



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

Teze přednášek ke jmenování profesorem

## **Nutriční parametry vybraných rostlinných surovin a jejich využití v oblasti cereálních technologií**

**Nutritional parameters of selected plant raw materials  
and their use in cereal technology**

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

Obor: Technologie potravin

Zlín, květen 2024

© Daniela Sumczynski

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Teze přednášek ke jmenování profesorem.**

Publikace byla vydána v roce 2024

*Klíčová slova: netradiční obilovina, vločky, nutraceutická cereální směs, sušenka, matcha, polyfenoly, HPLC, ICP-MS, in vitro stravitelnost, retenční faktor*

*Key words: non-traditional cereal, flakes, nutraceutical cereal mixture, biscuits, matcha, phenolics, HPLC, ICP-MS, in vitro digestibility, retention factor*

Práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7678-245-7

## Abstrakt

Při výrobě potravin je kladen důraz na nutriční jakostní znaky použitých surovin a jejich obsah biologicky aktivních látek. Požadavky jsou dány vyšším rozvojem civilizačních onemocnění, zvyšujícími se požadavky samotných konzumentů a konkurencí na trhu.

V oblasti cereálních technologií byly analyzovány nutrienty netradičních druhů obilovin (červené pšenice, kamutu, miličky habešské, divoké rýže) a pseudoobilovin (černé a červené quinoa) ve směsi s dalšími rostlinnými zdroji (např. matcha čajem) s cílem stanovit koncentrace biologicky aktivních látek, hodnoty antioxidačních aktivit a stravitelnosti. Procesem hydrotermálního ošetření s následným rozvácováním zrn byly vyrobeny a analyzovány netradiční vločky, byly navrženy receptury pro sušenky, jiné trvanlivé pečivo a nutriční směsi s cílem rozšířit sortiment ready-to-eat cereal výrobků. U těchto výrobků se podařilo prokázat navýšení obsahu biologicky aktivních látek, bílkovin, vlákniny, vitaminů B-komplexu, esenciálních minerálních a stopových prvků a hodnot antioxidačních aktivit. Výsledné aplikace směsí na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přídavkem nutričních surovin a složení nutričních směsí jsou součástí užitého vzoru a patentu. Hodnota stravitelnosti neodráží samotnou využitelnost nutričních složek trávicím traktem člověka, proto byla vypracována metodika stanovení retenčního faktoru v podmínkách *in vitro*, který udává podíl nutriční složky stále zůstávajícího v matrici nestráveného podílu po simulaci trávení. Faktor poskytuje relevantnější údaje o množství analytu uvolněného z potravin a je hodnotnějším ukazatelem v porovnání s výpočty teoretických příspěvků potravin k referenčním hodnotám příjmů nutričních složek.

Výsledky vědecké činnosti a osobního přínosu pro rozvoj oboru Technologie potravin se promítají rovněž do koncepce výuky v předmětech zajišťovaných v uvedeném oboru a vyučovaných na Fakultě technologické UTB ve Zlíně.

## **Abstract**

Regarding food production, the emphasis is placed on the content of nutritional characteristics comprising biologically active substances of raw materials. The requirements are given by the higher development of chronic diseases, the increasing demands of the consumers themselves and competition on the market.

In the field of cereal technology, the nutrients of non-traditional cereals (red wheat, kamut, teff, wild rice, etc.) and pseudocereals (black and red quinoa) were analyzed in a mixture with other plant sources (such as matcha tea) to determine the concentration of biologically active substances, the values of antioxidant activities, and digestibility. By applying hydrothermal treatment followed by grain rolling, non-traditional flakes were produced and analyzed; consequently, recipes for biscuits, other durable pastry, and nutraceutical cereal mixtures were designed with the aim of expanding the range of ready-to-eat cereal products. It was found an increase in the content of biologically active substances, crude protein, fiber, B-complex vitamins, essential mineral and trace elements and antioxidant activity values with the new products. The resulting applications of the mixtures for the production of biscuits and durable pastry with the addition of nutraceutical raw materials and the composition of nutraceutical cereal mixtures are already part of a utility model and a patent. The digestibility value does not reflect the actual utilization of nutrients by the human tract; therefore, a new methodology was developed to determine the retention factor under *in vitro* conditions with indication of which part of the nutrient is still remained in the matrix of the undigested food after simulation of digestion. The retention factor provides more relevant data on the amount of analyte released from food and is a more valuable indicator compared to the calculations of the theoretical contributions of food to the reference values of nutrient intake.

The results of scientific activities and personal contribution to the development of the field of study of Food Technology are also reflected in the development of the teaching concept in the subjects taught at the Faculty of Technology of Tomas Bata University in Zlín.

## OBSAH

ÚVOD DO ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	7
1. ANALÝZA NETRADIČNÍCH ROSTLINNÝCH SUROVIN .....	10
1.1 Základní nutriční analýza.....	10
1.1.1 Problematika stanovení základních nutrientů.....	10
1.1.2 Dosažené poznatky z oblasti základních nutrientů.....	11
1.1.3 Problematika stanovení vitaminů .....	13
1.1.4 Dosažené poznatky z oblasti stanovení vitaminů.....	13
1.1.5 Problematika stanovení minerálních a stopových prvků.....	14
1.1.6 Dosažené poznatky z oblasti prvkové analýzy .....	14
1.1.7 Problematika stanovení rozpustných a nerozpustných frakcí vlákniny .....	16
1.1.8 Dosažené poznatky z oblasti stanovení vlákniny .....	17
1.2 Analýza biologicky aktivních látek .....	18
1.2.1 Problematika stanovení chlorofylu.....	18
1.2.2 Dosažené poznatky z oblasti stanovení chlorofylu .....	18
1.2.3 Problematika stanovení celkových polyfenolů, flavonoidů a anthokyanů .....	18
1.2.4 Dosažené poznatky z oblasti stanovení celkových polyfenolů, flavonoidů a anthokyanů .....	19
1.2.5 Problematika stanovení polyfenolického profilu.....	20
1.2.6 Dosažené poznatky v oblasti stanovení polyfenolického profilu .....	21
1.2.7 Problematika stanovení antioxidační aktivity .....	23
1.2.8 Dosažené poznatky v oblasti stanovování hodnot antioxidační aktivity.....	24
1.2.9 Problematika stanovení xanthinových alkaloidů a L-theaninu .....	26
1.2.10 Dosažené poznatky v oblasti stanovení kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu .....	26
2. Aplikace netradičních surovin v oblasti cereálních technologií .....	27
2.1 Výroba vloček procesem hydrotermálního ošetření zrn .....	27
2.1.1 Výroba vloček z netradičních zrn.....	27
2.1.2 Dosažené poznatky z oblasti výroby a analýzy netradičních vloček .....	28
2.2 Vývoj nutraceutických cereálních směsí .....	30
2.3 Výroba sušenek.....	33
3. Evaluace nutričních parametrů.....	36
3.1 Příspěvky k referenčním hodnotám příjmů .....	36
3.1.1 Výživová hodnota proteinu matcha čaje .....	36

3.1.2	Teoretické příspěvky konzumace potravin k referenčním hodnotám příjmů pro esenciální prvky .....	36
3.1.3	Teoretické příspěvky konzumace potravin k referenčním hodnotám příjmů pro toxické prvky .....	38
3.1.4	Teoretické příspěvky konzumace potravin k referenčním hodnotám příjmů pro vitaminy .....	39
3.2	Stanovení stravitelnosti v podmínkách <i>in vitro</i> a retenčních faktorů pro jednotlivé nutrienty.....	39
3.2.1	Modelace procesu stanovení stravitelnosti organické hmoty a sušiny vzorku ..	39
3.2.2	Evaluace retenčních faktorů pro nutrienty po simulaci digesce v podmínkách <i>in vitro</i> .....	40
4.	PŘÍNOS PRO VĚDU, PRAXI A SMĚŘOVÁNÍ VÝVOJE .....	45
	Poděkování .....	46
	Seznam literatury.....	47
	Publikace autora použité v tezích .....	51
	Životopis autora .....	53

## ÚVOD DO ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY A KONCEPCE TEZÍ

V dnešní době je stále více patrný posun směrem ke zdravějšímu životnímu stylu a stravování. Požadavky jsou dány vyšším rozvojem civilizačních onemocnění, zvyšujícími se požadavky samotných konzumentů na nutriční kvalitu a jakost potravin a konkurencí na trhu. Při výrobě potravin a doplňků stravy je kladen důraz na nutriční hodnoty použitých surovin, zejména na obsah jejich biologicky aktivních látek. V tomto kontextu nabízí netradiční či méně obvyklé rostlinné suroviny nové a inovativní možnosti při přípravě receptur pro oblast cereálních technologií.

