových dusíkatých látek obsahovaly vzorky Hijiki a Arame z hnědých mořských řas.

Na Obr. 15 jsou znázorněny průměrné obsahy sušiny, popela a celkových dusíkatých látek v produktech z různých řasových skupin.



Obr. 15 Průměrné obsahy Su, Po a NL v produktech z různých řasových skupin

#### 4. 1. 3. Aminokyseliny

Aminokyseliny vázané v proteinech byly stanoveny podle metody popsané v kapitole 3. 2. 3. Hodnoty aminokyselin jsou vyjádřeny v  $\text{g} \cdot 16 \text{ g}^{-1} \text{ N}$ . Byly stanoveny sирné aminokyseliny cystein (Cys), esenciální metionin (Met) a jejich suma ( $\Sigma\text{Cys}+\text{Met}$ ). Z dalších esenciálních aminokyselin byly zjištěny treonin (Thr), valin (Val), izoleucin (Ile), leucin (Leu), fenylalanin (Phe), lyzin (Lys) a jejich suma ( $\Sigma\text{EAK}$ ). Analýza tryptofanu (Trp) nebyla provedena. Byly



stanoveny také semiesenciální a neesenciální aminokyseliny histidin (His), arginin (Arg), kyselina asparagová (Asp), kyselina glutamová (Glu), serin (Ser), prolin (Pro), glycin (Gly), alanin (Ala), tyrozin (Tyr) a jejich suma ( $\Sigma$ NEAK). V tabulkách 4 - 8 jsou uvedeny hodnoty obsahů esenciálních a neesenciálních aminokyselin v jednotlivých produktech ze sladkovodních a mořských řas.

Tab. 4 Celkové obsahy EAK, NEAK a sirných AK v produktech z mořských a sladkovodních řas

|                  | C     | S     | SB    | D     | NV    | A      | H     | K     | W     | WI    |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| $\Sigma$ EAK     | 34,27 | 39,42 | 31,85 | 29,00 | 30,38 | 34,05  | 34,32 | 22,18 | 21,00 | 36,41 |
| $\Sigma$ NEAK    | 49,17 | 60,52 | 49,32 | 55,11 | 56,06 | 68,12  | 53,94 | 49,78 | 32,04 | 50,36 |
| $\Sigma$ AK      | 83,43 | 99,94 | 81,17 | 84,11 | 86,44 | 102,17 | 88,26 | 71,96 | 53,04 | 86,77 |
| $\Sigma$ Met+Cys | 5,10  | 4,88  | 4,96  | 5,34  | 5,88  | 14,12  | 5,91  | 4,11  | 3,03  | 5,10  |

Tab. 5 Obsahy EAK v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas ( $\bar{x} \pm$  S.D.)

|     | C         |            | S         |            | SB        |            | D         |            | NV        |            |
|-----|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|     | $\bar{x}$ | S.D.       | $\bar{x}$ | S.D.       | $\bar{x}$ | S.D.       | $\bar{x}$ | S.D.       | $\bar{x}$ | S.D.       |
| Met | 3,44      | $\pm$ 0,05 | 3,52      | $\pm$ 0,05 | 3,54      | $\pm$ 0,05 | 2,44      | $\pm$ 0,15 | 3,09      | $\pm$ 0,17 |
| Thr | 3,86      | $\pm$ 0,09 | 5,41      | $\pm$ 0,03 | 4,22      | $\pm$ 0,04 | 4,02      | $\pm$ 0,09 | 4,86      | $\pm$ 0,11 |
| Val | 5,39      | $\pm$ 0,06 | 6,30      | $\pm$ 0,03 | 5,49      | $\pm$ 0,03 | 5,17      | $\pm$ 0,07 | 5,42      | $\pm$ 0,10 |
| Ile | 3,32      | $\pm$ 0,10 | 5,79      | $\pm$ 0,03 | 4,70      | $\pm$ 0,04 | 3,47      | $\pm$ 0,11 | 3,37      | $\pm$ 0,16 |
| Leu | 7,33      | $\pm$ 0,05 | 8,74      | $\pm$ 0,02 | 6,33      | $\pm$ 0,03 | 5,55      | $\pm$ 0,07 | 5,64      | $\pm$ 0,09 |
| Phe | 4,10      | $\pm$ 0,08 | 4,94      | $\pm$ 0,03 | 3,93      | $\pm$ 0,05 | 3,70      | $\pm$ 0,10 | 4,20      | $\pm$ 0,13 |
| Lys | 6,81      | $\pm$ 0,05 | 4,72      | $\pm$ 0,04 | 3,64      | $\pm$ 0,05 | 4,65      | $\pm$ 0,08 | 3,81      | $\pm$ 0,14 |

Nejvyšší obsah EAK byl zjištěn v produktu *Spirulina Pacifica* ze stejnojmenné sladkovodní „řasy“ *S. pacifica*. V případě hnědých mořských řas byly zjištěny velké rozdíly mezi produkty z různých řas, ale i mezi produkty, které byly vyrobeny ze stejného druhu. Největší rozdíl v obsahu EAK byl mezi produkty *Wakame instant* a *Wakame* z mořské hnědé řasy *U. pinnatifida*.

V prvním produktu byly hodnoty dokonce vyšší než u některých sladkovodních řas, ve druhém byly zjištěny nejnižší hodnoty ze všech vyšetřovaných produktů. Nejvyšší obsah celkových, NEAK i sirných AK vykazoval produkt Arame z hnědé mořské řasy *E. bicyclis*.

Tab. 6 Obsahy EAK v produktech z hnědých mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ )

|     | A           |      | H           |      | K           |      | W           |      | WI          |      |
|-----|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
|     | $\bar{x}$   | S.D. | $\bar{x}$   | S.D. | $\bar{x}$   | S.D. | $\bar{x}$   | S.D. | $\bar{x}$   | S.D. |
| Met | 6,64 ± 0,17 |      | 3,73 ± 0,38 |      | 1,98 ± 0,42 |      | 2,07 ± 0,25 |      | 3,68 ± 0,12 |      |
| Thr | 4,44 ± 0,25 |      | 4,91 ± 0,29 |      | 3,53 ± 0,24 |      | 2,71 ± 0,19 |      | 4,57 ± 0,10 |      |
| Val | 5,10 ± 0,22 |      | 5,84 ± 0,24 |      | 3,76 ± 0,22 |      | 3,31 ± 0,15 |      | 5,87 ± 0,07 |      |
| Ile | 3,49 ± 0,32 |      | 4,42 ± 0,32 |      | 2,51 ± 0,33 |      | 2,60 ± 0,20 |      | 4,52 ± 0,10 |      |
| Leu | 6,22 ± 0,18 |      | 7,17 ± 0,20 |      | 4,41 ± 0,19 |      | 4,42 ± 0,12 |      | 7,81 ± 0,06 |      |
| Phe | 4,04 ± 0,28 |      | 4,95 ± 0,28 |      | 2,79 ± 0,30 |      | 2,88 ± 0,18 |      | 4,93 ± 0,09 |      |
| Lys | 4,11 ± 0,27 |      | 3,31 ± 0,43 |      | 3,20 ± 0,26 |      | 3,00 ± 0,17 |      | 5,02 ± 0,09 |      |

Nejhojněji se vyskytující EAK byl ve všech produktech Leu, pouze v produktu Arame to byl Met, který byl nejméně zastoupenou EAK ve většině produktů. V produktech Arame a Chlorella Tabs byl nejméně zastoupenou EAK Ile a v Hijiki to byl Lys.

Ve všech vyšetřovaných produktech byly nejhojněji zastoupeny kyselé AK Glu a Asp. Opět byly zjištěny velké rozdíly mezi produkty z různých řasových skupin, ale podobně jako u EAK, i mezi produkty Wakame instant a Wakame z mořské hnědé řasy *U. pinnatifida*. Velký rozdíl v obsahu NEAK vykazovaly také dva produkty Spirulina Pacifica a Spirulina Bio ze sladkovodních řas *S. pacifica* a *S. platensis*. Histidin byl nejméně zastoupenou NEAK ve většině produktů z hnědých a v obou produktech z červených mořských řas. Cystein byl nejméně zastoupenou NEAK v produktech Chlorella Tabs, Spirulina Pacifica ze sladkovodních řas *Ch. pyrenoidosa* a *S. pacifica* a také ve Wakame a Wakame instant z mořské hnědé řasy *U. pinnatifida*.

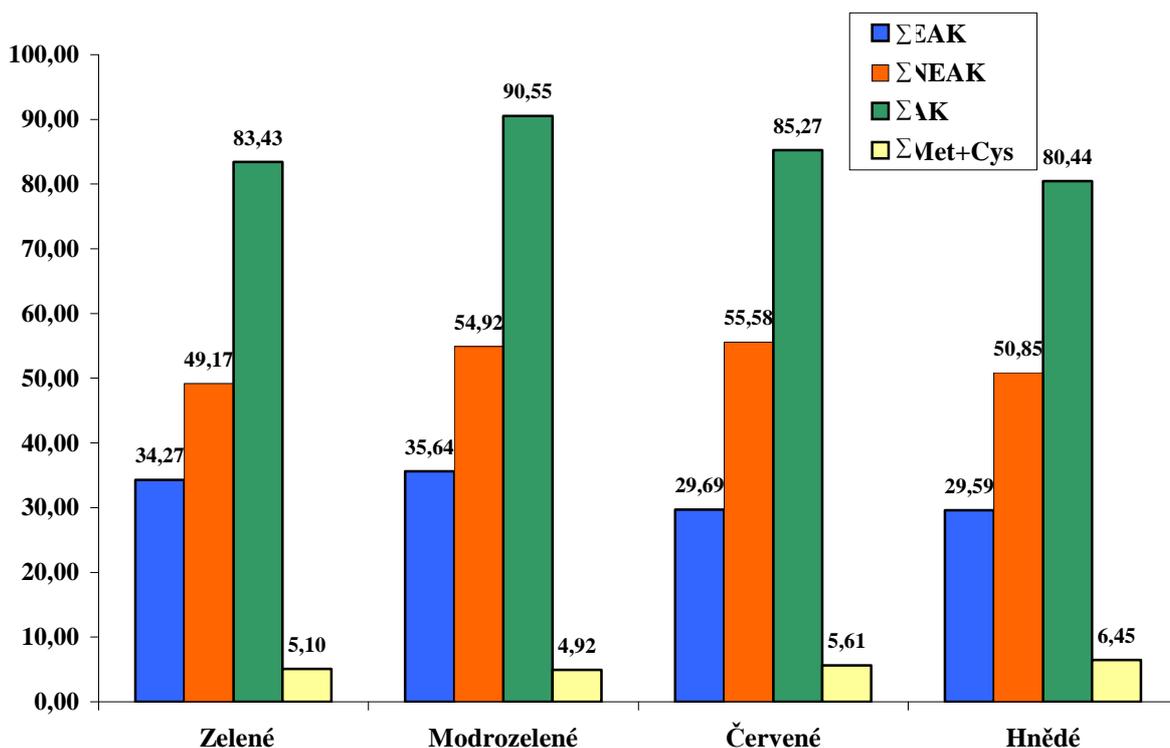
Tab. 7 Obsahy NEAK v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|     | C           |      | S            |      | SB           |      | D            |      | NV           |      |
|-----|-------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
|     | $\bar{x}$   | S.D. | $\bar{x}$    | S.D. | $\bar{x}$    | S.D. | $\bar{x}$    | S.D. | $\bar{x}$    | S.D. |
| Cys | 1,66 ± 0,10 |      | 1,36 ± 0,13  |      | 1,42 ± 0,13  |      | 2,90 ± 0,13  |      | 2,80 ± 0,19  |      |
| Asp | 8,00 ± 0,04 |      | 10,25 ± 0,02 |      | 7,77 ± 0,02  |      | 9,69 ± 0,04  |      | 10,06 ± 0,05 |      |
| Ser | 3,05 ± 0,11 |      | 4,73 ± 0,04  |      | 3,69 ± 0,05  |      | 3,78 ± 0,10  |      | 4,61 ± 0,12  |      |
| Glu | 9,26 ± 0,04 |      | 13,13 ± 0,01 |      | 12,31 ± 0,01 |      | 10,34 ± 0,04 |      | 10,72 ± 0,05 |      |
| Pro | 4,13 ± 0,08 |      | 4,02 ± 0,04  |      | 3,48 ± 0,05  |      | 6,44 ± 0,06  |      | 3,60 ± 0,15  |      |
| Gly | 4,99 ± 0,07 |      | 5,38 ± 0,03  |      | 3,89 ± 0,05  |      | 5,44 ± 0,07  |      | 5,53 ± 0,10  |      |
| Ala | 6,42 ± 0,05 |      | 7,43 ± 0,02  |      | 5,90 ± 0,03  |      | 6,78 ± 0,06  |      | 6,71 ± 0,08  |      |
| Tyr | 2,78 ± 0,12 |      | 4,13 ± 0,04  |      | 3,13 ± 0,06  |      | 2,53 ± 0,15  |      | 2,84 ± 0,19  |      |
| His | 1,96 ± 0,17 |      | 2,03 ± 0,08  |      | 1,37 ± 0,13  |      | 1,72 ± 0,22  |      | 1,94 ± 0,28  |      |
| Arg | 6,91 ± 0,05 |      | 8,05 ± 0,02  |      | 6,34 ± 0,03  |      | 5,49 ± 0,07  |      | 7,24 ± 0,07  |      |

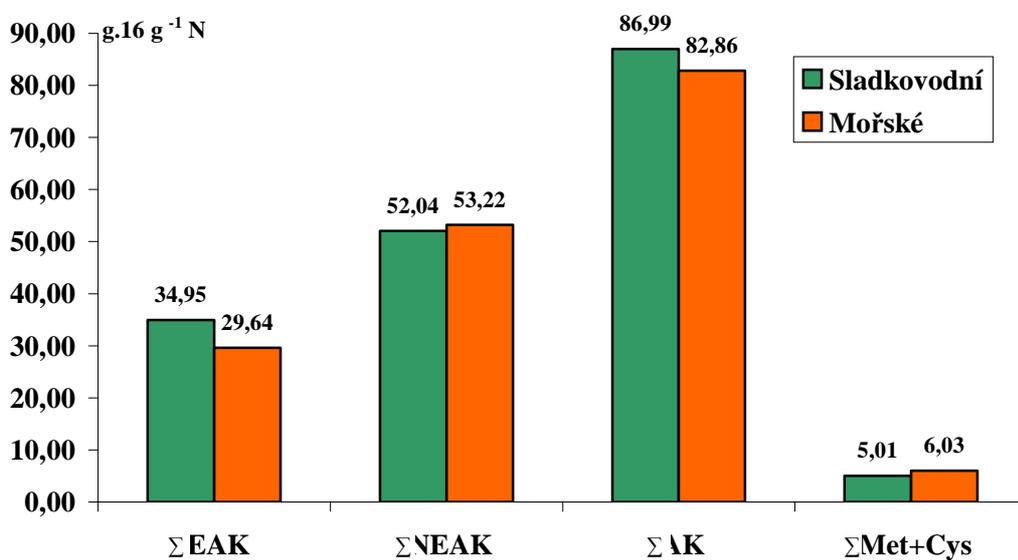
Tab. 8 Obsahy NEAK v produktech z hnědých mořských řas ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|     | A            |      | H            |      | K            |      | W           |      | WI          |      |
|-----|--------------|------|--------------|------|--------------|------|-------------|------|-------------|------|
|     | $\bar{x}$    | S.D. | $\bar{x}$    | S.D. | $\bar{x}$    | S.D. | $\bar{x}$   | S.D. | $\bar{x}$   | S.D. |
| Cys | 7,48 ± 0,15  |      | 2,18 ± 0,65  |      | 2,13 ± 0,39  |      | 0,96 ± 0,53 |      | 1,41 ± 0,31 |      |
| Asp | 9,40 ± 0,12  |      | 10,53 ± 0,13 |      | 8,45 ± 0,10  |      | 5,95 ± 0,09 |      | 9,14 ± 0,05 |      |
| Ser | 3,62 ± 0,31  |      | 4,13 ± 0,34  |      | 2,93 ± 0,28  |      | 2,45 ± 0,21 |      | 4,01 ± 0,11 |      |
| Glu | 22,51 ± 0,05 |      | 13,71 ± 0,10 |      | 15,38 ± 0,05 |      | 6,64 ± 0,08 |      | 9,77 ± 0,04 |      |
| Pro | 3,84 ± 0,29  |      | 2,37 ± 0,59  |      | 5,05 ± 0,16  |      | 2,34 ± 0,22 |      | 4,54 ± 0,10 |      |
| Gly | 4,46 ± 0,25  |      | 5,63 ± 0,25  |      | 3,77 ± 0,22  |      | 3,37 ± 0,15 |      | 5,36 ± 0,08 |      |
| Ala | 9,06 ± 0,12  |      | 7,08 ± 0,20  |      | 6,09 ± 0,14  |      | 4,65 ± 0,11 |      | 6,24 ± 0,07 |      |
| Tyr | 2,16 ± 0,52  |      | 2,25 ± 0,63  |      | 1,43 ± 0,58  |      | 1,39 ± 0,37 |      | 2,28 ± 0,19 |      |
| His | 1,68 ± 0,67  |      | 1,49 ± 0,94  |      | 1,23 ± 0,67  |      | 1,06 ± 0,48 |      | 1,97 ± 0,22 |      |
| Arg | 3,91 ± 0,29  |      | 4,57 ± 0,31  |      | 3,31 ± 0,25  |      | 3,23 ± 0,16 |      | 5,65 ± 0,08 |      |

Na obr. 16 jsou znázorněny průměrné obsahy celkových AK, EAK, NEAK i sirných AK v produktech z různých řasových skupin. Nejvyšší zastoupení celkových AK, EAK i NEAK bylo zjištěno v modrozelených řasách. Nejvíce sirných AK bylo obsaženo v produktech z hnědých mořských řas z důvodu velmi vysokého obsahu těchto AK v produktu Arame.



Obr. 16 Průměrné obsahy EAK, NEAK, celkových a siřných AK v produktech z různých řasových skupin



Obr. 17 Průměrné obsahy EAK, NEAK, celkových a siřných AK v produktech ze sladkovodních a mořských řas

Na obr. 17 jsou graficky znázorněny průměrné obsahy celkových AK, EAK, NEAK i sirných AK v produktech ze sladkovodních a mořských řas. Vyšší zastoupení EAK i celkových AK bylo v produktech ze sladkovodních řas. Obsah NEAK i sirných AK byl naopak větší v produktech z mořských řas.

#### **4. 1. 4. Minerální prvky**

Minerální prvky byly stanoveny podle metod uvedených v kapitole 3. 2. 4. Byly stanoveny makrobiogenní - Na, K, Mg, Ca a P, oligobiogenní - Fe, Zn, Cu, Mn, mikrobiogenní Cr a B a toxické prvky - Pb, Cd a Hg. Hodnoty jejich obsahů jsou vyjádřeny mg.kg<sup>-1</sup> sušiny.

