



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
**Fakulta technologická**

Teze habilitační práce

**Jakost netradičních surovin a jejich využitelnost  
v technologii výroby cereálních směsí**

**Quality of Non-Traditional Raw Materials and their Application  
in the Technology of Cereal Mixtures**

Autor: **Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Zlín, 2017

© Daniela Sumczynski

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Habilitation Thesis Summary**.

Publikace byla vydána v roce 2017

*Klíčová slova: netradiční obiloviny, vločky, müsli, cereální směs, jakostní znak*

*Key words: non-traditional cereals, flakes, muesli, cereal mixture, quality characteristic*

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7454-644-0

Ráda bych poděkovala prof. Dr. Agr. Janu Sneydovi (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Stuttgart, Německo; Bäckerhaus Veit, GmbH, Bempflingen, Německo), paní M.Sc. Susanne Erb-Weber (manažerka prodeje Bäckerhaus Veit, GmbH, Bempflingen, Německo) a panu Johannesu Klümpersovi (výkonný ředitel Bäckerhaus Veit, GmbH, Bempflingen, Německo) za velmi příjemnou spolupráci, podporu a poskytnutí vzorků pro mou habilitační práci.

Děkuji UTB ve Zlíně za poskytnuté zázemí pro moji vědeckou práci.

Dále děkuji mojí rodině, která mě v mém studiu a práci vždy podporovala.

## **Abstrakt**

Habilitační práce se zabývá jakostními parametry netradičních surovin a jejich využitelností pro výrobu cereálních směsí, přičemž důraz je kladen na výrobu vloček a müsli směsí z netradičních obilovin. V první části práce jsou shrnuty dosavadní poznatky o výrobě a chemickém složení obilných zrn, ze kterých se vločky běžně vyrábějí. Následně jsou v práci popsány optimalizace a validace metod pro stanovení individuálních jakostních parametrů, na jejichž podkladě byly netradiční obiloviny vyselektovány. Součástí práce je nástin cesty technologických úskalí vývoje nových müsli směsí s netradičními složkami surovinové skladby s ohledem na jejich jakostní znaky a příprava modelových müsli směsí.

Klíčová slova: *netradiční obiloviny, vločky, müsli, cereální směs, jakostní znak*

## **Abstract**

Habilitation thesis deals with the quality parameters of non-traditional raw materials and their usefulness for the production of the cereal mixtures, with an emphasis on the production of flakes and muesli from non-traditional cereals. The first part summarizes the current knowledge about the production and chemical composition of cereal grains from which flakes are commonly prepared. Subsequently, the thesis describes optimization and validation methods for the determination of individual quality parameters, on that basis non-traditional cereals were selected. Part of this work is to outline the pathway of technological difficulties of the developing new muesli mixtures with non-traditional ingredients with regard to their quality characteristics and preparation of model muesli mixtures.

Key words: *non-traditional cereals, flakes, muesli, cereal mixture, quality characteristic*

# Obsah

## Seznam vybraných publikací pro habilitační práci

Úvod .....	8
1. Současný stav řešené problematiky .....	9
1.1 Obiloviny a pseudoobiloviny využívané pro výrobu vloček .....	9
1.2 Chemické složení obilných zrn využívaných k výrobě vloček .....	11
1.2.1 Základní nutriční parametry .....	11
1.2.2 Polyfenolické látky .....	14
1.2.3 Karotenoidní a xantofylová barviva .....	15
1.2.4 Antinutriční látky .....	15
1.3 Možnosti přípravy vloček z vybraných druhů obilovin .....	15
1.3.1 Technologické operace při výrobě vloček .....	16
1.3.2 Výroba pšeničných vloček .....	18
1.3.3 Výroba rýžových vloček .....	18
1.4 Chemicko-technologické vlastnosti obilných zrn pro výrobu vloček .....	18
1.4.1 Chemicko-technologické vlastnosti látek lipidové povahy .....	19
1.4.2 Chemicko-technologické vlastnosti polyfenolů a antioxidační aktivita .....	20
1.4.3 Chemicko-technologické a nutriční vlastnosti ostatních látek obilovin .....	21
1.5 Ostatní složky surovinové skladby müsli směsí .....	23
2. Cíl práce .....	25
3. Hlavní výsledky práce .....	26
3.1 Optimalizace metodik pro stanovení jakostních znaků netradičních obilovin a ovoce .....	26
3.1.1 Stanovení vlhkosti, popele, hrubých bílkovin, celkových lipidů a škrobu .....	26
3.1.2 Stanovení hrubé a neutrálně detergentní vlákniny .....	27
3.1.3 Stanovení stravitelnosti technikou <i>in vitro</i> .....	28
3.1.4 Stanovení vitamínu C pomocí HPLC .....	28
3.1.5 Extrakce a následné stanovení polyfenolických látek .....	29
3.1.6 Stanovení antioxidační aktivity .....	30
3.1.7 Metodiky pro stanovení vitamínu E a komplexu vitamínů B u obilovin .....	30
3.2 Netradiční složky surovinových komponent, výroba vloček a modelových müsli směsí .....	31
3.2.1 Předpoklad vzájemných vlivů technologických operací a jakostních znaků na výslednou cereální směs .....	34
4. Přínos pro vědu a praxi .....	38
5. Závěr .....	40
Seznam použité literatury .....	41
Seznam vybraných publikací autora .....	49
Životopis .....	52

## SEZNAM VYBRANÝCH PUBLIKACÍ PRO HABILITAČNÍ PRÁCI

### A. Jakostní parametry netradičních obilovin pro výrobu cereálních směsí

A1. **SUMCZYNSKI** Daniela, Eva **KOTÁSKOVÁ**, Helena **DRUŽBÍKOVÁ**, Jiří **MLČEK**. Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and *in vitro* digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Food Chemistry*. 2016, vol. 211, 339–346. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.081

A2. **KOTÁSKOVÁ** Eva, Daniela **SUMCZYNSKI**, Jiří **MLČEK**, Pavel **VALÁŠEK**. Determination of free and bound phenolics using HPLC-DAD, antioxidant activity and *in vitro* digestibility of *Eragrostis tef*. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016, vol. 46, 15–21. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.11.001

A3. **MLČEK** Jiří a Daniela **SUMCZYNSKI**. *Nutraceutická potravinářská směs*. Česká Republika. Užitiný vzor, CZ 28846U1. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0028/uv028846.pdf>

A4. **SUMCZYNSKI** Daniela, Zuzana **BUBELOVÁ**, Miroslav **FIŠERA**. Determination of chemical, insoluble dietary fibre, neutral-detergent fibre and *in vitro* digestibility in rice types commercialized in Czech markets. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015, vol. 40, p. 8–13. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.12.007.

A5. **SUMCZYNSKI** Daniela, Zuzana **BUBELOVÁ**, Jan **SNEYD**, Susanne **ERBWEBER**, Jiří **MLČEK**. Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. *Food Chemistry*. 2015, vol. 174, p. 319–325. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.11.065.

A6. **SUMCZYNSKI** Daniela, Zuzana **BUBELOVÁ**. Stanovení nutričních charakteristik, vlákniny a stravitelnosti barevných druhů rýže. *Chemické listy*. 2015, vol. 109, 147–150. ISSN: 0009-2770.

### B. Jakostní parametry netradičních druhů ovoce pro výrobu cereálních směsí

B1. **ŠKROVÁNKOVÁ** Soňa, Daniela **SUMCZYNSKI**, Jiří **MLČEK**, Tunde **JURIKOVA**, Jiří **SOCHOR**. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Science*, 2015, vol. 16, iss. 10, p. 24673–24706. DOI: 10.3390/ijms161024673.

B2. ROP Otakar, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Jiří MLČEK, Tunde JURIKOVA, Josef BALÍK, Jiří SOCHOR, Daniela **KRAMÁŘOVÁ**. Antioxidant and radical oxygen species scavenging activities of 12 cultivars of blue honeysuckle fruit. *Horticultural Science*. 2011, vol. 38, iss. 2, p. 63–70. ISSN: 0862-867X.

B3. ROP Otakar, Jiří SOCHOR, Tunde JURIKOVA, Ondřej ZITKA, Helena SKUTKOVÁ, Jiří MLČEK, Petr SALAŠ, Boris KRŠKA, Petr BABULA, Vojtěch ADAM, Daniela **KRAMÁŘOVÁ**, Miroslava BEKLOVÁ, Ivo PROVAZNÍK, René KIZEK. Effect of five different stages of ripening on chemical compounds in medlar (*Mespilus germanica* L.). *Molecules*. 2011, vol. 16, iss. 1, p. 74–91. DOI: 10.3390/molecules16010074.

B4. ROP Otakar, Jiří MLČEK, Tunde JURIKOVA, T., Magdalena VALŠÍKOVÁ, Jiří SOCHOR, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Daniela **KRAMÁŘOVÁ**. Phenolic content, antioxidant capacity, radical oxygen species scavenging and lipid peroxidation inhibiting activities of extracts of five black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx. Elliot) cultivars. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2010, vol. 4, iss. 22, p. 2431–2437. ISSN: 1996-0875.

B5. ROP Otakar, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Magdalena VALŠÍKOVÁ, Tunde JURIKOVA, Jiří MLČEK, Daniela **KRAMÁŘOVÁ**. Antioxidant properties of European cranberrybush fruit (*Viburnum opulus* var. *edule*). *Molecules*. 2010, vol. 15, iss. 6, p. 4467–4477. DOI: 10.3390/molecules15064467.

# ÚVOD

Zastoupení některých potravin přispívá ke vzniku civilizačních chorob jako jsou kardiovaskulární onemocnění či diabetes. Vytvářejí se tak alternativní pohledy na surovinovou skladbu, nabízí se cesta využití netradičních surovin. Vývoj nových cereálních výrobků reflektuje i požadavky samotných spotřebitelů. V oblasti cereálních technologií se jedná o zařazení obilovin, které neobsahují lepek či jsou nositeli biologicky aktivních látek (Shahidi, 2009), obsahují vyšší podíl proteinů, obalových vrstev a vykazujících nižší glykemický index (Alsaffar 2010; De Brier et al., 2015). Nejčastěji využívanou obilovinou k výrobě vloček je stále oves, dále se využívají vločky pšeničné, žitné, ječné, rýžové, pohankové, méně z prosa. V oblasti cereálních technologií vzrůstají požadavky na vývoj nových celozrnných směsí, avšak neexistuje stále relevantní definice pojmu „celozrnný“. V roce 2013 byl komisí AACCC (American Association of Cereal Chemists) definován pojem „celozrnný výrobek“ následovně: Celozrnná potravin musí obsahovat 8 a více g celých zrn na 30 g produktu. Taktéž stoupají požadavky na jakost neboli kvalitu (ČSN EN ISO 9000:2016). Kvalita neboli jakost (budeme-li se na potravinu dívat komplexně) je definována jako stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik objektu. Jakostní znaky obilovin mohou být doplněny přísady ovocného podílu, který by ale neměl být zpracován kandováním, ale např. lyofilizací. Další možností je směsi fortifikovat např. vitaminy nebo  $\beta$ -glukany apod. (Nařízení Komise (EU) č. 1160, 2011). Příkladem takových cereálních směsí mohou být z oblasti snídaňových cereálií müsli směsi.

Nově se nabízí hypotéza, obohatit cereální směsi o méně tradiční obiloviny, ovoce či další suroviny (např. jedlé květy), které by přinesly do produktu vyšší nutriční a biologickou hodnotu. Perspektivní se jeví využití quinoi s barevnými obalovými vrstvami, miličky habešské a rýžových zrn s barevnými obalovými vrstvami. Tato zrna obsahují vyšší podíl polyfenolů, vitamínu E, karotenoidních nebo xantofylových barviv, vlákniny, nižší množství škrobu, ale mnohdy také vyšší podíl lipidů, což může být jeden z limitujících chemických parametrů. Je nezbytné znát jejich chemické složení, které bude mít následně vliv na jakostní parametry výrobku, a to v důsledku technologického zpracování surovin a následného skladování. Do jisté míry lze pak predikovat šetrnost technologické operace v následném výrobním procesu. Na základě výše deklarovaných hypotéz si habilitační práce klade za cíl optimalizovat extrakční postupy a následné metodiky pro stanovení nutričních parametrů a biologicky aktivních látek obilovin a ovoce, na základě nich vyselektovat vhodné netradiční obiloviny pro přípravu vloček (které budou jednou ze surovinových komponent müsli směsí), připravit modelové vločky a cereální směsi a v neposlední řadě predikovat případná chemicko-technologická úskalí při jejich výrobě či skladování.

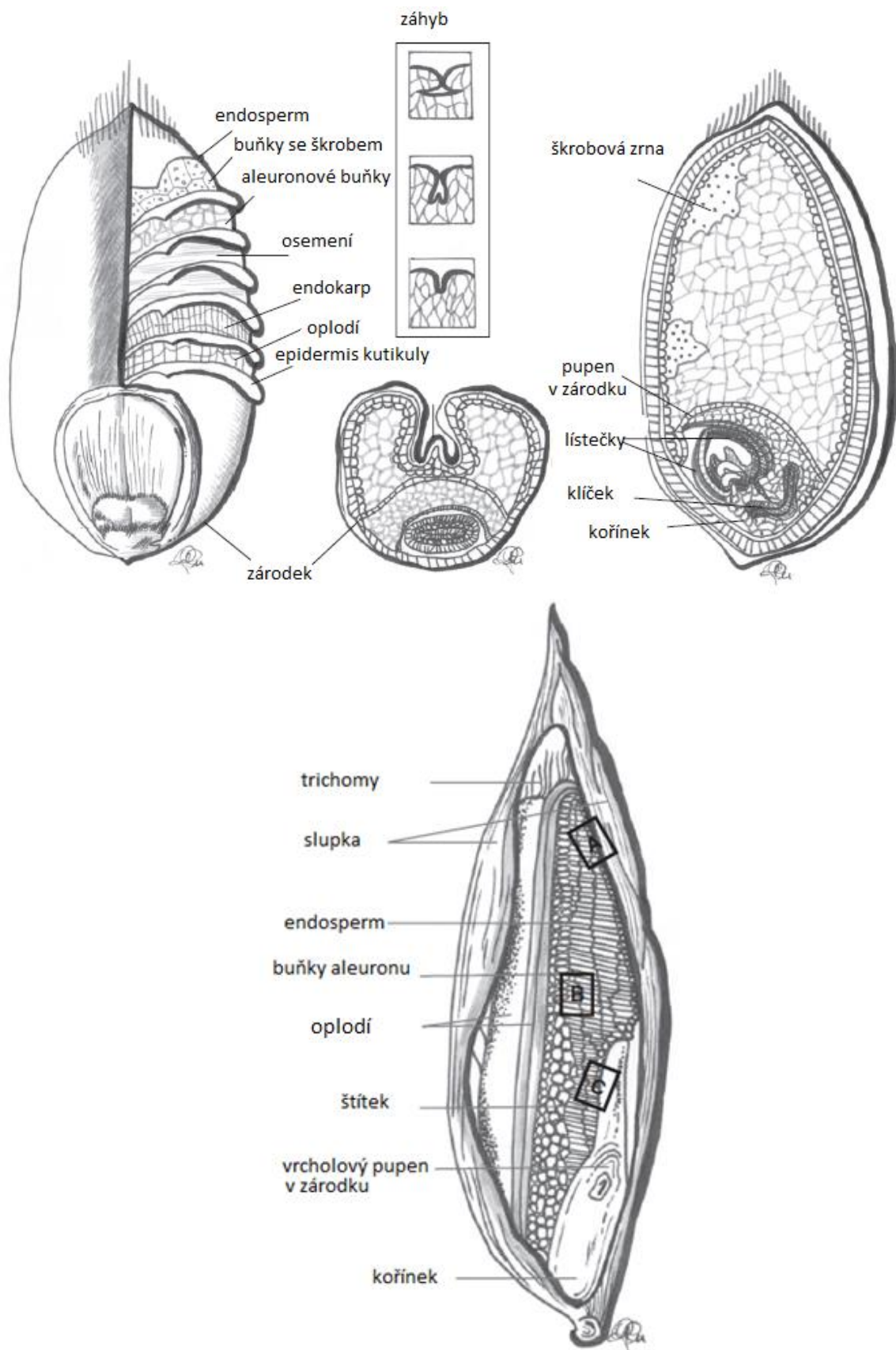


# 1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Cereální obilné směsi lze rozdělit na sušené obilné kaše, obilné vločky a müsli (Kadlec a kol., 2009). Obilné vločky se vyrábějí z hydrotermicky ošetřených zrn s následným rozválcováním, lze použít i extruzi. Müsli jsou směsi cereálních komponent, ovoce, ořechů aj., které lze konzumovat v sušeném stavu nebo po smíchání s tekutinou (Kadlec a kol., 2009; Arendt and Zannini, 2013). Snídaňové cereálie se tepelně upravují už při své výrobě a nepotřebují být doma následně tepelně zpracovány (tzv. „ready-to-eat-cereals“). Ty, které se znovu tepelně zpracovávají, např. pro výrobu kaší, se označují jako „hot-cereals“. Vločky obilných zrn mohou být řazeny do obou těchto skupin (Kent and Evers, 1994; Arendt and Zannini, 2013). V ČR mlýnské obilné výrobky musejí splňovat náležitě parametry definované vyhláškou č. 333/1997 Sb. v platném znění. Vločky jsou výrobky z vyčištěného a oloupaného obilného zrna, nebo bezpluchého nebo zbaveného pluch, získané jeho mačkáním nebo příčným řezáním. Směsi z obilovin jsou výrobky, jejichž převážný podíl tvoří mlýnské obilné výrobky, k nimž jsou přidány další složky, určené pro přímou spotřebu nebo ke spotřebě po tepelné úpravě. Müsli směsi jsou směsi obilných výrobků, upravených vločkováním, extrudováním nebo jinou vhodnou technologií, k nimž jsou přidány další složky, zejména jádra suchých plodů, sušené nebo jinak zpracované ovoce a látky upravující chuť, vůni nebo konzistenci.

## 1.1 Obiloviny a pseudoobiloviny využívané pro výrobu vloček

Pro výrobu vloček slouží celá zrna (obr. 1.1), někdy i s klíčkem, popř. zrna zbavená částečně obalových vrstev (Kent and Evers, 1994; Příhoda a kol., 2006). Oplodí chrání zrno před mechanickým poškozením a je složeno z obtížně bobtnatelných složek, jako je např. celulóza. Osemení je nositelem barvy, váže bobtnající polysacharidy přispívající k udržení vlhkosti. Oplodí i osemení přecházejí při mletí zrna do otrub. Mezi obalovými vrstvami a endospermem se nachází vrstva aleuronová s bílkoviny, lipidy, vitaminy a minerálními prvky. Při procesu mletí přechází buď do otrub, nebo zůstává v mouce (Příhoda a kol., 2006). Endosperm obsahuje převážně škrob, také bílkoviny. Klíček je nositelem genetické informace, podléhá oxidačním a enzymatickým reakcím díky vysokému obsahu lipáz a lipoxygenáz. Dále obsahuje lipidy, jednoduché sacharidy a vitaminy. Při mlýnské technologii je odstraňován (Kent and Evers, 1994). Obiloviny se řadí mezi traviny (*Gramineae*), čeleď lipnicovité (*Poaceae*) a zpracovává se hlavně jejich zrno (př. pšenice, ječmen, žito, oves, rýže aj.). Dále se zpracovávají tzv. pseudoobiloviny, př. pohanka (*Fagopyrum sagittatum* nebo *esculentum* Moench.) patřící do čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*), amarant z čeledi amarantovité (*Amaranthaceae*) a quinoa patřící do čeledi merlíkovité (*Chemopodiaceae*).