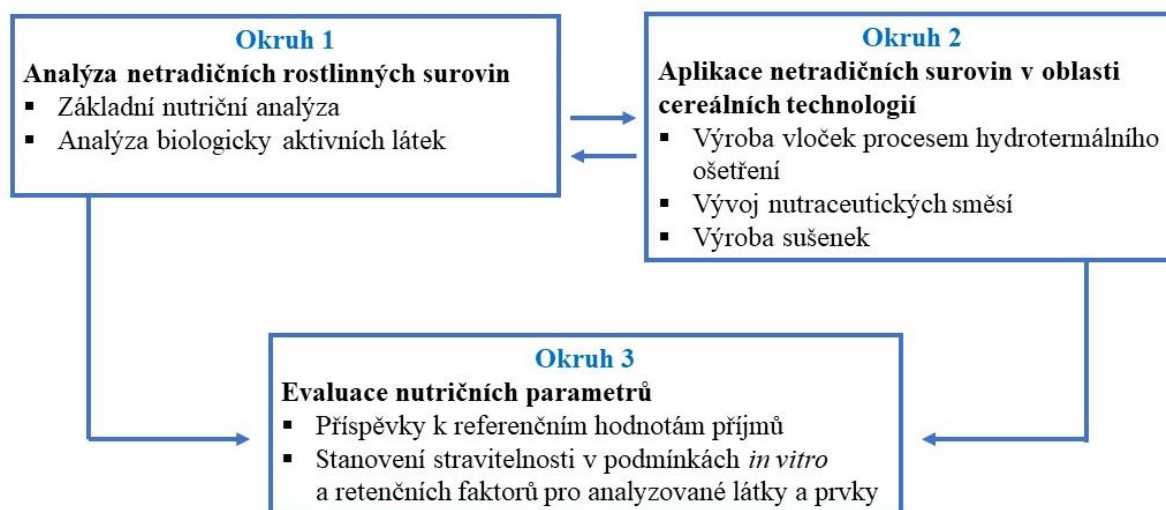
Zrna konvenčně pěstovaných a mlýnsky zpracovaných obilovin a pseudo-obilovin jsou zdrojem tří základních zdrojů energie pro lidskou výživu, a to sacharidů, bílkovin a tuků, méně potom obsahují vlákniny. Avšak konzumace celozrnných obilovin (nejen díky přítomnosti vlákniny) přispívá navíc ke snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění, diabetu II typu, ischemické choroby srdeční, obezity a rakoviny (Wang et al., 2014). Například netradiční zrna pšenice (kamutu, jednozrnky apod.) jsou známá svým nižším glykemickým indexem a jejich konzumací dochází ke snížení hladiny celkových lipidů, triglyceridů a LDL-cholesterolu o 11 % (Guo a Beta, 2013). To je připisováno vyššímu obsahu vlákniny (rozpustné i nerozpustné) v obalových vrstvách zrn. Navíc vláknina upravuje peristaltiku střev a snižuje výskyt rakoviny tlustého střeva a konečníku o 40 % při denní konzumaci 30 g vlákniny (Murphy et al., 2012). Ovoce je pro nás zdrojem vlákniny, cukrů, bílkovin, minerálních látek, vitaminů a fytochemikálií jako jsou polyfenoly, karotenoidy, betainy a další biologicky aktivní látky. Jeho konzumace snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny a zánětlivých projevů v lidském těle (Chareonrungrueangchai et al., 2020).

Další surovinou podílející se na snížení hladiny krevní glukózy, celkového cholesterolu, ischemické choroby srdeční, vykazující protizánětlivé a neurologické účinky je zpracovaná prášková forma čaje matcha (Jiang et al., 2019). Pomleté čajové listy pěstované v podmínkách zastínování se následně zpracují do podoby prášku, který se pije ve formě suspenze (Xu et al., 2016; Unno et al., 2018). Obsahuje významné množství polyfenolických antioxidantů, chlorofylu, bílkovin, L-theaninu, fluoru a dalších minerálních prvků, kofeinu a dalších alkaloidů, je zdrojem vlákniny. L-theanin by měl hrát i významnou farmakologickou roli v inhibici neurotransmiteru GABA ( $\gamma$ -aminomáselné kyseliny) (Zhu et al., 2016). Vzhledem k tomu, že matcha je považována za zdravotně prospěšnou potravinu se svým typickým sensorickým vjemem, je aplikována jako ingredience do mnoha dalších potravinových komodit (sladké pečivo, zmrzlina, cukrovinky) (Xu et al., 2016; Ujihara et al., 2013).

Zájem potravinářů je orientován i k méně obvyklým surovinám jako jsou jedlé květy. Tyto mají srovnatelný obsah biologicky aktivních látek jako například ovocné plody, po procesu sušení se jejich obsah ještě více koncentruje, a to řádově

až stonásobně. Také mohou mít farmakologické účinky, proto se o nich hovoří jako o slibných zdrojích nutraceutik (Zheng et al., 2021).

Koncepce prezentace výsledků vědecké práce je shrnuta do tří okruhů, které jsou prezentovány na Obr. 1.



Obr. 1 Strategie a koncepce práce

**Okruh 1:** Jedním z prvních kroků při výběru nových surovinových komponent jako složek cereálních směsí byla analýza jakostních znaků netradičních druhů obilovin a pseudoobilovin (převážně zrn s barevnými obalovými vrstvami u pšenice, rýže, divoké rýže, miličky habešské, quinoi) nebo matcha čaje. Cílem bylo stanovit základní nutriční charakteristiky, koncentrace jejich biologicky aktivních látek společně s hodnotami antioxidačních aktivit (AOA) a stravitelnosti. Bylo využito metod gravimetrických, enzymaticko-gravimetrických, spektrofotometrických (AAS – atomová absorpční spektrometrie, molekulová spektrometrie ve VIS oblasti včetně chemiluminiscence), metod separačních (HPLC – vysoko účinná kapalinová chromatografie, IEC – iontově výměnná kapalinová chromatografie a ICP-MS – indukčně vázané plazma s hmotností detekcí). Kromě samotných detekčních instrumentálních metod byly aplikovány techniky extrakce dle Soxhleta, extrakce na vodní lázni, UAE (ultrazvuková extrakce), ASE (vysokotlaká extrakce organickým rozpouštědlem), dále mineralizace na mokré cestě Kjeldahlovou technikou či mineralizace za pomoci mikrovln (MAE) pro prvkovou analýzu.

**Okruh 2:** V oblasti cereálních technologií dochází ke zpracování méně tradičních zrn a zrn s barevnými obalovými vrstvami (quinoi, rýže, pšenice, miličky, kamutu aj.) na vločky. Netradiční vločky vynikají vyšším obsahem bílkovin, vlákniny a vitaminů, jsou zdrojem antioxidantů z řad fenolických látek. Cereální vločky ve směsi obohacené ovocem, ořechy, semeny a jedlými květy mohou tvořit významné složky cereálních nutraceutických směsí, které mohou být využity jako tzv. ready-to-eat cereals (cereálie připravené k přímé konzumaci). Další možností je využití přídatku surovin s vyšším obsahem



biologicky aktivních látek do receptur při výrobě sušenek. Výsledná aplikace směsí na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přídavkem nutričních surovin a složení nutričních cereálních směsí jsou již součástí užitého vzoru (33013 U1) a patentu (306520 B6).

**Okruh 3:** Kromě samotných nutričních hodnot netradičních surovin jsou jejich významnými charakteristikami hodnoty stravitelnosti, simulované experimentálně v podmínkách *in vitro*. Hodnota stravitelnosti však neodráží samotnou potenciální využitelnost nutričních složek trávicím traktem člověka. Z tohoto důvodu byla vypracována metodika stanovení tzv. retenčního faktoru (RF, %) v podmínkách *in vitro*, který udává podíl nutričního složky, který stále zůstává v matrici nestráveného podílu vzorku po simulaci trávení v žaludku a tenkém střevu. Tento faktor daleko lépe poskytne údaje o množství analytu, které se uvolní ze studované matrice a je potenciálně dostupný k absorpci v zažívacím traktu. Faktor je hodnotnějším ukazatelem než výpočty teoretických příspěvků konzumace potraviny k referenčním hodnotám příjmů esenciálních nutričních složek či k prozatím tolerovaným hodnotám pro toxické prvky. Tímto krokem se podařilo propojit získaná data z okruhů 1 a 2 a tím významně povýšit evaluaci dosažených výsledků a posunout ji do oblasti potenciálního využití živin zažívacím traktem člověka.