#### ***Makrobiogenní prvky***

Hodnoty obsahů makrobiogenních prvků Na, K, Mg, Ca a P ve vyšetřovaných produktech jsou uvedeny v tabulce 9 a 10. Koncentrace jednotlivých prvků vykazovaly značné rozdíly mezi jednotlivými skupinami sladkovodních a mořských řas, ale i mezi jednotlivými produkty v rámci jedné skupiny. Nejvyšší obsah fosforu byl zjištěn v produktech Chlorella Tabs a Spirulina Pacifica ze sladkovodních řas *Ch. pyrenoidosa* a *S. pacifica*. V produktech z mořských řas byl obsah fosforu nízký, přičemž nejméně ho bylo v produktech Arame a Hijiki z hnědých mořských řas *E. bicyclis* a *H. fusiformes*. Koncentrace vápníku a hořčíku byly vyšší v produktech z mořských řas. Velmi nízké hodnoty vápníku a hořčíku vykazoval produkt Spirulina Bio z modrozelené řasy *S. platensis*. Vysoký obsah hořčíku byl stanoven v produktu Nori vločky z červené mořské řasy *P. tenera*. Koncentrace sodíku a draslíku značně kolísaly v rámci řasových skupin, ale i mezi jednotlivými produkty jedné skupiny. Nejvíce draslíku obsahoval produkt Dulse z červené mořské řasy *P. palmata* a téměř stonásobně nižší hodnota byla zjištěna v produktu Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*. Nejvyšší koncentrace sodíku byly obsaženy v produktech Wakame a Wakame instant.

Tab. 9 Obsahy fosforu, vápníku a hořčíku v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|    | P         |        | Ca        |        | Mg        |        |
|----|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|    | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C  | 19,185    | ±0,081 | 2,299     | ±0,019 | 3,532     | ±0,050 |
| S  | 12,632    | ±0,256 | 2,965     | ±0,348 | 4,759     | ±0,047 |
| SB | 8,208     | ±0,029 | 0,875     | ±0,021 | 2,045     | ±0,013 |
| D  | 4,965     | ±0,042 | 2,080     | ±0,062 | 3,455     | ±0,021 |
| NV | 2,023     | ±0,000 | 5,720     | ±0,184 | 40,567    | ±0,008 |
| A  | 0,778     | ±0,000 | 6,789     | ±0,218 | 6,552     | ±0,010 |
| H  | 1,016     | ±0,034 | 6,489     | ±0,183 | 6,851     | ±0,189 |
| K  | 4,756     | ±0,000 | 5,744     | ±0,178 | 6,721     | ±0,001 |
| W  | 6,036     | ±0,045 | 4,936     | ±0,157 | 12,034    | ±0,005 |
| WI | 3,521     | ±0,020 | 5,310     | ±0,173 | 9,429     | ±0,001 |

Tab. 10 Obsahy draslíku a sodíku v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|    | K         |        | Na        |        |
|----|-----------|--------|-----------|--------|
|    | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C  | 10,957    | ±0,019 | 10,392    | ±0,249 |
| S  | 14,891    | ±4,354 | 10,052    | ±0,195 |
| SB | 17,078    | ±0,141 | 11,403    | ±0,316 |
| D  | 105,400   | ±0,589 | 22,775    | ±2,108 |
| NV | 25,971    | ±0,659 | 8,550     | ±0,404 |
| A  | 14,514    | ±0,016 | 11,987    | ±1,983 |
| H  | 54,492    | ±0,564 | 16,155    | ±0,206 |
| K  | 90,894    | ±0,571 | 27,131    | ±0,532 |
| W  | 64,762    | ±1,804 | 62,556    | ±0,397 |
| WI | 1,490     | ±0,011 | 74,905    | ±1,033 |

### *Oligobiogenní a mikrobiogenní prvky*

Zjištěné obsahy Fe, Zn, Cu, Mn, Cr a B ve vyšetřovaných produktech jsou uvedeny v tabulkách 11 a 12.

Tab. 11 Obsahy železa, zinku a mědi v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ )

|    | Fe        |         | Zn        |         | Cu        |        |
|----|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|
|    | $\bar{x}$ | S.D.    | $\bar{x}$ | S.D.    | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C  | 1184,716  | ±76,288 | 24,709    | ± 0,165 | 6,210     | ±0,061 |
| S  | 1479,528  | ±33,277 | 59,174    | ± 0,434 | 7,261     | ±0,000 |
| SB | 380,953   | ±14,347 | 16,156    | ± 0,756 | 4,104     | ±1,458 |
| D  | 717,250   | ±31,160 | 37,025    | ± 2,827 | 4,600     | ±0,812 |
| NV | 1833,031  | ±89,160 | 19,358    | ± 0,570 | 15,802    | ±2,167 |
| A  | 63,378    | ± 3,710 | 27,156    | ± 8,874 | 4,297     | ±0,731 |
| H  | 56,432    | ± 7,071 | 16,200    | ± 1,153 | 2,020     | ±0,559 |
| K  | 73,770    | ±11,311 | 18,157    | ± 7,148 | 1,637     | ±0,220 |
| W  | 70,929    | ± 2,011 | 22,523    | ±11,692 | 3,406     | ±0,485 |
| WI | 303,767   | ±19,440 | 50,667    | ± 7,566 | 3,067     | ±0,236 |

Opět byly zjištěny velké rozdíly nejen mezi jednotlivými skupinami sladkovodních a mořských řas, ale i mezi jednotlivými produkty v rámci jedné řasové skupiny. Velmi vysoké hodnoty Fe, Cu a Mn byly zjištěny v produktech Nori vločky z červené mořské řasy *P. tenera* a Spirulina Pacifica ze sladkovodní řasy *S. pacifica*, který vykazoval i nejvyšší obsah Zn. Nejvíce bóru bylo v produktu Hijiki z hnědé mořské řasy *H. fusiformes*. Nejnižší koncentrace oligobiogenních a mikrobiogenních prvků obsahovaly produkty z hnědých mořských řas.

Tab. 12 Obsahy manganu, chrómu a bóru v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|    | Mn               |      | Cr            |      | B               |      |
|----|------------------|------|---------------|------|-----------------|------|
|    | $\bar{x}$        | S.D. | $\bar{x}$     | S.D. | $\bar{x}$       | S.D. |
| C  | 77,830 ± 6,143   |      | 1,377 ± 0,139 |      | 27,500 ± 2,887  |      |
| S  | 239,935 ± 15,769 |      | 1,076 ± 0,051 |      | 33,000 ± 1,155  |      |
| SB | 19,532 ± 0,530   |      | 1,533 ± 0,189 |      | 41,750 ± 6,076  |      |
| D  | 27,525 ± 2,019   |      | 0,980 ± 0,061 |      | 52,000 ± 1,826  |      |
| NV | 360,001 ± 25,005 |      | 4,900 ± 0,080 |      | 69,500 ± 2,887  |      |
| A  | 3,941 ± 0,869    |      | 0,774 ± 0,078 |      | 37,000 ± 2,309  |      |
| H  | 6,200 ± 0,687    |      | 0,546 ± 0,017 |      | 116,750 ± 4,992 |      |
| K  | 4,674 ± 0,767    |      | 0,712 ± 0,043 |      | 89,500 ± 0,577  |      |
| W  | 6,942 ± 1,234    |      | 0,401 ± 0,023 |      | 69,000 ± 0      |      |
| WI | 11,361 ± 1,764   |      | 0,928 ± 0,080 |      | 33,000 ± 0      |      |

### ***Toxické prvky***

Toxické prvky i při malých koncentracích působí škodlivě na člověka i ostatní biotické složky ekosystémů a ekotoxikologická terminologie pro ně upřednostňuje termín „těžké kovy“ [38]. Obsahy toxických prvků Cd, Pb a Hg jsou uvedeny v tabulce 13. V produktu Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida* byly nalezeny nejvyšší koncentrace všech sledovaných toxických prvků. Nejnižší obsah Cd a Pb byl zjištěn v produktu Spirulina Bio z modrozelené „řasy“ *S. platensis*. Nejméně rtuti bylo obsaženo v produktu Dulse z červené mořské řasy *P. palmata*.

Hodnoty Cd mezi jednotlivými druhy hnědých řas nevykazovaly statisticky významné rozdíly ( $P > 0,05$ ). Avšak mezi Chlorellou, Spirulinou, Arame a ostatními vyšetřovanými produkty zjištěné hodnoty Cd statisticky významné rozdíly ( $P < 0,05$ ) vykazovaly. V případě Pb a Hg nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými vzorky řas ( $P > 0,05$ ).



Tab. 13 Obsahy kadmia, olova a rtuťi v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|           | Cd            |      | Pb            |      | Hg            |      |
|-----------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|
|           | $\bar{x}$     | S.D. | $\bar{x}$     | S.D. | $\bar{x}$     | S.D. |
| <b>C</b>  | 0,027 ± 0,004 |      | 0,586 ± 0,091 |      | 0,011 ± 0     |      |
| <b>S</b>  | 0,071 ± 0,004 |      | 0,415 ± 0,011 |      | 0,019 ± 0,002 |      |
| <b>SB</b> | 0,029 ± 0,006 |      | 0,110 ± 0,027 |      | 0,009 ± 0,001 |      |
| <b>D</b>  | 0,387 ± 0,027 |      | 0,375 ± 0,062 |      | 0,006 ± 0,001 |      |
| <b>NV</b> | 0,386 ± 0,072 |      | 0,957 ± 0,136 |      | 0,025 ± 0     |      |
| <b>A</b>  | 0,079 ± 0,012 |      | 0,456 ± 0,079 |      | 0,030 ± 0     |      |
| <b>H</b>  | 0,609 ± 0,058 |      | 0,262 ± 0,045 |      | 0,029 ± 0     |      |
| <b>K</b>  | 0,322 ± 0,064 |      | 0,182 ± 0,038 |      | 0,016 ± 0     |      |
| <b>W</b>  | 0,271 ± 0,066 |      | 0,183 ± 0,049 |      | 0,011 ± 0     |      |
| <b>WI</b> | 1,010 ± 0,105 |      | 0,959 ± 0,266 |      | 0,037 ± 0     |      |

#### 4. 1. 5. Vlákna potravy

Vlákna byla stanovena podle metod uvedených v kapitole 3. 2. 5. Hodnoty zjištěné v jednotlivých produktech jsou vyjádřeny v %. V tabulce 14 jsou uvedeny obsahy vlákniny potravy stanovené oxidativní hydrolýzou (OX), podle Henneberg–Stohmana (H-S) a enzymaticky (ENZ). Byly zjištěny rozdílné hodnoty, což je dáno použitím rozdílných činidel pro vysrážení jednotlivých součástí vlákniny. Nejnižší hodnoty byly zjištěny metodou podle H-S. Enzymatická metoda poskytovala nejvyšší hodnoty. Obecně lze konstatovat, že produkty z mořských řas obsahovaly vyšší koncentrace vlákniny potravy než řasy sladkovodní. Metodou OX bylo nejvíce vlákniny nalezeno v produktu Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*, metodou H-S v produktu Hijiki z hnědé mořské řasy *H. fusiformes* a enzymatickou metodou v produktu Arame z hnědé mořské řasy *E. bicyclis*.

Tab. 14 Procentuální obsahy vlákniny potravy v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|    | OX        |       | H-S       |       | ENZ       |       |
|----|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|    | $\bar{x}$ | S.D.  | $\bar{x}$ | S.D.  | $\bar{x}$ | S.D.  |
| C  | 1,77      | ±0,26 | 3,28      | ±0,16 | 10,86     | ±0,16 |
| S  | 2,67      | ±1,62 | 2,25      | ±0,25 | 8,49      | ±0,86 |
| D  | 0,71      | ±0,08 | 1,40      | ±0,28 | 32,55     | ±0,61 |
| NV | 11,27     | ±0,95 | 3,44      | ±0,48 | 46,73     | ±0,33 |
| A  | 13,23     | ±0,32 | 8,05      | ±1,29 | 59,81     | ±0,02 |
| H  | 16,58     | ±0,19 | 10,80     | ±0,33 | 57,50     | ±1,24 |
| K  | 12,73     | ±0,79 | 3,78      | ±0,26 | 39,15     | ±4,01 |
| W  | 16,72     | ±1,11 | 3,44      | ±0,30 | 42,57     | ±1,47 |
| WI | 23,01     | ±0,47 | 5,61      | ±0,72 | 50,95     | ±3,12 |

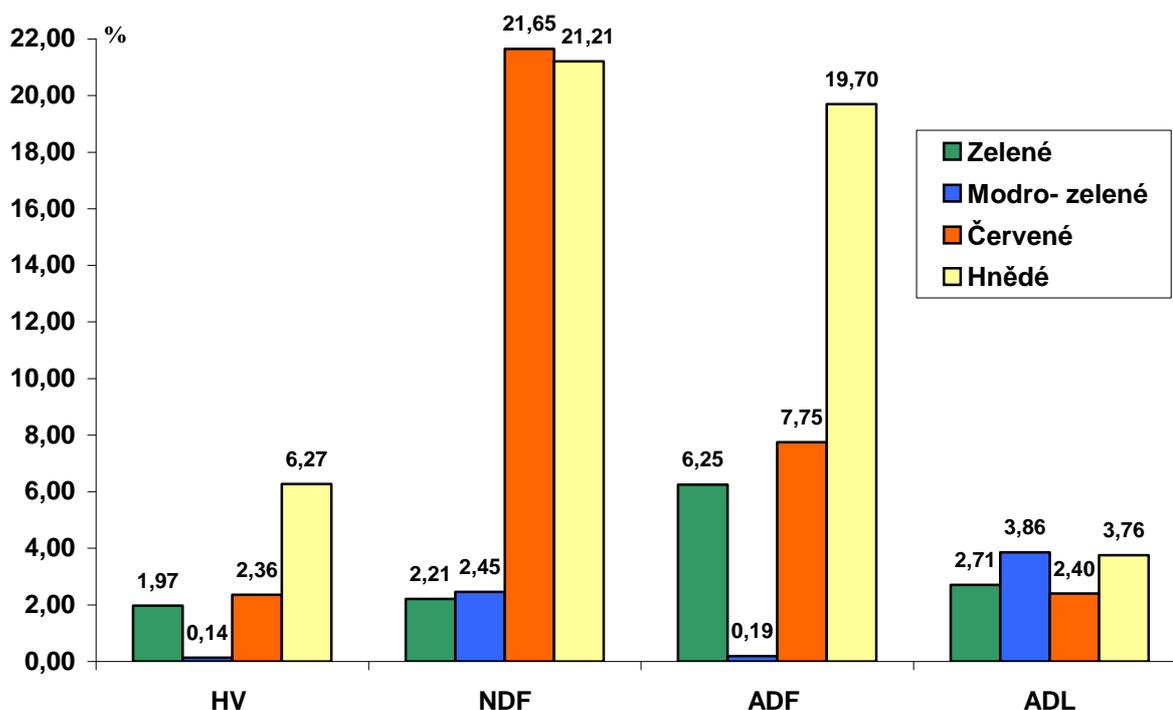
***Vláknina potravy stanovená na přístroji Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer***

Hodnoty vlákniny potravy stanovené na přístroji Ankom jsou uvedeny v tabulce 15.

Tab. 15 Procentuální obsahy vlákniny potravy (HV, NDF, ADF, ADL) v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|    | HV        |        | NDF       |        | ADF       |        | ADL       |        |
|----|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|    | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C  | 1,97      | ± 0,38 | 2,21      | ± 0,83 | 6,25      | ± 1,52 | 2,71      | ± 0,34 |
| S  | 0,18      | ± 0,30 | 4,68      | ± 2,79 | 0,12      | ± 0,12 | 4,56      | ± 3,15 |
| SB | 0,10      | ± 0,11 | 0,22      | ± 0,25 | 0,26      | ± 0,22 | 3,16      | ± 2,03 |
| D  | 1,49      | ± 0,23 | 15,13     | ± 0,62 | 3,12      | ± 0,31 | 0,44      | ± 0,69 |
| NV | 3,24      | ± 0,17 | 28,18     | ± 2,33 | 12,38     | ± 0,45 | 4,36      | ± 0,42 |
| A  | 7,30      | ± 0,29 | 14,55     | ± 0,79 | 19,28     | ± 0,38 | 3,45      | ± 0,66 |
| H  | 12,55     | ± 0,27 | 20,66     | ± 0,81 | 29,36     | ± 1,20 | 7,51      | ± 0,81 |
| K  | 5,45      | ± 0,46 | 22,08     | ± 2,70 | 13,83     | ± 1,05 | 0,43      | ± 0,67 |
| W  | 3,11      | ± 0,55 | 13,90     | ± 4,02 | 16,19     | ± 1,87 | 2,93      | ± 0,70 |
| WI | 2,94      | ± 0,06 | 34,88     | ± 6,10 | 19,83     | ± 0,69 | 4,46      | ± 1,36 |

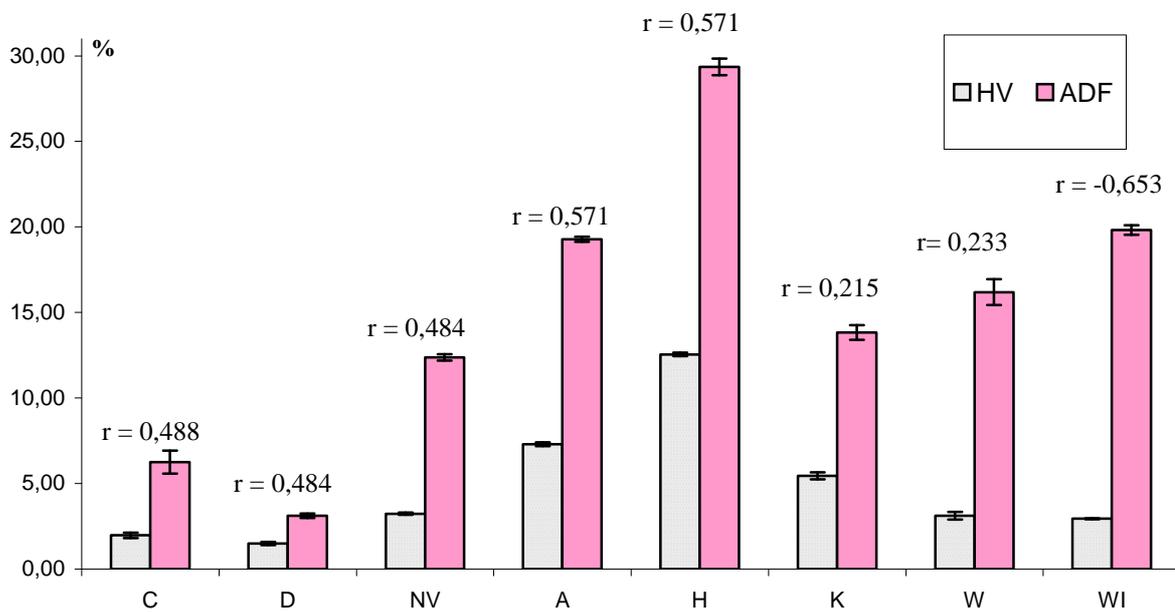
V jednotlivých produktech ze sladkovodních, červených a hnědých mořských řas byly zjištěny velké rozdíly v obsahu vlákniny potravy, stanovené jako HV, NDF, ADF a ADL. Nejvíce HV, ADF i ADL obsahoval produkt z hnědé mořské řasy *H. fusiformes*. Nejvyšší obsahy NDF vykazovaly produkty Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida* a Nori vločky z červené mořské řasy *P. tenera*. Nejnižší hodnoty HV a ADF byly obsaženy v produktech z modrozelených řas *S. pacifica* a *S. platensis*. Nejnižší hodnoty ADL vykazovaly produkty Kombu z hnědé mořské řasy *L. japonica* a Dulse bio vločky z červené mořské řasy *P. palmata*. Na obr. 18. jsou znázorněny průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů vlákniny potravy v různých řasových skupinách.