Obr. 1.1 Průřez zrnem pšenice a ovsu, A – granule škrobu v subaleuronové vrstvě, B – granule škrobu v endospermu, C – ovesný klíček prakticky bez přítomnosti škrobových granulí. Převzato dle: Arendt and Zannini (2013)

Pro výrobu vloček se nejvíce používá oves setý (*Avena sativa* L.) a nahý (bezpluchý, *Avena nuda*). Oves nahý má vyšší hodnotu HTZ (hmotnost tisíce zrn) zajišťující vyšší výtěžnost vloček (Morris and Bryce, 2002). Dále se využívají pšenice setá (*Triticum aestivum* L.), pšenice špalda (*Triticum spelta* L.), ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.) a žito seté (*Secale cereale* L.). Z bezlepkových zrn se využívají vločky rýže seté (*Oryza sativa* L.), pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum* Moench.), v menší míře vločky z prosa setého (*Panicum miliaceum* L.) (Rao et al., 2002).

## 1.2 Chemické složení obilných zrn využívaných k výrobě vloček

### 1.2.1 Základní nutriční parametry

Mezi monosacharidy obilovin jsou řazeny xylóza, arabinóza, glukóza, fruktóza, galaktóza a manóza, z oligosacharidů maltóza a izomaltóza (sacharóza jen v minoritních koncentracích (Kadlec a kol., 2009). Ovesné zrn obsahuje cca 1,2 až 1,3 g.kg<sup>-1</sup> glukózy, u pšenice je to kolem 1,1 g.kg<sup>-1</sup> DW (Kent and Evers, 1994), vyšší je obsah maltózy (př. amarant až 2,8 g.kg<sup>-1</sup>) (Arendt and Zannini, 2013). Asi 65–85 % hmot. zrn pšenice, rýže nebo ova je tvořeno škrobem, který je složen z amylózy (stavební jednotkou je maltóza) a amylopektinu (stavebními jednotkami jsou maltóza a izomaltóza). Na škrobové granule bývají vázány lipidy a minerální prvky (Morris and Bryce, 2002). V ovesném zrn se obsah škrobu pohybuje mezi 50 až 60 % (Arendt and Zannini, 2013). Škrob se minoritně vyskytuje i ve formě rezistentního škrobu, který nepodléhá enzymatickému štěpení v tenkém střevě, postupuje do tlustého střeva a může plnit funkci probiotika (Chanvrier et al., 2007; Dodevska et al., 2013). Obsah rezistentního škrobu v ovesných vločkách je kolem 3,7 g.kg<sup>-1</sup>, u žitných vloček až 41,7 g.kg<sup>-1</sup> (Maki et al., 2012; Dodevska et al., 2013). V obalových vrstvách se nachází celulóza a pentózy. Celulóza (polymer β-1,4-glykosidicky pojených molekul D-glu) tvoří až ¼ hmotnosti aleuronové vrstvy a přispívá k celkovému obsahu vlákniny. V ovesných vločkách je obsah celulózy kolem 7,3 g.kg<sup>-1</sup> DW (Dodevska et al., 2013). Mezi hemicelulózy patří arabinoxylany (L-arabinóza v bočních větveních β-1,4-glykosidicky vázaná na D-xylózu či zbytky kyseliny ferulové), které se vyskytují převážně v žitu (4–7 %) a ovsu (do 7 %) vázány převážně v aleuronové vrstvě. Ovesné vločky obsahují kolem 30 g.kg<sup>-1</sup> DW arabinoxylanů, žitné až 78 g.kg<sup>-1</sup> DW. Mohou být doprovázeny heteromanany a xyloglukany (Hlebowicz et al., 2007). β-glukany (polymery D-glukózy pojené β-1,4 a β-1,3-glykosidovými vazbami) jsou schopné vytvářet viskózní gely, a to zejména v ovsu. Obsah β-glukanů v ovesných vločkách je cca 52 g.kg<sup>-1</sup> DW (Klensporf and Jeleň, 2008). Obilná zrna obsahují i frukto-oligosacharidy (př. ovesné vločky obsahují cca 3,5 g.kg<sup>-1</sup> fruktanů) (Dodevska et al., 2013). Pektinové látky (estery-poly-D-galaktouronových kyselin) se v zrnech nacházejí velmi málo, např. v rýžových zrnech (Kent and Evers, 1994).

Proteiny jsou hlavně v aleuronové vrstvě, klíčku, dále v endospermu. Dle své rozpustnosti se dělí na: albuminy (rozpuštěné ve vodě), globuliny (rozpuštěné v roztocích solí), prolaminy (rozpuštěné v 70% etanolu) a gluteliny (zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad) (Příhoda a kol., 2006). Váží se převážně jako na hydroxyprolin bohaté glykoproteinové molekuly. Obvykle u rozpustných proteinů albuminové frakce převažují nad globulinovými (tyto mají spíše povahu zásobní) (Kent and Evers, 1994). Prolaminy (gliadiny) a gluteliny bobtnají omezeně. Za přídavku vody k mouce a za přítomnosti vzdušného kyslíku a při hnětení se vytvoří pevný gel, který se nazývá lepek (gluten). Tento dává těstu pružnost a tažnost. Přítomnost lepku je však nežádoucí pro lidi, kteří trpí celiakií (nesnášenlivost lepku). Nemoc je částečně geneticky determinována a je nutno dodržovat bezlepkovou dietu. Obsah proteinů v zrnech je značně proměnlivý. V pšeničných zrnech je obsah vyšší než 8,0 %, mnohdy dosahuje až 22 % (Shewry, 2007). Bohatě na bílkoviny jsou zrna ovesa (až 19 %), v ovesných vločkách se obsah proteinů pohybuje obvykle do 14 % (Arendt and Zannini, 2013). Dominantní aminokyselinou obilovin (AMK) je kyselina glutamová, pak také prolin a leucin. Limitující AMK je lyzin, u kukuřice je to i tryptofan (Kent and Evers, 1994; Shewry, 2007). Z pseudoobilovin mají vysokou koncentraci lyzinu pohanka a quinoa (cca 61 g na 1 kg proteinu) (Sedej et al., 2011; Wijngaard and Arendt, 2006). Mezi molekuly proteinové povahy se řadí i enzymy. Při výrobě vloček je nutno věnovat zvýšenou pozornost lipázám, které katalyzují hydrolýzu triacylglycerolů (TAG) na diacylglyceroly (DAG) a mastné kyseliny (MK). Lipooxidázy katalyzují degradaci MK a monoacylglycerolů (MAG) (Kent and Evers, 1994). Polyfenoloxidázy mohou způsobovat vznik tmavých skvrn při skladování. Mezi další významné enzymy obilovin se řadí  $\alpha$ -amyláza,  $\beta$ -amylázy, proteázy,  $\beta$ -glukanázy a fytázy (Kent and Evers, 1994).

Vysoký podíl lipidů je v obilných klíčcích (až 64 %), pokud jde o samotné zrno, potom se nejvyšší podíl nachází v aleuronu a endospermu (až 3,3 %). Část lipidů je vázána do lipoproteinových a glykolipidových komplexů. TAG se vyskytují v aleuronové vrstvě, štitku a endospermu. Z fosfolipidů se v obilovinách vyskytují fosfatidylcholin, fosfatidyletanolamin, fosfatidylinositol aj. (Yoshida et al., 2011). Ovesné vločky obsahují většinou nad 6 % lipidů. Z celkových lipidů ovesa tvoří 32 až 85 % TAG, fosfolipidy 5 až 26 %. Z celkových fosfolipidů pak fosfatidylcholin zaujímá až 50 %, fosfatidová kyselina 18 %, fosfatidylinositol 10 % a fosfatidyletanolamin 9 %. Nejhojněji zastoupenými MK jsou linolová a palmitová, u ovesa kyselina olejová, proso je bohaté na kyselinu stearovou (Wijngaard and Arendt, 2006; Klensporf and Jeleň, 2008). V ovesném zrnu je z celkových lipidů ze 41 % zastoupena kyselina linolová, z 35 % olejová a z 20 % palmitová (Příhoda a kol., 2006). Na stabilitě nenasycených MK se významně podílí tokoferoly (Yu et al., 2016; Yoshida et al., 2011).

Vitaminy jsou hlavně v klíčku a obalových vrstvách, málo v endospermu. Tiamin, riboflavin a tokoferoly se nachází převážně v klíčcích, pyridoxin, kyseliny nikotinová, listová a pantotenová zase v aleuronu (Kent and Evers,

1994). Obsah tiaminu se pohybuje běžně v rozmezí 1,0–4,2 mg.kg<sup>-1</sup>, riboflavinu 1,1–4,2 mg.kg<sup>-1</sup>, kyseliny nikotinové 9,3–70,2 mg.kg<sup>-1</sup>, kyseliny pantotenové 1,4–14,6 mg.kg<sup>-1</sup>, pyridoxinu 2,1–5,9 mg.kg<sup>-1</sup>, kyseliny listové 0,3–1,8 mg.kg<sup>-1</sup> a biotinu 210 µg.kg<sup>-1</sup> (Arendt and Zannini, 2013). V zrnech ovsa obsah vitamínu E dosahuje ke 40 mg.kg<sup>-1</sup> DW (Zilic et al., 2011). Jako hlavní forma vitamínu E v pšenici byla detekována přítomnost β-tokotrienolu (Lv et al., 2012), v rýžích se vyskytují tokoferoly i tokotrienoly. Bohaté na vitamin E jsou zejména rýže s červenými obalovými vrstvami (Yu et al., 2016; Finocchiaro et al., 2007). Nejvyšší obsahy vitamínu E jsou v klíčcích.

Obsah minerálních prvků se vyjadřuje jako obsah popele. Jeho množství se v zrnech pohybuje cca od 1,0 do 2,5 %. Obsah popele u vloček z ovsa nahého může dosahovat 38 g.kg<sup>-1</sup>, u ovsa setého až 42 g.kg<sup>-1</sup> (Hu et al., 2014). Minerální prvky jsou vázány převážně ve slupkách zrn, jejich vysoká koncentrace je i v aleuronu. Často se váží jako hydrogen a dihydrogenfosforečnany, křemičitany či sulfáty. Fosfor se váže na kyselinu fytoovou, škrob, nebo na polysacharidy obalových vrstev. Takto jsou vázány i Ca, Mg, Fe, Mn a Zn v ovesných vločkách, a jsou tak hůře absorbovány v tenkém střevě. Jejich absorpce se dá zvýšit přidáním kyselin citronové nebo jablečné (Příhoda a kol., 2006; Ekholm et al., 2000). Obsah prvků je závislý na druhu zrna, půdních a klimatických podmínkách, agrotechnice a na environmentálních podmínkách. Mezi hlavní minerální prvky se řadí K (465 až 6 300 mg.kg<sup>-1</sup>), Mg (170 až 2480 mg.kg<sup>-1</sup>), Ca (25 až 1590 mg.kg<sup>-1</sup>) a P (335 až 5 570 mg.kg<sup>-1</sup>), mezi minoritní pak Fe (3 až 76 mg.kg<sup>-1</sup>), Mn (5 až 75 mg.kg<sup>-1</sup>), Zn (10–50 mg.kg<sup>-1</sup>) a Cu (1 až 9 mg.kg<sup>-1</sup>) (Arendt and Zannini, 2013; Antoine et al., 2012). V cereáliích se může vyskytovat i vyšší množství Se (až 72 µg.kg<sup>-1</sup>), které je silně vázáno na jeho půdní zdroje. Mezi další prvky stanovující se v obilovinách se řadí i toxické prvky jako Pb, Cd, Hg a As (Matos-Reyes et al., 2010; Kabata-Pendias, 2011). Nařízení Komise (ES) č. 629/2008 v platném znění stanovuje maximální obsah Cd v cereálních výrobcích neobsahujících otruby na 100 µg.kg<sup>-1</sup>, pro obsah Pb platí max. obsah 200 µg.kg<sup>-1</sup> (Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006).

Dietary fibre (DF) „dietetická vláknina“ je definována jako jedlé části rostlinného materiálu nebo analogů komplexů převážně polysacharidových polymerů, dále ligninu, přírodních vosků apod., které jsou rezistentní vůči trávicím pochodům a následné absorpci tenkým střevem s kompletní nebo částečnou fermentací v tlustém střevě (Gebruers et al., 2008; Elleuch et al., 2011; Dhingra et al., 2012). Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 v platném znění je „vláknina“ definována jako uhlovodíkové polymery se třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě lidského organismu a náleží do kategorií: a) jedlé uhlovodíkové polymery přirozeně se vyskytující v přijímané potravě, b) jedlé uhlovodíkové polymery, které byly získány z potravinových surovin fyzikálními, enzymatickými nebo chemickými prostředky a které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky a c) jedlé syntetické

uhlovodíkové polymery, které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky. Může být dělena na rozpustnou (SDF, Soluble dietary fibre) a nerozpustnou (IDF, Insoluble dietary fibre). SDF je fermentována bakteriemi v tenkém střevě za vzniku butyrátů, laktátů, acetátů, propionátů apod. Butyráty slouží jako zdroj energie buňkám střevního epitelu a chrání je před rakovinnými onemocněními a kolitidami. Snižuje absorpci cholesterolu trávicím traktem, podílí se na snížení hladiny glukózy (Dodevska et al., 2013; Zhou et al., 2016). V ovesných vločkách představují značnou část rozpustné vlákniny  $\beta$ -glukany (Kälviäinen et al., 2002). IDF má schopnost na sebe vázat molekuly vody, tím upravuje konzistenci stolice a zpomaluje průchod tráveniny střevem (Dhingra et al., 2012). Frakce vlákniny lze od sebe separovat v závislosti na jejím chemickém složení nebo na jejích fyzikálně-chemických vlastnostech. Podle toho se také rozlišují jednotlivé typy vlákniny v rámci jejich analýzy (Dodevska et al., 2013). Komplex hrubé vlákniny (CF, Crude fibre) představuje po chemické stránce celulózu a lignin. Její obsah v ovesných vločkách je kolem  $16 \text{ g.kg}^{-1}$  (Příhoda a kol., 2006), přičemž obsah celkové vlákniny (TDF, Total dietary fibre) v ovesných vločkách je cca  $160 \text{ g.kg}^{-1}$  (Takhellambam et al., 2016). Denní doporučený příjem vlákniny pro dospělé osobu je stanoven na 25 až 30 g za den.

### 1.2.2 Polyfenolické látky

Mezi polyfenoly se řadí polyfenolické kyseliny, flavonoidy, stilbeny, kumariny, lignany a stilbeny. Vnější obalové vrstvy obsahují polyfenoly vázící se esterově nebo éterově na celulózové a hemicelulózové komponenty. Tyto se označují jako vázané. Pod buněčnými stěnami endospermu se vyskytují polyfenoly i ve formě volné či konjugované (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). Mezi fenolický polymer oplodí obilovin patří lignin. Jedná se o deriváty sinapyl, koniferyl, či kumarylakoholů. Tyto polymery jsou zesíťovány s polysacharidy obalových vrstev přes feruláty, které jsou napojeny na arabinoxylany, nově se zdá, že toto propojení může být i přes hydroxyskořicové jednotky. Lignin se nachází ponejvíce v zrnech ovsa, pšenice, ječmene a rýže (Bunzel et al., 2004). Z polyfenolických kyselin jsou zastoupeny deriváty hydroxybenzoových (př. *p*-hydroxybenzoová, vanilová a protokatechinová) a hydroxyskořicových (př. ferulová, kávová, *p*-kumarová, chlorogenová) kyselin, které se liší počtem hydroxylových a metoxylových skupin (Mattila and Hellström, 2007; Yeo and Shahidi, 2015). Typickou kyselinou vázanou na arabinoxylany pšeničného zrna je kyselina ferulová ( $198\text{--}625 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) (Lv et al., 2012), v perikarpu je např. kyselina sinapová (Ndolo and Beta, 2014). Polyfenolické kyseliny pšenice se vyskytují převážně ve formě vázané (Li et al., 2007). Obsah celkových polyfenolů v zrnech pšenice je v rozmezí od 0,1 do  $2,0 \text{ g GAE.kg}^{-1}$  (GAE, Gallic acid equivalent, ekvivalenty kyseliny gallové) (Lv et al., 2012; Yu et al. 2004). U pšenice s červenými obalovými vrstvami se vyskytují antokyanová barviva, jejichž obsah je cca 0,5 až  $1,2 \text{ g C3G.kg}^{-1}$  (C3G,

ekvivalenty kyanidin-3-glukosidu) (Li et al., 2007). V zrnech ovsa se nejčastěji vyskytuje kyselina ferulová (kolem 230 mg.kg<sup>-1</sup>), dále kyselina kávová (cca 150 mg.kg<sup>-1</sup>) a *p*-kumarová (cca 80 mg.kg<sup>-1</sup>) (Zilic et al., 2011), dále jsou z polyfenolů přítomny apigenin, luteolin a tricin (Shahidi and Naczki, 2004). Hlavními polyfenoly rýžových zrn jsou zpravidla kyseliny ferulová a *p*-kumarová, celkový obsah polyfenolů v rýžích s barevnými obalovými vrstvami může dosahovat až 7,4 g GAE.kg<sup>-1</sup> (Tang et al., 2016; Chatthongpisut et al., 2015; Min et al., 2014). V barevných obalových vrstvách rýže jsou přítomny antokyanidiny kyanidin-3-glukosid nebo peonidin-3-glukosid, méně pak deriváty pelargonidinu. Celkový obsah antokyanových barviv může být až 3,3 g C3G.kg<sup>-1</sup> DW (CAE, ekvivalenty katechinu) (Kong and Lee, 2010; Tang et al., 2016).

### 1.2.3 Karotenoidní a xantofylová barviva

Nejčastěji se vyskytujícími barvivy zrn jsou lutein a zeaxantin (Zilic et al., 2011). Obsah luteinu v pšeničných zrnech je přibližně 0,7 až 2,1 mg.kg<sup>-1</sup>, zeaxantinu 253 až 527 µg.kg<sup>-1</sup>, β-kryptoxantinu 118 až 195 µg.kg<sup>-1</sup> a β-karotenu od 176 do 362 µg.kg<sup>-1</sup> (DW) (Okarter et al., 2010). V zrnech rýže s černými obalovými vrstvami byl obsah luteinu 3,1 mg.kg<sup>-1</sup>, zeaxantinu 0,7 mg.kg<sup>-1</sup>, lycopenu 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> a β-karotenu 0,2 mg.kg<sup>-1</sup> (Pereira-Caro et al., 2013).