# 1. ANALÝZA NETRADIČNÍCH ROSTLINNÝCH SUROVIN

## 1.1 ZÁKLADNÍ NUTRIČNÍ ANALÝZA

### 1.1.1 Problematika stanovení základních nutrientů

Obsahy bílkovin, lipidů a sacharidů jsou základní nutriční údaje, které jsou uváděny na obalu potravin a slouží společně s vlákninou jako podklad pro výpočet energetické hodnoty potravin (Nařízení 1169, 2011). Studie ukazují, že netradiční zrna by mohla obsahovat vyšší obsah bílkovin a nižší podíl škrobu v porovnání s konvenčně pěstovanými druhy (Xia et al., 2012). Konzumenti trpící celiakií nemohou konzumovat lepek, mají stravu chudou na bílkoviny, ale bohatou na tuky a cukry. Proto se nejen pro ně hledají bezlepkové alternativní cereálie (Osorio et al., 2019). Tyto je možno použít například do nutraceutických cereálních směsí (Mrázková et al., 2021). Změny v obsahu bílkovin a aminokyselinovém složení jsou ovlivněny genotypem, faktory environmentálního prostředí, použitými agrotechnickými postupy s hnojením a jejich vzájemnými interakcemi (Kumar a Prabhasankar, 2014; Jiang et al., 2019). U matcha čaje je intenzivnější syntéza bílkovin, stejně jako aminokyselinový profil, připisován ještě procesu zastiňování při pěstování (Xu et al., 2016; Jiang et al., 2019). Aminokyselinový profil matcha čaje je charakteristický vyšší koncentrací L-theaninu, kyseliny glutamové, asparaginu a threoninu, které dávají čaji chuť umami (Jiang et al., 2019). Některé matcha čaje mohou obsahovat i vyšší koncentrace ornithinu zmírňujícího fyzickou únavu, který lze používat i jako doplněk stravy (Sugino et al., 2008).

Vyšší podíl lipidů netradičních zrn je lokalizován v aleuronových a sub-aleuronových vrstvách a může být problémem pro následnou údržnost z důvodu žluknutí s následným negativním sensorickým efektem (Gealy a Bryant, 2009). Obdobně je tomu u čaje matcha (Muhammad et al., 2013). Na druhou stranu rostlinné tuky jsou pro nás zdrojem nenasycených mastných kyselin a nositeli energie (Hager et al., 2012). Škrob je složkou endospermu obilných zrn, je zásobním polysacharidem s nezastupitelným nutričním významem (Hung et al., 2006). Podíl volných cukrů v zrnech je vzhledem ke koncentraci škrobu velmi nízký (Hu et al., 2017), ale je obecně méně zmapován. Při vyšší teplotě ve vodném prostředí škrob želatinuje, je rychleji stravitelný a zvyšuje glykémii. Netradiční druhy zrn s nižším podílem škrobu by mohly být dobrou alternativou (Kumar a Prabhasankar, 2014).

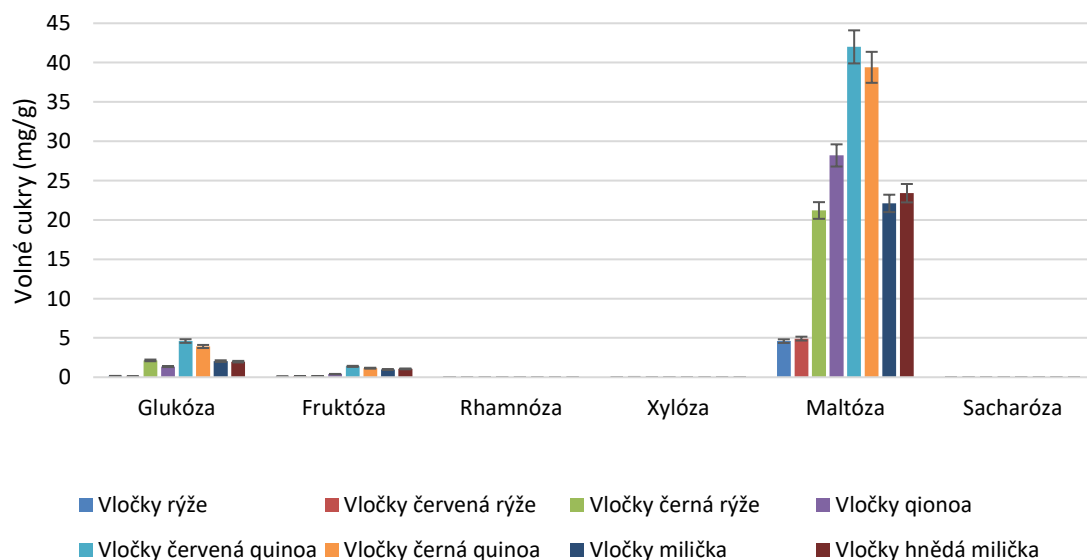
Ke stanovení hrubé bílkoviny byla aplikována metoda stanovení N podle Kjeldahla s následným přepočtem na obsah hrubé bílkoviny (ČSN EN ISO 20483). Stanovení aminokyselin bylo provedeno metodou IEC s post-kolonovou derivatizací ninhydrinem na aminokyselinovém analyzátoru AAA400 (Ingos, ČR), pro uvolnění vázaných aminokyselin byla použita kyselá a oxidativně-kyselá hydrolýza (Buňková et al., 2009; Buňka et al., 2009). Obsah celkových lipidů byl

stanovován po extrakci hexanem, obsah škrobu po kyselé hydrolyze polarimetricky dle Ewerse (ISO 10520). Stanovení volných cukrů probíhalo metodou HPLC s refraktometrickou detekcí na chromatografu Dionex Ultimate 3000 (Thermo Scientific, USA) (Šťastná et al., 2019).

### 1.1.2 Dosažené poznatky z oblasti základních nutrientů

Naše studie prokázala, že vločky vyrobené z netradičních druhů zrn pšenice měly o 1–4 hm. % vyšší obsah bílkovin a až o 10 hm. % nižší podíl škrobu. Škrobové granule při procesu tepelného ošetření bobtnají, škrob želatinuje, rychleji se tráví a zvyšuje glykémii. Z tohoto důvodu lze doporučit právě konzumaci netradičních zrn a vloček s nízkým obsahem škrobu a vyšším podílem bílkovin (Sumczynski et al., 2015b). Výjimkou byly vločky vyrobené ze zrn divoké rýže (*Zizania aquatica*), které obsahují jak vyšší podíl bílkovin, tak také škrobu (Sumczynski et al., 2018). Studie týkající se rýžových zrn prokázala vyšší obsah bílkovin u zrn s barevnými obalovými vrstvami (Sumczynski et al., 2015a), ale také nižší koncentrace bílkovin v porovnání s vločkami vyrobenými ze zrn divoké rýže (Sumczynski et al., 2018b).

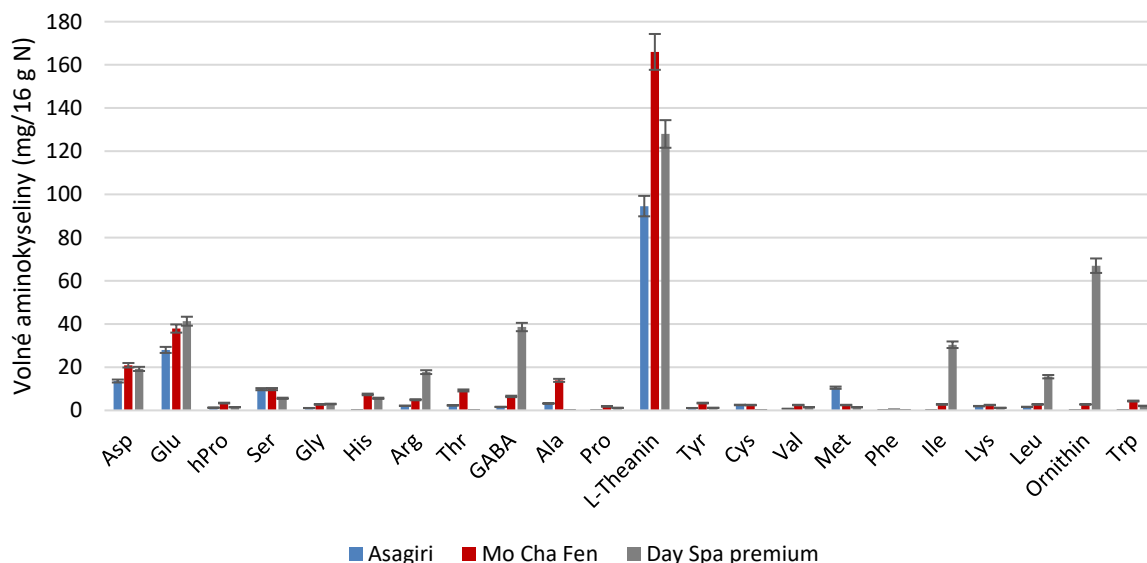
U bezpečkových vloček s barevnými obalovými vrstvami byla provedena analýza volných cukrů (Obr. 2). Vločky vyrobené z černé a červené quinoii (*Chenopodium quinoa* Willd) a miličky habešské (*Eragrostis tef*) byly bohaté na obsah maltózy, ale také na fruktózu a glukózu (až desetinásobně) ve srovnání s vločkami rýžovými (Šťastná et al., 2019).