Obr. 18 Průměrné obsahy vlákniny potravy v produktech z různých řasových skupin

Z pohledu řasových skupin byly nejvyšší obsahy HV, NDF i ADF zjištěny v produktech z hnědých i červených mořských řas. Nejméně HV bylo stanoveno v produktech ze sladkovodních řas *S. pacifica* a *S. platensis*. Obsahy NDF byly srovnatelné v produktech z červených i hnědých mořských řas a více než 9–krát

a 3–krát, v uvedeném pořadí, převyšovaly obsahy HV. V produktech ze sladkovodních řas byly zjištěny 10–krát nižší hodnoty NDF než v produktech z mořských řas. Nejvíce ADF obsahovaly produkty z hnědých mořských řas. V případě hodnot ADL nebyly mezi různými řasovými skupinami zjištěny velké rozdíly. Vlákna potravy, stanovená jako HV a ADF, obsahuje pouze nerozpustné součásti buněčných stěn, které jsou však stanoveny rozdílnými činidly. V případě HV je pro její stanovení použito slabé kyseliny a slabé zásady, kdežto u ADF detergentní činidlo cetyltrimetylamonium bromid. Při statistickém vyhodnocení těchto dvou metod byly zjištěny statisticky významné rozdíly ( $P < 0,05$ ) mezi hodnotami HV a ADF. Na obr. 19 jsou znázorněny obsahy HV a ADF v produktech ze sladkovodních a mořských řas, přičemž vzorky ze sladkovodních modrozelených řas *S. pacifica* a *S. platensis* byly vyloučeny z důvodu velmi nízkých hodnot.



Obr. 19 Obsahy HV a ADF v produktech ze sladkovodních a mořských řas

## 4. 2. Stravitelnost

### 4. 2. 1. Obsah dusíkatých látek rozpustných působením pepsinu

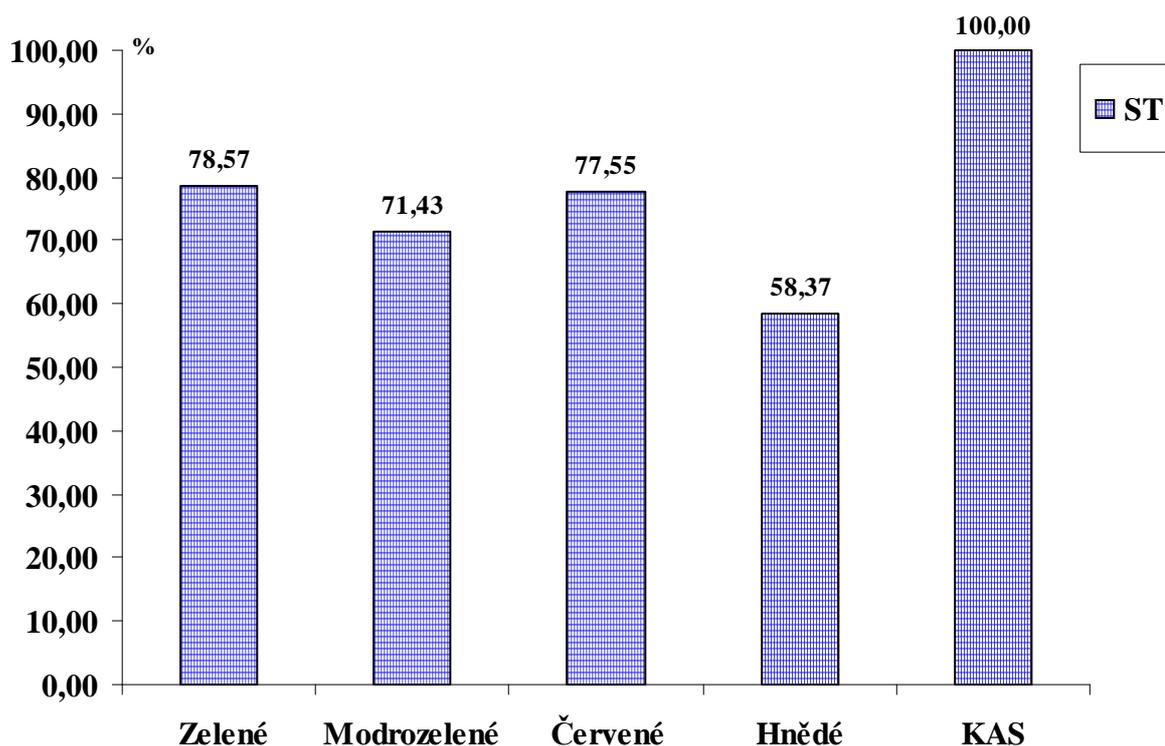
Stravitelnost produktů ze sladkovodních a mořských řas byla stanovena metodou *in vitro* jako rozdíl dusíkatých látek před a po působení proteolytického enzymu pepsinu způsobem uvedeným v kapitole 3. 3. 1. Hodnoty stravitelnosti jsou uvedeny v tabulce 16. Jsou vyjádřeny v % a vztaženy ke kaseinu, jehož stravitelnost byla považována za 100 %-ní.

Tab. 16 Hodnoty stravitelnosti v produktech ze sladkovodních a mořských řas ( $\bar{x} \pm S.D.$ )

|     | NL <sub>VZ</sub> |        | NL <sub>VZP</sub> |        | ST        |        |
|-----|------------------|--------|-------------------|--------|-----------|--------|
|     | $\bar{x}$        | S.D.   | $\bar{x}$         | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C   | 59,58            | ± 0,15 | 41,98             | ± 0,14 | 78,57     | ± 0,15 |
| S   | 58,01            | ± 0,05 | 44,83             | ± 0,15 | 71,43     | ± 0,10 |
| D   | 26,53            | ± 0,14 | 20,66             | ± 0,13 | 79,59     | ± 0,14 |
| NV  | 18,71            | ± 0,13 | 13,84             | ± 0,17 | 75,51     | ± 0,15 |
| A   | 8,92             | ± 0,11 | 4,54              | ± 0,09 | 52,04     | ± 0,10 |
| H   | 7,82             | ± 0,25 | 3,5               | ± 0,14 | 45,92     | ± 0,20 |
| K   | 11,97            | ± 0,12 | 10,4              | ± 0,15 | 88,78     | ± 0,14 |
| W   | 19,63            | ± 0,23 | 13,42             | ± 0,33 | 69,39     | ± 0,30 |
| WI  | 22,90            | ± 0,11 | 7,91              | ± 0,26 | 35,71     | ± 0,18 |
| KAS | 27,51            |        | 26,94             |        | 100,00    |        |

Nejvyšší stravitelnost vykazoval produkt Kombu z hnědé mořské řasy *L. japonica*. Vysoké hodnoty byly zjištěny také ve vzorku Dulse z červené mořské řasy *P. palmata* a Chlorella Tabs ze sladkovodní řasy *Ch. pyrenoidosa*. Nejméně stravitelný byl produkt Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*.

Na obr. 20 jsou znázorněny průměrné hodnoty stravitelnosti v produktech z různých řasových skupin vztažené ke kaseinu. Nejvyšší stravitelnost vykazovaly zelené sladkovodní řasy a červené mořské řasy. Nejmenší průměrná stravitelnost byla zjištěna v produktech z hnědých mořských řas.



Obr. 20 Průměrné hodnoty ST vztažené ke kaseinu v produktech z různých řasových skupin

#### 4. 2. 2. Stravitelnost stanovená s použitím inkubátoru Daisy

Pro stanovení stravitelnosti s použitím inkubátoru Daisy byly použity enzymy pepsin a pankreatin způsobem uvedeným v kapitole 3. 3. 2. Hodnoty stravitelnosti produktů ze sladkovodních a mořských řas jsou vyjádřeny v % jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD) a vztaženy ke kaseinu, jehož stravitelnost byla považována za 100 %-ní.

##### *Hydrolyza pepsinem*

Hodnoty stravitelnosti zjištěné použitím proteolytického enzymu pepsinu jsou uvedeny v tabulce 17. Všechny hodnoty DMD i OMD vykazovaly značné rozdíly mezi vzorky z různých řasových skupin, ale i mezi vzorky vyrobenými z jednoho druhu řas. Nejvyšší stravitelnost sušiny DMD i organické hmoty

OMD vykazovaly vzorky Spirulina Bio z modrozelené „řasy“ *S. platensis* a Dulse z červené mořské řasy *P. palmata*. Nejnižší stravitelnost vyjádřenou jako DMD vykazovaly vzorky Hijiki a Wakame instant z hnědých mořských řas *H. fusiformes* a *U. pinnatifida*. Nejnižší hodnoty OMD byly zjištěny opět v produktu Hijiki a také v Arame z hnědé mořské řasy *E. bicyclis*. Velké rozdíly DMD a OMD vykazovaly vzorky Spirulina Bio a Spirulina Pacifica z modrozelených řas *S. platensis* a *S. pacifica*, ale také vzorky Wakame a Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*.

Tab. 17 Hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při použití pepsinu ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|    | PEPSIN 3 g |        |           |        |
|----|------------|--------|-----------|--------|
|    | DMD        |        | OMD       |        |
|    | $\bar{x}$  | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C  | 60,91      | ± 3,23 | 69,47     | ± 2,32 |
| S  | 74,12      | ± 6,86 | 78,64     | ± 5,57 |
| SB | 89,62      | ± 6,06 | 91,26     | ± 5,16 |
| D  | 87,37      | ± 0,73 | 92,30     | ± 0,68 |
| NV | 73,22      | ± 3,84 | 84,20     | ± 2,43 |
| A  | 57,56      | ± 1,39 | 67,84     | ± 1,07 |
| H  | 51,85      | ± 0,83 | 66,75     | ± 0,68 |
| K  | 70,23      | ± 3,93 | 82,62     | ± 2,56 |
| W  | 69,07      | ± 0,42 | 83,78     | ± 0,20 |
| WI | 52,82      | ± 0,62 | 71,76     | ± 0,47 |

### ***Hydrolyza pankreatinem***

Při stanovení stravitelnosti pomocí pankreatinu byly zkoušeny různé koncentrace enzymu. V tabulkách 18 a 19 jsou uvedeny hodnoty DMD a OMD při navážkách 3, 4, 5 a 6 g pankreatinu.

Tab. 18 Hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při použití 3 a 4 g pankreatinu ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

|    | PANKREATIN 3 g |        |           |        | PANKREATIN 4 g |        |           |        |
|----|----------------|--------|-----------|--------|----------------|--------|-----------|--------|
|    | DMD            |        | OMD       |        | DMD            |        | OMD       |        |
|    | $\bar{x}$      | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$      | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C  | 79,12          | ± 0,99 | 83,79     | ± 0,60 | 80,85          | ± 1,02 | 85,08     | ± 0,85 |
| S  | 82,91          | ± 1,53 | 87,31     | ± 0,95 | 74,17          | ± 4,72 | 80,20     | ± 4,01 |
| SB | 97,51          | ± 0,88 | 98,06     | ± 0,87 | 98,00          | ± 0,19 | 98,74     | ± 0,40 |
| D  | 84,87          | ± 0,34 | 89,53     | ± 0,09 | 85,43          | ± 0,40 | 89,71     | ± 0,50 |
| NV | 65,93          | ± 0,31 | 81,61     | ± 0,24 | 65,17          | ± 0,63 | 81,25     | ± 0,19 |
| A  | 73,22          | ± 1,37 | 81,73     | ± 0,68 | 73,07          | ± 0,43 | 81,30     | ± 0,09 |
| H  | 65,76          | ± 2,31 | 79,04     | ± 1,13 | 66,92          | ± 1,09 | 79,32     | ± 0,37 |
| K  | 76,11          | ± 1,16 | 89,46     | ± 0,36 | 80,69          | ± 0,38 | 89,84     | ± 1,98 |
| W  | 87,47          | ± 2,02 | 93,92     | ± 0,52 | 89,18          | ± 1,27 | 94,34     | ± 0,43 |
| WI | 57,07          | ± 1,40 | 79,88     | ± 0,75 | 57,69          | ± 2,30 | 79,75     | ± 1,06 |

Tab. 19 Hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při použití 5 a 6 g pankreatinu ( $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ )

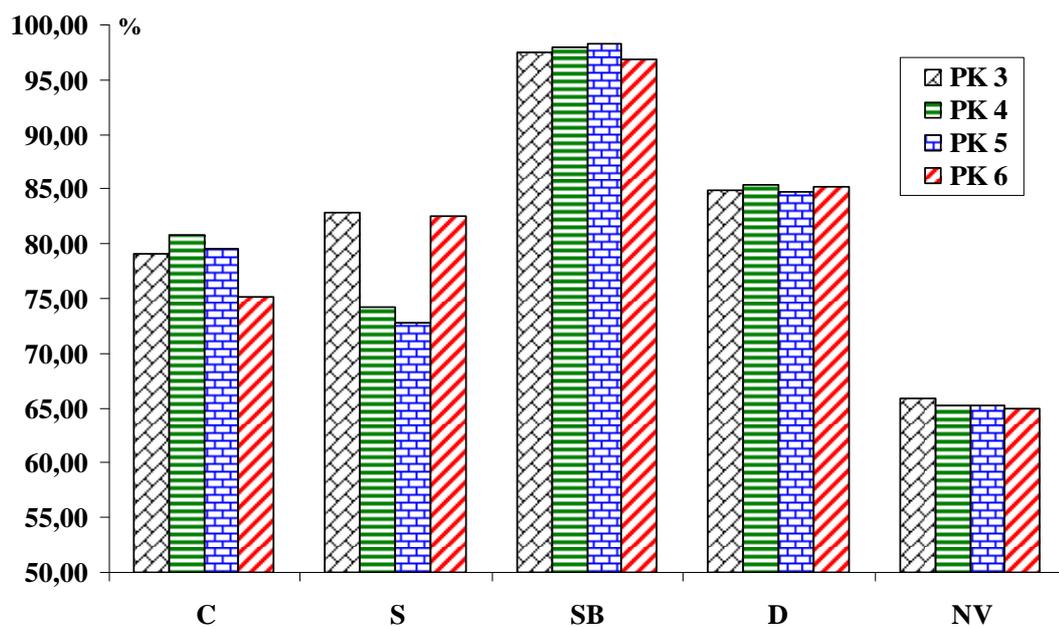
|    | PANKREATIN 5 g |         |           |         | PANKREATIN 6 g |        |           |        |
|----|----------------|---------|-----------|---------|----------------|--------|-----------|--------|
|    | DMD            |         | OMD       |         | DMD            |        | OMD       |        |
|    | $\bar{x}$      | S.D.    | $\bar{x}$ | S.D.    | $\bar{x}$      | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C  | 79,51          | ± 0,97  | 83,99     | ± 0,71  | 75,23          | ± 2,03 | 81,15     | ± 1,64 |
| S  | 72,82          | ± 11,96 | 78,62     | ± 10,11 | 82,56          | ± 1,75 | 87,42     | ± 1,40 |
| SB | 98,34          | ± 0,71  | 98,17     | ± 0,57  | 96,86          | ± 1,78 | 98,06     | ± 1,62 |
| D  | 84,68          | ± 0,28  | 88,83     | ± 0,19  | 85,24          | ± 0,47 | 89,96     | ± 0,57 |
| NV | 65,19          | ± 1,06  | 81,03     | ± 0,43  | 64,86          | ± 0,43 | 81,91     | ± 0,32 |
| A  | 70,89          | ± 1,90  | 79,99     | ± 0,92  | 69,60          | ± 0,48 | 80,38     | ± 0,51 |
| H  | 63,68          | ± 0,72  | 77,50     | ± 0,41  | 63,79          | ± 0,78 | 78,02     | ± 0,41 |
| K  | 73,71          | ± 1,44  | 87,92     | ± 0,53  | 76,50          | ± 0,36 | 89,62     | ± 0,07 |
| W  | 87,67          | ± 0,65  | 93,55     | ± 0,10  | 86,23          | ± 0,34 | 93,91     | ± 0,23 |
| WI | 55,22          | ± 1,10  | 78,96     | ± 0,67  | 56,72          | ± 2,44 | 79,96     | ± 1,14 |



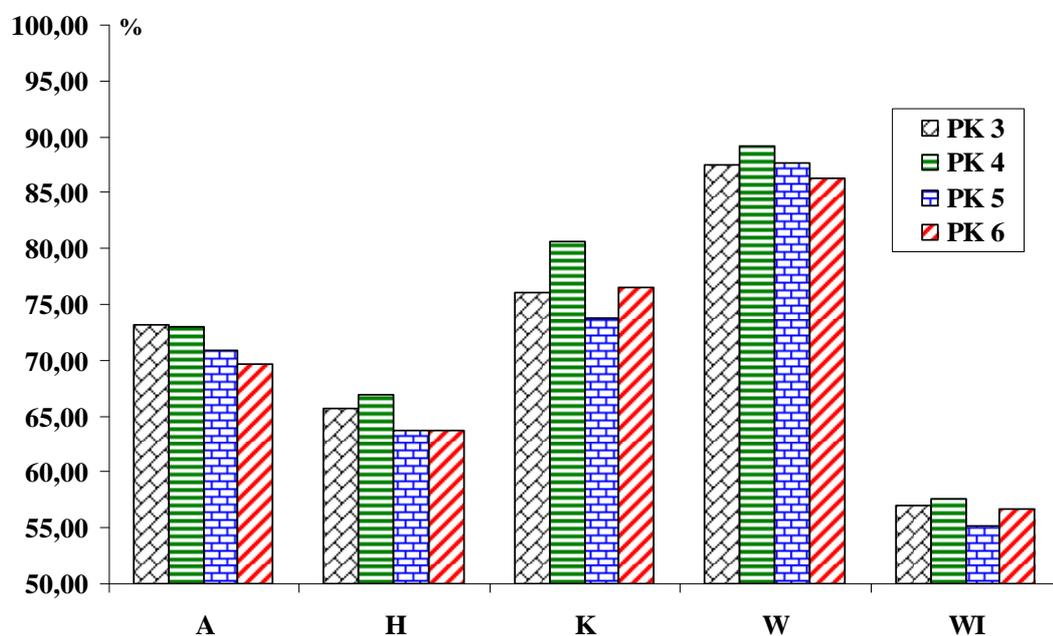
Nejvyšší hodnoty DMD i OMD vykazoval vzorek Spirulina Bio z modrozelené řasy *S. platensis*, a to při všech navážkách pankreatinu. Vysoké hodnoty DMD i OMD vykazovaly i produkty Wakame z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida* a Dulse z červené mořské řasy *P. palmata*. Nejnižší stravitelnost sušiny i organické hmoty měly vzorky Wakame instant a Hijiki z hnědých mořských řas *U. pinnatifida* a *H. fusiformes*.

- **Hodnoty DMD při různých navážkách pankreatinu**

Na obr. 21 a 22 jsou znázorněny hodnoty DMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas v závislosti na použité navážce pankreatinu. V produktu Chlorella Tabs ze sladkovodní řasy *Ch. pyrenoidosa* byla hodnota DMD nejvyšší při navážce 4 g. Téměř stejné hodnoty DMD bylo dosaženo při navážkách 3 a 5 g, ale při nejvyšší navážce 6 g pankreatinu došlo ke snížení stravitelnosti sušiny. V produktu Spirulina Pacifica z modrozelené řasy *S. pacifica* byla nejvyšší hodnota DMD při navážce 3 g a nejnižší při 5 a 4 g. Produkt Spirulina Bio z modrozelené řasy *S. platensis* vykazoval vysoké hodnoty DMD při všech navážkách. V produktu Dulse z červené mořské řasy *P. palmata* byla nejvyšší hodnota DMD při 4 g, přičemž rozdíly DMD při všech navážkách byly velmi malé. Produkt Nori vločky z červené mořské řasy vykazoval nejvyšší hodnotu při 3 g. Při zvyšující se navážce pankreatinu došlo k mírnému poklesu DMD. Všechny hodnoty však byly velmi vyrovnané. V produktu Arame z hnědé mořské řasy *E. bicyclis* byla nejvyšší hodnota DMD při 3 g, při zvyšujících se navážkách došlo k jejímu poklesu. V produktech Hijiki, Kombu a Wakame z hnědých mořských řas byla nejvyšší hodnota DMD při navážce 4 g a při zvyšujících se navážkách došlo k poklesu. Produkt Wakame instant vykazoval velmi nízké hodnoty DMD. Nejvyšší stravitelnost sušiny byla při navážce 4 g, ale hodnota se příliš nelišila od hodnoty DMD dosažené při navážkách 3 a 6 g.