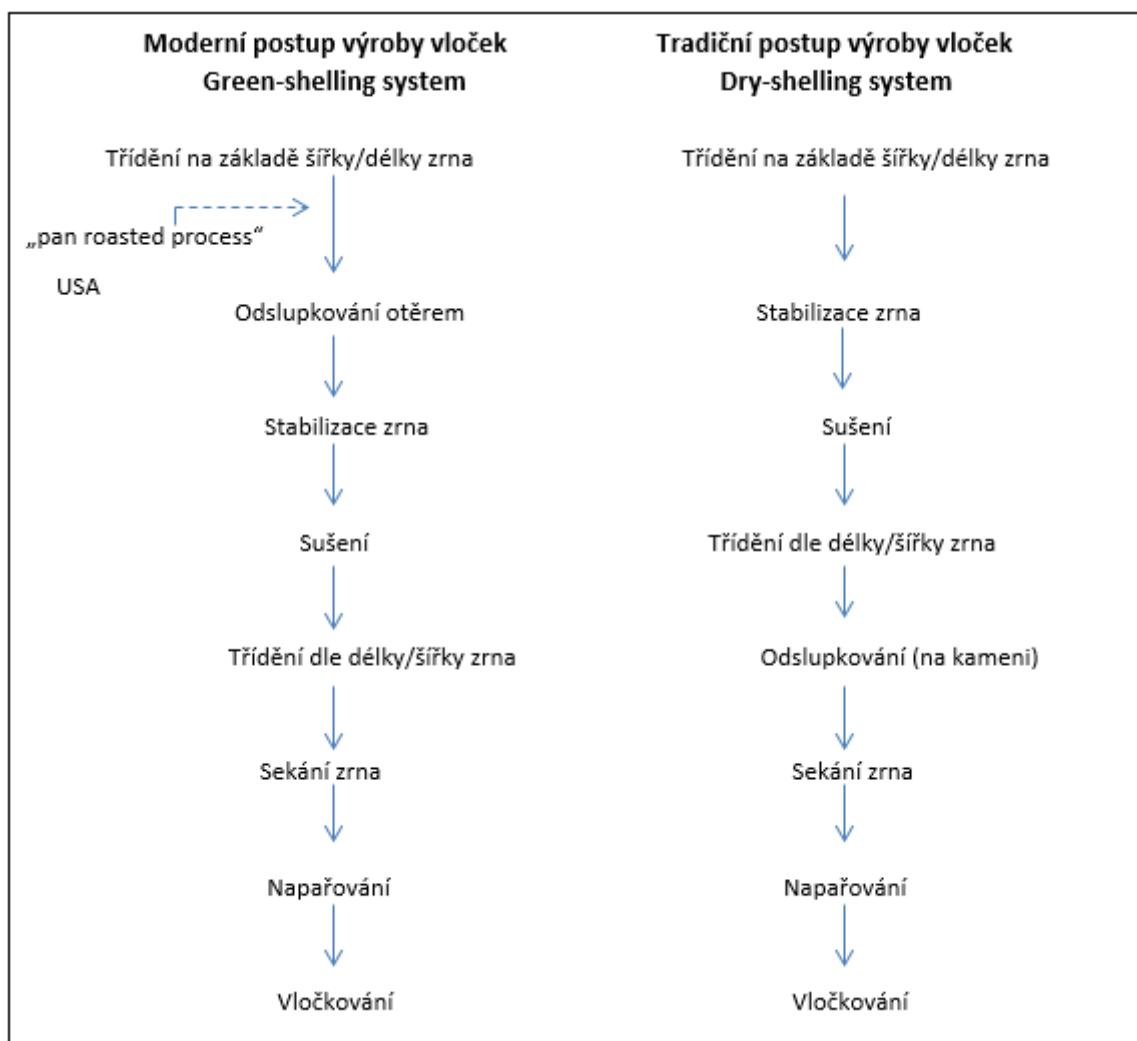
### 1.2.4 Antinutriční látky

Mezi nejvýznamnější antinutriční látku se řadí kyselina fytová, která s minerálními prvky (hlavně s P) tvoří nerozpustné fytátové komplexy a snižuje jejich biologickou využitelnost. Fosfor je pak využit pouze z 50 až 80 %. Do fytátových komplexů se váží i Ni, Co, Mn, Fe, Ca, Zn a Cu. V zrnech obilovin se nachází 5 až 13 mg kyseliny fytové v 1 kg sušiny. Fytáty jsou i antinutrienty proteinů, váží je do méně využitelných komplexů, inhibují aktivitu trypsinu, pepsinu a α-amylázy. Mezi antinutriční látky se řadí i taniny vytvářející komplexy s proteiny, které jsou potom méně stravitelné (Kent and Evers, 1994). Pohanková zrna obsahující vyšší množství taninů, kyseliny fytové a inhibitorů proteáz a amyláz, jsou tak méně stravitelná. Některé proteázové inhibitory mohou fungovat jako alergeny (Wijngaard et al., 2006), proto byla pohanka v Koreji a Japonsku zařazena mezi potravinové alergeny (Şensoy et al., 2006).

## 1.3 Možnosti přípravy vloček z vybraných druhů obilovin

Ovesné vločky lze vyrábět ze zrn ovsa s pluchy (*Avena sativa* L.) nebo z bezpluchých (*Avena nuda* L.). Sled jednotlivých technologických operací výroby vloček je uveden na obr. 1.3.





Obr. 1.3: Možnosti výroby převážně ovesných vloček  
Upraveno dle: Kent and Evers (1994); Příhoda a kol. (2006)

### 1.3.1 Technologické operace při výrobě vloček

Zrna se třídí oddělit od nevyvinutých a obalených ve slupkách v cylindrických válcích, jejichž součástí jsou síta (Kent and Evers, 1994), nebo se využívají diskové separátory se sběrnými žlaby (Příhoda a kol., 2006). Dochází k oddělování nečistot, odstraní se vousek, používá se feromagnetická kontrola. Ovesná zrna jsou rozdělena dle velikosti do dvou až tří frakcí (Příhoda a kol., 2006). V USA je často v procesu green shelling zařazen proces „pan roasted“, kdy se zrno praží, což dává vločkám nádech karamelizace a pečené příchutě.

Stabilizace slouží k inaktivaci enzymů (lipáz, lipoxygenáz, peroxidáz) pomocí působení vlhkosti a teploty páry, dochází k redukci mikroorganismů. Počáteční vlhkost v zrně je cca 14–20 %. Poté teplota zrna stoupá na 90–96 °C po dobu 2–5 minut, výsledná vlhkost se pohybuje kolem 17 až 22 % (Kent and Evers, 1994; Gates et al., 2008). V procesu green shelling pára působí na již opracované zrno (ovesné kroupy). Proces je energeticky výhodnější (není třeba tolik propařovat slupky), inaktivace lipáz je účinnější (Kent and Evers, 1994).



Kritickým krokem je užití nadměrného množství páry při vysoké teplotě, což vede k oxidaci tuků, žluknutí a k želatinaci škrobu a barevným změnám (zrno hnědne) (Arendt and Zannini, 2013).

Při postupu dry-shelling se suší opracované zrno na vlhkost 4–8 % horkým vzduchem. U green-shelling metody prochází krupky přes sušící tělesa, aby výsledná vlhkost byla 12–13 %. Na konci sušení je chladící vzduch pro zabránění vzniku kondenzačních center na povrchu krupek. Problém může působit vyšší teplota, u nechráněných krupek mohou vznikat diskolorace. Kombinace vysoké teploty s nižší vlhkostí v krupkách vedou k iniciaci oxidačních pochodů. Používají se nižší teploty, než u tradiční dry-shelling metody, ale nižší teplota při sušení nenapomáhá tak inaktivaci reziduí lipáz (Gates et al., 2008). Moderní alternativou sušení je postup „mikronizace“. Zrna se suší v inertní atmosféře (př. dusíku) a zahřívají se pomocí infračerveného světla o vlnové délce 1,8 až 3,4  $\mu\text{m}$ , teplota by měla být mezi 90 až 105 °C (Kent and Evers, 1994; Niu et al., 2003).

V procesu dry-shelling se zrno odslupkovává mezi abrazivními válci. Citlivé nastavení válců a čas otěru zajistí výrobu krupek bez nadměrného poškození (Kent and Evers, 1994). V procesu green-shelling jsou zrna odslupkována už před napařováním. Odslupkování se provádí u zrn se vstupní vlhkostí 14–18 % pomocí rotujícího motoru s ostrými lištami a brusných desek a spolupůsobením otěru zrn navzájem. Možnou variací v procesu green-shelling je tzv. wet-shelling, kdy vlhkost zrna je upravena na min. 20 %. Snižuje se tak poškození krupek lámáním, zefektivňuje se proces odslupkování. Krupky jsou pak upraveny na požadovanou velikost dle účelu jejich použití (Kent and Evers, 1994).

Úprava zrn na danou velikost a tvar probíhá v granulátorech. Zapadáním zrn do perforace a jejich následným sekáním ostrými noži dochází k tvarování. Krupky jsou často sekány podélně na poloviny, třetiny nebo čtvrtiny pro dosažení jemných vloček. Při sekání mají ovesné kroupy vlhkost kolem 9 až 12 % (Arendt and Zannini, 2013; Kälviäinen et al., 2002).

Vločkování probíhá průchodem zrn mezi dvěma válci. Přes válce procházejí opětovně napařené krupky (70–104 °C). Opětovné napaření má zajistit inaktivaci lipáz a připravit kroupy na tvarování. Poté jsou vločky sušeny fluidně, chlazeny a baleny (Arendt and Zannini, 2013; Gates et al., 2008; Horvatić and Vedrina-Drgojević, 2000). Sušení plní i dekontaminační funkci, protože cereálie jsou náchylné na rozmnožování plísní. Osvědčilo se sušení suchým horkým vzduchem (Landfeld et al., 2008). Vločky se připravují i dle požadavků použití. Čím více bude podpořena želatinace škrobu, tím budou vločky rychleji kulinárně zpracovatelné. Instantní či tzv. „quick-cooking“ vločky (jemné ovesné vločky) jsou tenké 0,25–0,38 mm a jsou dobře tepelně zpracovatelné. Tradiční vločky do müsli mají tloušťku 0,50–0,76 mm (Arendt and Zannini, 2013; Gates et al., 2008). Vločky se mohou obohatit inulinem nebo lyofilizovanou kulturou *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 (Hajduk et al., 2009). Ze 175 kg ovsa se vyrobí cca 100 kg ovesných vloček (Arendt and Zannini, 2013).

### 1.3.2 Výroba pšeničných vloček

Pšeničné vločky jsou vyráběny stejnými technologickými operacemi ze zrn s vlhkostí cca 21 %, poté jsou rozválcovány. Kondicionování zrn může být i namáčením ve vodě (6 až 18 hod), přebytečná voda se odstraní sušením. Poté jsou zrna stabilizována (10 min), temperována (6 hod) a vločkována (Kent and Evers, 1994; Rao et al., 2002). Je možno zrna dochutit povařením se sacharózou, maltózovým sirupem, lze použít vitaminové premixy apod. Celá směs se pak zahřeje na 88 °C, poté je vedena na vločkování. Meziprodukt má vlhkost kolem 15–18 %, po jeho pražení (300 °C, do 1 min) a sušení mají ochucené vločky vlhkost 3 % (Kent and Evers, 1994). Vločky lze vyrábět i extruzí, výchozím materiálem je pšeničná mouka či krupky (zrna zbavená 4–6 % obalových vrstev). Suchý materiál je spojen s vodou a dalšími surovinami (sacharóza, maltózový sirup, syrovátka, otruby aj.), vlhkost směsi je upravena cca na 28 %. Všechny suroviny jsou v extrudéru míseny šnekovým pohybem a směs je zároveň vedena přes vyhřívací komoru (103–135 °C). Materiál je protlačován přes matici a odřezáván na pelety (vlhkost cca 25 %). Pelety jsou vločkovány, sušeny (2–3 hod při 40–45 °C) na cca 15 % vlhkosti, poté praženy (2–3 min, 190 °C), kdy dosáhnou vlhkosti do 3 % (De Brier 2015; Chassagne-Bercesa et al., 2011).

### 1.3.3 Výroba rýžových vloček

Používají se rýžová zrna bez slupek. Zrna se vaří (cca 60 min), vlhkost materiálu nemá být vyšší než 28 % (lepivost). Poté se směs suší (vlhkost cca 17 %), chladí, temperuje (cca 8 hodin) a použije pro výrobu vloček válcováním (Kent and Evers, 1994). V Indii se pro výrobu vloček používá zlomková rýže (paddy), která se namáčí (2 až 24 h) ve vodě, aby zrna dosáhla vlhkosti do 33 %. Pak probíhá pražení (110 až 180 °C, max. 1 min) tak, aby vlhkost zrn byla mezi 14–18 %, teplota v zrně je cca 105 až 120 °C. Poté se rýže kondicionuje na vlhkost do 19 % při teplotě 90 °C a probíhá vločkování mezi válci. Následuje chlazení a balení. Vločky mají do 11 % vlhkosti, tloušťka je 0,3 až 1,0 mm (Sulochana et al., 2007). U extruze je postup podobný jako u pšenice, jen na vyrovnání šedé barvy, která vzniká z bílé rýžové mouky (Maillardovy reakce), se mohou použít barviva (Kent and Evers, 1994). Teplota během extruze je 175 °C, výsledná vlhkost vloček 15 %. Musejí se tedy sušit na konečnou vlhkost 4 %. Vločky mohou být potaženy nástřikem dochucovadel. Vločky jsou znovu přesušeny, zchlazeny a zabaleny (Owens, 2001).

## 1.4 Chemicko-technologické vlastnosti obilných zrn pro výrobu vloček

Pro použití netradičních obilovin na výrobu vloček je nutno predikovat jejich případná chemicko-technologická omezení v závislosti na jejich chemickém složení. Tato zrna obsahují zpravidla vyšší podíl lipidů, bílkovin, vlákniny

a polyfenolů. Mohou tak být více náchylná na chemické změny. Pro následnou selekci netradičních obilovin je jejich chemická analýza stěžejní. Pokud mají vločky hodnotu vodní aktivity pod 0,6, potom jsou stabilní vůči růstu mikroorganismů, ale přesto mohou probíhat enzymatické a chemické změny. Müsli směsi mají obvykle hodnotu aktivity vody menší než 0,4 (Jensen et al., 2005).

#### **1.4.1 Chemicko-technologické vlastnosti látek lipidové povahy**

Cereální výrobky, které obsahují více jak 3 % lipidů a obsahují také vyšší množství nenasycených MK, jsou náchylné na oxidační pochody. To vede ke zhoršení chuťových a nutričních parametrů, i když mají vlhkost nižší než 3 % (Jensen et al., 2005). Pro zjištění stupně oxidace lze provést stanovení hexanalů, který vzniká jako degradační produkt oxidace kyseliny linolové a může být potlačen snížením teploty skladování (Jensen et al., 2005; Jensen and Risbo, 2007). Oxidace lipidů v müsli vzrůstá lineárně s časem a je závislá na relativní vlhkosti prostředí a vzorku. Pokud byly vzorky skladovány při relativní vlhkosti 23 až 43 %, potom byla míra oxidačních pochodů minimální (Jensen and Risbo, 2007). Pokud jsou skladovány ovesné vločky při vyšší relativní vlhkosti, jsou více náchylné k oxidačním změnám (Jensen et al., 2005), pokud je nevhodně zvolen proces termálního ošetření ovsa, potom mají vločky jemně nahořklou chuť. Tato je způsobena reakcí N-heterocyklických sloučenin s produkty oxidace lipidů. Koncentrace vznikajícího hexanalů tak dosahuje až 1670 mg.kg<sup>-1</sup> (Klensporf and Jeleň, 2008). Je nutno věnovat pozornost i narušování povrchu zrn během zpracování (zejména u prosa a rýže), jejichž povrch je vystaven více vzdušnému kyslíku, který s lipázami zhoršuje organoleptické vlastnosti (Yoshida et al., 2011). Oxidace nenasycených MK a lipidů je pak jednoznačně zodpovědná za vznik cizí příchutě (Yoshida et al., 2011). Zpracováním ovsa je tak iniciována enzymatická hydrolýza lipidů za vzniku volného glycerolu a MK (olejové, linolové a palmitové). Volné MK jsou prekurzory právě látek hořké chuti (Klensporf and Jeleň, 2008). Primární cestou degradace lipidů je jejich autooxidace za tvorby volných radikálů. Reakce jsou iniciovány UV zářením, vyšší teplotou, singletovým kyslíkem <sup>1</sup>O<sub>2</sub>, ionty kovů nebo metaloproteinovými komplexy (Shahidi, 2015). Antioxidanty vychytávají <sup>1</sup>O<sub>2</sub>, brání procesu tvorby radikálů v počáteční fázi (vznik hydroxyradikálů), vážou ionty kovů do neúčinných komplexů, rozkládají primární produkty oxidace na neradikálové formy a zabraňují odnímání atomů H ze substrátů. Primárními produkty autooxidace jsou hydroperoxydy, které mají negativní vliv na zdraví konzumenta, ale nezpůsobují změny v organoleptických vlastnostech. Jejich rozkladem vznikají aldehydy, ketony, alkoholy, epoxidy, uhlovodíky apod., které mají silně negativní dopad na organoleptické vlastnosti, jako je chuť, vůně, diskolorace (Shahidi and Naczki, 2004; Jensen et al., 2005).

## 1.4.2 Chemicko-technologické vlastnosti polyfenolů a antioxidační aktivita

Polyfenoly vykazují převážně antioxidační vlastnosti. Pokud se jedná o zrna s barevnými obalovými vrstvami, jsou významné jako nositelé barvy. Polyfenoly vykazují i antiproliferační, antibakteriální, protizánětlivé a antialergenní vlastnosti (Xu et al., 2008). Mezi další antioxidanty rostlin se řadí vitaminy (vitamin C a E,  $\beta$ -karoten – provitamin vitaminu A), xantofylová barviva, minerální prvky (Se, Zn) aj. (Shahidi and Amigaipalan, 2015). Polyfenoly mohou být donorem atomu H pro radikály vznikající autooxidací lipidů a MK. Ty jsou pak více stabilní a nedostupné pro následné autooxidační reakce (Kiokias et al., 2008). Antioxidační aktivita (AOA) polyfenolů je přičítána jejich chemické struktuře, počtu a poloze  $-OH$  či  $-OCH_3$  substituentů a glykosylaci flavonoidních skeletů. Nahrazení jedné  $-OH$  sk. skupinou  $-OCH_3$  může vést ke snížení AOA o 56 %. Taktéž glykosylací vznikající aglykony mají nižší AOA. Bylo také prokázáno, že při vysokých koncentracích se polyfenoly chovají naopak prooxidačně, zapojují se do iniciačních fází radikálových reakcí (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). Na AOA zrn má vliv jeho technologické zpracování. Například varem ve vodě (35 min) dochází ke snížení AOA u zrn rýže o 9 %, v rýžovaru (25 min) dochází k poklesu až o 14 %, přičemž celkový obsah polyfenolů se sníží až o 42 %, flavonoidů o 27 % a antokyanů o 36 % (Tang et al., 2016). Naopak u pšenice při její tepelné úpravě pečením (170 °C, 20 min) k úbytku celkových polyfenolů nedošlo, stejně tak nedošlo k významnému úbytku antokyanů (Li et al., 2007). Degradací reakce nebyly v tomto případě urychleny přítomností vodního prostředí. Hydrotermální pochody, společně s přítomností kyslíku a vyšší vlhkostí, urychlují degradaci polyfenolů. Napařováním zrn se snižuje obsah hydroxyskořicových kyselin, přičemž koncentrace hydroxybenzoových kyselin se zvyšují. Hydrotermální pochody tak podporují uvolňování hydroxybenzoových kyselin z obalových vrstev a zvyšují obsah vázaných polyfenolů o více jak 40 %. Dochází totiž k nestabilitě buněčných stěn a ztrátě jejich vazebné schopnosti (Min et al., 2014; Fares et al., 2010). Stabilita antokyanových barviv je závislá na podmínkách pH (nestabilní při  $pH > 4,5$ ), přítomnosti UV i VIS složky slunečního záření, jsou termolabilní a podléhají oxidaci. Kyslík aktivuje činnost polyfenoloxidáz, a tak nepřímo katalyzuje reakce vedoucí k degradaci antokyanů (Howard et al., 2014; Tang et al., 2016). Je tak nezbytné kontrolovat i teplotu při hydrotermickém zpracování, protože degradace těchto barviv je přímo úměrná právě zvyšující se teplotě (Hou et al., 2013). Nejvyšší úbytek polyfenolů a antokyanů byl zaznamenán u mikrovlnného ohřevu (800 W, 13 min). Polyfenoly jsou polární látky, které mohou absorbovat energii mikrovln přímo. Vznik  $H_2O_2$  během mikrovlnného ohřevu aktivuje oxidační reakce (Zhao et al., 2013; Chatthongpisut et al., 2015). Proantokyanidiny (oligomery stupeň 8 a výše) mohou v procesu extruze či vaření interagovat s proteiny a polysacharidy, a vytvářet tak nerozpustné komplexy. Tímto je umožněna lepší využitelnost nižších oligomerů proantokyanidinů

buňkami tenkého střeva. Vyšší oligomery vázané v nerozpustné komplexy přecházejí až do tlustého střeva, kde jsou metabolizovány bakteriemi a mohou tak mít prebiotický potenciál (Min et al., 2014; Awika et al., 2003). Polyfenoly přítomné v potravinách mohou do jisté míry tuto chránit proti oxidačním změnám (Karakaya, 2004). V přítomnosti vyššího podílu lipidů, a za podmínky rozjezdu oxidačních pochodů, polyfenoly podléhají degradaci za vzniku různých produktů (vznikající fenoxylové radikály vstoupí do procesu přeskupování a vzájemných kondenzací dalších radikálů) (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). Je velmi důležité jednotlivé polyfenoly identifikovat, kvantifikovat, studovat jejich interakce a evaluovat hodnotu AOA (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos, 2010).