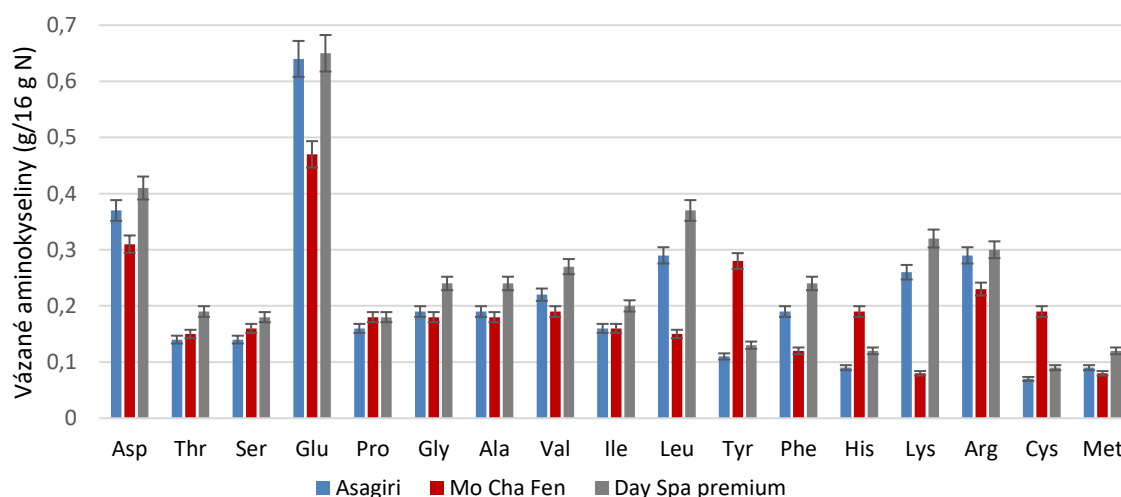
Obr. 2 Obsahy volných cukrů u netradičních bezpečkových vloček

Vysoké koncentrace hrubé bílkoviny (až 30,5 hm. %) byly stanoveny u matcha čaje (*Camellia sinensis*) (Koláčková et al., 2020a,b). Jeho aminokyselinový profil nebyl dostatečně publikován, proto bylo naším cílem provést analýzu jak volných,

tak vázaných aminokyselin (Koláčková et al., 2020b). Ve volné formě se v matcha čajích nejvíce vyskytují L-theanin, kyseliny glutamová a asparagová, serin, histidin, threonin, GABA ( $\gamma$ -aminomáselná kyselina), alanin, arginin, tyrosin a tryptofan, méně pak ornithin (Obr. 3). L-theanin představoval 16–69 hm. % z veškerého podílu naměřených volných aminokyselin, což bylo v rozporu se studií Wang et al. (2010), kde L-theanin tvořil více než 50% podíl. Nejvyšší koncentrace vázaných aminokyselin byly naměřeny pro kyseliny glutamovou a asparagovou, leucin, lyzin, valin, fenylalanin a arginin, přičemž koncentrace sirmých aminokyselin cysteinu a methioninu byly nízké (Obr. 4) (Koláčková et al., 2020b).



Obr. 3 Koncentrace volných aminokyselin u tří vybraných vzorků matcha čaje



Obr. 4 Koncentrace vázaných aminokyselin u tří vybraných vzorků matcha čaje

Další výsledky ukázaly na vyšší obsah lipidů u zrn s barevnými obalovými vrstvami, u vloček vyrobených z těchto zrn i u matcha čajů (Sumczynski et al., 2015b, Sumczynski et al., 2015a; Koláčková et al., 2020a). Lze očekávat, že při

nevhodných podmínkách skladování by mohlo docházet u těchto komodit k procesům žluknutí. Naopak vločky vyrobené ze zrn divoké rýže mají velmi nízký obsah lipidů (do 2 hm. %), což jim dává i lepší predikce v procesech proti případnému žluknutí (Sumczynski et al., 2018b).

### 1.1.3 Problematika stanovení vitaminů

Z vitaminů se v rostlinných maticích monitorují zpravidla vitamin C a E a komplex vitaminů B. Vitamin C je velmi dobrým ukazatelem šetrného zpracování surovin při jejich úchově a konzervaci, společně s vitaminem E je silným antioxidantem. Vitaminy B komplexu mají významné neuroprotektivní účinky a jejich deficit se může promítnout ve zvýšené hladině homocysteinu. Jedním z rostlinných zdrojů B-komplexu mohou být cereálie (Chen et al., 2016). Zelené čajové listy běžně obsahují nízké koncentrace vitaminu C na rozdíl od ovoce a zeleniny. Vzhledem k odlišným podmínkám pěstování při zastiňování čajovníků a změnám v metabolických drahách, které tak nastávají, by mohl obsah vitaminu C v matcha čaji výrazně kolísat (Koláčková et al., 2020a).

Stanovení vitaminu C bylo provedeno metodou HPLC na zařízení Dionex Ultimate 3000 s detekcí v UV oblasti spektra, přičemž vitamin C byl stabilizován ve směsi methanolu, kyseliny fosforečné a vody v poměru 99:0,5:0,5 (Koláčková et al., 2020a). Stanovení komplexu vitaminů B bylo provedeno technikou HPLC s detekcí v UV oblasti spektra po předchozí extrakci vitaminů pomocí 0,1 M HCl (Sumczynski et al., 2018a,b).

### 1.1.4 Dosažené poznatky z oblasti stanovení vitaminů

Při analýze 12 vzorků matcha čajů byl stanoven obsah vitaminu C až 3,98 mg/g, což je dvojnásobek v porovnání s klasickými zelenými čajovými listy. Korelační analýza ukázala, že vitamin C není hlavním přispěvatelem k hodnotám antioxidační aktivity (AOA), a to jak ve vodném, tak methanolicím extraktu ( $r=0,3841-0,5133$ , středně pozitivní korelace) (Koláčková et al., 2020a).

V další studii byly stanovovány vitaminy B-komplexu ve vločkách vyrobených ze zrn divoké rýže pocházející z různých zemí původu. Byl použit proces hydrotermálního ošetření a rozválnování na vločkovači Combi-Star (Waldner Biotech, Rakousko). Bylo publikováno, že vločky obsahovaly nejvíce vitaminů B<sub>3</sub> a B<sub>5</sub> a byly v porovnání s rýžovými vločkami na komplex vitaminů B bohatší. Také obsahují vyšší koncentrace vitaminu B<sub>6</sub> oproti vločkám vyrobeným z netradičních zrn pšenice, hlavně vločky divoké rýže pěstované v Maďarsku (Sumczynski et al., 2018b).

Studie porovnávající obsah vitaminů B-komplexu v netradičních vločkách a vločkách komerčně zakoupených prokázala signifikantně vyšší obsahy jednotlivých vitaminů B v netradičních vločkách Richard a Dickkopf, u vitaminu B<sub>5</sub> to bylo až dvojnásobné množství v porovnání se vzorky z obchodní sítě. Za

zmínku stojí i vysoké koncentrace vitaminů B<sub>6</sub> (do 540 µg/100 g) a B<sub>9</sub> (do 52 µg/100 g) (Sumczynski et al., 2018a).

### 1.1.5 Problematika stanovení minerálních a stopových prvků

Minerální a stopové prvky pomáhají v metabolismu regulace hladiny krevní glukózy, osmotického tlaku, podílejí se na snížení rizika obezity a kardio-vaskulárních onemocnění (Lemmens et al., 2021). Ponejvíce jsou monitorovány esenciální (Mg, P, K, Ca, Na, Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Mo, Se) a stopové prvky z řady prvků toxických (Cd, Pb, Hg, As, Sn, Ni, Al). U vybraných druhů cereálií a cereálních produktů jsou stanoveny maximální obsahy pro výskyt Cd a Pb (Nařízení Komise (EU) 2023/915). Minerální a stopové prvky se u zrn váží v obalových vrstvách, s intenzitou vymílání zrn se jejich obsah v moukách snižuje. Jejich obsah může být snížen vyluhováním do vody při hydrotermálních úpravách zrn (Ficco et al., 2020). Intenzita vyluhování prvků při různé technologické přípravě matcha čajů je uvedena v článku Koláčková et al. (2021). Je obecně známým faktem, že obsah prvků v rostlinných matricích je odvislý od druhu a odrůdy rostliny, od geologického podloží, kde je pěstována, závisí na environmentálních podmínkách, hnojení, pH půdy apod. (Hager et al., 2012).

Stanovení minerálních a stopových prvků bylo provedeno po mineralizaci vzorku pomocí ultrapure 67% HNO<sub>3</sub> s přidavkem analpure 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> technikou ICP-MS na zařízení iCAP Qc ICP-MS (Thermo Scientific, USA). Při měření byly použity certifikované referenční materiály zelených řas, rýžové mouky, čajových listů a lišejníku (Koubová et al., 2018b; Sumczynski et al., 2018b; Koláčková et al., 2020b). Další metoda pro stanovení prvků byla AAS s elektrotermickou a plamenovou atomizací (ContraAA 800, Analytik Jena, Německo). Rtuť byla stanovena na rtuťovém spektrofotometru AMA-254 (Altec, ČR) (Koláčková et al., 2021).