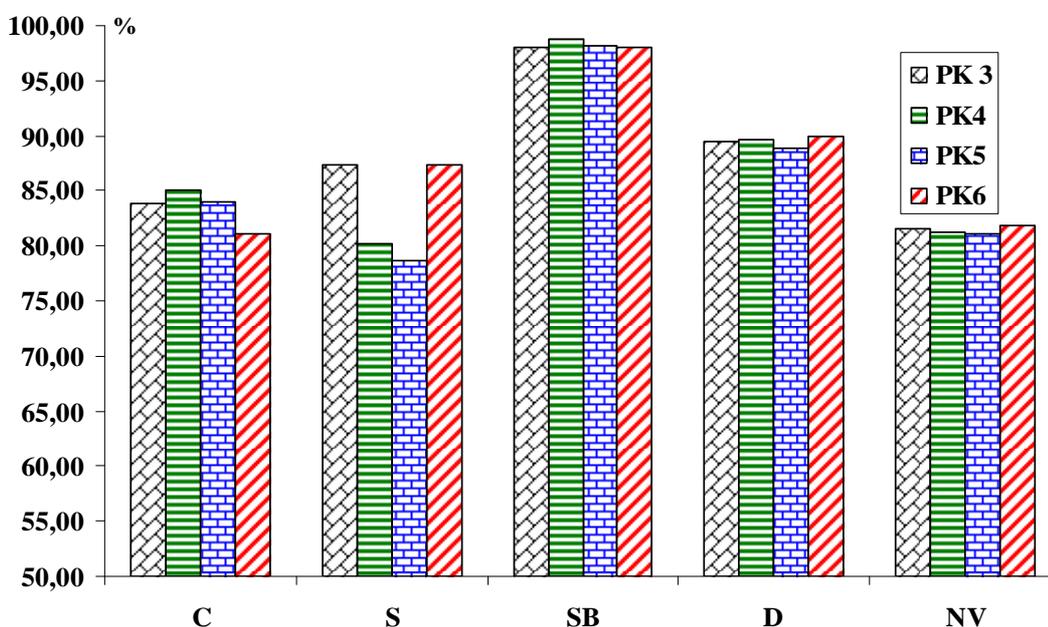
Obr. 21 Hodnoty DMD v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas při různých navážkách pankreatinu



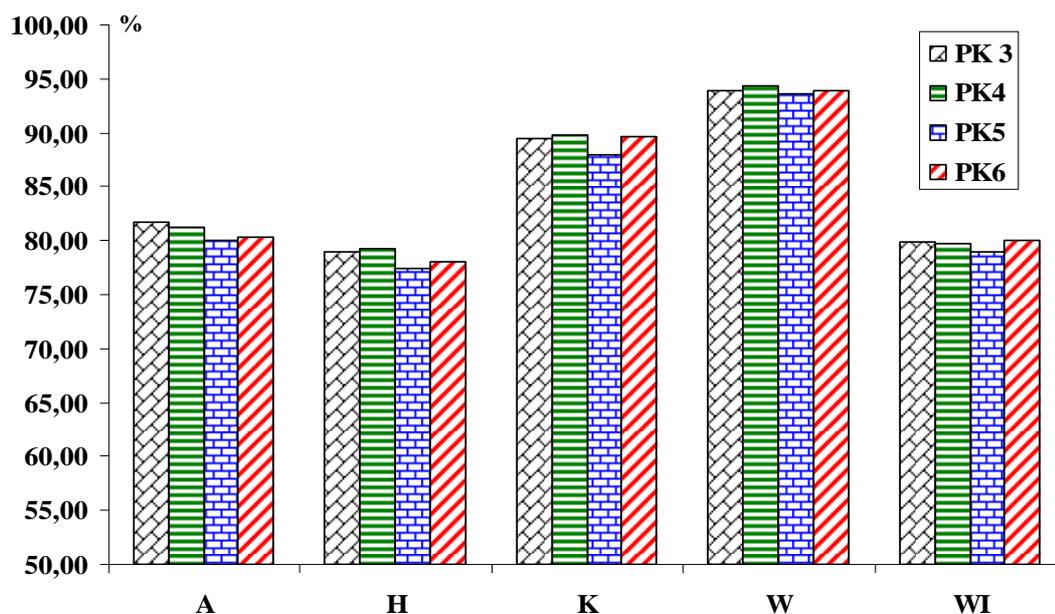
Obr. 22 Hodnoty DMD v produktech z hnědých mořských řas při různých navážkách pankreatinu

- **Hodnoty OMD při různých navážkách pankreatinu**

Na obr. 23 a 24 jsou znázorněny hodnoty OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas v závislosti na použité navážce pankreatinu. V produktu Chlorella Tabs byla hodnota OMD nejvyšší při navážce 4 g. Téměř stejné hodnoty OMD bylo dosaženo při navážkách 3 a 5 g, ale při nejvyšší navážce 6 g došlo k jejímu snížení. Produkt Spirulina Pacifica vykazoval nejvyšší hodnotu OMD při 3 g. V produktech Spirulina Bio, Dulse a Nori vločky byly hodnoty OMD velmi vyrovnané při všech navážkách. V produktech z hnědých mořských řas byly dosažené hodnoty OMD také vyrovnané při všech navážkách pankreatinu. V Arame byla nejvyšší hodnota OMD při 3 g, v produktech Hijiki, Kombu a Wakame při 4 g. Produkt Wakame instant vykazoval téměř stejné hodnoty OMD při navážkách 3, 4 a 6 g pankreatinu.



Obr. 23 Hodnoty OMD v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas při různých navážkách pankreatinu



Obr. 24 Hodnoty OMD v produktech z hnědých mořských řas při různých navážkách pankreatinu

- **Statistické vyhodnocení různých navážek pankreatinu**

Různé navážky pankreatinu, použité pro stanovení stravitelnosti produktů ze sladkovodních a mořských řas, byly statisticky vyhodnoceny pomocí korelačních koeficientů pro DMD a OMD. Jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 20 - 39.

Tab. 20 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Chlorela Tabs

| C     | DMD/3 | DMD/4   | DMD/5   | DMD/6   |
|-------|-------|---------|---------|---------|
| DMD/3 | x     | -0,0898 | -0,2996 | 0,9588  |
| DMD/4 |       | x       | 0,9771  | -0,3691 |
| DMD/5 |       |         | x       | -0,5584 |
| DMD/6 |       |         |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 21 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Chlorela Tabs

| C     | OMD/3 | OMD/4  | OMD/5  | OMD/6   |
|-------|-------|--------|--------|---------|
| OMD/3 | x     | 0,3484 | 0,2125 | 0,8265  |
| OMD/4 |       | x      | 0,9899 | -0,2396 |
| OMD/5 |       |        | x      | -0,3744 |
| OMD/6 |       |        |        | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 22 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Spirulina Pacifica

| S     | DMD/3 | DMD/4  | DMD/5   | DMD/6   |
|-------|-------|--------|---------|---------|
| DMD/3 | x     | 0,0994 | -0,2525 | -0,4613 |
| DMD/4 |       | x      | 0,9376  | -0,9287 |
| DMD/5 |       |        | x       | -2,7540 |
| DMD/6 |       |        |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 23 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Spirulina Pacifica

| S     | OMD/3 | OMD/4  | OMD/5   | OMD/6   |
|-------|-------|--------|---------|---------|
| OMD/3 | x     | 0,1100 | -0,2562 | -0,4426 |
| OMD/4 |       | x      | 0,9326  | -0,9399 |
| OMD/5 |       |        | x       | -0,7534 |
| OMD/6 |       |        |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 24 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Spirulina Bio

| SB    | DMD/3 | DMD/4   | DMD/5   | DMD/6  |
|-------|-------|---------|---------|--------|
| DMD/3 | x     | -0,6054 | 0,9816  | 0,5326 |
| DMD/4 |       | x       | -0,4426 | 0,3511 |
| DMD/5 |       |         | x       | 0,6842 |
| DMD/6 |       |         |         | x      |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 25 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Spirulina Bio

| SB    | OMD/3 | OMD/4   | OMD/5   | OMD/6  |
|-------|-------|---------|---------|--------|
| OMD/3 | x     | -0,3161 | 0,9663  | 0,4117 |
| OMD/4 |       | x       | -0,0614 | 0,7344 |
| OMD/5 |       |         | x       | 0,6323 |
| OMD/6 |       |         |         | x      |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 26 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Dulse

| D     | DMD/3 | DMD/4  | DMD/5  | DMD/6   |
|-------|-------|--------|--------|---------|
| DMD/3 | x     | 0,5356 | 0,9992 | -0,8129 |
| DMD/4 |       | x      | 0,5680 | -0,9272 |
| DMD/5 |       |        | x      | -0,8349 |
| DMD/6 |       |        |        | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 27 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Dulse

| D     | OMD/3 | OMD/4  | OMD/5   | OMD/6   |
|-------|-------|--------|---------|---------|
| OMD/3 | x     | 0,7839 | -0,6754 | -0,4234 |
| OMD/4 |       | x      | -0,0718 | -0,8943 |
| OMD/5 |       |        | x       | -0,8216 |
| OMD/6 |       |        |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 28 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Nori vločky

| NV    | DMD/3 | DMD/4   | DMD/5   | DMD/6   |
|-------|-------|---------|---------|---------|
| DMD/3 | x     | -0,6517 | 0,9456  | -0,8501 |
| DMD/4 |       | x       | -0,8628 | 0,1546  |
| DMD/5 |       |         | x       | -0,6327 |
| DMD/6 |       |         |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 29 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Nori vločky

| NV    | OMD/3 | OMD/4  | OMD/5  | OMD/6   |
|-------|-------|--------|--------|---------|
| OMD/3 | x     | 0,9664 | 0,3030 | -0,3513 |
| OMD/4 |       | x      | 0,5377 | -0,5801 |
| OMD/5 |       |        | x      | -0,9987 |
| OMD/6 |       |        |        | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 30 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Arame

| A     | DMD/3 | DMD/4  | DMD/5   | DMD/6   |
|-------|-------|--------|---------|---------|
| DMD/3 | x     | 0,1740 | -0,9644 | 0,6626  |
| DMD/4 |       | x      | -0,4282 | -0,6221 |
| DMD/5 |       |        | x       | -0,4411 |
| DMD/6 |       |        |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 31 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Arame

| A     | OMD/3 | OMD/4   | OMD/5   | OMD/6   |
|-------|-------|---------|---------|---------|
| OMD/3 | x     | -0,4437 | -0,9368 | 0,6936  |
| OMD/4 |       | x       | 0,1023  | -0,9533 |
| OMD/5 |       |         | x       | -0,3979 |
| OMD/6 |       |         |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 32 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Hijiki

| H     | DMD/3 | DMD/4  | DMD/5   | DMD/6   |
|-------|-------|--------|---------|---------|
| DMD/3 | x     | 0,1518 | 0,8005  | -0,5314 |
| DMD/4 |       | x      | -0,4709 | -0,9180 |
| DMD/5 |       |        | x       | 0,0823  |
| DMD/6 |       |        |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$

\*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 33 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Hijiki

| H     | OMD/3 | OMD/4  | OMD/5   | OMD/6   |
|-------|-------|--------|---------|---------|
| OMD/3 | x     | 0,3967 | 0,2244  | -0,7143 |
| OMD/4 |       | x      | -0,8055 | -0,9257 |
| OMD/5 |       |        | x       | 0,5216  |
| OMD/6 |       |        |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$       \*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 34 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Kombu

| K     | DMD/3 | DMD/4  | DMD/5   | DMD/6   |
|-------|-------|--------|---------|---------|
| DMD/3 | x     | 0,5537 | -0,7288 | -0,4546 |
| DMD/4 |       | x      | -0,9737 | 0,4900  |
| DMD/5 |       |        | x       | -0,2785 |
| DMD/6 |       |        |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$       \*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 35 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Kombu

| K     | OMD/3 | OMD/4  | OMD/5   | OMD/6   |
|-------|-------|--------|---------|---------|
| OMD/3 | x     | 0,9971 | -0,1903 | -0,8685 |
| OMD/4 |       | x      | -0,2644 | -0,9037 |
| OMD/5 |       |        | x       | 0,6519  |
| OMD/6 |       |        |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$       \*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 36 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Wakame

| W     | DMD/3 | DMD/4   | DMD/5   | DMD/6   |
|-------|-------|---------|---------|---------|
| DMD/3 | x     | -0,3721 | -0,9632 | 0,4225  |
| DMD/4 |       | x       | 0,1089  | -0,9985 |
| DMD/5 |       |         | x       | -0,1632 |
| DMD/6 |       |         |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$       \*\*  $P \leq 0,01$



Tab. 37 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Wakame

| W     | OMD/3 | OMD/4   | OMD/5   | OMD/6   |
|-------|-------|---------|---------|---------|
| OMD/3 | x     | -0,2730 | -0,9573 | 0,2790  |
| OMD/4 |       | x       | 0,5396  | -1,0000 |
| OMD/5 |       |         | x       | -0,5448 |
| OMD/6 |       |         |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$                       \*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 38 Hodnoty korelačních koeficientů pro DMD - Wakame instant

| WI    | DMD/3 | DMD/4   | DMD/5   | DMD/6   |
|-------|-------|---------|---------|---------|
| DMD/3 | x     | -0,0698 | -0,5883 | 0,9782  |
| DMD/4 |       | x       | -0,7657 | -0,2755 |
| DMD/5 |       |         | x       | -0,4074 |
| DMD/6 |       |         |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$                       \*\*  $P \leq 0,01$

Tab. 39 Hodnoty korelačních koeficientů pro OMD - Wakame instant

| WI    | OMD/3 | OMD/4   | OMD/5   | OMD/6   |
|-------|-------|---------|---------|---------|
| OMD/3 | x     | -0,1057 | -0,6963 | 1,0000  |
| OMD/4 |       | x       | -0,6401 | -0,1110 |
| OMD/5 |       |         | x       | -0,6925 |
| OMD/6 |       |         |         | x       |

\*  $P \leq 0,05$                       \*\*  $P \leq 0,01$

Ve všech produktech ze sladkovodních a mořských řas byly u vybraných navážek zjištěny vysoké kladné i záporné korelační koeficienty pro DMD a OMD. Při zhodnocení statistické průkaznosti však bylo zjištěno, že jsou tyto korelační koeficienty neprůkazné ( $P > 0,05$ ).

Tab. 40 Procentuální změny DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas v závislosti na navážce pankreatinu

|    | DMD         |             |             |        | OMD         |             |        |             |
|----|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|--------|-------------|
|    | PK 3 g      | PK 4 g      | PK 5 g      | PK 6 g | PK 3 g      | PK 4 g      | PK 5 g | PK 6 g      |
| C  | 2,14        | <b>0,00</b> | 1,65        | 6,95   | 1,52        | <b>0,00</b> | 1,27   | 4,62        |
| S  | <b>0,00</b> | 10,54       | 12,17       | 0,42   | 0,13        | 8,26        | 10,06  | <b>0,00</b> |
| SB | 0,85        | 0,35        | <b>0,00</b> | 1,51   | 0,69        | <b>0,00</b> | 0,58   | 0,11        |
| D  | 0,65        | <b>0,00</b> | 0,88        | 0,22   | 0,48        | 0,28        | 1,26   | <b>0,00</b> |
| NV | <b>0,00</b> | 1,15        | 1,13        | 1,63   | 0,36        | 0,80        | 1,07   | <b>0,00</b> |
| A  | <b>0,00</b> | 0,20        | 3,18        | 4,94   | <b>0,00</b> | 0,53        | 2,12   | 1,65        |
| H  | 1,75        | <b>0,00</b> | 4,85        | 4,69   | 0,35        | <b>0,00</b> | 2,29   | 1,64        |
| K  | 5,67        | <b>0,00</b> | 8,65        | 5,19   | 0,43        | <b>0,00</b> | 2,14   | 0,25        |
| W  | 1,92        | <b>0,00</b> | 1,70        | 3,31   | 0,44        | <b>0,00</b> | 0,84   | 0,46        |
| WI | 1,07        | <b>0,00</b> | 4,28        | 1,68   | 0,11        | 0,27        | 1,25   | <b>0,00</b> |

V tabulce 40 je uvedeno procentuální snížení hodnot DMD a OMD při různých navážkách pankreatinu v produktech ze sladkovodních a mořských řas. Byly vypočteny jako procentuální rozdíl mezi nejvyšší hodnotou stravitelnosti, která byla označena jako 100 %-ní a konkrétní hodnotou DMD a OMD vyjádřenou v % k nejvyšší hodnotě. Hodnota **0,00** tedy vyjadřuje případy, kdy bylo dosaženo nejvyšší stravitelnosti. Použitím navážky 4 g to bylo u pěti produktů v případě DMD a u šesti produktů v případě OMD. U této navážky však ve vzorku *Spirulina Pacifica* došlo ke snížení DMD o více než 10 % a OMD o více než 8 %. Použitím navážky 3 g se hodnoty DMD u většiny vzorků nesnížily o více než 2 % s výjimkou vzorku *Chlorella Tabs*, kde byla tato hodnota mírně překročena a ve vzorku *Kombu* to bylo více než 5 %. U OMD se při této navážce hodnoty snížily ještě méně. U všech vzorků snížení nepřesáhlo 1 %, pouze ve vzorku *Chlorella Tabs* to bylo 1,5 %. Při použití vyšších navážek docházelo u většiny produktů ke snížení hodnot DMD i OMD. Na základě výše uvedeného byla pro všechny produkty ze sladkovodních a mořských řas jako

nejvhodnější zvolena navážka 3 g pankreatinu, a to vzhledem k dosaženým hodnotám DMD a OMD, ale také s ohledem na cenu enzymu.

### ***Kombinovaná hydrolýza pepsinem a pankreatinem***

Stravitelnost produktů ze sladkovodních a mořských řas byla stanovena také po kombinované hydrolýze s použitím dvou enzymů pepsinu a pankreatinu. V obou případech byla použita navážka 3 g. V tabulce 41 jsou uvedeny zjištěné hodnoty DMD a OMD. Při tomto způsobu trávení vykazovaly produkty ze sladkovodních a mořských červených řas vyšší DMD než produkty z hnědých mořských řas.