### **1.4.3 Chemicko-technologické a nutriční vlastnosti ostatních látek obilovin**

Škrob podrobený želatinaci je stravitelnější a hydrolyzuje se lépe amylytickými enzymy v zažívacím traktu. Teplota želatinace při výrobě vloček se pohybuje kolem 63 až 70 °C, u vloček z prosa je 77,5 °C. Čím více amylopektinu zrna obsahují, tím více jsou odolná k želatinaci. Proces výroby vloček nezpůsobí kompletní želatinaci molekul škrobu (u ovesných vloček podléhá želatinaci do 40 % škrobu). Následná retrogradace závisí na druhu a koncentraci škrobu, délce varu, procesu chlazení, pH, přítomnosti solí, lipidů, sacharidů apod. (Chanvrier et al., 2007; Alsaffar, 2010; Granfeldt et al., 2000; Itagi et al., 2012). V případě extruze je nutno počítat i s depolymerizací amylozy a amylopektinu za vzniku různě dlouhých fragmentů těchto molekul. Retrogradace vede k horší hydrolýze škrobu amylytickými enzymy, čímž klesá jeho stravitelnost (Alsaffar, 2010). Nicméně, retrogradovaný amylopektin je na rozdíl od amylozy hydrolyzovatelný  $\alpha$ -amylázami metodou *in vitro* (Chanvrier et al., 2007).

Lipidové molekuly a minerální prvky (hlavně P) tvořící komplexy se škrobovými granulemi, mohou signifikantně ovlivňovat bobtnání a želatinaci škrobu (Morris and Bryce, 2002; Alsaffar, 2010). Případným odstraněním lipidového podílu ze škrobových granulí se snižuje teplota, při které nastávají mechanismy spojované s želatinací (stoupá viskozita škrobového gelu). Amylóza může vytvářet i asociační komplexy s organickými kyselinami a alkoholy, nasycené MK mohou vytvářet obaly helixů amylozy (Kent and Evers, 1994). Do interakcí se mohou zapojovat i pentózany. V prostředí oxidačních agens dochází při styku s vodou k tvorbě diferulových zesílení, která napomáhají pentózanům snáze tvořit gely (Kent and Evers, 1994). Ovesné vločky mají také vyšší tendenci k sorpci vzdušné vlhkosti, přičemž tento jev může zmírnit vyšší obsah lipidů. Také čím vyšší je teplota, tím je sorpce nižší a vločky jsou méně hygroskopické (McMinn et al., 2007).

Při termickém opracování se rozruší intramolekulární disulfidové vazby proteinů a dojde k formaci nových vazeb, dochází k interakcím protein-protein nebo peptid-protein, které vedou k zesíťování za vzniku nových struktur se

změněnými chemicko-fyzikálními vlastnostmi (Rao et al., 2002). V průběhu výroby ovesných vloček nedochází ke snížení obsahu celkového dusíku, u výroby vloček pšeničných a žitných byl zaznamenán úbytek do 3 %. U všech typů vloček však byla zaznamenána snížená biologická využitelnost metioninu (o 26 %), stejně tak tryptofanu (u pšeničných a ovesných vloček o 10 %, u žitných a ječných o 20 %). I když klesla biologická využitelnost esenciálních AMK, ne vždy klesl významně jejich obsah, což bylo vysvětleno spolupropojením účinků technologických zákroků s nestabilitou lipidových molekul. Čím vyšší byl jejich obsah, tím byla využitelnost esenciálních AMK nižší (Horvatić and Vedrina-Dragojević, 2000).

Při tepelném zpracování zrn může docházet k Maillardovým reakcím. Těch se účastní redukující sacharidy nejčastěji s aminokyselinami, které mají v bočním řetězci volnou  $-NH_2$  sk., což jsou lyzin, arginin, tryptofan a histidin. Při extruzi, sušení a pražení vloček dochází k působení teplot i nad 180 °C. Při její kombinaci s cca 15% vlhkostí jsou dány podmínky pro rozvoj Maillardových reakcí, které jsou zodpovědné za tvorbu hnědých produktů s rozličnými organoleptickými vlastnostmi. Dochází ke ztrátám v obsahu lyzinu (mezi 10 až 20 %). Vzhledem k tomu, že lyzin je limitující AMK, je nutno technologické operace řídit vzhledem k sensorickým vlastnostem a výsledné nutriční hodnotě. Monitorujícím indikátorem ztrát lyzinu může být detekce furosínu ( $\epsilon$ -N-2-furoylmetyl-L-lyzin), který se tvoří v kyselém prostředí hydrolyzou Amadoriho sloučenin. Furosín vzniká interakcemi mezi  $\epsilon$ - $NH_2$  sk. lyzinu, které reagují s glukózou, fruktózou a maltózou, popř. s laktózou, pokud se na výrobu vloček použila syrovátka. Mezi konečnými produkty Maillardových reakcí se mohou tvořit pyraziny a furanony (Delgado-Andrade, 2007; Klensporf and Jeleň, 2008).

Ztráty vitaminů jsou vázány na druhy obilných zrn a technologické zpracování. Nicméně, obsah vitaminu E ve vařených zrnech rýže lze zvýšit o 32 %, protože se varem uvolňuje z obalových vrstev (Finocchiaro et al., 2007). Kde nejsou již přítomny obalové vrstvy, k tomuto efektu samozřejmě nedochází. Koncentrace vitaminu E se ovšem zvyšuje jen pokud byla zrna vystavena vyšší teplotě po dobu max. 20 min. Jev byl vysvětlen vyvázáním jednotlivých homologů z obalových vrstev rýžových zrn, které poté podléhají oxidativním pochodům (Min et al., 2014). Asi 50 % tiaminu se ztrácí během drcení pšeničných zrn a jejich zpracování extruzí, ale až 100 % se ho ztratí při výrobě vloček. Naopak při výrobě vloček jsou stabilní riboflavin, niacin, pyridoxin a kyselina listová. Extruzí se ztrácí asi 11–21 % vitaminu E. Vitaminovými suplementy se snídaňové cereálie fortifikují. Mohou se přidávat při vaření, extruzi, sprayováním po povrchu či jsou součástí cukerných plev (Kent and Evers, 1994).

## 1.5 Ostatní složky surovinové skladby müsli směsí

Vyhláška č. 157/2003 Sb. v platném znění stanoví požadavky pro zpracované ovoce a suché skořápkové plody. Zpracovaným ovocem je potravina, jejíž charakteristickou složku tvoří ovoce, a která byla upravena konzervováním. Sušené ovoce je ovoce konzervované sušením bez použití přírodních sladidel, ovoce proslazené (kandované) je potravina konzervovaná zvýšením sušiny přidáním přírodních sladidel. Sušina sušeného ovoce musí činit nejméně 70 %, u švestek 67 %. Pokud je sušina kandovaného ovoce nižší než 70 %, je nutno jej ještě dále konzervovat dalším konzervačním procesem. Ovoce, které se přidává do snídanových cereálií bývá často kandováno do cukerných roztoků, popř. je sušeno proudem teplého vzduchu (někdy v přítomnosti SO<sub>2</sub>). Metoda, která se začíná čím dál tím více prosazovat, je lyofilizace. Ovoce je ceněno zejména pro svůj vysoký obsah antioxidantů, dále je zdrojem vlákniny, minerálních prvků a sacharidů (Feskanich et al., 2000). Mezi hlavní antioxidanty se řadí polyfenoly, vitamin C a E, karoteny a xantofyly apod. Ze skupiny polyfenolů v ovoci převládají flavonoidy (např. kvercetin) (Lim et al., 2007). U barevných druhů ovoce hrají významnou úlohu antokyaninová barviva a jejich glykosidy (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). V müsli směsích se obvykle vyskytují jablka, švestky, rozinky, meruňky, maliny, borůvky, brusinky, ananas, rybíz, banán, mango aj. Barevné bobulové ovoce je ceněno pro svůj vysoký obsah polyfenolů a vysokou AOA. V porovnání s obilovinami má bobulové ovoce až 40x vyšší obsah polyfenolů (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). Zde se jeví perspektivní využití netradičních druhů ovoce, jako jsou např. aronie, zimolez, mišpule, kalina, dřín, muchovník, rakytník aj., a to zejména pro svůj vysoký obsah polyfenolů (Oszmiański et al., 2016; Xie et al., 2016). Mimo plody rakytníku se výše zmiňované plody ovoce zatím v těchto směsích běžně nevyskytují. Tato problematika jejich použití není ještě dostatečně zmapována a první pilotní testy teprve probíhají.

Vysoká hodnota AOA u borůvek a brusinek je připisována přítomnosti antokyaninových barviv jako delfinidin, kyanidin, petunidin, malvidin a jejich glykosidům (např. delfinidin-3-galaktosid, malvidin-3-arabinosid aj.) (Prior et al., 2001; De Souza et al., 2014). Z polyfenolických kyselin se v borůvkách a brusinkách vyskytují kyseliny syringová, skořicová, gallová, ferulová, *p*-hydroxybenzoová nebo chlorogenová (Lee and Wrolstad, 2004; Naczka and Shahidi, 2006). Nové poznatky potvrzují, že kyseliny chlorogenová, ellagová, kvercetin a hyperin v borůvkách se podílejí na antimikrobiální aktivitě proti *Listeria monocytogenes* a *Salmonella* Enteritidis (Shen et al., 2014). Při technologickém opracování ovoce se mění jeho nutriční hodnota. Blanširováním borůvek (85 °C, 3 min) či jejich mražením se uvolní antokyaninová barviva vázaná na rostlinné buňky a volný obsah extrahovatelných barviv se zvýší o 7 % (Giovanelli et al., 2012), zatímco sušením horkým vzduchem (70 °C) a kandováním do cukerných roztoků se jejich obsah sníží až o 30 % (Giovanelli

et al., 2013). Obsah celkových polyfenolů nebyl ovlivněn blanširováním (85 °C, 3 min) ani kandováním do roztoku sacharózy s následným přesušením v sušárně (Lohachompol et al., 2004; Giovanelli et al., 2012). Jako perspektivní se jeví konzervace ovoce pomocí lyofilizace, kdy zůstávají ve vysoké míře zachovány látky vykazující antioxidační aktivitu, jako jsou polyfenoly, karotenoidy či vitamin C (Sogi et al., 2015).

Skořápkovými plody se rozumí plody nebo semena vlašských ořechů, lískových ořechů, mandlí, kešu ořechů, arašídů, para ořechů, kokosových ořechů a piniových ořechů (vyhláška č. 157/2003 sb.). Jsou dobrým zdrojem lipidů s  $\omega$ -3 MK a proteinů, obsahují vysoké množství vitamínu E a jsou zdrojem Mg a K (Kris-Etherton et al., 2001; Shahidi, 2009). Vzhledem k vyššímu obsahu lipidů a nenasycených MK je nutno počítat při zpracování a skladování převážně s oxidačními pochody. Ve skořápkových plodech převažují z frakcí vitamínu E hlavně tokoferoly (Kornsteiner et al., 2006), ořechy jsou také dobrým zdrojem polyfenolů (taninů, kyselin ellagové, kávové, ferulové, *p*-kumarové, sinapové, kurkuminu, luteolinu, kvercetin, myricetin, kaepferolu, resveratrolu aj.) (Yang et al., 2009; Shahidi, 2009).

Z olejnatých semen se nejčastěji přidávají semínka lněná, maková, sezamová, dýňová a slunečnicová, jejichž kvalita se řídí vyhláškou č. 329/1997 Sb. v platném znění. Lněná semínka jsou dobrým zdrojem vitamínu E a kyselin ferulové a chlorogenové (Struijs et al., 2007; Eliasson et al., 2003), sezamová zase obsahují sezamol a sezamolin, které v přítomnosti vitamínu E a vyššího podílu lignanů zajišťují vysokou stabilitu sezamového oleje vůči oxidaci (Abou-Gharbia et al., 2000). Zpracování sezamových semen pražením (150 a 200 °C, 60 min) má pozitivní vliv na stabilitu polynenasycených MK, což lze přičítat antioxidačním potenciálům produktů vznikajících Maillardovými reakcemi. Proces pražení podpoří uvolňování vázaných polyfenolů a zvýší se tak AOA těchto semen (Jeong et al., 2004).



## 2. CÍL PRÁCE

Cílem habilitační práce bylo stanovit jakostní znaky (parametry) netradičních surovinových komponent pro výrobu nových cereálních směsí s ohledem na jejich základní nutriční hodnoty a obsah biologicky aktivních látek.

V rámci stanovení základních jakostních znaků chemické povahy bylo nutno modifikovat, optimalizovat a zavést metodiky pro extrakci a následné stanovení (kvantifikaci) základních nutričních parametrů a biologicky aktivních látek. V návaznosti na metodickou část bylo cílem, na základě stanovených jakostních znaků, vyselektovat vhodné netradiční obiloviny pro výrobu vloček a modelových müsli směsí, navrhnout inovace v surovinových skladbách pro jejich výrobu. Práce si kladla za cíl nastínit také cesty vývoje cereálních směsí s netradičními složkami surovinové skladby s ohledem na jejich jakostní parametry, které by mohly být ovlivněny jednotlivými technologickými operacemi při jejich zpracování či skladování.

Dílčí cíle habilitační práce byly definovány následovně:

- 1) modifikace a optimalizace extrakcí a zavedení metodik pro následné stanovení jakostních znaků chemické povahy (zahrnujících nutriční charakteristiky, obsah biologicky aktivních látek, stanovení antioxidační aktivity a stravitelnosti) netradičních obilovin a z nich vyrobených vloček či ovoce,
- 2) na základě stanovení jakostních parametrů a dostupnosti netradičních obilovin vyselektovat tyto obiloviny pro výrobu vloček a přípravu cereálních směsí s netradičními surovinovými komponentami,
- 3) vyrobit vločky z netradičních druhů obilovin a připravit modelové cereální směsi a stanovit u nich vybrané jakostní znaky,
- 4) nastínit možná technologická úskalí, vyplývající ze zpracování a následného skladování netradičních surovinových komponent, a to na základě jejich jakostních znaků.

### **3. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE**

#### **3.1 Optimalizace metodik pro stanovení jakostních znaků netradičních obilovin a ovoce**

V rámci experimentální části bylo jedním z cílů stanovit jednotlivé jakostní znaky (parametry) netradičních druhů ovoce, obilovin, vloček a modelových müsli směsí. Z tohoto důvodu musely být optimalizovány metodiky pro jejich stanovení. Bylo provedeno stanovení vlhkosti (sušiny), popele, hrubých bílkovin, celkových lipidů, škrobu, hrubé vlákniny, neutrálně-detergentní vlákniny, stravitelnosti, vitamínu C, vitamínů skupiny B (tiamin, riboflavin, kyselina nikotinová, kyselina pantotenová, pyridoxin, kyselina listová, biotin), vitamínu E, celkových flavonoidů a polyfenolů, AOA a stanovení jednotlivých polyfenolických kyselin a flavonoidů (epigalokatechin, katechin, epikatechin, rutin, kvercetin, kaempferol, kyseliny chlorogenová, gallová, protokatechinová, *p*-hydroxybenzoová, vanilová, kávová, syringová, *p*-kumarová, ferulová, sinapová, elagová, *o*-kumarová, skořicová aj.). Při zavádění metodik byl brán zřetel na matici analyzovaných vzorků a laboratorní zařízení, kterým disponuje pracoviště FT UTB ve Zlíně.

Pro stanovení základních jakostních znaků byly nejprve aplikovány metody deklarované dle příslušných ISO a/nebo ČSN norem, dále byly zaváděny metodiky nové, které doposud na UTB ve Zlíně zavedeny nebyly. Tyto byly modifikovány dle dostupné odborné literatury a následně aplikovány. Byla provedena validace analytických metod vždy u daných matic vzorků; bylo provedeno hodnocení: linearity (byla prokázána pro všechny standardy v daném rozpětí koncentrací dle hodnoty příslušného korelačního koeficientu, jeho hodnota byla vždy nad 0,98), přesnosti (vyjádřena jako relativní směrodatná odchylka výsledků zkoušek, hodnoty RSD – relativní směrodatné odchylky byly vždy do 8 %) a opakovatelnosti (těsnost shody mezi navzájem nezávislými výsledky zkoušek získaných za podmínek opakovatelnosti), hodnoty LOD (Limit of detection, mez detekce, nejnižší možná detekovatelná koncentrace stanovovaného analytu ve vzorku, např. publikace A2), hodnoty LOQ (Limit of quantification, mez stanovitelnosti, charakterizující citlivost metody – nejnižší koncentraci látky, kterou lze stanovit s přijatelnou přesností a správností). U výše zmiňovaných metod nebyl použit certifikovaný materiál ani etalon, tudíž správnost nebyla součástí validačních postupů. Konkrétněji u HPLC metody byly jednotlivé analyty identifikovány na základě svého retenčního času a také byla použita metoda standardního přídatku (A1–2).