### 1.1.6 Dosažené poznatky z oblasti prvkové analýzy

Při prvkové analýze (stanoveno bylo 36 izotopů prvků) zrn miličky byla použita zrna bílá a hnědá z Bolívie, USA a EU. Studie ukázala, že na obsah prvků byla obecně bohatší zrna hnědá, dále zrna původem z USA obsahovala signifikantně vyšší koncentrace Li, bílá zrna pocházející jak z Bolívie, tak z USA neakumulovala pravděpodobně Ta. Všechna zrna splnila max. limit pro obsah Cd (100 µg/kg) a Pb (200 µg/kg). Koncentračně nejvíce zastoupenými prvky v zrnech byly P > K > Mg ≥ Ca > Na > Fe > Mn > Zn > Al > Cu a Ba (zastoupeny řádově v mg/kg), řádově v µg/kg byly zastoupeny prvky jako Ti > Sc > As > Y > Co > Cs > Ce > Li a další (Koubová et al., 2018b).

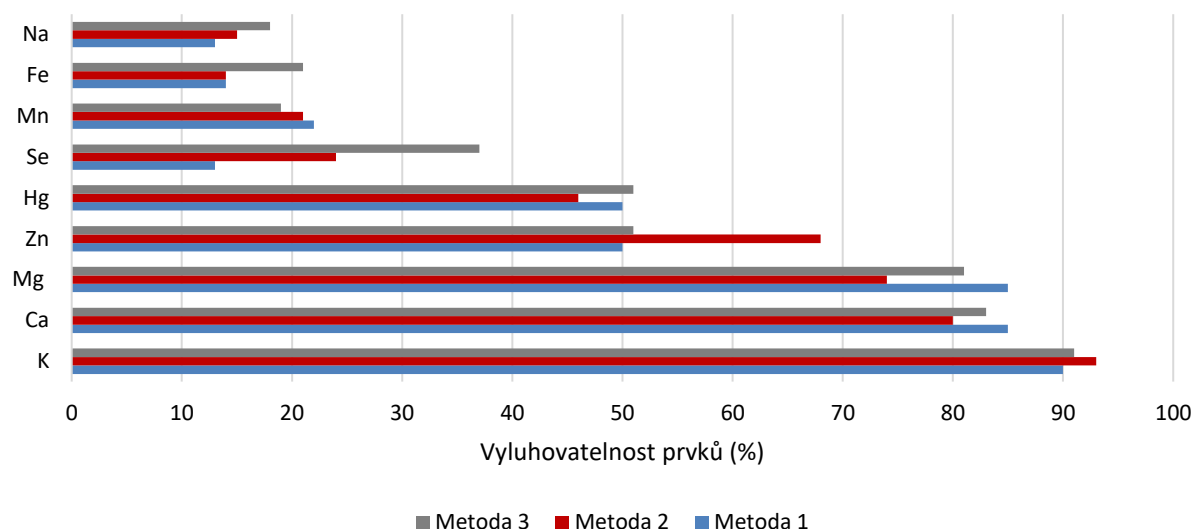
Analýza 42 izotopů prvků provedená ve vločkách vyrobených ze zrn divoké rýže pocházejících z Kanady, Kambodži, Řecka a Maďarska prokázala napříč vzorky nejvyšší koncentrace P, S, K, Mg, Ca, Na, B, Mn, Fe a Zn (řádově v mg/100 g). V µg koncentracích byly zastoupeny prvky Li, Al, Sc, Ti, Cr, Co,

Ni, Cu, Ga, As, Se, Sr, Zr, Mo, Ag, Sb, Ba, Ce, Hg a Pb, v ng potom Be, V, Ge, Y, Cd, Sn, Cs, Tb, Ho, Ta, Tl, Bi a U. Všechny vzorky splnily již výše uvedené max. koncentrace pro Cd i Pb. Na obsah esenciálních prvků byla nejbohatší zrna vypěstovaná v Maďarsku a Řecku (Sumczynski et al., 2018b).

V rámci zahraniční spolupráce byla provedena rozsáhlá studie analýzy prvků v unikátních zrnech a netradičních pšeničných vločkách vyrobených z pšenice shloučené (*Triticum compactum*, odrůdy Samtrot a Tirol), pšenice odrůdy Dickkopf (*T. aestivum* x *T. spelta* Schlegel hybrid), pšenice červené (*T. aestivum* var. *milturum*, odrůda Richard) a u tritikále (*Triticosecale* spp., odrůda Megali) (Sumczynski et al., 2023). Odrůdy byly poskytnuty ve spolupráci s prof. Janem Sneydem (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen) a firmou Bäckerhaus Veit, GmbH z Německa. Netradiční vločky obsahovaly následující prvky v sestupném pořadí dle koncentrace: Mg (do 967 µg/g) > K > Ca > P > Mn > Fe > Zn > S ≥ Cu > Na > Ti ≥ Al (do 2,01 µg/g), dále Sr (do 1430 ng/g) > Ba > Mo > Sn > B > Ni > V > Cr > Sc > Pb > Se > Cd > Li > Zr > Co > Ga ≥ Hg > As > Ta > Ce > Sb > Ag ≥ Ge > Bi > Cs > Y > U > Tb > Be ≥ Ho a Tl (do 0,06 ng/g). Obilná zrna i vyrobené vločky splnily limity pro max. koncentrace pro Cd a Pb v cereáliích (Sumczynski et al., 2023). U všech vzorků netradičních cereálií byly vždy vyšší koncentrace esenciálních prvků stanoveny u netradičních odrůd nebo druhů s barevnými obalovými vrstvami.

Ve studii Koláčková et al. (2020b) byl stanovován profil 32 prvků metodou ICP-MS. Prvky P, K, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Fe, Cu, Zn a Ba byly v matcha čajích detekovány v množstvích řádově µg/g, nejvyšší koncentrace byly naměřeny pro P (do 4180 µg/g) > K > Ca > a Mg (do 2400 µg/g). Ostatní prvky, Li, Be, Ti, Cr, Co, Ni, Ga, As, Se, Sr, Ag, Cd, Sn, Cs, Ce, Ho, Hg, Tl a Pb byly přítomny u všech 10 vzorků v koncentracích ng/g, přičemž Ta a U byly pod svými hodnotami meze kvantifikace (0,01 ng/g).

Ke studiu vyluhovatelnosti prvků z matrice matcha čajů byla použita technika AAS s elektrotermickou a plamenovou atomizací (Koláčková et al., 2021). Vyluhovatelnost prvků K, Ca, Mg, Zn, Hg, Se, Mn, Fe, Na, Cd a Pb byla provedena za podmínek různé teploty a času (metody 1 a 2), včetně simulace techniky cold brewing (metoda 3) (Koláčková et al., 2021). Vyluhovatelnost prvků je prezentována na Obr. 5. Pokud k vyluhování prvků byla použita voda o teplotě 70 °C po dobu 5 minut (metoda 1), potom nejvyšší vyluhovatelnost byla naměřena pro K (do 66 %), Ca a Mg (do 40 %), Mn (do 31 %) a Fe (do 13 %). Sodík byl nejlépe vyluhovatelný při technice cold brewing (metoda 3, luhování při 10 °C po dobu 10 hodin), a to z 18 %, přičemž jiná studie uvedla, že ze zelených čajových listů je Na za studena vyluhovatelný až ze 47 % (Brzezicha-Cirocka et al., 2016). Technikou za studena byly také nejlépe vyluhovatelné Fe, Se a Hg. Právě doba luhování mohla ovlivnit vysokou vyluhovatelnost diskutovaných prvků (Koláčková et al., 2021).



Obr. 5 Vyluhovatelnost prvků z matrice matcha čaje v závislosti na metodě přípravy

### 1.1.7 Problematika stanovení rozpustných a nerozpustných frakcí vlákniny

Primárními složkami dietetické vlákniny u rostlinných matric jsou neškrobové polysacharidy (celulóza, nerozpustné hemicelulózy) a také polyfenol lignin tvořící tzv. nerozpustnou frakci vlákniny. Z rozpustných frakcí se v rostlinných matricích nacházejí některé rozpustné hemicelulózy, pektiny, gumy a slizy (Dhingra et al., 2012). Z nerozpustných frakcí vlákniny se v oblasti cereálních technologií stanovují hrubá (CF, Crude Fibre) a neutrálně-detergentní (NDF, Neutral-Detergent Fibre) vláknina. CF vláknina je tvořena celulózou a ligninem, NDF potom celulózou, ligninem a nerozpustnými hemicelulózami (Dhingra et al., 2012; Sumczynski et al., 2015b). Mezi rozpustné vlákniny se ponejvíce řadí pektiny, které jsou přítomny převážně v ovoci. Vláknina plní významné fyziologické funkce jako jsou například snížení hladiny glukózy a cholesterolu při procesu trávení, upravuje peristaltiku střev a tím významně napomáhá procesům trávení, podporuje snížení rizika výskytu rakoviny střev, dává pocit sytosti apod. Čím více jsou obilná zrna mlýnsky neopracovaná, tím vyšší podíl vlákniny obsahují. Navíc, na nerozpustné frakce vlákniny jsou vázány polyfenolické látky, které jsou považovány za silné antioxidanty (Guo a Beta, 2013) a proto je na ně zaměřena pozornost především u celiaků, kteří trpí malabsorpcí živin (Vici et al., 2016). Navíc, u čajů je obsah CF jedním z parametrů, který může mít vliv na kvalitu skladovaného čaje (Smiechovska a Dmowski, 2006).