Tab. 41 Hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při kombinované hydrolýze pepsinem a pankreatinem ( $\bar{x} \pm S.D.$ )

| PEPSIN 3 g + PANKREATIN 3 g |           |        |           |        |
|-----------------------------|-----------|--------|-----------|--------|
|                             | DMD       |        | OMD       |        |
|                             | $\bar{x}$ | S.D.   | $\bar{x}$ | S.D.   |
| C                           | 75,30     | ± 1,13 | 80,59     | ± 0,79 |
| S                           | 85,61     | ± 1,49 | 88,54     | ± 1,19 |
| SB                          | 94,27     | ± 8,29 | 95,44     | ± 6,99 |
| D                           | 87,35     | ± 0,16 | 91,56     | ± 0,15 |
| NV                          | 70,21     | ± 0,38 | 81,36     | ± 0,43 |
| A                           | 57,08     | ± 1,00 | 66,97     | ± 0,73 |
| H                           | 51,80     | ± 0,84 | 66,02     | ± 0,68 |
| K                           | 72,09     | ± 0,75 | 82,91     | ± 0,36 |
| W                           | 68,56     | ± 0,42 | 82,44     | ± 0,20 |
| WI                          | 52,71     | ± 0,63 | 70,77     | ± 0,47 |

Nejvyšší hodnota DMD byla zjištěna v produktu Spirulina Bio z modrozelené řasy *S. platensis* a Dulse z červené mořské řasy *P. palmata*, který vykazoval vyšší stravitelnost sušiny než další produkt ze sladkovodní řasy *S. pacifica*. Získané hodnoty OMD byly vyšší a vykazovaly rozdíly jak mezi jednotlivými

řasovými skupinami, tak i v rámci jedné skupiny. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny opět v produktu Spirulina Bio, Dulse a Spirulina Pacifica, ale také produkty Kombu a Wakame z hnědých mořských řas vykazovaly poměrně vysokou stravitelnost organické hmoty.

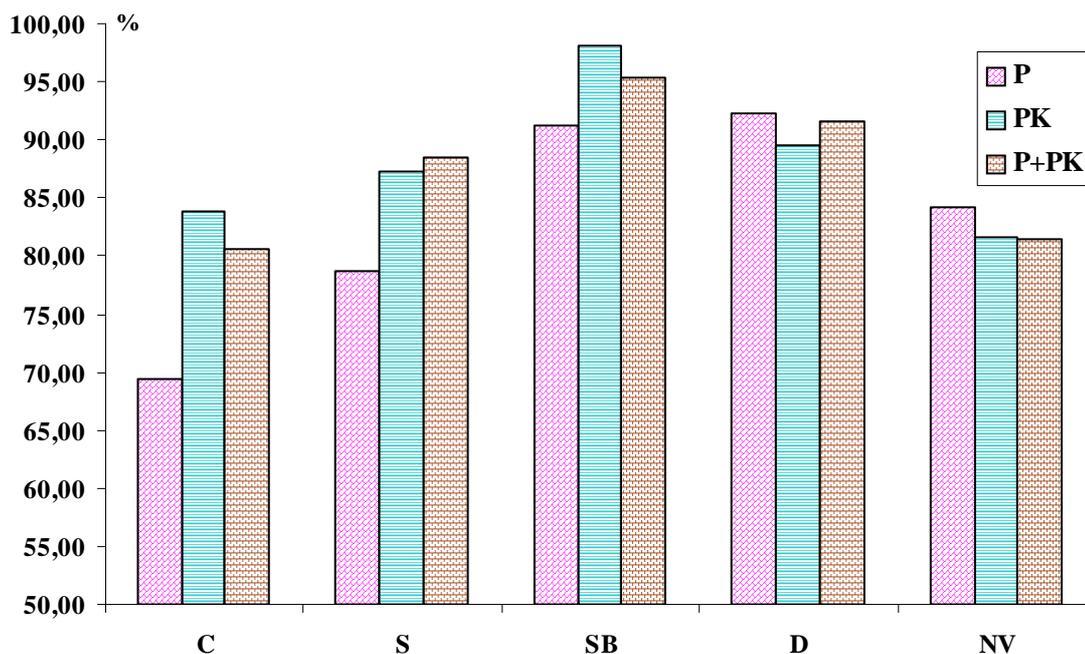
### ***Zhodnocení různého způsobu hydrolýzy***

V tabulce 42 je uvedeno procentuální snížení hodnot DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při různých způsobech hydrolýzy. Byly vypočteny jako procentuální rozdíl mezi nejvyšší hodnotou stravitelnosti, která byla označena jako 100 %-ní a konkrétní hodnotou DMD a OMD vyjádřenou v % k nejvyšší hodnotě. Hodnota **0,00** tedy vyjadřuje případy, kdy bylo dosaženo nejvyšší stravitelnosti. Ze zjištěných výsledků vyplývá, že hodnoty DMD i OMD vyšetřovaných produktů závisí na jejich složení, ale i na použitém enzymu. V obou produktech z červených mořských řas bylo nejvyšší stravitelnosti dosaženo použitím pepsinu. U Dulse došlo použitím pankreatinu ke snížení DMD i OMD téměř o 3 %. Použitím kombinované hydrolýzy bylo dosaženo stejné hodnoty DMD; OMD se snížila o necelé 1 %. V produktech Chlorella Tabs, Spirulina Bio a ve všech produktech z hnědých mořských řas bylo nejvyšších hodnot DMD i OMD dosaženo použitím pankreatinu. Spirulina Pacifica jako jediný ze všech vyšetřovaných produktů vykazoval nejvyšší stravitelnost použitím kombinované hydrolýzy pepsinem a pankreatinem. U všech ostatních vzorků došlo při použití obou enzymů ke snížení DMD i OMD. U produktů Arame, Hijiki a Wakame z hnědých mořských řas snížení činilo až 22 %, stejně jako při použití pepsinu. Nejvyšší rozdíl 23 % byl zjištěn u DMD v produktu Chlorella Tabs použitím pepsinu. Hodnoty snížení stravitelnosti jsou značně rozdílné mezi produkty různých řasových skupin, ale i v produktech jedné řasové skupiny.

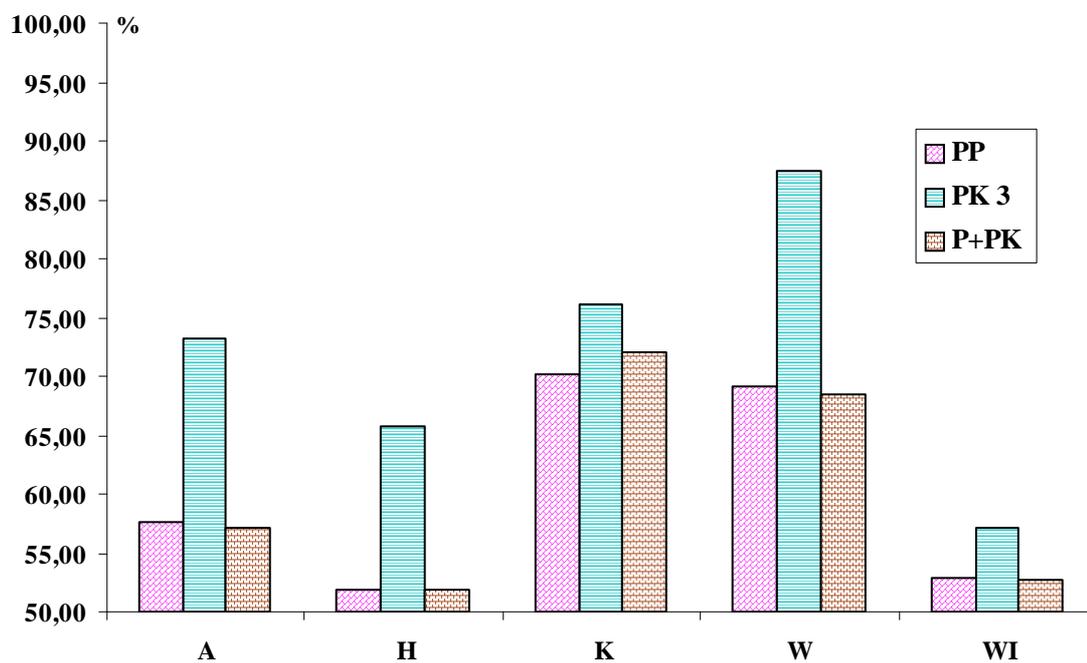
Tab. 42 Procentuální změny DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas v závislosti na způsobu hydrolýzy

|    | DMD         |             |             | OMD         |             |             |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|    | P           | PK          | P+PK        | P           | PK          | P+PK        |
| C  | 23,01       | <b>0,00</b> | 4,83        | 17,08       | <b>0,00</b> | 3,81        |
| S  | 13,42       | 3,16        | <b>0,00</b> | 11,18       | 1,39        | <b>0,00</b> |
| SB | 8,09        | <b>0,00</b> | 3,32        | 6,93        | <b>0,00</b> | 2,67        |
| D  | <b>0,00</b> | 2,86        | 0,03        | <b>0,00</b> | 2,99        | 0,80        |
| NV | <b>0,00</b> | 9,95        | 4,12        | <b>0,00</b> | 3,07        | 3,37        |
| A  | 21,40       | <b>0,00</b> | 22,04       | 16,99       | <b>0,00</b> | 18,05       |
| H  | 21,15       | <b>0,00</b> | 21,22       | 15,54       | <b>0,00</b> | 16,46       |
| K  | 7,73        | <b>0,00</b> | 5,28        | 7,64        | <b>0,00</b> | 7,32        |
| W  | 21,03       | <b>0,00</b> | 21,62       | 10,80       | <b>0,00</b> | 12,23       |
| WI | 7,46        | <b>0,00</b> | 7,64        | 10,16       | <b>0,00</b> | 29,23       |

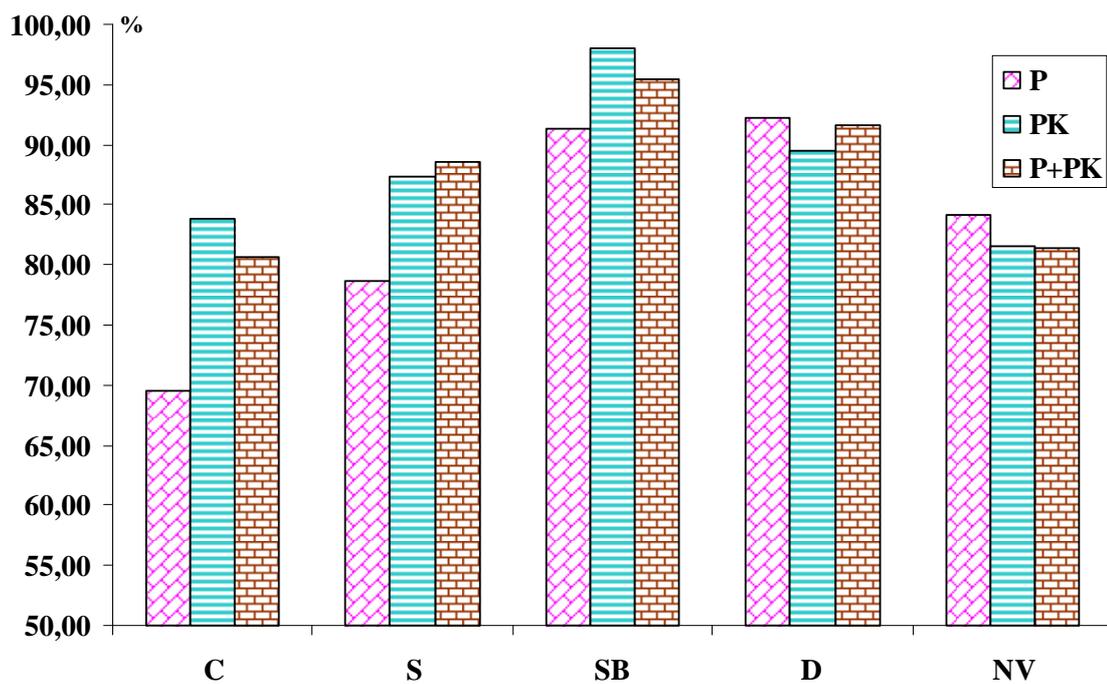
Na obr. 25 – 28 jsou znázorněny hodnoty DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při různých způsobech hydrolýzy s použitím enzymů pepsinu, pankreatinu a kombinované hydrolýzy dvou enzymů pepsinu a pankreatinu. Nejnížší hodnoty DMD i OMD byly zjištěny při použití pepsinu. Nejvyšší hodnoty DMD i OMD vykazoval produkt Spirulina Bio, pouze u OMD za použití pepsinu byla nejvyšší hodnota zjištěna v Dulse. Produkty z hnědých mořských řas vykazovaly nižší hodnoty DMD s výjimkou Wakame, jehož stravitelnost sušiny byla při použití pankreatinu druhá nejvyšší. Nejnížší DMD při všech použitých způsobech hydrolýzy vykazovaly produkty Hijiki a Wakame instant. Hodnoty OMD byly u všech produktů vyšší než hodnoty DMD. U pepsinu a kombinované hydrolýze pepsinem a pankreatinem bylo nejvyšších hodnot OMD dosaženo u produktů Spirulina Bio a Dulse. Při použití pankreatinu nejvyšší stravitelnost vykazovaly produkty Spirulina Bio a Wakame, ale také Dulse a Kombu. Nejnížší hodnoty OMD u všech použitých způsobů vykazovaly produkty z hnědých mořských řas Arame, Hijiki a Wakame instant.



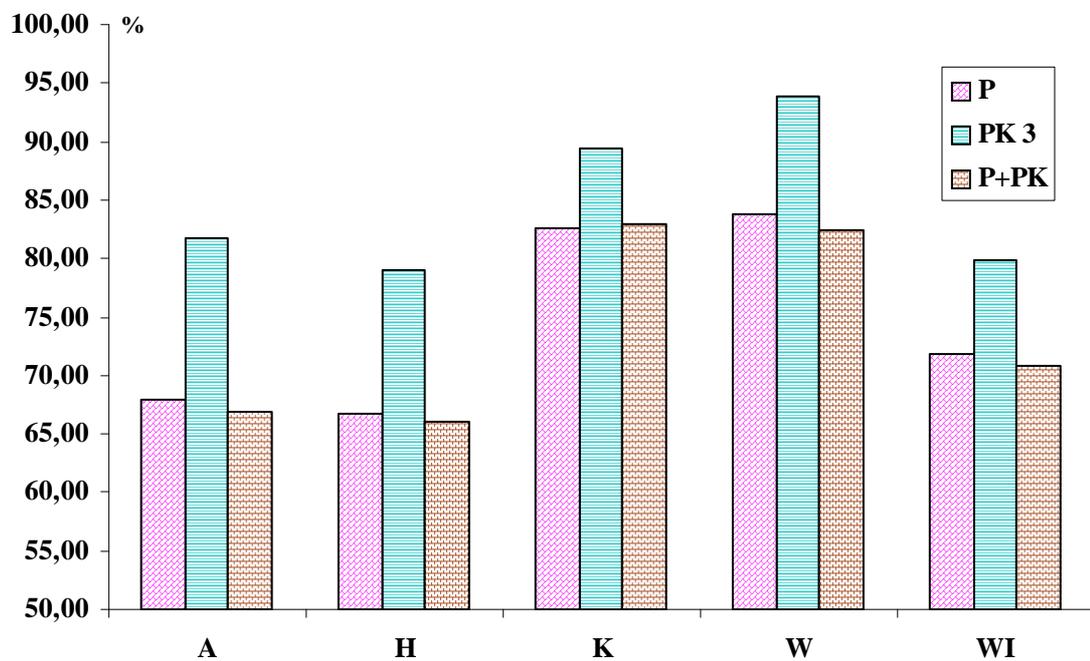
Obr. 25 Hodnoty DMD v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas při různém způsobu hydrolýzy



Obr. 26 Hodnoty DMD v produktech z hnědých mořských řas při různém způsobu hydrolýzy



Obr. 27 Hodnoty OMD v produktech ze sladkovodních a červených mořských řas při různém způsobu hydrolýzy



Obr. 28 Hodnoty OMD v produktech z hnědých mořských řas při různém způsobu hydrolýzy

Tab. 43 Opakovatelnost stanovení DMD a OMD v produktech ze sladkovodních a mořských řas při různém způsobu hydrolýzy

|     | DMD  |      |      | OMD  |      |      |
|-----|------|------|------|------|------|------|
|     | P    | PK   | P+PK | P    | PK   | P+PK |
| C   | 5,00 | 1,14 | 2,10 | 3,16 | 3,16 | 1,61 |
| S   | 8,50 | 2,34 | 2,57 | 6,70 | 6,70 | 1,33 |
| SB  | 5,94 | 1,54 | 7,56 | 8,48 | 8,48 | 6,43 |
| D   | 0,86 | 0,39 | 0,23 | 0,66 | 0,66 | 0,19 |
| NV  | 8,55 | 0,73 | 0,80 | 4,82 | 4,82 | 0,53 |
| A   | 3,46 | 2,32 | 2,13 | 2,50 | 2,50 | 1,61 |
| H   | 2,71 | 5,28 | 2,76 | 1,74 | 1,74 | 1,77 |
| K   | 5,94 | 2,28 | 0,90 | 3,19 | 3,19 | 0,41 |
| W   | 0,98 | 3,73 | 1,01 | 0,23 | 0,23 | 0,26 |
| WI  | 1,90 | 4,05 | 1,91 | 1,03 | 1,03 | 1,05 |
| KAS | 0,78 | 0,65 | 0,34 | 0,74 | 0,74 | 0,28 |

V tabulce 43 jsou uvedeny hodnoty opakovatelnosti v %, které určují rozdíl mezi dvěma paralelními stanoveními DMD a OMD prováděnými na stejném vzorku. Hodnoty opakovatelnosti se pohybovaly v rozmezí 0,19 až 8,55 %. Nejlepší opakovatelnost byla zjištěna u hodnot stravitelnosti v produktu Dulse a kaseinu. Nejhorší opakovatelnost, přesahující 8 % byla u hodnot stravitelnosti produktů Spirulina Pacifica a Spirulina Bio. Nebyla zjištěna závislost opakovatelnosti metody na hodnotě stravitelnosti.

#### 4. 3. Možnosti využití sladkovodních a mořských řas

Sladkovodní a mořské řasy jsou odborníky na výživu označovány jako potraviny budoucnosti [114]. Jejich využití pro přímou spotřebu je velmi rozšířené zejména v zemích Dálného Východu. V západních zemích, včetně České republiky, však tato surovina není běžně pro tyto účely využívána. Tato skutečnost je ovlivněna několika faktory. V první řadě je to malá informovanost českých spotřebitelů. Během průzkumu, provedeného v rámci řešení bakalářské práce bylo zjištěno, že 68 % ze 120 oslovených respondentů o řasách, jako



možné potraviny, vůbec neslyšeli. Dalším faktorem je jejich specifická chuť a vůně, která významně ovlivňuje organoleptické vlastnosti potravin a pokrmů z nich vyrobených a omezuje možnosti jejich využití. Vzhledem k náročné dostupnosti čerstvé suroviny dochází k vymezení sortimentu pouze na sušené produkty. V současné době jsou sladkovodní a mořské řasy dostupné na trhu v České republice pouze ve specializovaných prodejnách zaměřených na zdravou výživu. Míru využití sladkovodních i mořských řas určuje také cena, která je u obou skupin poměrně vysoká. Zavedení nových výrobků s sebou přináší také finančně náročnou reklamní kampaň.

Výše uvedené důvody úzce vymezují možnosti zavedení těchto surovin do běžné spotřebitelské sítě v České republice. Jako nejvhodnější způsob využití se jeví produkty na bázi výživových doplňků, ve kterých by byly řasy obsaženy v podobě tablet nebo kapslí. Tento typ produktu eliminuje nepříjemné vnímání specifické vůně a chuti, kterými jednotlivé druhy řas disponují. Navíc je forma tablet a kapslí pro českého spotřebitele známá a přijatelná.

V této podobě by se mohly řasy používat i jako minerální doplňky stravy. Při jejich výrobě by bylo využito schopnosti řas akumulovat minerální prvky, k jejichž zakoncentrování by došlo při pěstování řas v prostředí obohaceném o stopové prvky.