##### **3.1.1 Stanovení vlhkosti, popele, hrubých bílkovin, celkových lipidů a škrobu**

Pro stanovení obsahu vlhkosti obilných zrn, vloček a müsli směsí byla aplikována referenční metoda ČSN EN ISO 712 nebo byla aplikována metodika

AOAC (1990). Výsledky stanovení obsahu vlhkosti musejí být vždy dány do souvislosti s požadavky, které udává vyhláška č. 333/1997 Sb. v aktuálním znění. Stanovení vlhkosti (resp. sušiny) vzorku je i nezbytným podpůrným parametrem pro následnou evaluaci hodnot stravitelnosti (A1–2, A4–6). Stanovení popele bylo provedeno modifikací podle normy ČSN ISO 2171 nebo bylo použito metody AACC (1995) (A1–2, A4–5). Obsah popele byl stanovován jako základní indikátor obsahu minerálních látek, dále jako mezikrok pro stanovení stravitelnosti. Obsah dusíku byl stanovován dle modifikace ČSN EN ISO 20483. Přepočítání na obsah hrubých bílkovin bylo provedeno pomocí příslušných koeficientů předepsaných normou (A4–A5). Stanovení bylo provedeno za pomoci mineralizační jednotky Block Digest 12 a zařízení Pro-Nitro, nově je metodika realizována na zařízení Behr S2. V rámci modifikace této metody a jejího nastavení do laboratoří UTB ve Zlíně byl použit směsný katalyzátor  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , jako oxidační agens byl použit 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Stanovení škrobu bylo prováděno polarimetricky modifikací metody ISO 10520:1997, optimalizovaná metodika byla využita v článcích A5–6. V rámci modifikace metody byla prodloužena hydrolyza v prostředí 1,24 hm. % HCl z původních 15 na 30 minut, navážka vzorku obiloviny byla snížena z původních 10 g na 2,5 až 5 g a nebyl použit 40% etanol. Stanovení celkových lipidů bylo prováděno modifikací metody dle Soxhleta. Jako extrakční rozpouštědlo byl v rámci optimalizace použit hexan (extrahují se tak estery glycerolu a MK společně s fosfolipidy), a to po dobu 5 hod. Extrakce byla provedena v extraktoru s Twisselmannovým nástavcem. Optimalizovaná metodika byla publikována v článcích A4–5. Obsah celkových lipidů je velmi významným nutričním, ale i chemicko-technologickým parametrem, který se významným způsobem může podílet na nestabilitě výsledného produktu. Složky lipidové povahy snadno podléhají oxidačním či enzymatickým reakcím. Nově je extrakce prováděna taktéž pomocí hexanu v zařízení Soxtherm po dobu 2,5 hod. Obsah hrubých bílkovin, škrobu, celkových lipidů a stejně tak obsah vlákniny jsou významnými nutričními faktory, které se podílejí na hodnotě stravitelnosti výsledného produktu (A1–2, A4–6).

### **3.1.2 Stanovení hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny**

V podmínkách laboratoří UTB ve Zlíně a pro potřeby analýzy obilných zrn, vloček a müsli směsí (A1–2, A4–6) byly modifikovány metodiky pro stanovení hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny dle Mišurcové (2008). Pod pojmem hrubá vláknina (CF, Crude fibre) a její stanovení se rozumí komplex celulózy a ligninu, pod pojmem neutrálně-detergentní vláknina (NDF, Neutral-detergent fibre) se rozumí komplex celulózy, ligninu a nerozpustných hemicelulóz (Vansoest et al., 1991). Hrubá vláknina byla stanovována jako zbytek po kombinované hydrolyze slabou kyselinou ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $0,1275 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) a zásadou ( $\text{NaOH}$ ,  $0,313 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). V rámci modifikace byla upravena navážka vzorku na 0,5 až 1,0 g, byl navýšen počet promývání vzorků horkou vodou mezi kyselou a alkalickou hydrolyzou, bylo přistoupeno k jemnějšímu mletí vzorků. Neutrálně-detergentní vláknina byla

stanovována za použití neutrálně detergentního roztoku (laurylsulfát sodný, EDTA,  $\text{Na}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , trietylglykol,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) s přídavkem  $\alpha$ -amylázy. V rámci optimalizace metody pro stanovení NDF byla opět navýšena navážka vzorku z původních 0,25 na 0,50 g, bylo použito jemnějšího mletí vzorků. Stanovení vlákniny bylo v obou případech provedeno v zařízení Ankom Fibre Analyzer<sup>220</sup> za použití sáčků typu F57 (Ankom Technology, USA). Výše zmíněné metodiky byly využity např. v článcích označených jako A4–6. Články ukazují i na časovou posloupnost konkrétní aplikace a optimalizace rutinních metodik pro stanovení nerozpustné formy vlákniny v obilovinách, které jsou snadno aplikovatelné v oblasti technologie zpracování cereálních produktů (články A6 a A4). Výsledky stanovení CF a NDF u netradičních obilovin, vloček a netradičních modelových müsli směsí také potvrdily jejich statisticky vyšší množství v porovnání s komerčně dostupnou obilovinou či vločkami.

### 3.1.3 Stanovení stravitelnosti technikou *in vitro*

Pro stanovení stravitelnosti byla modifikována enzymaticko-gravimetrická metoda využívající kombinované hydrolýzy pomocí pepsinu a pankreatinu (směs lipázy, amylázy a proteázy) technikou *in vitro* (Mišurcová, 2008; Mišurcová et al., 2010). Hydrolýza pepsinem probíhala v prostředí  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  HCl, hydrolýza pomocí pankreatinu byla realizována v prostředí fosfátového pufru ( $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) o pH 7,45. V rámci modifikace hydrolýzy pepsinem byla zkrácena doba hydrolýzy z původních 24 na 4 hodiny, což je přibližně max. doba, po kterou se potrava tráví v žaludku. V rámci hydrolyzačního kroku pomocí pankreatinu byla zvolena doba 24 hodin, což by se mělo přiblížit době trávení v tenkém střevě. Stravitelnost byla prováděna v inkubátoru Daisy<sup>II</sup> při 37 °C. Pro důkladné odstranění zmazovatělého škrobu, který by rušil stanovení, byl vložen krok zahřátí vzorku na 80 °C po dobu alespoň 40 minut. Stravitelnost byla vyjadřována jako tzv. stravitelnost organické hmoty vzorku (OMD, Organic matter digestibility), je možno ji vyjádřit i jako stravitelnost sušiny vzorku (DMD, Dry matter digestibility). Metoda stravitelnosti byla aplikována na vzorky obilovin, vloček, müsli směsí i samotného ovoce (A1–2, A4–6, Senge, 2010).

### 3.1.4 Stanovení vitamínu C pomocí HPLC

Vitamin C byl stanovován, mimo jiné vzorky ovoce, i u vzorků netradičního ovoce, jako je např. kalina (B5). Článek B5 prezentuje dnes již rutinní metodiku stanovení tohoto vitamínu v laboratoři UTB ve Zlíně pro ovocné matrice vzorků. V rámci modifikace byla vyzkoušena různá extrakční činidla jako např. 2% kyselina šťavelová, 3%  $\text{HPO}_3$ , 100 a 80% metanol, redestilovaná voda a samotná mobilní fáze ( $\text{CH}_3\text{OH}:\text{H}_2\text{O}:\text{H}_3\text{PO}_4=99:0,5:0,5$ ), mimo to byla optimalizována i doba extrakce. V rámci modifikace chromatografických podmínek byly testovány různé kolony, vždy se stacionární fází C8, dále byly testovány různé typy mobilních fází, které byly svým složením uzpůsobeny pro

elektrochemickou detekci (např. byla vyzkoušena mobilní fáze obsahující  $0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ KH}_2\text{PO}_4$  v kombinaci s acetonitrilem a  $0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ , směs metanolu redestilované vody a  $\text{H}_3\text{PO}_4$  apod.). K potlačení disociace kyseliny askorbové byl použit také merkaptoetanol. Výsledná extrakce vitamínu C z ovoce byla provedena přímo výše uvedenou mobilní fází po dobu 15 minut, separace probíhala izokraticky na koloně Supelcosil LC8 (150x4,6 mm; 5  $\mu\text{m}$ ). Stanovení vitamínu C bylo provedeno na chromatografu ESA s elektrochemickým detektorem Coulochem III. Stejnou techniku a stejnou mobilní fází lze použít i při stanovení vitamínu C s detekcí v UV oblasti (dnes stanovení probíhá rutinně na chromatografu Dionex Ultimate 3000).

### 3.1.5 Extrakce a následné stanovení polyfenolických látek

Pro extrakci polyfenolů z netradičních druhů ovoce byla zavedena metodika extrakce směsí okyseleného metanolu ( $\text{HCl}:\text{CH}_3\text{OH}:\text{H}_2\text{O}=2:80:18$ ) (B3, B5) nebo samotného metanolu (B2, B4). Pro extrakci polyfenolů z netradičních obilovin, vloček a müsli směsí byla vypracována dvoustupňová extrakce, kdy v první frakci byly extrakcí 80%  $\text{CH}_3\text{OH}$  nebo samotným metanolem vyextrahovány volné polyfenoly, následnou alkalickou hydrolýzou  $4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaOH}$  a re-extrakcí etylacetátem a metanolem byla získána frakce vázaných polyfenolů (A1–2). Aktuálně se v laboratoři UACHP z obilných matric izolují již všechny tři frakce polyfenolů, a to volné, konjugované a vázané. Všechny připravené extrakty, jak z ovoce, tak obilovin či vloček, byly následně použity pro spektrofotometrické stanovení celkových flavonoidů a polyfenolů, pro chromatografickou analýzu profilu jednotlivých polyfenolů a pro stanovení AOA (A1–2, B2–5).

Pro stanovení celkových flavonoidů v netradičním ovoci, zrnech obilovin a vločkách byla modifikována a aplikována metodika spektrofotometrického stanovení s  $0,3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  v alkalickém prostředí ( $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaOH}$  a  $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaNO}_2$ ). Jako standard byl použit rutin, výsledek stanovení byl uváděn v ekvivalentech rutinu (př.  $\text{mg RE} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) (A1–2, A5, B2, B5).

Pro stanovení celkových polyfenolů byla zavedena spektrofotometrická metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem, které je tvořeno směsí kyselin fosforečno-wolframové ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) a fosforečno-molybdenové ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ ). Tyto se po reakci s fenolickými látkami redukují na modře zbarvenou směs oxidů wolframu ( $\text{W}_8\text{O}_{23}$ ) a molybdenu ( $\text{Mo}_8\text{O}_{23}$ ) ve vodném prostředí s přidávkou 20 hm.%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Jako standard byla použita kyselina gallová, výsledky byly prezentovány jako její ekvivalenty (př.  $\text{mg GAE} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) (A1–2, A5, B2–B5).

Pro stanovení polyfenolických kyselin a flavonoidů byla zavedena technika HPLC s UV detekcí. Separace byla provedena na chromatografu Dionex Ultimate 3000 s DAD detektorem. Jako mobilní fáze byla použita směs A ( $\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_3\text{COOH}=99:1$ ) a B ( $\text{H}_2\text{O}:\text{acetonitril}:\text{CH}_3\text{COOH}=67:32:1$ ) v gradientové eluci, separace probíhala na koloně Kinetex C18 (150x4,6 mm; 2,6  $\mu\text{m}$ ). K identifikaci a kvantifikaci byly použity jednotlivé standardy stanovovaných polyfenolů (A1–2). Zde by asi bylo na místě vyzvednout publikaci A2, kde byl

prezentován profil volných a vázaných polyfenolů v miličce habešské, který doposud nebyl publikován, stejně tak, jako stanovení resveratrolu ve volné frakci polyfenolů v tomto zrně.

### 3.1.6 Stanovení antioxidační aktivity

V laboratořích FT UTB ve Zlíně byly standardně zavedeny dvě metody stanovení AOA a to, TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) s využitím tvorby volného radikálu ABTS\* (diamoniová sůl 2-2'-azino-bis(3-etylbenzotiazolin-6-sulfonové kyseliny) a také metody stanovení AOA s využitím volného radikálu DPPH\* (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazylu) (A1–2, A5, B2, B4–5). U ovoce byla jako standard použita kyselina askorbová, hodnota AOA byla vyjadřována v jejích ekvivalentech (př. g AAE·kg<sup>-1</sup>). U vzorků obilovin byl jako standard použit trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetrametylchroman-2-karboxylová kyselina), hodnoty AOA byly vyjadřovány jako ekvivalenty troloxu (př. mmol TE·kg<sup>-1</sup>). Výsledky stanovení AOA byly často korelovány s obsahem celkových flavonoidů a polyfenolů, a to ve volných i vázaných frakcích obilovin (A1–2, Sumczynski et al., 2017). Výsledky rešeršní práce, která stručně shrnuje biologicky aktivní látky bobulového ovoce a jejich hodnoty AOA jsou prezentovány v publikaci B1. Hodnoty AOA nejsou jakostním znakem v pravém slova smyslu, nicméně vypovídají do jisté míry o potenciálním účinku celého komplexu testované potraviny, který by mohl přispívat ke zdraví konzumenta.

### 3.1.7 Metodiky pro stanovení vitamínu E a komplexu vitamínů B u obilovin

Nově byla zavedena metodika pro extrakci a stanovení vitamínu E v obilných zrnech a vločkách. Vzhledem k relativně nízkému lipidovému podílu v zrnech obilovin, vzhledem k jiným druhům potravin, není nutno použít pro extrakci vitamínu E proces zmýdelnění pomocí alkoholických roztoků KOH. Pro extrakci vitamínu E byly testovány extrakční činidla etanol, metanol, 80% metanol a přímo také mobilní fáze (CH<sub>3</sub>OH:H<sub>2</sub>O=95:5), extrakce probíhala ve vodní lázni po dobu 1 až 5 hodin. Jako výsledné extrakční činidlo byla použita přímo mobilní fáze, čas extrakce 3 hodiny. Pro stanovení byl použit chromatograf Dionex Ultimate 3000 s DAD detektorem. Jako extrakční činidlo byla použita opět mobilní fáze, a to CH<sub>3</sub>OH:H<sub>2</sub>O=95:5, eluce byla izokratická a separace probíhala na koloně Discovery C18 (250x4,6 mm; 5 μm).

Pro optimalizaci extrakce vitamínů skupiny B byla zkoušena hydrolýza v kyselém prostředí (0,05–0,20 mol·dm<sup>-3</sup> HCl), dále byla testována enzymatická hydrolýza, a to pomocí směsného 1% enzymatického preparátu claradiastázy (α-amyláza, celulóza, invertáza, peptidáza, fosfatáza a sulfatáza). V rámci modifikace chromatografických podmínek byly použity kolony s reverzními stacionárními fázemi C8 a C18 s různými druhy mobilních fází jako např. (0,1 mol·dm<sup>-3</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>:CH<sub>3</sub>OH=90:10). Pro stanovení vitamínů skupiny B

(tiamin, riboflavin, kyselina nikotinová, kyselina pantotenová, pyridoxin, kyselina listová a biotin) v obilných matricích bylo použito jako výsledné extrakce kyselé hydrolyzy v prostředí  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$ . Jako mobilní fáze byla použita A (0,025% trifluoroctová kyselina) a B (acetonitril), eluce probíhala gradientově. Separace byla provedena na zařízení Dionex Ultimate 3000 s DAD detektorem, na koloně Zorbax Eclipse XDB C18 (150x4,6 mm; 3,5  $\mu\text{m}$ ). Metodiky pro stanovení vitaminů skupiny B a vitaminu E v netradičních vložkách obilovin jsou již, jako součást metodické části, odeslány k publikování.

### **3.2 Netradiční složky surovinových komponent, výroba vloček a modelových müsli směsí**

V průběhu zavádění jednotlivých metodik pro stanovení nutričních hodnot a biologicky aktivních látek jako jakostních znaků, byly postupně selektovány obiloviny a ovoce, které by mohly být využity jako složky komponent pro přípravu vloček a nových cereálních směsí (A3, A5). Výsledné jakostní znaky společně s hodnotami AOA byly následně vodítkem pro výběr netradičních obilovin, které byly nově využity v rámci přípravy cereálních směsí ve smyslu zvýšení jejich nutriční hodnoty a zvýšení obsahu biologicky aktivních látek (zejména z oblasti polyfenolů a vitaminů), s jistou predikcí pro jejich technologické zpracování či následné skladování. Při selekci byl brán zřetel i na obsah určitých limitujících faktorů (př. vyšší obsah lipidů, obsah vlákniny aj.). Do současnosti byly publikovány výsledky výroby a analýzy vloček vyrobených z netradičních druhů pšenice, technologií hydrotermálního ošetření s následným rozválním, které byly i součástí nových müsli směsí (A5). Výsledky technologické výroby a následné analýzy vloček z dalších netradičních obilovin, jejich müsli směsí s netradičními surovinovými komponentami apod., mohou být již nyní po úspěšném zakončení patentového řízení (Patentový spis CZ306520B6, 2017) uvolňovány k publikování.

Z netradičních pšenic, které se pro výrobu vloček (obr. 3.2. A) na našem pracovišti použily v publikaci A5, patřily pšenice kamut (*Triticum turgidum* subsp. *turanicum*), pšenice s červenými obalovými vrstvami (*Triticum aestivum* var. *milturum*, pěstované na Jižní Moravě) a pšenice se světlými obalovými vrstvami ‚Dickkopf‘ (hybrid *T. aestivum* a *T. spelta* Schlegel). Vzorok pšenice Dickkopf (Schwäbischer Dickkopf-Landweizen, 2016) jsou dodávány díky vzájemné spolupráci přímo od prof. Dr. Agr. Jana Sneyda (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Stuttgart) a společnosti Bäckerhaus Veit (Bempflingen), kteří jsou výhradními vlastníky a disponenty těchto odrůd. Dickkopf byl zapsán v roce 2011 do Rote Liste von Kommerziellen Anlage Beeinträchtigt v Německu (tzv. červený seznam rostlin, které je nutno zachránit, udržovat) a v roce 2013 byl uznán jako Passagier arche guter geschmack Slow-food. Publikace A5 ukázala na velmi zajímavou skutečnost, a to, že vločky vyrobené z pšenice Dickkopf vykazovaly statisticky obdobná



množství obsahu celkových polyfenolů a flavonoidů, jako vločky vyrobené z pšenice s červenými obalovými vrstvami, vločky komerčně zakoupené vykazovaly oproti pšenici Dickkopf poloviční množství celkových polyfenolů i flavonoidů. Netradiční vločky se také vyznačují vyšším obsahem vlákniny, nižším obsahem škrobu a stravitelností v porovnání s komerčně dostupnými vločkami vyrobenými z pšeničných zrn (A5).



Obr 3.2 A: Vločky vyrobené z netradičních druhů pšenice a modelová müsli směs  
Nahoře modelová müsli směs s okvětními plátky růží, níže zleva: vločky z pšenice  
Richard, Dickkopf a pšenice jednozrné

Mimo výše zmiňované vzorky obilovin byly pro výrobu vloček, procesem hydrotermálního ošetření a následného rozválnování zrna, a müsli směsí, připraveny vločky z dnešního pohledu netradičních obilovin, a to z pšenice jednozrné (*Triticum monococcum*) a z pšenice s červenými obalovými vrstvami „Richard“ (*Triticum aestivum* var. *milturum*), která je taktéž dodávána ve vzájemné spolupráci jako pšenice Dickkopf. Dále byly pro základní analýzy zpracovávány zrna rýže seté (*Oryza sativa* L.) s červenými a černými obalovými vrstvami, které byly také následně (po vyhodnocení jejích jakostních znaků) technologicky zpracovány do formy vloček. Výsledky analýz obilných zrn jsou prezentovány v publikacích označených A1, A4 a A6. V rámci výroby vloček z rýžových zrn byla vyřazena zrna rýží, která byla vypěstována v Evropě (Itálii a Francii) a Japonsku, a to z důvodu signifikantně nižšího obsahu polyfenolů (A1), naopak byla k výrobě vloček použita zrna rýže pocházející z Číny a Thajska, a to z důvodu nižšího obsahu škrobu a nižších hodnot stravitelnosti a vyšších hodnot



polyfenolických látek (A1). Ze získaných dat lze dále doporučit pro výrobu vloček i bezlepková zrna jako jsou quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) s červenými a černými obalovými vrstvami, milička habešská (*Eragrostis tef* L.) s hnědými obalovými vrstvami (země původu Bolívie) (A2) a divoká rýže (*Zizania aquatica* L.) (Sumczynski et al., 2017). U vzorků divoké rýže byl ze selekce pro výrobu vloček vyřazen vzorek pocházející z Maďarska, který měl signifikantně nižší obsah celkových polyfenolů, navíc jeho zrna obsahují vyšší obsah lipidů.

Zrna obilovin pro výrobu vloček na našem pracovišti byla povařena ve vodě (95 °C, 2 až 30 min), poté přesušena (80 °C, 10 až 60 min) v horkovzdušné sušárně na obsah vlhkosti 16 až 22 % a následně byla podrobena procesu vločkování (vločkovač Combi-Star, Waldner Biotech) a vysušena na vlhkost max. 14 %.