Pro stanovení CF byla použita gravimetrická metoda kombinované hydrolýzy v kyselém (0,128 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a zásaditém (0,313 M NaOH) prostředí. Ke stanovení NDF byla využita metoda enzymaticko-gravimetrická, kdy byl vzorek podroben hydrolýze v prostředí detergentního roztoku laurylsulfátu sodného, etylendiamin-



tetraoctanu a boritanu sodného s  $\alpha$ -amylázou. Ke stanovení byl použit Ankom fibre analyzátor (Ankom Technology, USA) (Mišurcová, 2008; Sumczynski et al., 2015b). Pro stanovení pektinů v ovoci byla využita spektrofotometrická metoda po kyselé hydrolýze v prostředí 1M HCl s následným spektrofotometrickým stanovením ve VIS oblasti spektra s převedením na barevný komplex pomocí *m*-hydroxybifenyly a tetraboritanu sodného (Rop et al., 2009).

### 1.1.8 Dosažené poznatky z oblasti stanovení vlákniny

Vybrané výsledky stanovení CF a NDF jsou prezentovány v Tabulce 1. Vločky vyrobené z netradičních zrn pšenice měly vyšší obsah CF (Sumczynski et al., 2015b), stejně tak tomu bylo u rýžových zrn s barevnými obalovými vrstvami (Sumczynski et al., 2015a) v porovnání s konvenčními plodinami. U rýžových zrn jsou signifikantně vyšší obsahy CF i NDF, v porovnání s bílou rýží Basmati. Bylo zjištěno, že vločky divoké rýže jsou chudší na obsah CF i NDF vlákniny v porovnání s rýžovými zrny s barevnými obalovými vrstvami (Sumczynski et al., 2018b), ale jsou bohatší na obsah bílkovin.

Tabulka 1 Výsledky stanovení nerozpustných frakcí vlákniny

Potravina	CF (hm. %)	NDF (hm. %)
Rýže Basmati	0,50±0,03	0,88±0,01
Červená rýže	3,49±0,15	8,22±0,43
Černá rýže	2,97±0,09	7,15±0,41
Vločky divoká rýže	1,22–1,70	5,83–6,81
Vločky bílá quinoa	1,68±0,04	7,21±0,15
Vločky červená quinoa	1,17±0,03	7,73±0,10
Vločky černá quinoa	1,55±0,05	8,95±0,22
Vločky milička bílá	1,86±0,10	6,55±0,10
Vločky milička hnědá	1,93±0,05	6,93±0,10
Matcha čaje	10,7–17,5	30,7–42,8

Z naměřených dat vyplynula hypotéza využití netradičních vloček vyrobených ze zrn quinoi a miličky s barevnými obalovými vrstvami do cereálních směsí z důvodu vyššího obsahu NDF vlákniny (Šťastná et al., 2019). Komplexně lze doporučit konzumaci netradičních obilovin nejen z důvodu vyšší koncentrace bílkovin, ale hlavně vyššího obsahu vlákniny. Analýza ukázala, že na obsah nerozpustné vlákniny je bohatá matrice matcha čaje (Tabulka 1) (Koláčková et al., 2020a). Maximální obsah CF vlákniny k udržení dobré kvality čaje během skladování by měl být 16,5 hm. %, což některé vzorky matcha čaje překročily (Smiechovska a Dmowski, 2006; Koláčková et al., 2020a).

Jako zástupce rozpustné frakce vlákniny byl stanovován pektin. Výsledky ukázaly, že na pektin bohaté jsou švestky (2,17 až 3,54 hm. %), kdy nejvyšší obsah z 12 měřených odrůd byl stanoven u švestky domácí a blum, na pektin jsou chudé durancie (Rop et al., 2009). Srovnatelných hodnot bylo dosaženo u odrůd

kdoulí (nejvíce odrůda Hruškovitá, 3,51 hm. %), vzorky jablek obsahovaly až na jednu odrůdu pektinů méně (1,18–2,84 hm. %). Na pektin byly bohatší odrůdy Strymka, Jadernička moravská a Krátkostopka královská (Rop et al., 2011a,b).

## **1.2 ANALÝZA BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK**

### **1.2.1 Problematika stanovení chlorofylu**

Barvivo zelených fotosyntetizujících rostlin je hlavním nositelem barvy zeleného prášku matcha čaje. Při pěstování čajovníků technikou zastíňování se díky změně v metabolických drahách syntetizuje více chlorofylu, než je běžné u klasicky pěstovaných čajovníkových listů, protože se rostlině navozují stresové podmínky. Stanovení chlorofylu *a* a *b* a celkového chlorofylu bylo provedeno spektrofotometricky ve VIS oblasti spektra (Vernon, 1960).

### **1.2.2 Dosažené poznatky z oblasti stanovení chlorofylu**

Při analýze 12 vzorků matcha čaje bylo zjištěno, že chlorofyl *a* je přítomen cca ve dvojnásobné koncentraci oproti chlorofylu *b* a celkové množství chlorofylu může dosahovat až 7,05 mg/g. To je 6× více než u klasicky pěstovaných listů zeleného čaje. Korelační analýza ukázala, že i přes vyšší koncentrace chlorofylu v matcha čaji, tento není významným přispěvatelem k hodnotám AOA (Koláčková et al., 2020a).

### **1.2.3 Problematika stanovení celkových polyfenolů, flavonoidů a anthokyanů**

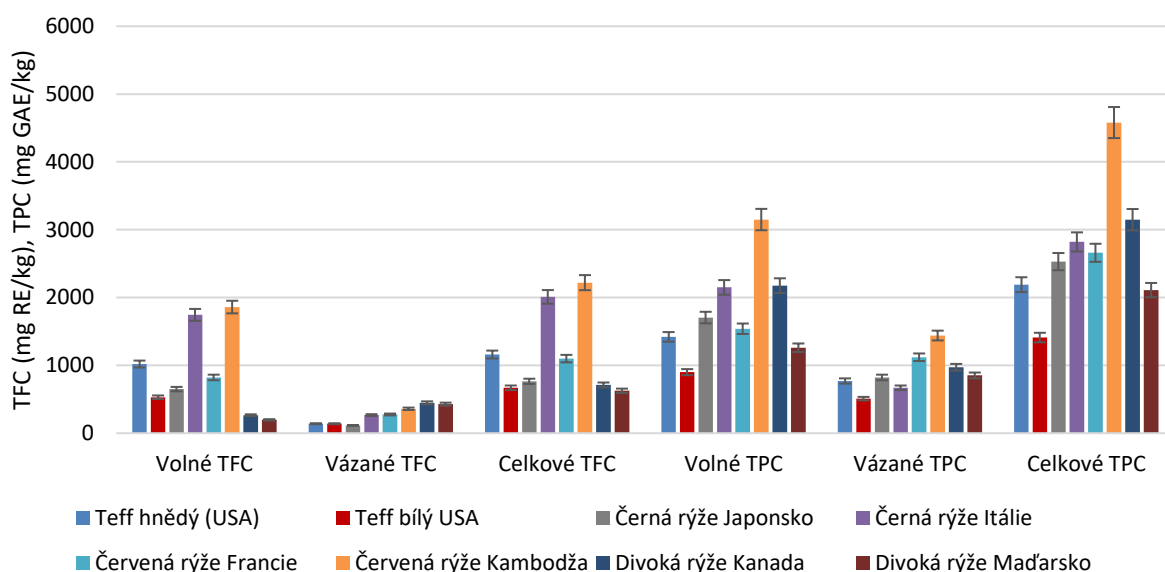
Rostliny si polyfenoly syntetizují jako sekundární metabolity, které následně využívají pro svou ochranu proti UV složce slunečního záření, proti škůdcům, toxinům či mechanickému poranění. V lidské stravě plní úlohu prevence vůči chronickým onemocněním, hlavním mechanismem je vychytávání volných radikálů (Shahidi a Ambigaipalan, 2015). Rostlinné polyfenoly se dělí na polyfenolické kyseliny, flavonoidy, stilbeny, kumariny, lignany a taniny. Jednou z podskupin flavonoidů jsou i anthokyanová barviva (Shahidi a Ambigaipalan, 2015). Polyfenoly se v rostlinných matricích vyskytují ve formě volné nebo estericky vázané na polysacharidové polymery buněčných stěn (Wang et al., 2014). V závislosti na plodině, její odrůdě či varietě, na místě pěstování, dle environmentálních podmínek převažují v rostlinných matricích volné či vázané formy.