Další oblastí je výroba polotovarů, kdy by naopak bylo využito specifické chuti a vůně sladkovodních a mořských řas pro přípravu specialit, které by obohatily potravinářský sortiment v oblasti mléčných a pekárenských výrobků.

Z hlediska obsahu esenciálních aminokyselin je možné využít jako doplňků stravy sladkovodní řasy, zejména *S. pacifica*, jejíž obsah EAK byl nejvyšší. Tato řasa by mohla být, spolu s dalšími - *Ch. pyrenoidosa* a *P. tenera*, využita i jako minerální doplněk, zvláště z důvodu vysokého obsahu Fe. Pro zvýšení obsahu vlákniny by se jako součást polotovarů mohly využívat zejména hnědé řasy *E. bicyclis*, *H. fusiformes* a *U. pinnatifida*, které vykazovaly vysoký obsah vlákniny a současně nejnížší stravitelnost. Nejvyšší stravitelnost vykazovaly *S. platensis*

a *P. palmata*, které by mohly být využity jako doplňky pro výrobu nesladkých mléčných produktů a z důvodu nejnižšího obsahu těžkých kovů by mohly být použity i pro dětskou výživu. Problémem je jejich specifická chuť a vůně, která je pro českého spotřebitele nezvyklá.

Při využití jakéhokoliv druhu řas je ovšem nezbytná analýza obsahu jejich nutričních složek a stravitelnosti vzhledem k velké variabilitě složení mezi řasami, a to i v rámci jednoho druhu.

## 5. DISKUZE

Dizertační práce se zabývá nutričními aspekty sladkovodních a mořských řas se zaměřením na stravitelnost a jejich využití ve výživě člověka. Byly vybrány produkty běžně dostupné v České republice tak, aby byly zastoupeny všechny řasové skupiny. Ve sledovaných produktech byly stanoveny nutriční ukazatele jako sušina, popel, celkové dusíkaté látky, aminokyseliny, minerální látky, vláknina potravy a stravitelnost.

### *Celkové dusíkaté látky*

Ze zjištěných výsledků je patrné, že mezi jednotlivými produkty jsou velké rozdíly, a to nejen mezi produkty z různých řasových skupin, ale i v rámci jednoho druhu. Ve shodě s deklaroványi údaji [19, 22] byl vysoký obsah celkových dusíkatých látek zjištěn ve všech produktech ze sladkovodních řas, přičemž nejvyšší byl v produktu Chlorella Tabs, dokonce vyšší než v obou vzorcích modrozelených řas Spirulina Pacifica a Spirulina Bio, které bývají uváděny jako nejvyšší zdroj dusíkatých látek [19]. Nepotvrdil se však deklarováný vysoký obsah celkových dusíkatých látek v produktech z červených mořských řas [6, 22, 23]. Námi zjištěné hodnoty byly přibližně poloviční. Výsledky celkových dusíkatých látek v produktech z hnědých mořských řas byly ve shodě s publikovanými údaji [23].

### *Aminokyseliny*

Kvalita proteinu je posuzována podle jeho aminokyselinového složení. Nejvyšší obsah EAK, vyjádřený jako  $\Sigma$ EAK, byl zjištěn v produktu Spirulina Pacifica a také ve vzorku Wakame instant. Mezi produkty Spirulina Pacifica a Spirulina Bio z modrozelených řas, které pocházely z různých destinací, byl zjištěn rozdíl v obsahu  $\Sigma$ EAK, který činil téměř 20 %. Velký rozdíl (42 %) v obsahu  $\Sigma$ EAK byl také mezi produkty Wakame a Wakame instant. Důvod značného rozdílu ve složení těchto dvou produktů se nám však nepodařilo vysvětlit. Oba vzorky ze stejné řasy *U. pinnatifida* pocházely z Japonska,

bohužel se nepodařilo získat bližší údaje o době a místě jejich sběru ani od japonského dodavatele. Wakame obsahoval nejnižší obsah EAK ze všech vyšetřovaných produktů. Ve Wakame instant byl zjištěn zcela shodný výsledek  $\Sigma$ EAK  $36,4 \text{ g} \cdot 16 \text{ g}^{-1} \text{ N}$  jako uvádí Dawczynski *et al.* [20]. V produktech z červených mořských řas byly námi zjištěné  $\Sigma$ EAK v případě Nori vloček vyšší o 4 % než uvádí Dawczynski *et al.* [20], avšak v produktu Dulse byly naše hodnoty  $\Sigma$ EAK nižší o 19 % než uvádí Galland-Irmouli *et al.* [23]. V produktech z hnědých mořských řas bylo u Hijiki námi zjištěno více EAK o 7 % a v Kombu o 12 % méně než uvádí Dawczynski *et al.* [20].

Protein je považován za kompletní, pokud obsahuje všechny esenciální aminokyseliny, které musí být přítomny v určitém množství. Nejideálnější složení má vaječný protein, u všech ostatních potravin se některé aminokyseliny vyskytují v limitujícím množství. Ve většině produktů z mořských a sladkovodních řas byl nejméně zastoupenou EAK Met. Ileucin byl nejméně zastoupenou EAK v produktech Chlorella Tabs a Arame, v Hijiki to byl Lys. V literatuře bývá uváděn tryptofan jako EAK, která se u sladkovodních i mořských řas vyskytuje v nejmenším množství [5, 20]. V této práci nebyl stanovován. Nejhojněji se vyskytoval Leu, pouze ve vzorku Arame to byl Met. Produkt Chlorella Tabs obsahoval i vyšší hodnoty Lys, který je limitující EAK obilovin [115]. Na rozdíl od publikovaných údajů [6, 18, 22, 23] byly ve vyšetřovaných produktech z mořských i sladkovodních řas zjištěny vyšší obsahy sirných AK Met a Cys. Shoda s publikovanými údaji byla nalezena i v hodnotách celkových aminokyselin, jejichž obsah je ovlivněn poměrně vysokým zastoupením kyselých AK Glu a Asp [6, 18, 22, 23].

### ***Minerální látky***

Ze zjištěných výsledků je patrné, že všechny druhy vyšetřovaných řas jsou významným zdrojem minerálních látek. Obsahy makrobiogenních prvků jsou ve srovnání s ostatními potravinami nízké, avšak oligobiogenní prvky dosahují koncentrací, které jsou obsaženy ve významných zdrojích těchto prvků,

případně je ještě převyšují [101, 116]. Obsahy jednotlivých prvků se velmi liší jak mezi produkty z mořských a sladkovodních řas, tak i mezi produkty jedné řasové skupiny.

Obecně bylo v produktech z mořských a sladkovodních řas zjištěno následující pořadí koncentrací jednotlivých prvků:



v případě toxických prvků:



Obsahy Na a K v produktech z mořských řas pravděpodobně závisí i na stupni vyprání suroviny. Nejvíce Na obsahovaly produkty Wakame a Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*. V Nori vločkách, z červené mořské řasy *P. tenera*, byl obsah Na dokonce nižší než v produktech ze sladkovodních řas. Nejvíce K obsahoval produkt Dulce z červené mořské řasy *P. palmata*, jehož hodnota byla téměř stokrát vyšší než ve Wakame instant. Vysoký obsah Mg byl zjištěn v Nori vločkách. V případě Ca nebyly zjištěny tak velké rozdíly koncentrací jako u jiných prvků. Velmi nízkou hodnotu Ca vykazoval vzorek Spirulina Bio z modrozelené řasy *S. platensis*. Vysoký obsah P byl však v produktech ze sladkovodních řas, což může být dáno vyšším stupněm eutrofizace sladkých vod. Námi zjištěné obsahy těchto prvků byly mnohonásobně nižší než podle Rupérez [44], který zjišťoval minerální složení některých španělských mořských řas, ale také podle Hou *et al.* [16], který obsahy minerálních prvků sledoval v čínských mořských řasách.

Nejvyšší obsahy Fe byly zjištěny v produktech Nori vločky a v produktech Chlorella Tabs a Spirulina Pacifica ze sladkovodních řas *Ch. pyrenoidosa* a *S. pacifica*. Nejvíce Cu, Mn a Cr obsahoval produkt Nori vločky. Nejvyšší množství Zn a Mn bylo zjištěno ve vzorku Spirulina Bio a v produktu Wakame instant. Nejvyšší hodnota bóru byla nalezena v produktu Hijiki z hnědé mořské řasy *H. fusiformes*. Opět byly zjištěny velké rozdíly v obsahu Fe a Zn v produktech Spirulina Pacifica a Spirulina Bio a také ve Wakame a Wakame

instant. Produkt Spirulina Pacifica obsahoval téměř o 75 % více Fe i Zn než Spirulina Bio, Wakame instant o 75 % více Fe a 55 % více Zn než Wakame. Námi zjištěná hodnota Fe ve Wakame je ve shodě, ale v Nori vločkách byla téměř 18 krát vyšší než uvádí Rupérez [44].

Toxické prvky se do životního prostředí dostávají lidskou činností a průmyslovými exhalacemi. Vzhledem k tomu, že řasy mají schopnost přijímat z prostředí těžké kovy a kumulovat je ve svém organismu, je nutné, aby byly pěstovány v prostředí, které není zatíženo průmyslovými exhalacemi. Hlavním zdrojem příjmu kadmia u člověka jsou potraviny, proto by jeho maximální hodnoty v potravinářských surovinách měly být sníženy na nejmenší možnou míru. Hladiny olova se v potravinách v posledních letech snížily, a to především díky snižování emisí tohoto kovu zavedením bezolovnatého benzínu. Rtuť se do přírodního prostředí dostává především průmyslovými exhalacemi při výrobě chlóru [50], její hladiny v potravním řetězci se mění podle stupně znečištění přírodního prostředí. Námi zjištěné hodnoty Cd a Hg byly vyšší v produktech z mořských řas. V případě Pb nebyla situace jednoznačná. V produktu Chlorella Tabs byla zjištěna vyšší koncentrace Pb než v produktech z některých mořských řas. Ve vzorku Wakame instant z hnědé mořské řasy byly zjištěny nejvyšší koncentrace všech rizikových prvků. Nejnižší koncentrace Cd a Pb obsahoval produkt Spirulina Bio. Nejméně Hg bylo zjištěno v produktu Dulse. Přestože jsou řasy ve formě potravních doplňků prodávány i v České republice, nejsou pro ně vydány maximální limity, dokonce nejsou ani v Nařízení komise (ES) č.466/2001 stanovující maximální hladiny určitých škodlivin v potravinách. Zjištěné hodnoty těžkých kovů byly velmi nízké a ani v jednom případě nebyly překročeny francouzské limity, stanovené pro řasy a produkty z nich [64].

### ***Vláknina potravy***

Stanovení vlákniny patří k základním ukazatelům, které musí být stanoveny pro zjištění nutriční hodnoty potravin. Přítomnost polysacharidů a jejich možná interakce s proteiny nebo s minerálními prvky může způsobit jejich nižší

využitelnost. Výsledky stanovení potvrdily, že zejména hnědé i červené mořské řasy jsou významným zdrojem vlákniny potravy. Hodnoty jejich obsahů se však liší podle způsobu stanovení a jsou velmi těžko srovnatelné s literárními zdroji pokud nejsou uvedeny podmínky stanovení, případně jsou stanoveny za jiných laboratorních podmínek. Vláknina potravy v produktech ze sladkovodních a mořských řas byla stanovena oxidativní hydrolýzou (OX), podle Henneberg–Stohmana (H-S) a enzymaticky (ENZ). Metodou OX byly nejvyšší hodnoty vlákniny stanoveny v produktech z hnědých mořských řas. Produkty ze sladkovodních řas a také Dulse z červené mořské řasy vykazovaly velmi nízké hodnoty. Metodou podle H-S již tak velké rozdíly mezi produkty ze sladkovodních a mořských řas nebyly zjištěny. Tato metoda poskytovala ve většině případů nižší hodnoty než předcházející OX. Enzymatickou metodou byly stanoveny nejvyšší hodnoty. Byl opět zjištěn zřetelný rozdíl v obsahu vlákniny mezi produkty z mořských a sladkovodních řas. Vysoký obsah vlákniny obsahovaly hnědé a červené mořské řasy. Ve velmi dobré shodě byly námi zjištěné obsahy vlákniny stanovené enzymaticky s hodnotami podle Dawczynski *et al.* [20] v produktech Nori vločky, Hijiki, Kombu a Wakame z mořských řas *P. tenera*, *H. fusiformes*, *L. japonica* a *U. pinnatifida*. Obsahy vlákniny v Nori vločkách, Hijiki a Wakame jsou podle Jímenez-Escrig *et al.* [74] nižší než námi stanovené obsahy, pouze v *H. fusiformes* uvádí hodnotu nižší. U tohoto zdroje nebyla uvedena metoda stanovení. Podle Sánchez-Machado *et al.* [117] byly obsahy vlákniny stanovené enzymaticky ve velmi dobré shodě s našimi u červené mořské řasy *P. palmata* v Dulse a v hnědé mořské řase *L. ochroleuca* stejně jako v *L. japonica* v Kombu. V *P. tenera* v produktu Nori vločky a *U. pinnatifida* ve Wakame byly naše hodnoty vyšší. Stejně tak podle Rupérez *et al.* [118] byly námi dosažené hodnoty vlákniny v Nori vločkách, Kombu i Wakame vyšší.

Z dosažených výsledků je zřejmé, že původní metody, využívající dvoustupňovou hydrolýzu v slabě kyselém a slabě zásaditém prostředí, nejsou

dostatečné. Navíc byla problematická filtrace vzorků z důvodu vzniku gelovité konzistence, která mohla být zdrojem případných chyb. Pro enzymatické stanovení se doporučuje filtrační zařízení FIBERTEC E, kterým však naše laboratoř nedisponuje. Filtrace pomocí vodní vývěvy byla velmi zdlouhavá, použitím filtrů Nylon 66 Filter Membranes se podařilo eliminovat chyby při kvantitativním převádění zbytku na filtru k další analýze. Vlákna potravy byla stanovena také na přístroji Ankom jako HV, NDF, ADF a ADL. Použitím filtračních sáčků je možné eliminovat chyby stanovení, které vznikají při manipulaci se vzorkem při filtraci. Při stanovení HV a ADF je gravimetricky stanoven nezhydrolyzovatelný zbytek, který představuje lignocelulózový komplex, přičemž hydrolýza je provedena v případě HV slabou kyselinou a slabou zásadou, stejně jako u metody podle H-S. Pro stanovení ADF byla hydrolýza vzorků provedena detergentním činidlem cetyltrimetylamonium bromidem v kyselém prostředí. Hydrolýza provedená detergentním činidlem byla mnohem účinnější a při statistickém vyhodnocení těchto dvou metod byly zjištěny statisticky významné rozdíly ( $P < 0,05$ ). Při stanovení NDF byla hydrolýza vzorků provedena pomocí detergentního činidla laurylsulfátu sodného v neutrálním prostředí a nezhydrolyzovaný zbytek celulózy, hemicelulózy a ligninu byl stanoven gravimetricky. Hodnoty NDF, které vyjadřují celkovou vlákninu (vedle nerozpustných součástí jsou stanoveny i částečně rozpustné hemicelulózy), by měly být vyšší než ADF. Tento předpoklad, týkající se zejména produktů z mořských řas, které obsahují i složky rozpustné vlákniny jako jsou xyloglukany a galaktomanany hemicelulóz,  $\beta$ -glukany, pektinové sloučeniny, gummy a slizy [74], však nebyl splněn u produktů Wakame, Hijiki a Arame z hnědých mořských řas, což může souviset se stupněm vyprání suroviny. Ve shodě s literárními údaji [9], které upozorňují na velké rozdíly ve složení mořských i sladkovodních řas, byly zjištěny velké rozdíly v obsahu NDF ve dvou produktech Wakame a Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*. Velký rozdíl byl zjištěn i v obsahu NDF u produktů ze



sladkovodních modrozelených řas *S. pacifica* a *S. platensis*. Zjištěné hodnoty NDF mohou být srovnány pouze u *Palmaria sp.* v Nori vločkách a *L. digitata* s *L. japonica* v Kombu. Marsham *et al.* [6] získal v prvním případě vyšší hodnoty, ve druhém nižší. Acidodetergentní lignin byl stanoven gravimetricky po oxidaci lignocelulózového zbytku 72 %-ní kyselinou sírovou. Nejvyšší hodnoty ADL byly zjištěny v produktu Hijiki z hnědé mořské řasy *H. fusiformes*. Údajů o obsahu vlákniny ve sladkovodních řasách je málo. Podle Ogbonda byla stanovena celková vláknina výpočtem u *Spirulina sp.* pěstované v různých podmínkách, a to v rozmezí 9 - 12,7 % [7].

### ***Stravitelnost***

Pro posouzení kvality hodnocených potravin je nutné znát i míru jejich využitelnosti. Ve vědeckých publikacích jsou dostupné informace o složení mořských i sladkovodních řas. Doposud velmi málo je řešena otázka jejich stravitelnosti. Metody pro určení stravitelnosti biologických materiálů zahrnují několik způsobů stanovení. Jejich výstupy jsou proto velmi těžko srovnatelné. U metod *in vivo* probíhá inkubace vzorků přímo v pokusných objektech s využitím jejich enzymového vybavení [119]. Pro potraviny jsou využívány metody *in vitro*, při nichž dochází k simulování podmínek *in vivo* v laboratorních podmínkách. Stravitelnost pak může být stanovena ze změny obsahu dusíkatých látek před a po působení proteolytických enzymů [100, 103]. Záleží však na použitém enzymu, době inkubace a druhu biologického materiálu. V poslední době se pro stanovení stravitelnosti, zejména krmiv, využívá inkubátoru Daisy, pomocí něhož je stravitelnost sušiny a organické hmoty stanovena gravimetricky z úbytků hmotnosti vzorku po enzymové inkubaci a následném vysušení a spálení. Při použití této metody pro stanovení stravitelnosti potravin je nutné vzít v úvahu charakter biologického materiálu pro zvolení vhodných podmínek při simulování trávení v lidském zažívacím ústrojí. Stravitelnost řas závisí na jejich složení, ale také na typu použitého enzymu, který štěpí různé složky, které zůstávají po vyprání a různém

technologickém zpracování řas. Tato problematika však dosud není dobře zdokumentována. V literatuře jsou popsány metody, které stanovují stravitelnost proteinů řas po jejich předchozí extrakci elektroforézou na polyakrylamidovém gelu a následném stanovení úbytku dusíku po působení směsi enzymů pepsinu a pankreatinu [120].

V této práci byla stravitelnost řasových produktů stanovena použitím dvou metod. Jako první byla použita metoda určená pro stanovení stravitelnosti krmiv, která byla s ohledem na složení řasových produktů upravena. Stravitelnost byla zjištěna z úbytku dusíkatých látek před a po působení proteolytického enzymu pepsinu. Bylo zjištěno, že nejlépe stravitelné byly produkty Kombu z mořské hnědé řasy *L. japonica*, Dulse z červené mořské řasy *P. palmata* a Chlorella Tabs ze sladkovodní řasy *Ch. pyrenoidosa*. Nejméně stravitelný byl produkt Wakame instant z hnědé mořské řasy *U. pinnatifida*, ve kterém byl zjištěn vysoký obsah vlákniny.