Obr. 3.2 B: Ukázka surovinové skladby nových bezlepkových müsli směsí s jedlými květy

1. – jahoda, aronie, květ ibišku a bílé chrpy, mandle, vločky z červené quinoi a pohanky, chia semínka
2. – meruňka, ananas, pohankové a rýžové vločky, vločky z „černé“ quinoi, jasmín, matcha, para ořechy, chia semínka
3. – malina, citron, květ levandule a bezu, mandle, vločky quinoi „černé a bílé“, teffu, konopná a lněná semínka
4. – hruška, švestka, sléz, červená chrpa, vločky rýžové a z prosa, konopná semínka, para ořechy
5. – aronie, malina, květ modré chrpy a ibišku, rýžové a pohankové vločky, mandle

Z netradičních druhů ovoce, které se nově jeví být vhodnou komponentou surovinové skladby pro cereální směsi, se na UACHP doposud pracuje s plody arónií (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) (B4), muchovníku (*Amelanchier alnifolia* Nutt.), dřínu (*Cornus mas* L.) (Sengee, 2010), zimolezu (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtchatica* (Sevast.) Pojark.) (B2) a moruše (*Morus alba*, popř. *Morus nigra*). Ovoce je k dispozici buď v čerstvém stavu a je nutno jej zakonzervovat lyofilizací, nebo je již sušeno v proudu vzduchu, není sířeno. Lze také použít ovoce kandované do cukerných roztoků, nicméně, cílem je takto technologicky zpracované ovoce kvůli cukru (hlavně sacharózy a glukózy), použít co nejméně. Nyní jsou již pilotně připraveny a analyzovány první müsli směsi obsahující jedlé květy (obr. 3.2 B). Problematika je od ledna 2017 finalizována v rámci projektu TA ČR Gamma č. TG03010052 s názvem Vývoj cereální směsi se zvýšenou biologickou hodnotou. V této fázi lze pouze zmínit, že mezi vzorky jedlých květů, které jsou používány, se řadí např. květ levandule (*Lavandula angustifolia* L.), růže (rod *Rosa*, čeleď *Rosaceae*), ibišku (*Hibiscus esculentus* L.), chrpy (*Centaurea cyanus* L.), jasmínu (*Jasminum*), měsíčku (*Calendula officinalis* L.) nebo chmele (*Humulus lupulus* L.), lze využít i matcha čaj aj.

### **3.2.1 Předpoklad vzájemných vlivů technologických operací a jakostních znaků na výslednou cereální směs**

V případě, že se budou technologicky zpracovávat netradiční suroviny a modelovat netradiční cereální směsi, které jsou do jisté míry inovativní, je nutno předvídat i technologická, chemicko-fyzikální a následně mikrobiální či sensorická rizika, s tímto procesem spojená. Významnou roli zde budou hrát právě jakostní znaky surovinových komponent.

Stanovení vlhkosti je významným jakostním parametrem, který signifikantně ovlivňuje např. délku skladovatelnosti, s čímž souvisejí případné chemické, fyzikálně-chemické a mikrobiologické pochody ve výrobku, následně se mění jeho organoleptické vlastnosti apod. (A1–2, A4–6). Ovesné vločky, dle vyhlášky č. 333/1997 Sb. v platném znění, smějí obsahovat nanejvýš 12 % vlhkosti, vločky vyrobené z pšenice, ječmene, žita a ostatních obilovin mohou mít max. 14 %. Vločky vyrobené extruzí by měly dosahovat max. 5 % vlhkosti, aby byl výsledný produkt co nejvíce stabilní. Přesto, že zmiňovaná vyhláška udává pro vločky z ostatních obilovin hodnotu konečné vlhkosti max. 14 %, lze doporučit výrobcí pro vločky vyrobené z netradičních obilovin, aby jejich konečná vlhkost byla nižší než 13 %. Netradiční obiloviny a vločky z nich vyrobené obsahují totiž i vyšší podíl lipidů (A4–5), což by v kombinaci s vyšší vlhkostí mohlo vést k iniciaci oxidačních pochodů. Při volbě netradičních surovin bude pravděpodobně nutností tento jakostní parametr dodržovat. Pro proces sušení vloček v konečné fázi jejich výroby lze doporučit spíše vyšší teploty, a to co po nejkratší časový interval. Tím totiž dojde také k lepší inaktivaci mikroorganismů a enzymů (lipáz), snižuje se aktivita vody na hodnoty 0,1–0,4, při současném zachování nutričních hodnot a sensorických vlastností (De Brier et al., 2015).

Vzhledem k tomu, že vločky vyráběné z netradičních obilovin obsahují vyšší podíl obalových vrstev, jejich povrch bude s velkou pravděpodobností více náchylný na tvorbu kondenzačních center. Zrno představuje tzv. kapilárně pórovitou strukturu. Kondenzační centra na povrchu zrn jsou po chemické stránce tvořena hlavně hydrofilními koloidy polysacharidů a glykoproteinů. Nezbytností bude po sušení vločky dokonale zchladit, což bude jeden z kritických technologických kroků. Pokud se pro přípravu müsli směsí použije lyofilizované ovoce, je nutno počítat s jeho případnou hygroskopicitou, tzn. sorpcí vzdušné vlhkosti. Pro prodloužení skladovatelnosti takové cereální směsi je nezbytné, aby hodnota aktivity vody byla nižší než 0,5. Lyofilizace (vymrazování vody za teplot, cca -40 až -80 °C) způsobuje na povrchu vymrazovaného materiálu pórovité, křehké, amorfni a hygroskopické oblasti a takový materiál poté vykazuje vyšší rehydratační schopnost. Tento jev, doprovázený změnami mikrobiologickými či chemickými, může mít následně vliv na dobu skladovatelnosti (de Santana et al., 2015). Lyofilizované ovoce skladované pouze do 22% relativní vlhkosti bylo stabilní a nevykazovalo žádné změny. Jeho hygroskopicitu lze snížit např. přidáním maltodextrinů (Agudelo-Laverde et al., 2014).

Netradiční obiloviny a vločky z nich vyrobené mohou být ke svému vyššímu obsahu proteinů jeho dobrým zdrojem (A4–6). Tepelnou úpravou (př. pražením při 170 až 190 °C) se sice zvyšuje jejich stravitelnost, zároveň ale dochází k signifikantnímu úbytku esenciálních AMK, hlavně lyzinu, a tím dochází ke snížení nutriční hodnoty. Z tohoto důvodu lze doporučit pro zpracování netradičních obilovin do forem vloček za využití procesu pražení teploty do 170 °C. Nicméně, proteiny se mohou do snídaňových cereálií i přidávat. Tady bude nezbytné konstatovat, že efektivnější a technologicky vhodnější bude přidavek proteinů ve výrobních fázích, kde se meziproduct nezpracovává při vyšší teplotě. Pro zvýšení obsahu lyzinu v cereálních směsích je možno přidat vločky nebo mouku z quinoi. Přídavek jejího 30% podílu zvýší obsah lyzinu ve výsledné směsi až o 50 % (Arendt and Zannini, 2013). Vzhledem k tomu, že lyzin je limitující AMK obilovin, jeví se jako nutričně zajímavé do cereálních směsí přidat právě quinou.

Vzhledem k tomu, že netradiční obiloviny obsahují také zvýšené množství lipidů, a to od 3 do 10 % (A4–6), lze předpokládat, že vyrobené vločky budou více podléhat oxidačním pochodům, které v konečném důsledku mohou vést k nežádoucím organoleptickým změnám a snížení nutriční hodnoty. U směsí müsli bude nejrizikovější komponentou hlavně ořechový podíl. Žluknutí vloček je popsáno převážně u ovsu a prosa. Při použití netradičních obilovin, které obsahují vyšší podíl lipidů (př. quinoa, rýže s červenými a černými obalovými vrstvami, divoká rýže *Zizania aquatica* L.), lze předpovídat tyto oxidační pochody také. Další možností iniciace oxidace lipidů je pomocí lipáz a lipoxygenáz. Je nutno vycházet z faktu, že aktivita lipáz v aleuronové vrstvě zrn je 10 až 20x silnější, než v endospermu (Kent and Evers, 1994), proto zpracovaná zrna obsahující tuto vrstvu budou mohou mít pravděpodobně i kratší dobu skladovatelnosti. Tento jev

bude jistě nutno brát v úvahu při výrobě a následném skladování netradičních vloček. Konkrétně, u zpracování ovsa se z důvodu konečné inaktivace lipáz doporučuje proces pražení (Arendt and Zannini, 2013), který lze doporučit i u vloček vyrobených z netradičních obilovin s vyšším podílem lipidů. Pokud bylo ovesné zrnko kombinováno s rostlinnými tuky či oleji bohatými na kyseliny laurovou a myristovou a pokud v něm nebyly dostatečně inaktivovány lipázy a lipoxygenázy, potom po jejich hydrolýze vznikaly meziprodukty s mýdlovitou příchutí (Kent and Evers, 1994). Je předpoklad, že podobně by tomu mohlo být i u netradičních vloček. Významným jakostním parametrem je i vyšší obsah vitamínu E. Ten má význam i jako stabilizátor nenasycených MK, naopak, tyto se zase podílejí na transportu vitamínu E tak, aby mohl být lépe absorbován v lidském těle (Yu et al., 2016). Lze tedy do budoucna doporučit sledovat vzájemné korelace právě mezi vitamínem E a nenasycenými MK či jejich oxidačními rezidui.

Lipoxygenázy mají i negativní význam v tom, že fungují jako bělicí agens, kdy společně s oxidačními pochody katalyzují rozklad žlutých barviv endospermu. Tento jev je nežádoucí hlavně při výrobě těstovin (Hidalgo and Brandolini, 2008). V případě netradičních vloček z kamutu a hlavně vloček vyrobených z pšenice Dickkopf by tento jev mohl být zaznamenán taktéž. Jak kamut, tak hlavně Dickkopf, mají oproti běžným pšenicím vyšší podíl luteinu, zeaxantinu a  $\beta$ -karotenu. Na degradaci žlutých barviv zrn má vliv i skladovací teplota, která by měla být do 20 °C, jinak jsou degradace karotenoidních a xantofylových barviv urychlovány (Hidalgo and Brandolini, 2008).

Publikace A4–6 názorně ukázaly, že netradiční vločky či netradiční obiloviny obsahovaly signifikantně vyšší množství hrubé vlákniny v porovnání s vločkami vyrobenými z komerčně dodávaných zrn pšenice. Významně je tento jev patrný u vzorků rýží s barevnými obalovými vrstvami (články A4 a A6), kdy v porovnání s klasicky „bílou“ rýží byl obsah hrubé vlákniny až 6x vyšší. Je to samozřejmě dáno tím, že u rýží s barevnými obalovými vrstvami nedochází k tak razantnímu odstranění obalových vrstev. Netradiční či mlýnsky ne zcela opracovaná zrna by mohla být cestou zvyšování obsahu vlákniny v cereálních směsích. Je možno také doporučit pro zvýšení obsahu vlákniny zrna quinoi, *Zizanie aquatica* či miličky. Z hlediska nutričního může být obohacování potravin o podíl vlákniny taktéž limitující. Její vyšší podíl v zrnech bude mít dozajista vliv na strukturu a následně texturu konečného výrobku (hlavně při jejich přípravě extruzí), ovlivní výrazně jeho organoleptické vlastnosti a skladovatelnost. Tyto negativní aspekty se projeví již při přípravě různých snídaňových cereálií, které byly obohaceny o pšeničné otruby (De Brier et al., 2015; Chassagne-Bercesa et al., 2011). Vzhledem k tomu, že by případný vyšší podíl vlákniny mohl negativně ovlivnit proces výroby vloček, je možno doporučit u těchto typů zrn technologické předoperace zvané „pearling“ – úprava zrna do požadovaného stupně abraze – kdy se ze zrna odstraní část obalových vrstev. Toto je typické u přípravy vloček či krup z tvrdé pšenice (*Triticum turgidum* L. spp. *durum*) (De Brier et al., 2015). Pokud

jsou vločky vyráběny procesem extruze a obsahují-li obilná zrna vyšší podíl vlákniny nebo jsou jí obohaceny, potom daleko více rozhoduje o jejich výsledné textuře, struktuře a rehydrataci množství přidané vlákniny než její typ (De Brier et al., 2015; Chassagne-Bercesa et al., 2011).

Tepelnou úpravou netradičních obilovin vzrůstá i jejich stravitelnost, a to až o 20 % (A1–2) oproti zrnu syrovému, kdy při tepelném opracování dochází k denaturaci proteinů a želatinaci škrobu, což zvyšuje stravitelnost. Obsah škrobu je u netradičních vloček zpravidla nižší, což se odráží i v jejich nižší stravitelnosti (A5) v porovnání s komerčními vločkami. Dalším faktorem majícím vliv na stravitelnost je obsah vlákniny, s jejímž zvyšujícím se množstvím se stravitelnost také snižuje (Xia et al., 2012; Li et al., 2016). Lze vyslovit hypotézu, že vločky vyrobené z netradičních obilovin by mohly mít pozitivní vliv na snížení postprandiální hladiny glukózy, mohly by mít nižší glykemický index. Co se týká technologických parametrů, aby mohlo dojít k želatinaci škrobu u „ready-to-eat“ cereálií, pak vařením (100 °C) za atmosférického tlaku je nutno, aby zrno pojmullo 35 až 40 % vlhkosti, kdežto při extruzi při teplotě 110–135 °C je zapotřebí pojmout pouze 20 % vlhkosti (Kent and Evers, 1994).

Pokud se zaměříme na samotnou skupinu polyfenolů, významnou úlohu zde budou hrát obalové vrstvy netradičních obilovin, v nichž jsou vázány (A1–2). Čím více dojde k opracování povrchu zrna, tím méně jich bude ve výsledném produktu. Dále studie ukazují na fakt, že při hydrotermálním zpracování obilovin dochází k jejich nejvyššímu úbytku, kdy tato degradace je urychlována právě přítomností vody a kyslíku, kdežto tepelným opracováním v bezvodém prostředí (př. pražení, pečení aj.) dochází k úbytku minimálně (Tang et al., 2016; Li et al., 2007; Şensoy et al., 2006). Z tohoto důvodu se nabízí doporučení pro úpravu zrn vařením ve vodě po dobu kratší 35 min., pro technologickou úpravu pražením lze použít teploty do 170 °C po dobu max. 3–5 minut. Je nutno počítat se ztrátou celkových polyfenolů při vaření ve vodě až 40 %. Nabízí se i alternativa, a to úprava zrna napařováním. Netradiční obiloviny, a tudíž i vločky z nich vyrobené, obsahují vyšší podíl polyfenolů, které jsou schopny se vyvázat z obalových vrstev zrn po jejich hydrotermálním ošetření a jsou potom lépe využitelné našim organismem. Lze tak vyslovit hypotézu, že tyto vločky by mohly přispět ke zvýšenému příjmu polyfenolů. S obsahem biologicky aktivních látek souvisí i AOA, která může být jedním z chemických ukazatelů šetrnosti technologických operací při zpracování netradičních obilovin.

## 4. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Se souvisejícím vyšším zájmem spotřebitelů o stravu, jsou na potravinářský průmysl kladeny požadavky na vývoj a následnou výrobu potravin, které splňují nejen požadavky na jejich bezpečnost, které jsou požadovány vždy, ale také jakostní charakteristiky, které pod ni spadají. Tyto jsou dány souborem jednotlivých jakostních znaků. Základní jakostní charakteristiky jsou chemické či fyzikálně-chemické (těmto byla věnována právě tato práce), senzorické a mikrobiologické. Jakostními znaky, chápanými jako konkrétní vlastnost nebo složka potravin, byly v případě této práce vlhkost, obsah popele, obsah hrubých bílkovin, celkových lipidů a škrobu, obsah hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny, *in vitro* stravitelnost, obsah vitamínu C, E a komplexu vitamínů B, obsah celkových flavonoidů a polyfenolů, identifikace a následná kvantifikace jednotlivých polyfenolických kyselin a flavonoidů. Jako doplnění těchto znaků byla stanovována i antioxidační aktivita. Zacílíme-li na tyto jednotlivé jakostní znaky v oblasti technologie zpracování cereálií, nabízí se možnost inovativního využití netradičních obilovin ve směsi s netradičními druhy ovoce, které vykazují vyšší obsahy zejména biologicky aktivních látek ze skupiny antioxidantů, ale také vyšší obsah hrubých bílkovin, vlákniny a nižší podíl škrobu. Tuto hypotézu může také podpořit přidavek sušených jedlých květů do těchto cereálních směsí (Patentový spis CZ306520B6, 2017).

Z předložené habilitační práce vyplývají následující přínosy.

a) Byly zavedeny metody optimalizované a validované pro stanovení jednotlivých jakostních znaků obilovin (nutričních charakteristik, biologicky aktivních látek, antioxidační aktivity a stravitelnosti). V oblasti biologicky aktivních látek byla zavedena a optimalizována metodika extrakce vitamínu C z matrice ovocných plodů a jeho následné chromatografické stanovení, byly zavedeny a optimalizovány extrakční postupy pro izolaci vitamínů skupiny B a vitamínu E z matrice obilných zrn a byly nastaveny chromatografické podmínky pro jejich separaci a následnou kvantifikaci, byla zavedena a optimalizována extrakce volných, vázaných a nově také již volných, konjugovaných a vázaných polyfenolických látek z matrice obilných zrn, vloček a směsí müsli, přičemž extrakty jsou následně využity pro spektrofotometrické stanovení celkových flavonoidů, polyfenolů a antioxidační aktivity. Taktéž byly vypracovány a optimalizovány extrakční postupy pro následné stanovení celkových polyfenolů a flavonoidů v ovoci.

b) Na základě stanovení jednotlivých jakostních znaků byly vyselektovány netradiční obiloviny, které jsou vhodné pro výrobu vloček, nejčastěji jako složek surovinových komponent pro cereální směsi či mohou být prodávány samostatně. Z netradičních obilovin lze doporučit hlavně pšeničná zrna s červenými obalovými vrstvami, zrna rýže a quinoi s barevnými obalovými vrstvami či miličku habešskou.

c) Z netradičních obilovin byly vyrobeny vločky technologickým procesem hydrotermálního ošetření s následným rozválcováním zrn v laboratorních podmínkách, byla provedena analýza jejich jakostních znaků. Z výsledků analýz vyplývá, že tyto vločky mají vyšší obsah vlákniny a proteinů, nižší obsah škrobu a vyšší obsah biologicky aktivních látek.

d) Byly připraveny modelové směsi müsli, které zahrnovaly netradiční obiloviny zpracované do podoby vloček, dále pak ovocný podíl a nově jsou obohacovány o jedlé květy.

e) V habilitační práci jsou zmiňovány možné vzájemné „interakce“ jednotlivých jakostních znaků s technologickými operacemi v průběhu zpracování netradičních obilovin do podoby vloček či cereálních směsí, stejně jako jsou brány v úvahu skladovací podmínky.