Pro získání volných polyfenolických frakcí byla využita extrakce 80% metanolem, pro získání konjugovaných a vázaných polyfenolů byla použita následná hydrolýza v alkalickém prostředí 0,1 M NaOH (Kotásková et al., 2016). Stanovení celkových polyfenolů (TPC) bylo provedeno spektrofotometricky (spektrofotometr Lambda 25, Perkin Elmer, USA) s Folin-Ciocalteho činidlem, výsledek byl vyjádřen v ekvivalentech kyseliny gallové (GAE) (Singleton et al.,

1999). Celkové flavonoidy (TFC) byly stanoveny spektrofotometricky po reakci s  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , výsledek byl prezentován v ekvivalentech rutinu (RE). Anthokyanová barviva (TAC) byla stanovena spektrofotometricky po extrakci ve směsi methanolu a 1M HCl měřením absorbance v prostředí pufrů. Celkový obsah anthokyanů byl vyjádřen v ekvivalentech kyanidin-3-glukosidu (C3G) (Abdel-Aal a Hucl, 2003).

#### 1.2.4 Dosažené poznatky z oblasti stanovení celkových polyfenolů, flavonoidů a anthokyanů

Výsledky stanovení u vybraných vzorků obilných zrn jsou uvedeny na Obr. 6. Při analýze bílých a hnědých zrn miličky pocházejících z Bolívie a USA měly vyšší podíl TFC i TPC hnědá zrna z USA a polyfenoly převládaly ve volných frakcích (Kotásková et al., 2016). Při tepelných úpravách zrn miličky byl nejvyšší úbytek v TPC stanoven při vaření technikou sous-vide, kdy hodnota TPC poklesla o 35 % u bílých a o 11 % u hnědých zrn. Nejvíce degradovaly polyfenoly při přípravě zrn v rýžovaru (u bílých o 50 %, u hnědých o 35 %). Nejméně stabilní byly polyfenoly ve volných frakcích (Koubová et al., 2018a).



Obr. 6 Koncentrace TFC a TPC v polyfenolických frakcích vybraných zrn obilovin

Koncentrace TFC a TPC byly měřeny u zrn černých a červených rýží pocházejících z různých zemí původu. Bylo publikováno, že více než 75 % ze všech TFC bylo přítomno ve volné frakci a na TFC byla bohatá rýžová zrna z Číny, nejméně TFC bylo v zrnech z Japonska. Dále bylo zjištěno, že více než 59 % polyfenolů bylo přítomno ve volných frakcích, na TFC byla bohatá zrna pocházející opět z Číny. Ve všech frakcích byla prokázána silně pozitivní lineární korelace TPC s hodnotami AOA ( $r \geq 0,9288$ ), nižší pozitivní korelace byla prokázána u TFC ( $r \geq 0,6061$ ) (Sumczynski et al., 2016).

Odlišných výsledků bylo dosaženo u zrn divoké rýže. Na rozdíl od zrn rýžových a miličky byly v těchto zrnech naměřeny vyšší podíly TFC ve vázané frakci, kde tvořily více než 58% podíl z celkových TFC, ale v případě TPC tomu bylo naopak. Vyšší podíl TPC (nad 60 %) byl stanoven ve volných frakcích. To ukázalo na vyšší koncentrace flavonoidů v obalových vrstvách těchto zrn (Sumczynski et al., 2017).

V další studii ve spolupráci s pracovištěm v Německu bylo prokázáno, že netradiční odrůdy pšeničných vloček Dickkopf a vločky Richard z červené pšenice měly vyšší obsahy TPC v porovnání s vločkami z konvenčně pěstovaných zrn pšenice, a to ve volných, konjugovaných a vázaných frakcích (Sumczynski et al., 2018a).

Ve studii Koláčková et al (2020a) byla provedena modelová extrakce matcha čajů nejen do vody, ale také do methanolu (ten má simulovat modelové rozpouštědlo pro teoretické množství polyfenolů, které se uvolní v trávicím traktu člověka a je poté k dispozici k absorpci v tenkém střevu). Hodnoty TPC a TFC byly vyšší v methanolu, což dává predikci k jejich vyvazování z matrice čajových listů při procesu trávení. V porovnání s ovocem obsahuje matcha až 25× více TPC. V zahraniční spolupráci s Abant Izzet Baysal University in Bolu (Turecko) byly stanoveny nejvyšší hodnoty TPC u sušenek, které byly obohaceny matcha čajem a jedlými květy (Šťastná et al., 2021).

Na základě výsledků našich měření hodnot TPC a TFC byly vybrány suroviny pro nutriční směsi s jedlými květy. Směs s nejvyšším obsahem TPC obsahovala v receptuře ovesné, žitné a kamutové vločky, konopné semínko, mandle, dřišťál, jablko, borůvky, jahody, květy růže a slézu maurského. Vysoký obsah TPC se odvíjel od použitých surovin. Tato směs měla i nejvyšší obsah TAC (663 mg C3G/kg) (Mrázková et al., 2021).

### **1.2.5 Problematika stanovení polyfenolického profilu**

Polyfenolické kyseliny (deriváty hydroxybenzoových a hydroxyskořicových kyselin) společně s flavonoidy představují skupinu polyfenolů s nejvyšší hodnotou antioxidační aktivity, schopné modulovat oxidační stav v buňkách a chránit proti oxidačnímu poškození molekuly DNA (Shahidi a Ambigaipalan, 2015). V pšeničných a ječných zrnech se vyskytují polyfenoly zejména ve vázané formě, kdy nejhojnější zastoupení mají kyseliny ferulová, vanilová, skořicová, *p*-kumarová a protokatechinová (Wang et al., 2014). U zrn prosa je více polyfenolů ve volných frakcích, kde jsou uloženy v perikarpu a aleuronové vrstvě a byly zde nejvíce detekovány kyseliny ferulová, *p*-kumarová a skořicová. Každá rostlina, její část i její varieta má své typické zastoupení polyfenolů, které mají individuální fyziologické účinky a výslednou AOA danou celým komplexem polyfenolů a jiných antioxidantů (Dykes and Rooney, 2006; Shahidi and Ambigaipalan, 2015). Ze skupiny flavonoidů jsou významná anthokyaninová a anthokyanidinová barviva, která se nacházejí převážně v ovoci, jedlých květech

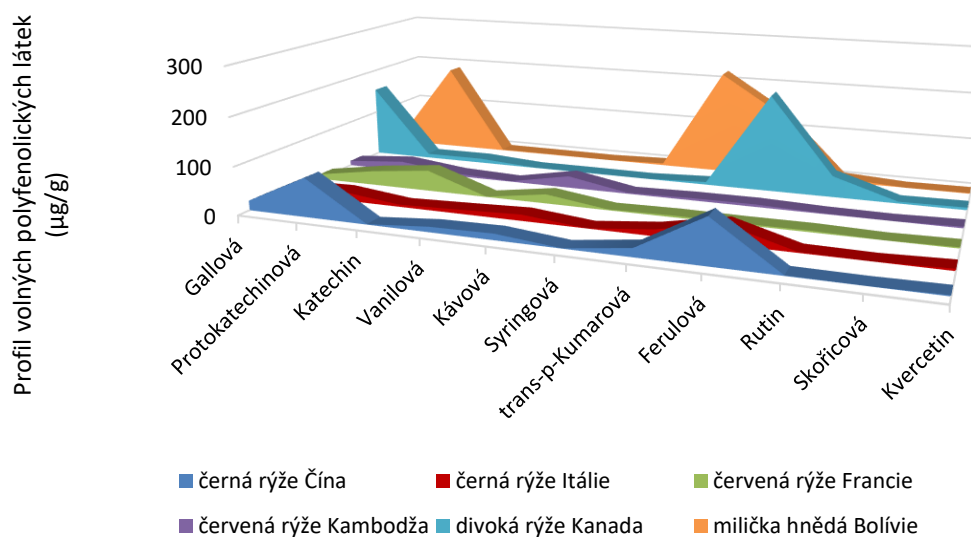
a méně potom v červených, modrých a černých obalových vrstvách zrn (Shahidi a Ambigaipalan, 2015).

Stanovení profilu polyfenolických látek probíhalo metodou HPLC na chromatografu Dionex Ultimate 3000 s detekcí v UV oblasti spektra (Deng et al., 2012). Koncentrace anthokyaninů a anthokyanidinů byly stanoveny také metodou HPLC s detekcí ve VIS oblasti spektra (Barnes et al., 2009).