Pro stanovení stravitelnosti pomocí inkubátoru Daisy byla použita prováděcí metodika „Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin–celulázovou metodou užitím Daisy inkubátoru“ podle Třináctého [79]. I tato metoda byla pro řasové produkty upravena. Vzhledem k tomu, že lidský organismus neobsahuje enzym celulázu, nebyla pro stanovení stravitelnosti použita. Pro hydrolýzu vzorků byly použity enzymy pepsin a pankreatin. Pro pepsin byly použity podmínky z výše uvedené metodiky. Pro pankreatin byly podmínky stanoveny pokusně. Byly odzkoušeny čtyři koncentrace pankreatinu a statisticky vyhodnoceny. Mezi použitými inkubačními roztoky enzymu, které byly připraveny v různých koncentracích použitím navážky 3, 4, 5 a 6 g enzymu, nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly ( $P > 0,05$ ). Jako nejvhodnější byla zvolena navážka 3 g, a to s ohledem na změny hodnot DMD a OMD pro všechny produkty z mořských i sladkovodních řas a také s přihlédnutím k ceně enzymu. Pro stanovení stravitelnosti bylo použito

i multienzymové metody s použitím kombinované hydrolýzy pepsinem a pankreatinem. U obou enzymů byla použita navážka 3 g.

U všech metod byla stravitelnost stanovena k referenčnímu proteinu kaseinu, jehož hodnota byla považována za 100 %-ní. Zhodnocením těchto tří metod je možné učinit následující závěry. Při použití pepsinu byly zjištěny nejvyšší hodnoty DMD i OMD v produktech Dulse a Nori vločky z červených mořských řas. Nejvyšší hodnoty DMD i OMD při použití pankreatinu vykazoval produkt Spirulina Bio, všechny produkty z hnědých mořských řas a produkt Chlorella Tabs ze sladkovodní zelené řasy. Pouze v produktu Spirulina pacifica bylo dosaženo nejvyšší stravitelnosti při multienzymové metodě s použitím pepsinu a pankreatinu. Získané hodnoty DMD i OMD vykazovaly rozdíly jak mezi jednotlivými řasovými skupinami, tak i v rámci jedné skupiny. Nejvyšší hodnoty DMD i OMD byly zjištěny v produktu Spirulina Bio, Dulse a Spirulina Pacifica, ale také produkty Kombu a Wakame z hnědých mořských řas vykazovaly poměrně vysokou stravitelnost organické hmoty. V odborné literatuře jsou k dispozici pouze obecné údaje o stravitelnosti řas bez uvedení konkrétních hodnot a metody, kterými byla stanovena [115]. Při výpočtu opakovatelnosti metody na stanovení stravitelnosti na přístroji Daisy s použitím tří možností hydrolýzy nebyla zjištěna závislost opakovatelnosti metody na hodnotě stravitelnosti. Nejlépe reprodukovatelné hodnoty byly u produktu Dulse a v produktech z hnědých mořských řas. Nejnižší hodnoty pro DMD i OMD byly získány při použití kombinované hydrolýzy (2,03 a 1,41 %), pro pankreatin činila opakovatelnost pro DMD 2,22% a OMD 3,02 %.

## 6. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Na základě získaných poznatků jsme dospěli k závěrům, že sladkovodní i mořské řasy vykazují vysokou nutriční hodnotu, zvláště svým obsahem minerálních prvků a esenciálních aminokyselin. Obsahují také vlákninu, která má pozitivní účinek na trávení, ale její negativní účinek se může projevit při zhoršeném vstřebávání živin, tedy snižuje jejich využitelnost.

Přínos pro vědu:

- Byly získány nové, popř. zpřesňující údaje o nutriční hodnotě a stravitelnosti zkoumaných mořských a sladkovodních řas.
- Bylo prokázáno, že produkty ze sladkovodních a mořských řas obsahují významné množství minerálních prvků, zejména mikroelementů a esenciálních aminokyselin.
- Bylo zjištěno, že produkty ze sladkovodních a mořských řas obsahují vysoké množství vlákniny, která má pozitivní účinky na lidské zdraví, ale při nadměrném příjmu může negativním způsobem ovlivnit využitelnost nutričně významných látek.
- Byla navržena a zpracována metodika pro stanovení stravitelnosti v produktech ze sladkovodních a mořských řas s použitím inkubátoru Daisy.
- Výsledky byly, jsou a budou publikovány v odborném tisku, vědeckých časopisech a prezentovány na tuzemských i zahraničních konferencích.
- Pro další srovnávací pokusy a rozšíření sledování nových zdrojů řas bude navázána spolupráce s Ústavem fyzikální biologie Jihočeské univerzity v Nových Hradech, jehož výzkum je zaměřen na vývoj biologických technologií. V ústavu je řešena kultivace vybraných druhů řas a sinic za použití solárních fotobioreaktorů. Spolupráce bude zaměřena na

zjišťování nutriční hodnoty a stravitelnosti nových druhů řas a jejich použití pro výrobu potravinářských výrobků a doplňků stravy.

Přínos pro praxi:

- Získané výsledky nutričních ukazatelů by měly přispět k lepší informovanosti českých spotřebitelů o skutečných nutričních hodnotách výrobků ze sladkovodních a mořských řas.
- Využití inovované metody pro stanovení vlákniny v produktech z mořských a sladkovodních řas na přístroji Ankom i pro běžnou laboratorní praxi.
- Využití nově navržené metody pro stanovení stravitelnosti s použitím inkubátoru Daisy v produktech z mořských a sladkovodních řas i pro běžnou laboratorní praxi.

## 7. ZÁVĚR

Nedostatečný příjem proteinů, zejména v rozvojových zemích, podporuje trend hledání nových, levnějších rostlinných zdrojů proteinů. Jedním z těchto zdrojů se zabývá i tato dizertační práce. Literární přehled shrnuje poznatky o taxonomii, složení potravinářsky významných druhů řas a předkládá metody stanovení nutričních faktorů důležitých pro stanovení nutričních hodnot vyšetřovaných produktů.

V experimentální části byly předloženy získané výsledky o složení vybraných produktů z mořských a sladkovodních řas. Všechny vyšetřované vzorky vykazovaly vysoké hodnoty obsahů aminokyselin. V produktu *Spirulina Pacifica* ze sladkovodní řasy *S. pacifica* a v červených mořských řasách byly zjištěny nejvyšší hodnoty esenciálních i celkových AK. Nejnižší hodnoty esenciálních i celkových AK byly obsaženy v hnědých mořských řasách, ve kterých byla nejvyšší koncentraci sírných AK. Ve všech vyšetřovaných vzorcích byly nejhojněji zastoupeny neesenciální aminokyseliny Glu a Asp.

Ze zjištěných výsledků je patrné, že všechny druhy vyšetřovaných řas jsou i významným zdrojem minerálních látek. Obsahy makrobiogenních prvků jsou ve srovnání s ostatními potravinami nízké, ale oligobiogenní prvky dosahují koncentrací, které jsou obsaženy ve významných zdrojích těchto prvků, případně je ještě převyšují. Zjištěné hodnoty těžkých kovů byly velmi nízké a ani v jednom případě nebyly překročeny francouzské limity, stanovené pro řasy a produkty z nich.

Výsledky stanovení potvrdily, že významným zdrojem vlákniny potravy jsou zejména mořské řasy. Hodnoty obsahů vlákniny se však liší podle způsobu stanovení. Při enzymatickém stanovení byly zjištěny nejvyšší hodnoty vlákniny, pro běžnou laboratorní praxi je však vhodnější modifikovaná metoda s použitím přístroje Ankom.

Nejvyšší stravitelost vykazovaly vzorky *Spirulina Bio* a *Dulse*, oba především z důvodu absence celulózy. *Spirulina* obsahuje ve své buněčné stěně rozpustné mukopolysacharidy a červené mořské řasy částečně rozpustné sulfátované galaktany agary a karagenany. *Chlorella* a hnědé mořské řasy obsahují celulózu, která jejich stravitelnost snižuje. Pro zvýšení stravitelnosti se v komerčních produktech z řasy *Chlorella* provádí dezintegrace její buněčné stěny, což zaručuje výrobce produktu *Chlorella Tabs*, přesto byla její stravitelnost v některých případech nižší než v hnědých mořských řasách. Produkt *Wakame* vykazoval vysokou stravitelnost při všech způsobech stanovení. Nejméně stravitelné při všech způsobech stanovení byly produkty *Arame*, *Hijiki* a *Wakame instant* z hnědých mořských řas. Hodnota stravitelnosti může být v těchto produktech, kromě vysokého obsahu vlákniny, negativně ovlivněna i přítomností fenolových sloučenin, které však stanoveny nebyly.

Vzhledem k významnému obsahu aminokyselin a stopových prvků by výrobky ze sladkovodních a mořských řas mohly být součástí nebo doplňkem stravy. Mořské řasy by svým vysokým obsahem vlákniny mohly přispět k pozitivnímu ovlivnění nízkého příjmu vlákniny potravy v České republice. Tomu zatím brání nízká konzumace těchto produktů českými spotřebiteli a k jejich větší informovanosti by měla přispět i tato dizertační práce.

Vzhledem k velké variabilitě složení mezi řasami, a to i v rámci jednoho druhu je nezbytná analýza obsahu jejich nutričních složek a stravitelnosti při zjišťování možností využití jakéhokoliv druhu řas.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Mc HUGH, D. J.: *A guide to the seaweed industry*. FAO Fisheries technical paper 441. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2003. p. 105, ISBN 92-5-104958-0
- [2] KALINA, V., VÁŇA, J.: *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. UK Praha, 2005. 606 s., ISBN 80-246-1036-1
- [3] VAN der AUWERA, G., HOFMANN, C. J. B., DE RIJK, P., DE WACHTER, R.: The Origin of Red Algae and Cryptomonad Nucleomorphs: A Comparative Phylogeny Based on Small and Large Subunit rRNA Sequences of *Palmaria palmata*, *Gracilaria verrucosa*, and the *Guillardia theta* Nucleomorph. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 1998, 10, p. 333 – 342.
- [4] BHATTACHARYA, D., MEDLIN, L.: Algal Phylogeny and the Origin of Land Plants. *Plant Physiol*. 1998, 116, p. 9-15.
- [5] VOLKMANN, H., IMIANOVSKY, U., OLIVIERA, J. L. B., SANT'ANNA, E. S.: Cultivation of *Arthrospira (Spirulina) platensis* in desalinator wastewater and salinated synthetic medium: protein content and aminoacide profile. *Braz. J. Microbiol*. 2008, 39, ISSN 1517-8382
- [6] MARSHAM, S., SCOTT, G.W., TOBIN, M.L.: Comparison of nutritive chemistry of a range of temperature seaweeds. *Food Chem*. 2007, 100, p. 1331-1336.
- [7] OGBONDA, K. H., AMINIGO, R., E., ABU, G, O.: Influence of aeration and lighting on biomass production and protein biosynthesis in a *Spirulina sp.* isolated from an oil-polluted brackish water marsh in the Niger Delta, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 2007, 6, p. 2596-2600.
- [8] RADMANN, E. M., REINEHR, C. O., COSTA, J. A. V.: Optimization of the repeated batch cultivation of microalga *Spirulina platensis* in open raceway ponds. *Aquaculture*. 2007, 265, p. 118-126.



- [9] MARINHO-SORIANO, E., FONSECA, P.C., CARNEIRO, M.A.A., MOREIRA, W.S.C.: Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresource Technol.* 2006, 97, p. 2402-2406.
- [10] MARTÍNEZ, B., VIEJO, R. M., RICO, J. M., RØDDE, R. H., FAES, V. A., OLIVEROS, J., ÁLVAREZ, D.: Open sea cultivation of *Palmaria palmata* (Rhodophyta) on the northern Spanish coast. *Aquaculture.* 2006, 254, p. 376-387.
- [11] DÍEZ, I., SANTOLARIA, A., GOROSTIAGA, J. M.: The relationship of environmental factors to the structure and distribution of subtidal seaweed vegetation of the western Basque coast (N Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 2003, 56, p. 1041-1054.
- [12] LARES, M.L., FLORES-MUÑOZ, G, LARA-LARA, R., 2002: Temporal variability of bioavailable Cd, Hg, Zn, M and Al in an upwelling regime. *Environ. Pollut.* 2002, 120, 595-608.
- [13] MARTÍNEZ, B., RICO, J. M.: Seasonal variation of P content and major N pools in *Palmaria palmata* (Rhodophyta). *J. Phycol.* 2002, 38, p. 1082 – 1089.
- [14] SAWIDIS, T., BROWN, M.T., ZACHARIADIS, G., SRATIS, I., 2001: Trace metal concentrations in marine microalgae from different biotopes in the Aegean Sea. *Environ. Int.* 2001, 27, 43-47.
- [15] NORZIAH, M. H., CHING, CH. Y.: Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry.* 2000. 68, p. 69-76.
- [16] HOU, X., YAN, X.: Study on the concentration and seasonal variation of inorganic elements in 35 species of marine algae. *Sci. Total Environ.* 1998, 222, p. 141-156.
- [17] RIGET, F., JOHANSEN, P., ASMUND, G.: Natural Seasonal Variation of Cadmium, Copper, Lead and Zinc in Brown Seaweed (*Fucus vesiculosus*). *Mar. Pollut. Bull.* 1995, 30, p. 409- 413.
- [18] LOURENÇO, S. O., BARBARINO, E., DE-PAULA, J. C., OTÁVIO da PEREIRA, L. S., MARQUEZ, U. M. L. Amino acid composition, protein

content and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for 19 tropical seaweeds. *Phycol. Res.* 2002, 50, p. 233-241.

[19] CAMPANELLA, L., CRESCENTINI, G., AVINO, P. Chemical composition and nutritional evaluation of some natural and commercial food products based on Spirulina. *Analisis.* 1999, 27, p. 533-540.

[20] DAWCZYNSKI, CH., SCHUBERT, R., JAHREIS, G.: Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem.* 2007, 103, p. 891-899.

[21] RAMOS, M. V., MONTEIRO, A. C. O., MOREIRA, R. A., CARVALHO, A. F. F. U.: Amino acid composition of some brazilian seaweed species. *J. Food Biochem.* 2000, 24, p. 33-39.

[22] BURTIN, P.: Nutritional value of seaweeds. *EJEAFChe.* 2003, 2 (4), p. 498-503.

[23] GALLAND-IRMOULI, A.V., FLEURENCE, J., LAMGHARI, R., LUCON, C. R., BARBAROUX, O., BRONOWICKI, J. P., VILLAUME, CH., GUÉANT, J. L.: Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmaria palmata* (Dulse). *J. Nutr. Biochem.* 1999, 10, p. 353-359.

[24] WHO Technical Report Series 935. *Protein and Amino Acid requirements in Human Nutrition.* WHO Press Geneva. 2002. ISBN 92 4 120935 6

[25] EZEAGU, I. E., PETZKE, J. K., METGES, C. C., AKINSOYINU, A. O., OLOGHOBO, A. D.: Seed protein contents and nitrogen-to-protein conversion factors for some uncultivated tropical plant seeds. *Food Chem.* 2002, 78, p. 105-109.

[26] FUJIHARA, S., KASUGA, A., AOYAGI, Y.: Nitrogen-to-protein conversion factors for common vegetables in Japan. *J. Food Sci.* 2001, 66, p. 412-415.

[27] WEISS, M., MANNENBERG, M., JURANVILLE, J. F., LAHM, H. W., FOUNTOULAKIS, M.: Effect of the hydrolysis method on the determination of

the amino acid composition of proteins. *Journal of chromatography A*. 1998, 795, p. 263-275.

[28] FOUNTOULAKIS, M., LAHM, H. W.: Hydrolysis and amino acid composition analysis of proteins. *Journal of chromatography A*. 1998, 826, p. 109-134.

[29] DARRAGH, A., GARRICK, D. J., MOUGHAN, P. J., HENDRIKS, W. H.: Correction for Amino Acid Loss during Acid Hydrolysis of a Purified Protein. *Analytical Biochemistry*. 1996, 236, p. 199-207.

[30] PARISI, A. F., VALLEE, B. L.: Zinc Metalloenzymes: Characteristics and Significance in Biology and Medicine. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1969, 22, p. 1222 – 1239.

[31] Mc CALL, K. A., HUANG, CH., FIERKE, C. A.: Function and Mechanism of Zinc metalloenzymes. *The Journal of Nutrition*. 2000, 130, p. 1437S – 1446S.

[32] YOSHIOKA, Y., SATOH, H., MITANI, M.: Theoretical study on electronic structures of FeOO, FeOOH, FeO(H<sub>2</sub>O), and FeO in hemes: As intermediate models of dioxygen reduction in cytochrome c oxidase. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2007, 101, p. 1410 – 1427.

[33] LEARY, S. C., COBINE, P. A., KAUFMAN, B. A., GUERCIN, G. H., MATTMAN, A., PALATY, J., LOCKITCH, G., WINGE, D. R., RUSTLIN, P., HORVATH, R., SHOUBRIDGE, E. A.: The Human Cytochrome c Oxidase Assembly Factors SCO1 and SCO2 Have Regulatory Roles in the Maintenance of Cellular Copper Homeostasis. *Cell Metabolism*. 2007, 5, p. 9 – 20.

[34] HAMZA, I., GITLI, J. G.: Copper Chaperones for Cytochrome c Oxidase and Human Disease. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*. 2002, 34, p. 381 – 388.

[35] ZELENÁ, J., POTĚŠIL, D., VACEK, J., ADAM, V., HRADECKÝ, J., PRŮŠA, R., KIZEK, R., VOJTĚŠEK, B.: Metallothionein jako prognostický marker nádorového onemocnění. *Klinická onkologie*. 2004, 17, s. 190 – 195.

- [36] TANAKA, T., KURABAYASHI, M., AIHARA, Y., OHYAMA, Y., NAGAI, R.: Inducible Expression of Manganese Superoxide Dismutase by Phorbol 12-Myristate 13-Acetate Is Mediated by Sp1 in Endothelial Cells. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2000, 20, p. 392-401.
- [37] NIELSEN, F. H.: Boron in human and animal nutrition. *Plant and Soil.* 1997, 193, p. 199 – 208.
- [38] KAFKA, Z., PUNČOCHÁŘOVÁ, J.: Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chem. Listy.* 2002, 96, p. 611-617.
- [39] CHERNOFF, R.: Micronutrients requirements in older women. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005, 81, p. 1240S-1245S.
- [40] KOPLÍK, R., ČURDOVÁ, E., MESTEK, O.: Speciace stopových prvků ve vodách, půdách, sedimentech a biologických materiálech. *Chem Listy.* 1997, 91, 38 – 47.
- [41] WALSH, C. T., SANDSTEAD, H. H., PRASAD, A. S., NEWBERNE, P. M., FRAKER, P. J.: Zinc.: Health Effects and Research Priorities for the 1990s. *Environmental Health Perspectives.* 1994, 102, p. 1-46.
- [42] LIKUSKI, H. J. A., FORBES, R. M.: Effect of Phytic Acid on the Availability of Zinc in Amino Acid and Casein Diets Fed to Chicks. *J. Nutrition.* 1964, 84, p. 145-148.
- [43] SANTOSO, J., GUNJI, S., YOSHIE-STARK, Y., SUZUKI, T.: Mineral contents of Indonesian seaweeds and mineral solubility affected by basic cooking. *Food Sci. Technol. Res.* 2006, 12, p. 59-66.
- [44] RUPÉREZ, P.: Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chem.* 2002, 79, p. 23-26.
- [45] HOU, X., CHAI, CH., QIAN, Q., YAN, X., FAN, X.: Determination of chemical species of iodine in some seaweed (I). *Sci. Total Environ.* 1997, 204, p. 215-221.