Metodiky stanovení jakostních znaků jsou rutinně využívány na pracovišti FT, UTB ve Zlíně i pro odlišné matrice vzorků. Zavedení metodik výrazným způsobem umožnilo provádět stanovení zejména biologicky aktivních látek v maticích rostlinného původu. Nastavení metodik se pozitivně promítlo i do vzájemné spolupráce našeho pracoviště s potravinářskými podniky. V rámci inovace přípravy vloček z netradičních obilovin je přínosem hlavně jejich vyšší nutriční benefit, což by mohlo přispět více ke zdraví konzumenta a také rozšířit rozmanitost nabídky cereálních výrobků nejen na českém trhu. V této oblasti byla navázána zahraniční spolupráce s prof. Dr. Agr. Janem Sneydem (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Stuttgart) a společností Bäckerhaus Veit (Bempflingen, Německo), kteří poskytli pro tuto práci vzorky svých netradičních pšenic, z nichž vyrábějí vločky (mimo jiné i další pekárenské výrobky). Použití netradičních surovin, konkrétněji zachování jejich co nejvyšších nutričních hodnot a co nejvyššího obsahu biologicky aktivních látek, bude jistě zahrnovat i zásahy do dosavadních technologických operací. Půjde zejména o možnosti snížení teploty pro hydrotermální ošetření, rozhodujícím parametrem bude také časová délka probíhajícího technologického zákroku, v oblasti skladování bude hrát významnou úlohu konečná vlhkost výrobku s obsahem lipidového podílu apod. Tento nástin by měl usnadnit převedení výroby těchto produktů z laboratorních podmínek do praxe. V roce 2017 bylo ukončeno patentové řízení na inovativní surovinovou skladbu cereálních směsí s netradičními obilovinami, ovocem a jedlými květy. Nyní mohou být uvolněny výsledky výroby a analýzy těchto směsí. Práce dále pokračuje i v oblasti chemické analýzy. Nyní probíhají a jsou nastavovány metodiky pro stanovení minerálních látek metodou ICP-MS za současného mikrovlnného rozkladu vzorků, dále je aktuálně validována metodika pro stanovení antokyanových barviv v cereálních maticích. Tato stanovení by měla výrazně přispět k oblasti analýzy rostlinných materiálů, jimiž se naše pracoviště zabývá.

## 5. ZÁVĚR

V současné době zvýšené poptávky po netradičních potravinářských surovinách se nabízí možnost technologického zpracování netradičních obilovin a jejich využití jako složek surovinových komponent do cereálních směsí. Netradiční obiloviny ve směsi s ovocem a sušenými jedlými květy se nabízejí jako jedna z možností inovace. Netradiční surovinové komponenty tak napomohou i zvýšení nutriční a biologické hodnoty výsledného produktu, který vykazuje individuální jakostní znaky. Jako vhodný technologický krok se ukazuje zpracování obilných zrn do podoby vloček procesem hydrotermálního ošetření s následným rozvácováním nebo extruzí, s následnou přípravou cereálních směsí, např. müsli.

V rámci vývoje nových cereálních směsí byly vyselektovány vhodné netradiční obiloviny, a to na základě jejich nutriční analýzy a obsahu biologicky aktivních látek, které byly vzaty jako podklad pro jejich jakostní znaky. V první fázi bylo ovšem nezbytné vypracovat extrakční postupy a metodiky pro následné stanovení vybraných jakostních parametrů, antioxidační aktivity a stravitelnosti. Tyto metodiky poté validovat, a to jak pro obiloviny, vločky, cereální směsi, tak pro vzorky netradičního ovoce. Po následné selekci netradičních obilných zrn, na základě jejich jakostních znaků, byla tato technologicky zpracována procesem hydrotermálního ošetření a rozvácování do podoby vloček. V laboratorních podmínkách byly připraveny první modelové cereální směsi, konkrétněji müsli směsi. V rámci přípravy nových cereálních směsí, které v této podobě nejsou na českém trhu dostupné, jsou v práci uvedeny i možná chemicko-technologická úskalí, která by mohla provázet jejich výrobu a skladování v praxi.

O naplnění všech dílčích cílů habilitační práce a o její inovativnosti zajisté svědčí i udělení patentu pro cereální směsi obsahující netradiční surovinovou skladbu s charakteristickými jakostními znaky. Nyní, po ukončení patentového řízení, bude vědecká práce dále pokračovat ve směru další publikační aktivity a zaváděním výsledků do praxe. Toto je podpořeno i projektem TA ČR Gamma č. TG03010052 s názvem Vývoj cereální směsi se zvýšenou biologickou hodnotou.



## Seznam použité literatury

AOAC, American Association of Cereal Chemists. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/Pages/WholeGrain.aspx>

AACC (1995). Ash – Basic method. 08-01. In: *Approved methods of the AACC*. St. Paul, Mn, USA: American Association of Cereal Chemists.

ABOU-GHARBIA, H.A. et al. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Research International* [online]. 2000, vol. 33, iss. 5, s. 331–340. ISSN 0963-9969.

AGUDELO-LAVERDE, Lina M. et al. Evaluation of structural shrinkage on freeze-dried fruits by image analysis: Effect of relative humidity and heat treatment. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 2014, vol. 7, iss. 9, s. 2618–2626. ISSN 1935-5130.

ALSAFFAR, Ayten Aylin. Effect of thermal processing and storage on digestibility of starch in whole wheat grains. *Journal of Cereal Science* [online]. 2010, vol. 52, iss. 3, s. 480–485. ISSN 0733-5210.

ANTOINE, Johann M.R. et al. Dietary intake of minerals and trace elements in rice on the Jamaican market. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2012, vol. 26, iss. 1–2, s. 111–121. ISSN 0889-1575.

AOAC (1990). AOAC Method. In: *Official methods of analysis of AOAC international*. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.

ARENDET, Elke K. and Emanuele ZANNINI. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. No. 248. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, Ltd. ©2013. ISSN 2042-8057.

AWIKA, Joseph M. et al. Processing of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products alters procyanidin oligomer and polymer distribution and content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2003, vol. 51, iss. 18, s. 5516–5521. ISSN 0021-8561.

BUNZEL, Mirko et al. Lignins and ferulate-coniferyl alcohol cross-coupling products in cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2004, vol. 52, iss. 21, s. 6496–6502. ISSN 0021-8561.

CEVALLOS-CASALS, Bolivar A. and Luis CISNEROS-ZEVALLOS. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chemistry* [online]. 2010, vol. 119, iss. 4, s. 1485–1490. ISSN 0308-8146.

CHANVRIER, Helene et al. Influence of storage conditions on the structure thermal behaviour and formation of enzyme resistant starch in extruded starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2007, vol. 55, iss. 24, s. 9883–9890. ISSN 0021-8561.

CHASSAGNE-BERCESE, Sophie et al. Effect of fibers and whole grain content on quality attributes of extruded cereals. *Procedia Food Science* [online]. 2011, vol. 1, s. 17–23. ISSN 2211-601X.

CHATTHONGPISUT, Rassarin et al. Antioxidant activities and antiproliferative activity of Thai purple rice cooked by various methods on human colon cancer cells. *Food Chemistry* [online]. 2015, vol. 188, s. 99–105. ISSN 0308-8146.

ČSN EN ISO 20483. Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak (461401).

ČSN EN ISO 712. *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti - Referenční metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Třídící znak (461014).

ČSN EN ISO 9000. *Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016. Třídící znak 01 0300.

ČSN ISO 2171. *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich - Stanovení obsahu popela spalováním*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008. Třídící znak (461019).

DE BRIER, Niels et al. The impact of pearling as a treatment prior to wheat roller milling on the texture and structure of bran-rich breakfast flakes. *LWT-Food Science and Technology* [online]. 2015, vol. 62, iss. 1, s. 668–674. ISSN 0023-6438.

DELGADO-ANDRADE, Cristina. et al. Lysine availability is diminished in commercial fibre-enriched breakfast cereals. *Food Chemistry* [online]. 2007, vol. 100, iss. 2, s. 725–731. ISSN 0308-8146.

de SANTANA, Roneval Felix et al. Water sorption isotherm and glass transition temperature of freeze-dried *Syzygium cumini* fruit (jambolan). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 2015, vol. 120, iss. 1, s. 519–524. ISSN 1388-6150.

DE SOUZA, Vanessa Rios et al. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry* [online]. 2014, vol. 156, p. 362–368. ISSN 0308-8146.

DHINGRA, Devinder. et al. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2012, vol. 49, iss. 3, s. 255–266. ISSN 0022-1155.

DODEVSKA, Margarita S. et al. Characterisation of dietary fibre components in cereals and legumes used in Serbian diet. *Food Chemistry* [online]. 2013, vol. 141, iss. 3, s. 1624–1629. ISSN 0308-8146.

ELLEUCH, Mohamed et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* [online]. 2011, vol. 124, iss. 2, s. 411–421. ISSN 0308-8146.

ELIASSON, C. et al. High-performance liquid chromatographic analysis of secoisolariciresinol diglucoside and hydroxycinnamic acid glucosides in flaxseed by alkaline extraction. *Journal of Chromatography A* [online]. 2003, vol. 1012, iss. 2, s. 151–159. ISSN 0021-9673.

EKHOLM, Paivi et al. Effects of natural chelating agents on the solubility of some physiologically important mineral elements in oat bran and oat flakes. *Cereal Chemistry* [online]. 2000, vol. 77, iss. 5, s. 562–566. ISSN 0009-0352.

FARES, Clara et al. 2010. Effect of processing and cooking on phenolic acid profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta enriched with debranning fractions of wheat. *Food Chemistry* [online]. 2010, vol. 119, iss. 3, s. 1023–1029. ISSN 0308-8146.

FESKANICH, Diane et al. Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. *Journal of the National Cancer Institute* [online]. 2000, vol. 92, iss. 22, s. 1812–1823. ISSN 0027-8874.

FINOCCHIARO, Franca et al. Characterization of antioxidant compounds of red and white rice and changes in total antioxidant capacity during processing. *Molecular Nutrition and Food Research* [online]. 2007, vol. 51, iss. 8, s. 1006–1019. ISSN 1613-4125.

- GATES, Fred K. et al. Interaction of heat-moisture conditions and physical properties in oat processing: II Flake quality. *Journal of Cereal Science* [online]. 2008, vol. 48, iss. 2, s. 288–293. ISSN 0733-5210.
- GEBRUERS, Kurt et al. Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2008, vol. 56, iss. 21, s. 9740–9749. ISSN 0021-8561.
- GIOVANELLI, Gabriella et al. Effects of blanching pre-treatment and sugar composition of the osmotic solution on physico-chemical, morphological and antioxidant characteristics of osmodehydrated blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Research International* [online]. 2012, vol. 49, iss. 1, s. 263–271. ISSN 0963-9969.
- GIOVANELLI, Gabriella et al. Effects of osmo-air dehydration treatments on chemical, antioxidant and morphological characteristics of blueberries. *LWT- Food Science and Technology* [online]. 2013, vol. 54, iss. 2, s. 577–584. ISSN 0023-6438.
- GRANFELDT, Yvonne et al. An examination of the possibility of lowering the glycemic index of oat and barley flakes by minimal processing. *Human Nutrition and Metabolism* [online]. 2000, vol. 130, iss. 9, s. 2207–2214. ISSN 0022-3166.
- HAJDUK, Gordana et al. Probiotic properties of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 in cereal flakes enriched with inulin. *Italian Journal of Food Science* [online]. 2009, vol. 21, iss. 4, s. 473–486. ISSN 1120-1770.
- HIDALGO, Alyssa and Andrea BRANDOLINI. Kinetics of carotenoids degradation during the storage of eincorn (*Triticum monococcum* L. spp. *monococcum*) and bread wheat (*Triticum aestivum* L. spp. *aestivum*) flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2008, vol. 56, iss. 23, s. 11300–11305. ISSN 0021-8561.
- HLEBOWICZ, Joanna et al. Effect of commercial breakfast fibre cereals compared with corn flakes on postprandial blood glucose, gastric emptying and satiety in healthy subjects: a randomized blinded crossover trial. *Nutrition Journal* [online]. 2007, vol. 6, art. no. 22. ISSN 1475-2891.
- HORVATIĆ, Maria, Irena VEDRINA-DRAGOJEVIĆ. Changes in available methionone and tryptofan contents during cereal flake production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2000, vol. 80, iss. 4, s. 502–506. ISSN 0022-5142.
- HOU, Zhaohua et al. Identification of anthokyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation kinetics. *Food Research International* [online]. 2013, vol. 50, iss. 2, s. 691–697. ISSN 0963-9969.
- HOWARD, Luke R. et al. Improved color and anthocyanin retention in strawberry puree by oxygen exclusion. *Journal of Berry Research* [online]. 2014, vol. 4, iss. 2, s. 107–116. DOI: 10.3233/JBR-140072.
- HU, Xin-Zhong et al. Chemical composition and sensory characteristics of oat flakes: A comparative study of naked oat flakes from China and hulled oat flakes from western countries. *Journal of Cereal Science* [online]. 2014, vol. 60, iss. 2, s. 297–301. ISSN 0733-5210.
- ISO 10520 (1997). Native starch. Determination of starch content. Ewers polarimetric method. Geneva: International Organization for Standardization.
- ITAGI, HameedaBanu N. et al. Functional and antioxidant properties of ready-to-eat flakes from various cereals including sorghum and millets. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* [online]. 2012, vol. 4, iss. 3, s. 123–133. ISSN 1757-8361.

JENSEN, Pernille N. and Jens RISBO. Oxidative stability of snack and cereal products in relation to moisture sorption. *Food Chemistry* [online]. 2007, vol. 103, iss. 3, s. 717–724. ISSN 0308-8146.

JENSEN, Pernille N. et al. Storage stabilities of pork scratching, peanuts, oatmeal and muesli: Comparison of ESR spectroscopy, headspace-GC and sensory evaluation for detection of oxidation in dry foods. *Food Chemistry* [online]. 2005, vol. 91, iss. 1, s. 25–38. ISSN 0308-8146.

JEONG, SM. et al. Effect of seed roasting conditions on the antioxidant activity of defatted sesame meal extracts. *Journal of Food Science* [online]. 2004, vol. 69, iss. 5, s. C377-C381. ISSN 0022-1147.

KABATA-PENDIAS, Alina. *Trace elements in soils and plants*. 4<sup>th</sup> ed. New York, USA: CRC Press. ©2011. ISBN 978-1-4200-9368-1.

KADLEC, Pavel a kol. *Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing s.r.o. ©2009. ISBN 978-80-7418-051-4.

KARAKAYA, Sibel. Bioavailability of phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2004, vol. 44, iss. 6, s. 453–464. ISSN 1040-8398.

KÄLVIÄINEN, N. et al. Sensory attributes and preference mapping of muesli oat flakes. *Journal of Food Science* [online]. 2002, vol. 67, iss. 1, s. 455–460. ISSN 0022-1147.

KENT, Normal Leslie and A.D. EVERS. *Kent's Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture*. 4<sup>th</sup> ed. Exeter, UK: BPC Wheatons Ltd. ©1994. ISBN 978-1-59124-108-9.

KIOKIAS, Sotirios et al. *In vitro* activity of vitamins, flavonoids, and natural phenolic antioxidants against the oxidative deterioration of oil-based systems. *Critical Review in Food Science and Nutrition* [online]. 2008, vol. 48, iss. 1, s. 78–93. ISSN 1040-8398.

KLENSPORF, Dorota and Henryk H. JELEŃ. Effect of heat treatment on the flavor of oat flakes. *Journal of Cereal Science* [online]. 2008, vol. 48, iss. 3, s. 656–661. ISSN 0733-5210.

KONG, Suhyun and Junsoo LEE. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars. *Food Chemistry* [online]. 2010, vol. 120, iss. 1, s. 278–281. ISSN 0308-8146.

KORNSTEINER, Margit et al. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry* [online]. 2006, vol. 98, iss. 2, s. 381–387. ISSN 0308-8146.

KRIS-ETHERTON, Penny M. et al. The effects of nuts on coronary heart disease risk. *Nutrition Reviews* [online]. 2001, vol. 59, iss. 4, s. 103–111. ISSN 0029-6643.

LANDFELD, Aleš et al. Sorption and thermal properties of rice, potato starch and oat flakes. *Czech Journal of Food Science* [online]. 2008, vol. 26, iss. 6, s. 413–420. ISSN 1212-1800.

LEE, J. and R.E: WROLSTAD. Extraction of anthocyanins and polyphenolics from blueberry processing waste. *Journal of Food Science* [online]. 2004, vol. 69, iss. 7, s. 564–573. ISSN 0022-1147.

LI, Hongyan et al. The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 196, s. 702–711. ISSN 0308-8146.

LI, Wende et al. Effect of thermal processing on antioxidant properties of purple wheat bran. *Food Chemistry* [online]. 2007, vol. 104, iss. 3, s. 1080–1086. ISSN 0308-8146.

- LIM, Yau Yan et al. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry* [online]. 2007, vol. 103, iss. 3, s. 1003–1008. ISSN 0308-8146.
- LOHACHOOMPOL, Virachnee et al. The change of total anthocyanins in blueberries and their antioxidant effect after drying and freezing. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* [online]. 2004, iss. 5, s. 248–252. ISSN 1110-7243.
- LV, Junli et al. Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. *Food Chemistry* [online]. 2012, vol. 135, iss. 2, s. 325–331. ISSN 0308-8146.
- MAKI, Kevin C. et al. Resistant starch from high-amylose maize increases insulin sensitivity in overweight and obese men. *The Journal of Nutrition* [online]. 2012, vol. 142, iss. 4, s. 717–723. ISSN 0022-3166.
- MATTILA, Pirjo and Jarkko HELLSTRÖM. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2007, vol. 20, iss. 3–4, s. 152–160. ISSN 0889-1575.
- MATOS-REYES, Mariela N. et al. Total content of As, Sb, Se, Te and Bi in Spanish vegetables, cereals and pulses and estimation of the contribution of these foods to the Mediterranean daily intake of trace elements. *Food Chemistry* [online]. 2010, vol. 122, iss. 1, s. 188–194. ISSN 0308-8146.
- McMINN, Wendy A.M. et al. Moisture absorption behaviour of oatmeal biscuit and oat flakes. *Journal of Food Engineering* [online]. 2007, vol. 79, iss. 2, s. 481–493. ISSN 0260-8774.
- MIN, Byungrok et al. Effects of hydrothermal processes on antioxidants in brown, purple and red bran whole grain rice (*Oryza sativa* L.). *Food Chemistry* [online]. 2014, vol. 159, s. 106–115. ISSN 0308-8146.
- MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Nové nutriční aspekty a využití mořských řas a sladkovodních řas ve výživě člověka* [online]. Zlín, 2008. Dizertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.
- MIŠURCOVÁ, Ladislava et al. Nitrogen content, dietary fiber, and digestibility in algal food products. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2010, vol. 28, iss. 1, s. 27–35. ISSN 1212-1800.
- MLČEK Jiří a Daniela Sumczynski. Nutraceutická potravinářská směs. Česká republika. Patentový spis, CZ 306520B6. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/-306/306520.pdf>
- MORRIS, Peter C. and James H. BRYCE. *Cereal Biotechnology*. 1<sup>st</sup> ed. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited. ©2002. ISBN 978-1-85-573627-6. Dostupné z: [https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpCB000001/viewerType:toc/root\\_slug:cereal\\_biotechnology](https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpCB000001/viewerType:toc/root_slug:cereal_biotechnology)
- NACZK, Marian and Fereidoon SHAHIDI. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* [online]. 2006, vol. 41, iss. 5, s. 1523–1542. ISSN 0731-7085.
- Nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnice Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004, v platném znění.

Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, v platném znění.

Nařízení Komise (ES) č. 629/2008, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.

Nařízení Komise (EU) č. 1160/2011 o schválení a neschválení určitých zdravotních tvrzení při označování potravin, jež se týkají rizika onemocnění.

NDOLO, Victoria U. and Trust BETA. Comparative studies on composition and distribution of phenolic acids in cereal grain botanical fractions. *Cereal Chemistry* [online]. 2014, vol. 91, iss. 5, s. 522–530. ISSN 0009-0352.