- [46] VASCONCELOS, M.T.S.D., LEAL, M.F.C., 2001: Seasonal variability in the kinetics of Cu, Pb, Cd and Hg accumulation by macroalgae. *Mar. Chem.* 2001, 74, p. 65-85.
- [47] NASREDINE, L., PARENT-MASSIN, D.: Food contamination by metals and pesticides in the European Union. Should we worry? *Toxicol. Letters.* 2002, 127, p. 29-41.
- [48] BASHA, S., MURTHY, Z.V.P., JHA, B., 2007: Biosorption of hexavalent chromium by chemically modified seaweed, *Cystoseira indica*. *Chem. Eng. J.* 2007, *in press*.
- [49] ZHANG, L., WONG, M.H., 2007: Environmental mercury contamination in China: Sources and impacts. *Environ. Int.* 2007, 33, p. 108-121.
- [50] ZHENG, L., LIU, G., CHOU, CH.L.: The distribution, occurrence and environmental effect of mercury in Chinese coals. *Sci. Total Environ.* 2007, 383, p. 374-383.
- [51] TSUI, M. T. K., CHEUNG, K. C., TAM, N. F. Y., WONG, M. H.: A comparative study on metal sorption by brown seaweed. *Chemosphere.* 2006, 65, p. 51-56.
- [52] SUZUKI, Y., KAMETANI, T., MARUYAMA, T.: Removal of heavy metals from aqueous solution by nonliving *Ulva* seaweed as biosorbent. *Wat. Res.* 2005, 39, p. 1803-1808.
- [53] CALICETI, M., ARGESE, E., SFRISO, A., PAVONI, B.: Heavy metal contamination in the seaweeds of the Venice lagoon. *Chemosphere.* 2002, 47, p. 443-454.
- [54] MUÑOZ-BARBOSA, A., GUTIERREZ-GALINDO, E. A., FLORES-MUÑOZ, G.: *Mytilus californianus* as an indicator of heavy metals on the northwest coast of Baja California, Mexico. *Mar. Environ. Res.* 2000, 49, p. 123-144.
- [55] PHANEUF, D., COTE, I., DUMAS, P., FERRON, L. A., LEBLANC, A.: Evaluation of the Contamination of Marine Algae (Seaweed) from the St.

Lawrence River and Likely to Be Consumed by Humans. *Environ. Res. Section A*. 1999, 80, p. 175-182.

[56] YU, Q., MATHEICKAL, J. T., YIN, P., KAEWSARN, P.: Heavy metal uptake capacities of common marine macro algal biomass. *Wat. Res.* 1999, 33, p. 1534-1537.

[57] GUPTA, M., CHANDRA, P.: Bioaccumulation and toxicity of mercury in rooted-submerged macrophyte *Vallisneria spiralis*. *Environ. Pollut.* 1998, 103, p. 327-332.

[58] HU, S., TANG, CH.H., WU, M.: Cadmium accumulation by several seaweeds. *Sci. Total Environ.* 1996, 187, p. 65-71.

[59] ADERHOLD, D., WILLIAMS, C.J., EDYVEAN, R.G.J.: The removal of heavy-metal ions by seaweeds and their derivatives. *Bioresource Technol.* 1996, 58, p. 1-6.

[60] ROBINSON, P. K., WILKINSON, S. C.: Removal of aqueous mercury and phosphate by gel-entrapped *Chlorella* in packed-bed reactors. *Enzyme Microb. Technol.* 1994, 16, p. 802-807.

[61] GHIMIRE, K.N., INOUE, K., OHTO, K., HAYASHIDA, T.: Adsorption study of metal ions onto crosslinked seaweed *Laminaria japonica*. *Biores. Technol.* 2007, In press.

[62] VILLARES, R. – PUENTE, X. – CARBALLEIRA, A.: Seasonal variation and background levels of heavy metals in two green seaweeds. *Environ. Pollut.* 2002, 119, p. , 79-90.

[63] HASHIM, M. A., - CHU, K. H.: Biosorption of cadmium by brown, green, and red seaweeds. *Chem. Eng. J.* 2004, 97, p. 249-255.

[64] MABEAU, S., FLEURENCE, J.: Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*. 1993, 4, p. 103-107.

[65] DeVRIES, J. W., PROSKY, L., LI, B., CHO, S.: A Historical Perspective on Defining Dietary Fiber. *Cereal Foods World*. 1999, 44, p. 367-369.

- [66] PROSKY, L.: What is fibre? Current controversies. *Trends in Food Science & Technology*. 1999, 10, p. 271-275.
- [67] DeVRIES, J. W.: On defining dietary fibre. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2003, 62, p. 37-43.
- [68] SLAVIN, J.: Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2003, 16, p. 287-291.
- [69] McCLEARY, B. V.: Dietary fibre analysis. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2003, 62, p. 3-9.
- [70] KNUDSEN, K. E. B.: The nutritional significance of „dietary fibre“ analysis. *Animal Feed Sci. Technol.* 2001, 90, p. 3-20.
- [71] AACC Report: The Definition of Dietary Fiber. *Cereal Foods World*. 2001, 46, p.112 – 126.
- [72] JEFFERSON, A., COWBROUGH, K.: Carbohydrates and fibre: a review of functionality in health and wellbeing. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods*. 2005, 2, p. 31 – 38.
- [73] HARRIS, P. J., FERGUSON, L. R.: Dietary fibre: its composition and role in protection against colorectal cancer. *Mutation Research*. 1993, 290, p. 97-110
- [74] JIMÉNEZ-ESCRIG, A., SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.: Dietary Fibre from Edible Seaweeds: Chemical Structure, Physicochemical Properties and Effects on Cholesterol Metabolism. *Nutr. Res.* 2000, 20, p. 585-598.
- [75] MELO, M. R. S., FEITOSA, J. P. A., FREITAS, A. L. P., de PAULA, R. C. M.: Isolation and characterization of soluble sulfated polysaccharide from the red seaweed *Gracilaria cornea*. *Carbohydrate Polymers*. 2002, 49, p. 491-498.
- [76] TERRY, P., JAIN, M., MILLER, A. B., HOWE, G. R., ROHAN, T. E.: No Assotiation among Total Dietary Fiber, Fiber Fractions, and Risk of Breast Cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*. 2002, 11, p. 1507-1508.

- [77] ZEMKE-WHITE, W. L., CLEMENTS, K. D.: Chlorophyte and rhodophyte starches as factors in diet choice by marine herbivorous fish. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1999, 240, p. 137-149.
- [78] SHIMONAGA, T., FUJIWARA, S., KANEKO, M., IZUMO, A., NIHEI, S., FRANCISCO, P. B., SATOH, A., FUJITA, N., NAKAMURA, Y.: Variation in Storage  $\alpha$ -Polyglucans of Red Algae: Amylose and Semi-Amylopectin Types in *Porphyridium* and Glycogen Type in *Cyanidium*. *Mar. Biotech.* 2007, 9, p. 192-202.
- [79] VIOLA, R., NYVALL, P., PEDERSÉN, M. The unique features of starch metabolism in red algae. *Proc. R. Soc. Lond. B* 2001, 268, p. 1417-1422.
- [80] DENIAUD, E., QUEMENER, B., FLEURENCE, J., LAHAYE, M.: Structural studies of the mix-linked  $\beta$ -(1  $\rightarrow$  3)/  $\beta$ -(1  $\rightarrow$  4)-D-xylans from the cell wall of *Palmaria palmata* (Rhodophyta). *Int. J. Biol. Macromolecules.* 2003, 33, p. 9-18.
- [81] ŘEZANKA, T., SIGLER, K.: Structural Analysis of a Polyssaccharide from *Chlorella kessleri* by Means of Gas Chromatography-Mass Spectrometry of Its Sacharide Alditols. *Folia Microbiol.* 2007, 52, 246 – 252.
- [82] CIFERRI, O.: *Spirulina*, the Edible Microorganism. *Microbiol. Rev.* 1983, 47, p. 551-578.
- [83] TOKUSOGLU, O., UNAL, M. K.: Biomass Nutrient Profiles of Three Microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Isochrysis galbana*. *J. Food Sci.* 2003, 68, p. 1144-1148.
- [84] XUE, CH., HU, Y., SAITO, H., ZHANG, Z., LI, Z., CAI, Y., OU, CH., LIN, H., IMBS, A. B.: Molecular species composition of glycolipids from *Spirulina platensis*. *Food Chem.* 2001, 77, p. 9-13.
- [85] CHENG, F. CH., JEN, J. F., TSAI, T. H.: Hydroxyl radical in living systems and its separation methods. *J. Chromatogr. B.* 2002, 781, p. 481-496.



- [86] ASTLEY, S.: Antioxidants and 21<sup>st</sup> century nutrition. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods 2*. 2005, 2, p. 19-29 IFIS Publishing 2005. ISSN 1476-2137
- [87] PAULOVÁ, H., BOCHOŘÁKOVÁ, H., TÁBORSKÁ, E.: Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek *in vitro*. *Chem. listy*. 2004, 98, p. 174-179.
- [88] HEO, S. J., PARK, E. J., LEE K. W., JEON, Y. J.: Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. *Bioresource Technology*. 2005, 96, p. 1613-1623.
- [89] PARK, P. J., SHAHIDI, F., JEON, Y. J.: Antioxidant Activities of Enzymatic extracts from an Edible Seaweed *Sargassum horneri* Using ESR Spectrometry. *J. Food Lipids*. 2004, 11, p. 15-27.
- [90] STOTT, D. J., LANGHORNE, P., HENDRY, A., MCKAY, P. J., HOLYOAKE, T., MACDONALD, J., LUCIE, N.: Prevalence and haemopoietic effects of low serum vitamin B<sub>12</sub> levels in geriatric medical patients. *British J. Nutr.* 1997, 78, p. 57-63.
- [91] YAMAMOTO, Y., FUJISAWA, A., HARA, A., DUNLAP, W. C.: An unusual vitamin E constituent ( $\alpha$ -tocomonoenol) provides enhanced antioxidant protection in marine organisms adapted to cold-water environments. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2001, 98, p. 13144-13148.
- [92] HELMJA, K., VAHER, M., GORBATŠOVA, J., KALJURAND, M.: Characterization of bioactive compounds contained in vegetables of the Solanaceae family by capillary electrophoresis. *Proc. Estonian Acad. Sci. Chem.* 2007, 56, p. 172-186.
- [93] CHAILLOU, L. L., NAZARENO, M. A.: New Method To Determine Antioxidant Activity of Polyphenols. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, p. 8397-8402.
- [94] PEDERSEN, A.: Studies on phenol content and heavy metal uptake in fucoids. *Hydrobiologia*. 1984, 116/117, p. 498-504.

- [95] LIU, H., LI, X. Z., LENG, Y. J., WANG, C.: Kinetic modeling of electro-Fenton reaction in aqueous solution. *Wat. res.* 2007, 41, 1161-1167.
- [96] STRATIL, P., KLEJDUS, B., KUBÁŇ, V: Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta.* 2007, 71, p. 1741-1751.
- [97] TSAO, R., DENG, Z.: Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. *J. Chromatogr. B.* 2004, 812, p. 85-99.
- [98] KLEJDUS, B., ŠTĚRBOVÁ, D., STRATIL, P., KUBÁŇ, V: Identifikace a charakterizace isoflavonů v rostlinných extraktech za použití kombinace HPLC s hmotnostním detektorem a detektorem s diodovým polem (HPLC-DAD-MS). *Chem. Listy.* 2003, 97, p. 530-539.
- [99] TARGETT, N. M., ARNOLD, T. M.: Predicting the effects of brown algal phlorotannins on marine herbivores in tropical and temperate oceans. *J. Phycol.* 1998, 34, p. 195-205.
- [100] WONG, K. H., CHEUNG, P. C. K.: Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part II. In vitro protein digestibility and amino acid profiles of protein concentrates. *Food Chem.* 2001, 72, p. 11-17.
- [101] KOPEC, K.: *Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny.* ÚZPI Praha, 2001, 72 s., ISBN 80-86153-64-9
- [102] Zadák Z.: *Výživa v intenzivní péči.* Grada Publishing a.s. Praha, 2002. 487 s., ISBN 80-247-0320-3
- [103] FLEURENCE, J.: Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science & Technology.* 1999, 10, p. 25-28.
- [104] JAVORSKÝ, P.: *Chemické rozborý v zemědělských laboratořích, I. díl.* MZV ČSR České Budějovice, 1987.
- [105] ANONYM: *Official Journal L 206. Eighth Commission Directive 78/633/EEC of 15 June 1978 Establishing Community methods of analysis for the official control of feeding stuffs.* July 29, 1978, p. 43-55.

- [106] ANONYM: *Postupy laboratorního zkoušení krmiv, doplňkových látek a premixů I.* ÚKZÚZ Brno, 2000, 266 s.
- [107] ANONYM: *Postupy laboratorního zkoušení krmiv, doplňkových látek a premixů II.* ÚKZÚZ Brno, 2001, 233 s.
- [108] ZBÍRAL, J.: *Analýza rostlinného materiálu. Jednotné pracovní postupy.* SKZÚZ Brno, 1994.
- [109] VYHLÁŠKA Ministerstva zdravotnictví ze dne 28. listopadu 1997 č. 293/1997 Sb., o způsobu výpočtu a uvádění výživové (nutriční) hodnoty potravin a o značení údaje o možném nepříznivém ovlivnění zdraví. Příloha č. 2. Stanovení vlákniny potravy (total dietary fiber - TDF).
- [110] ANKOM Technology Method. 2008
- [111] *Seznam zkušebních metod NRL pro krmiva: Stanovení obsahu dusíkatých látek rozpustných působením roztoku pepsinu, metoda převzatá ze směrnice Komise 72/199/EHS.* Věstník ÚKZUZ, Díl 1/3, 2005, 42 s.
- [112] TRÍNÁCTÝ, J.: *Prováděcí metodika: Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin-celulázovou metodou užitím Daisy inkubátoru.* 2006
- [113] SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G.: *Statistical Methods. Iowa: 6th ed.* Iowa State University Press, 1967, p. 534.
- [114] ČERMÁK, B., VELEMÍNSKÝ, M., MŮLEROVÁ, D., KADLEC, J., ŠOCH, M., PÁNEK, J.: *Výživa člověka.* DTP České Budějovice, 2002. 224 s., ISBN 80-7040-576-7
- [115] PRUGAR, J. a kolektiv: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí.* VÚPS, a.s. Praha, 2008, 327 s., ISBN 978-80-86576-28-2
- [116] VELÍŠEK J.: *Chemie potravin 2.* OSSIS, Tábor 2002. 303 s., ISBN 80-86659-01-1
- [117] SÁNCHEZ-MACHADO, D. I., LÓPEZ-CERVANTES, J., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J., PASEIRO-LOSADA, P., SIMAL-LOZANO, J.: *Determination of the uronic acid composition of seaweed dietary fibre by HPLC.* *Biochemical Chromatography.* 2004, 18, p. 90-97.

- [118] RUPÉREZ, P., SAURA-CALIXTO, F.: Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish seaweeds. *Eur. Food Res. Technol.* 2001, 212, p. 349-354.
- [119] KOMPRDA, T., KRÁČMAR, S., NEDBÁLKOVÁ B.: Standardizace predikce stravitelnosti pícnin metodou *in situ*. *Živočišná výroba*. 1990, s. 385-396.
- [120] MARRION, O., SCHWERTZ, A., FLEURENCE, J., GUÉANT, J. L. VILLAUME, CH.: Improvement of the digestibility of the proteins of the red alga *Palmaria palmata* by physical processes and fermentation. *Nahrung/Food*. 2003, 47, p. 339-344.

## SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

MIŠURCOVÁ, L.: Studium problematiky herbicidů na bázi triazinů v mléce v zemědělské prvovýrobě. *Atestační práce - atestace II. stupně postgraduálního studia v oboru biologie, chemie a toxikologie*, Brno, VŠ veterinární, 1991

MIŠURCOVÁ, L., VALÁŠEK, P.: *Základy biologie*. CD-ROM, ÚPI, FT UTB Zlín, 2005

MIŠURCOVÁ, L.: *Základy biologie*. UTB Zlín, 2006. 159 s., ISBN 80- 7318-434-6

MIŠURCOVÁ, L., BUŇKA, F., VALÁŠEK, P., KRÁČMAR, S.: Obsah aminokyselin v produktech ze sladkovodních a mořských řas. SPU Nitra, 2007, 73-77, ISBN 978-80-8069-874-4

MIŠURCOVÁ, L., BUŇKA, F., KRÁČMAR, S., BŘEZINA, P., VALOUŠKOVÁ, S.: Příspěvek ke stanovení výživové hodnoty vybraných druhů řas. SPU Nitra, 2007, s. 398 – 401, ISBN 978-80-8069-861-4

MIŠURCOVÁ, L., KRÁČMAR, S., STRATILOVÁ, I., HEDBÁVNÝ, J. : Obsah kadmia a olova ve vybraných vzorcích sladkovodních a mořských řas. Jelšava, 2007, s. 62-65, ISBN 978-80-8077-070-9

MIŠURCOVÁ, L., STRATILOVÁ, I., ŠKROVÁNKOVÁ, S., KRÁČMAR, S.: The content of mercury in selected samples of freshwater algae and seaweeds. SPU Nitra, 2007, p. 143-146, ISBN 978-80-8069-947-5

MIŠURCOVÁ, L., BUŇKA, F., KRÁČMAR, S. : Zhodnocení obsahů aminokyselin v produktech ze sladkovodních a mořských řas. Proteiny 2008, s. 114-117, ISBN 978-80-7318-706-4

MIŠURCOVÁ, L., STRATILOVÁ, I., KRÁČMAR, S.: Obsah minerálních látek ve vybraných produktech z mořských a sladkovodních řas. 2008

Tato publikace byla zaslána do redakce časopisu Chemické listy, kde byla pod číslem 053/08 postoupena recenznímu řízení.

MIŠURCOVÁ, L., SEVEROVÁ, M., KRÁČMAR, S.: Stanovení vlákniny ve vybraných produktech ze sladkovodních a mořských řas. Jelšava, 2008, s. 168-171, ISBN 978-80-970034-0-1

# CURRICULUM VITAE

## Osobní údaje

Jméno a příjmení: Ing. Ladislava Mišurcová

Email: misurcova@ft.utb.cz

## Vzdělání

- 2006 – dosud      Doktorský studijní program Chemie a technologie potravin, obor Technologie potravin, FT UTB Zlín.  
Doktorská práce: „Nové nutriční aspekty mořských i sladkovodních řas a jejich využití ve výživě člověka“
- 1990 – 1991      Atestace II. stupně – postgraduální studium v oboru biologie, chemie a toxikologie. Závěrečná písemná práce: „Studium problematiky herbicidů na bázi triazinů v mléce v zemědělské prvovýrobě“. VŠ veterinární v Brně
- 1984 – 1985      Atestace I. stupně - Ústav pro další vzdělávání veterinárních lékařů v Pardubicích
- 1975 – 1980      VŠ chemicko-technologická v Praze, Fakulta potravinářské a biochemické technologie
- 1970 – 1974      Gymnázium v Otrokovicích

## **Praxe**

- 2004 – dosud akademický pracovník - asistent na UTB ve Zlíně
- 1993 – 2004 poradce pro zpracování účetních agend
- 1992 provozování laboratorní diagnostiky ve Středisku veterinárních a analytických služeb spol. s r.o. se sídlem ve Zlíně
- 1981– 1991 samostatný odborný pracovník v laboratorní diagnostice v oboru hygieny potravin, chemie vod a toxikologie ve Státním veterinárním ústavu ve Zlíně
- 1980 – 1981 mistr konzervárny v Jihomoravském průmyslu masném v Kroměříži