NIU, Z.Y. et al. Effects of micronization, tempering, and flaking on the chemical characteristics of wheat and its feeding value for broiler chicks. *Canadian Journal of Animal Science* [online]. 2003, vol. 83, iss. 1, s. 113–121. ISSN 0008-3984.

OKARTER, Neal et al. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat. *Food Chemistry* [online]. 2010, vol. 119, iss. 1, s. 249–257. ISSN 0308-8146.

OSZMIAŃSKI, Jan et al. Effect of dried powder preparation process on polyphenolic content and antioxidant activity of blue honeysuckle berries (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica*). *LWT-Food Science and Technology* [online]. 2016, vol. 67, s. 214–222. ISSN 0023-6438.

OWENS, Gavin. *Cereals processing technology*. 1<sup>st</sup> ed. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited. ©2001. ISBN 1-85573-561-X. Dostupné z: <https://books.google.ie/books>

PEREIRA-CARO, Gema et al. Phytochemical profile of Japanese black-purple rice. *Food Chemistry* [online]. 2013, vol. 141, iss. 3, s. 2821–2827. ISSN 0308-8146.

PRIOR, R.L. et al. Identification of procyanidins and anthocyanins in blueberries and cranberries (*Vaccinium* spp.) using high performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2001, vol. 49, iss. 3, s. 1270–1276. ISSN 0021-8561.

PŘÍHODA, Josef a kol. *Cereální chemie a technologie I. Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: VŠCHT v Praze. ©2006. ISBN 80-7080-530-7.

RAO, U.J.S. Prasada et al. Changes in protein characteristics during the processing of wheat into flakes. *European Food Research and Technology* [online]. 2002, vol. 215, iss. 4, s. 322–326. ISSN 1438-2377.

SCHWÄBISCHER DICKKOPF-LANDWEIZEN (2016). [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: [https://de.wikipedia.org/wiki/Schw%C3%A4bischer\\_Dickkopf-Landweizen](https://de.wikipedia.org/wiki/Schw%C3%A4bischer_Dickkopf-Landweizen)

SEDEJ, Ivana et al. Assessment of antioxidant activity and rheological properties of wheat and buckwheat milling fractions. *Journal of Cereal Science* [online]. 2011, vol. 54, iss. 3, s. 347–353. ISSN 0733-5210.

SENGEE, Zultsetseg. *Determination of biological substances in fruits* [online]. Zlín, 2010. Doctoral thesis. Tomas Bata University in Zlín, Faculty of Technology. Supervisor prof. Ing. Ignác Hoza, CSc. Dostupné z: <https://portal2.utb.cz/portal/>

ŞENSOY, Ílkay et al. Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry* [online]. 2006, vol. 99, iss. 2, s. 388–393. ISSN 0308-8146.

SHAHIDI, Fereidoon and Marian NACZK. *Phenolics in food and nutraceuticals*. 1<sup>st</sup> ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press. ©2004. ISBN 978-0-203-50873-2 eBook. Dostupné z: <https://books.google.cz/books>

SHAHIDI, Fereidoon and Priyatharini AMBIGAIPALAN. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A Review. *Journal of Functional Foods* [online]. 2015, vol. 18, s. 820–897, part B. ISSN 1756-4646.

SHAHIDI, Fereidoon. Antioxidants: Principles and applications. In: SHAHIDI Fereidoon (Eds.). *Handbook of antioxidants for food preservation. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. No. 276. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, Ltd. ©2015. ISBN 978-1-78242-097-2. Dostupné z: <https://app.knovel.com>

SHAHIDI, Fereidoon. Nutraceuticals and functional foods: Whole *versus* processed foods. *Trends in Food Science and Technology* [online]. 2009, vol. 20, iss. 9, s. 376–387. ISSN 0924-2244.

SHEN, Xiao et al. Antimicrobial effect of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) extracts against the growth of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enteritidis*. *Food Control* [online]. 2014, vol. 35, iss. 1, s. 159–165. ISSN 0956-7135.

SHEWRY, Peter R. Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science* [online]. 2007, vol. 46, iss. 3, s. 239–250. ISSN 0733-5210.

SOGI, Dalbir Singh et al. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. *LWT-Food Science and Technology* [online]. 2015, vol. 62, iss. 1, s. 564–568. ISSN 0023-6438.

STRUJIS, Karin et al. The flavonoid herbacetin diglucoside as a constituent of the lignan macromolecule from flaxseed hulls. *Phytochemistry* [online]. 2007, vol. 68, iss. 8, s. 1227–1235. ISSN 0031-9422.

SULOCHANA, S. et al. Profile of the flaked industry in India. *Cereal Foods World* [online]. 2007, vol. 52, iss. 5, s. 257–261. ISSN 0146-6283.

SUMCZYNSKI, Daniela et al. Contribution of individual phenolics to antioxidant activity and *in vitro* digestibility of wild rices (*Zizania aquatica* L.). *Food Chemistry* [online]. 2017, vol. 218, s. 107–115. ISSN 0308-8146.

TAKHELLAMBAM, Ranjita Devi et al. Ready-to-cook millet flakes based on minor millets for modern consumer. *Journal of Food Science and Technology – Mysore* [online]. 2016, vol. 53, iss. 2, s. 1312–118. ISSN 0022-1155.

TANG, Yayuan et al. From rice bag to table: fate of phenolic chemical compositions and antioxidant activities in waxy and non-waxy black rice during home cooking. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 191, s. 81–90. ISSN 0308-8146.

VANSOEST, P.J. et al. Methods for dietary fibre, neutral-detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* [online]. 1991, vol. 74, iss. 10, s. 3583–3597. ISSN 0022-0302.

Vyhláška MZe č. 333/1997 Sb., kterou se provádí §18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, v platném znění.

Vyhláška MZe č. 157/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další způsoby jejich označování, v platném znění.

Vyhláška MZe č. 329/1997 Sb., kterou se stanoví provádí §18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena, v platném znění.

WIJNGAARD, Hilde Henny and Elke K. ARENDT. Buckwheat. *Cereal Chemistry* [online]. 2006, vol. 83, iss. 4, s. 391–401. ISSN 0009-0352.

XIA, N. et al. Characterization and *in vitro* digestibility of rice protein prepared by enzyme-assisted microfluidization: Comparison to alkaline extraction. *Journal of Cereal Science* [online]. 2012, vol. 56, iss. 3, s. 482–489. ISSN 0733-5210.

XIE, Liyang et al. Bioavailability of anthocyanins and colonic polyphenol metabolites following consumption of aronia berry extract. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 211, s. 860–868. ISSN 0308-8146.

XU, Guihua et al. Composition and distribution of phenolic acids in Ponkan (*Citrus poonensis* Hort. ex Tanaka) and Huyou (*Citrus paradisi* Macf. Changshanhuoyou) during maturity. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2008, vol. 21, iss. 5, s. 382–389. ISSN 0889-1575.

YANG, Jun et al. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. *LWT-Food Science and Technology* [online]. 2009, vol. 42, iss. 1, s. 1–8. ISSN 0023-6438.

YEO, JuDong and Fereidoon SHAHIDI. Critical evaluation of changes in the ratio of insoluble-bound to soluble phenolics on antioxidant activity of lentils during germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2015, vol. 63, iss. 2, s.379–381. ISSN 0021-8561.

YOSHIDA, Hiromi et al. Lipid components, fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in rice brans. *Food Chemistry* [online]. 2011, vol. 129, iss. 2, s. 479–484. ISSN 0308-8146.

YU, Lilei et al. Genotypic variation in phenolic acids, vitamin E and fatty acids in whole grain rice. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 197, s. 776–782, part A. ISSN 0308-8146.

YU, Lu L. et al. Comparison of wheat flours grown at different locations for their antioxidant properties. *Food Chemistry* [online]. 2004, vol. 86, iss. 1, s. 11–16. ISSN 0308-8146.

ZHAO, Mengyao et al. The identification of degradation products and degradation pathway of malvidin-3-glucoside and malvidin-3,5-diglucoside under microwave treatment. *Food Chemistry* [online]. 2013, vol. 141, iss. 3, s. 3260–3267. ISSN 0308-8146.

ZHOU, Xianrong et al. Hypolipidaemic effects of oat flakes and  $\beta$ -glucans derived from four Chinese naked oat (*Avena nuda*) cultivars in Wistar-Lewis rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2016, vol. 96, iss. 2, s. 644–649. ISSN 0022-5142.

ZILIC, Sladana et al. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants. *Journal of Cereal Science* [online]. 2011, vol. 54, iss. 3, s. 417–424. ISSN 0733-5210.



## SEZNAM VYBRANÝCH PUBLIKACÍ AUTORA

SUMCZYNSKI, Daniela, Eva KOTÁSKOVÁ, Jana ORSAVOVÁ, Pavel Valášek. Contribution of individual phenolics to antioxidant activity and *in vitro* digestibility of wild rices (*Zizania aquatica* L.). *Food Chemistry* [online]. 2017, vol. 218, s. 107–115. ISSN 0308-8146.

MLČEK Jiří a Daniela Sumczynski. Nutraceutická potravinářská směs. Česká republika. Patentový spis, CZ 306520B6. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/306/306520.pdf>

JURIKOVA Tunde, Jiří MLČEK, Soňa ŠKROVÁNKOVÁ, Stefan BALLA, Jiří SOCHOR, Mojmir BARON, Daniela SUMCZYNSKI. Black crowberry (*Empetrum nigrum* L.) flavonoids and their health promoting activity. *Molecules* [online]. 2016, vol. 21, iss. 12, ISSN 1420-3049.

SUMCZYNSKI, Daniela, Eva KOTÁSKOVÁ, Helena DRUŽBÍKOVÁ, Jiří MLČEK. Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and *in vitro* digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 211, s. 339–346. ISSN 0308-8146.

KOTÁSKOVÁ, Eva, Daniela SUMCZYNSKI, Jiří MLČEK, Pavel VALÁŠEK. Determination of free and bound phenolics using HPLC-DAD, antioxidant activity and *in vitro* digestibility of *Eragrostis tef*. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2016, vol. 46, s. 15–21. ISSN 0889-1575.

ŠKROVÁNKOVÁ, Soňa, Daniela SUMCZYNSKI, Jiří MLČEK, Tunde JURIKOVA, Jiří SOCHOR. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 2015, vol. 16, iss. 10, s. 24673–24706. ISSN 1422-0067.

SUMCZYNSKI, Daniela, Zuzana BUBELOVÁ, Miroslav FIŠERA. Determination of chemical, insoluble dietary fibre, neutral-detergent fibre and *in vitro* digestibility in rice types commercialized in Czech markets. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2015, vol. 40, s. 8–13. ISSN 0889-1575.

SUMCZYNSKI, Daniela, Zuzana BUBELOVÁ, Jan SNEYD, Susanne ERB-WEBER, Jiří MLČEK. Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. *Food Chemistry* [online]. 2015, vol. 174, s. 319–325. ISSN 0308-8146.

SUMCZYNSKI, Daniela, Zuzana BUBELOVÁ. Stanovení nutričních charakteristik, vlákniny a stravitelnosti barevných druhů rýže. *Chemické listy* [online]. 2015, vol. 109, iss. 2, s. 147–150. ISSN 0009-2770.

LUŽOVÁ, Táňa, Květoslava ŠUSTOVÁ, Jan KUČHTÍK, Jiří MLČEK, Lenka VORLOVÁ, Daniela SUMCZYNSKI. Determination of fatty acid content in sheep milk by means of near infrared spectroscopy. *Acta Veterinaria Brno* [online]. 2014, vol. 83, s. S27–S34. ISSN 0001-7213.

ROP, Otakar, Martin POSOLDA, Jiří MLČEK, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Jiří SOCHOR, Vojtěch ADAM, René KIZEK, Daniela SUMCZYNSKI. Qualities of Native Apple Cultivar Juices Characteristic of Central Europe. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* [online]. 2012, vol. 40, iss. 1, s. 222–228. ISSN 0255-965X.

BAYANMUNKH, Altangerel, Zultsetseg SENEGEE, Daniela KRAMÁŘOVÁ, Otakar ROP, Ignác HOZA. The determination of water-soluble vitamins and *in vitro* digestibility of selected

Czech cheeses. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2011, vol. 46, iss. 6, s. 1225–1230. ISSN 0950-5423.

ROP, Otakar, Tunde JURIKOVA, Jiří SOCHOR, Jiří MLČEK, Daniela KRAMÁŘOVÁ. Antioxidant capacity, scavenging radical activity and selected chemical composition of native apple cultivars from central Europe. *Journal of Food Quality* [online]. 2011, vol. 34, iss. 3, s. 187–194. ISSN 0146-9428.

ROP, Otakar, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Jiří MLČEK, Tunde JURIKOVA, Josef BALÍK, Jiří SOCHOR, Daniela KRAMÁŘOVÁ. Antioxidant and radical oxygen species scavenging activities of 12 cultivars of blue honeysuckle fruit. *Horticultural Science* [online]. 2011, vol. 38, iss. 2, s. 63–70. ISSN 0862-867X.

ROP, Otakar, Josef BALÍK, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Tunde JURIKOVA, Pavlína ŠKARDOVÁ, Petr SALAŠ, Jiří SOCHOR, Jiří MLČEK, Daniela KRAMÁŘOVÁ. Chemical characteristics of fruits of some selected quince (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivars. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2011, vol. 29, iss. 1, s. 65–73. ISSN 1212-1800.

ROP, Otakar, Jiří SOCHOR, Tunde JURIKOVA, Ondřej ZITKA, Helena SKUTKOVÁ, Jiří MLČEK, Petr SALAŠ, Boris KRŠKA, Petr BABULA, Vojtěch ADAM, Daniela KRAMÁŘOVÁ, Miroslava BEKLOVÁ, Ivo PROVAZNÍK, René KIZEK. Effect of five different stages of ripening on chemical compounds in medlar (*Mespilus germanica* L.). *Molecules* [online]. 2011, vol. 16, iss. 1, s. 74–91. ISSN 1420-3049.

ROP, Otakar, Jiří MLČEK, Tunde JURIKOVA, Magdalena VALŠÍKOVÁ, Jiří SOCHOR, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Daniela KRAMÁŘOVÁ. Phenolic content, antioxidant capacity, radical oxygen species scavenging and lipid peroxidation inhibiting activities of extracts of five black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) cultivars. *Journal of Medicinal Plants Research* [online]. 2010, vol. 4, iss. 22, s. 2431–2437. ISSN 1996-0875.

ROP, Otakar, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Magdalena VALŠÍKOVÁ, Tunde JURIKOVA, Jiří MLČEK, Daniela KRAMÁŘOVÁ. Antioxidant properties of European cranberrybush fruit (*Viburnum opulus* var. *edule*). *Molecules* [online]. 2010, vol. 15, iss. 6, s. 4467–4477. ISSN 1420-3049.

ROP, Otakar, Jiří MLČEK, Daniela KRAMÁŘOVÁ, Tunde JURIKOVA. Selected cultivars of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) as a new food source for human nutrition. *African Journal of Biotechnology* [online]. 2010, vol. 9, iss. 8, s. 1205–1210. ISSN 1684-5315.

ROP, Otakar, Tunde JURIKOVA, Jiří MLČEK, Daniela KRAMÁŘOVÁ, Zulsetseg SENEGEE. Antioxidant activity and selected nutritional values of plums (*Prunus domestica* L.) typical of the White Carpathian Mountains. *Scientia Horticulturae* [online]. 2009, vol. 122, iss. 4, s. 545–549. ISSN 0304-4238.

KRAMÁŘOVÁ Daniela, Altangerel BAYANMUNKH, Zuzana LAZÁRKOVÁ, Otakar ROP, Milan VONDRUŠKA. Determination of heavy metals and nutrition values in broccoli. *Ecological Chemistry and Engineering A* [online]. 2009, vol. 16, iss. 12, s. 1585–1590. ISSN 1898-6188.

MLČEK, Jiří a Daniela SUMCZYNSKI. *Nutraceutická potravinářská směs*. Česká Republika. Užitený vzor, CZ 28846U1. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments-FDUM0028/uv028846.pdf>.

KOLAJOVÁ, Zuzana, Altangerel BAYANMUNKH, Daniela KRAMÁŘOVÁ, Otakar ROP, Ignác HOZA. Determination of  $\beta$ -carotene in the gelatin capsule. *Chemické Listy* [online]. 2008, vol. 102, spec. iss. 3, s. S575–S576. ISSN 1803-2389.

VOJTÍŠKOVÁ, Petra, Altangerel BAYANMUNKH, Daniela KRAMÁŘOVÁ, Otakar ROP, Ignác HOZA. Determination of  $\beta$ -carotene in tomato by high performance liquid chromatography with electrochemical detector. *Chemické Listy* [online]. 2008, vol. 102, spec. iss. 3, s. S577–S578. ISSN 1803-2389.

BAYANMUNKH, Altangerel, Daniela KRAMÁŘOVÁ, Zultsetseg SENGEE, OTAKAR ROP., IGNÁC HOZA. HPLC determination of vitamins B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, and B<sub>6</sub> in beef liver. *Acta Fytotechnica et Zootechnica* [online]. 2009, roč. 12, č. SI, s. 1–7. ISSN 1335-258X.

SENGEE, Zultsetseg, Daniela KRAMÁŘOVÁ, Otakar ROP, Ignác HOZA. Kdoule jako vhodný zdroj vlákniny a nutričních složek. *Výživa a potraviny* [online]. 2010, roč. 65, č. 5, s. 124–126. ISSN 1211-846X.

## ŽIVOTOPIS

**Jméno a příjmení** Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D., rozená Kramářová

**Bydliště** Březnice 477, Zlín 760 01

**Datum narození** 24.10.1976

**Kontaktní údaje** Tel: +420 576 031 525  
Email: sumczynski@ft.utb.cz

### Vzdělání

2007 – 2009 **UTB ve Zlíně**, Fakulta humanitních studií, SO: Učitelství odborných předmětů pro SŠ  
Téma bakalářské práce: Evaluace a komparace učebnic chemie na ZŠ

2000 – 2003 **VUT v Brně**, Fakulta chemická, doktorský SP: Materiálové vědy  
Téma dizertační práce: Možnosti využití biopolymerů jako složek pojiv IV. generace

1996 – 2000 **VUT v Brně**, Fakulta chemická, SO: Potravinářská chemie a biotechnologie  
Téma diplomové práce: Účinné složky vitaminových preparátů

### Zaměstnání

2003 až dosud **UTB ve Zlíně**, Fakulta technologická, Ústav analýzy a chemie potravin - pozice odborný asistent

**Pracovní zkušenosti** Přednášky, semináře a laboratorní cvičení v předmětech:  
Chemie potravin, Analýza potravin, Principy úchovy potravin.

Vědecká činnost - tvorba metodik s následným stanovením nutričních a biologicky aktivních látek potravin se zaměřením na netradiční druhy ovoce, obilovin a cereálních směsí s využitím spektro-

fotometrických a chromatografických metod (zejména se zaměřením na HPLC).

Tvorba učebních textů a vědeckých publikací.

Člen komise krajského kola biologické olympiády pro Zlínský kraj (2007 až doposud).

Akademický pobyt v zahraničí: Abant Izzet Baysal University, Turecko – Erasmus (2008, 2009).

Akademický pobyt v zahraničí: Instituto Politécnico de Beja, Portugalsko – Erasmus (2007).

Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

**Jakost netradičních surovin a jejich využitelnost v technologii  
výroby cereálních směsí**

Quality of Non-Traditional Raw Materials and their Application in the  
Technology of Cereal Mixtures

Teze habilitační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: 60 výtisků

Sazba: autor

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2017

ISBN 978-80-7454-644-0