### 1.2.6 Dosažené poznatky v oblasti stanovení polyfenolického profilu

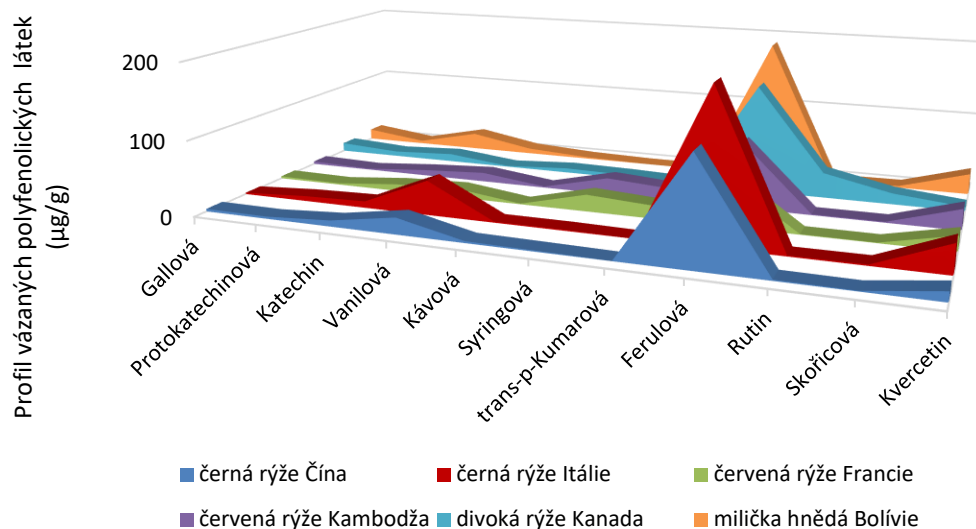
Analýza prokázala odlišnost fenolických profilů barevných variet u zrn miličky. Hnědá zrna miličky ukázala dominantnost kyselin protokatechinové, *p*-kumarové a ferulové, u bílých zrn převládal rutin. V této studii se podařilo stanovit resveratrol, který je přítomen v minoritních koncentracích v pohance, jinak pouze v bobulovitém ovoci (Kotásková et al., 2016).

Výsledky ukázaly, že ve volných frakcích černých rýžových zrn převládají kyseliny ferulová, *trans-p*-kumarová, protokatechinová, ve vázaných potom dominovaly kyseliny ferulová a vanilová. U červených zrn ve volné frakci převládá flavonoid katechin a kyselina protokatechinová, ve vázaných frakcích kyseliny ferulová a syringová. Měření ukázalo na odlišný profil polyfenolů nejen k barvě obalových vrstev, ale i k zemi původu (Obr. 7A,B) (Sumczynski et al., 2016).



Obr. 7A Profil fenolických látek ve volných frakcích vybraných zrn

U zrn divoké rýže byl profil dominujících polyfenolů zastoupen jak kyselinami, tak flavonoidy (Sumczynski et al., 2017). Ve volných frakcích dominovaly kyseliny ferulová a sinapová, flavonoidy rutin, katechin a epikatechin, ve vázaných frakcích bylo nejvíce kyselin ferulové sinapové a chlorogenové. Mezi koncentracemi polyfenolických látek z různých zemí původu byly zjištěny statisticky významné rozdíly.



Obr. 7B Profil fenolických látek ve vázaných frakcích vybraných zrn

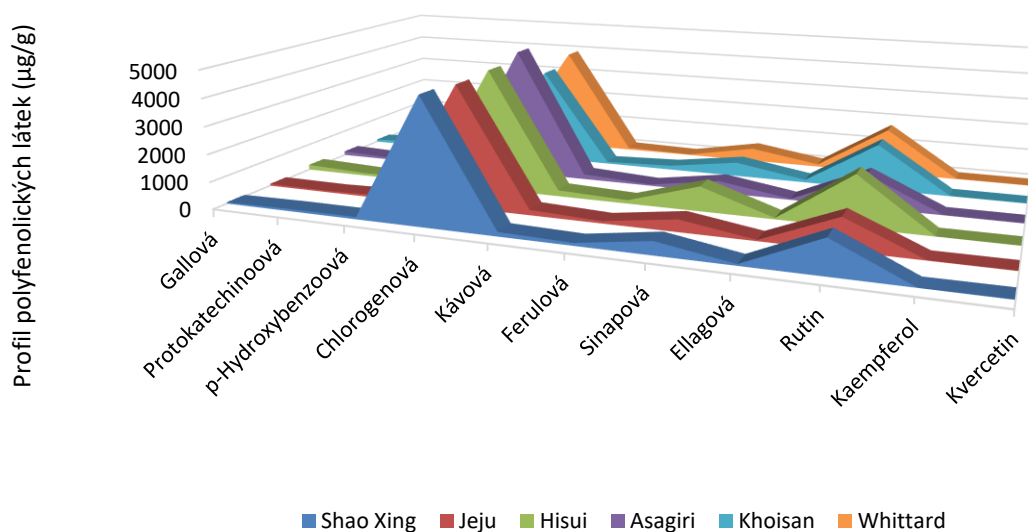
Bylo potvrzeno, že matrice netradičních pšeničných vloček Dickkopf a Richard byly bohatší na koncentrace jednotlivých polyfenolických látek v porovnání s komerčními vločkami. Ve volných a konjugovaných frakcích vloček byla dominantní kyselina *p*-hydroxybenzoová, ve vázaných kyselina ferulová, jež je typickou fenolickou kyselinou vázanou v obalových vrstvách pšeničných zrn (Sumczynski et al., 2018a).

Analýza polyfenolického profilu netradičních vloček z barevných zrn quinoi, rýže a miličky ukázala, že profil těchto bezlepkových vloček je bohatý na flavonoidy jako jsou rutin a epigallokatechin, u quinoi navíc na katechin. Z polyfenolických kyselin dominovaly sinapová, neochlorogenová, chlorogenová, *p*-hydroxybenzoová a syringová, ve vázaných frakcích tradičně ferulová. Vločky vyrobené ze zrn s barevnými obalovými vrstvami byly bohatší na obsahy jednotlivých polyfenolů (Šťastná et al., 2019).

Ve studii analyzující profil anthokyanových barviv u nutraceutických směsí byly z anthokyaninů dominantní delphinidin-3-glukosid, kyanidin-3-glukosid a peonidin-3-glukosid, z anthokyanidinů byly ve vyšších koncentracích naměřeny pouze delphinidin a kyanidin. Přítomnost a také výsledné koncentrační hodnoty jednotlivých barviv odrážely příslušné recepturní složení heterogenní cereální nutraceutické směsi, která obsahovala vločky, oříšky, semínka, ovoce a jedlé květy (Mrázková et al., 2021 a 2023).

Stanovení polyfenolického profilu matcha čajů potvrdilo výsledky stanovení TPC, kdy koncentrace jednotlivých analytů byly mnohanásobně vyšší v porovnání s obilovinami. V profilu převládaly jednoznačně flavonoidy ze skupiny katechinů (epigallokatechin, katechin, epikatechin, epigallokatechin-3-gallát, epikatechin-3-gallát) (Koláčková et al., 2022). Tyto byly naměřeny v koncentračním množství řádově 100 až 1000× vyšším ve srovnání

s polyfenolickými kyselinami. Nejvíce zastoupenou kyselinou byla kyselina chlorogenová (3040 až 4800 µg/g) (Koláčková et al., 2020a) (Obr. 8).



Obr. 8 Profil vybraných polyfenolických látek u matcha čajů

### 1.2.7 Problematika stanovení antioxidační aktivity

Reaktivní kyslíkaté a dusíkaté radikály poškozují v organizmech bílkoviny, lipidy a nukleové kyseliny pozměněním jejich struktury, a tím modifikují jejich funkce. To vede k poškození orgánů a tkání. Možností, jak se chránit, je působení antioxidantů. Kromě endogenních nízkomolekulárních antioxidantů jako jsou glutathion a koenzym Q je věnována pozornost antioxidantům rostlinného původu, které se do těla dostávají stravou. Jsou to zejména polyfenoly, vitaminy C a E, karotenoidní a xantofylová barviva apod. Celkový denní příjem polyfenolů je odhadnut na 1 g, což je vyšší příjem než u vitaminů (Paulová et al., 2004; Shahidi a Ambigaipalan, 2015). Antioxidační aktivita (AOA) je často korelována s koncentracemi polyfenolů a jiných antioxidantů. Představuje parametr kvantifikující kapacitu vzorku biologického materiálu eliminovat radikály (Shahidi a Ambigaipalan, 2015). Je obecně známo, že jednotlivé hodnoty AOA měřené danými metodami v různých studiích lze velmi obtížně srovnávat. Důvodem je použité extrakční činidlo, délka reakce, hodnota pH, teplota, množství reaktantů atd.

K měření hodnot AOA byla využita metoda zhášení (eliminace) radikálů ABTS ((diamonné soli 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonové kyseliny)) nebo DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazylu) (Re et al., 1999; Ferri et al., 2002). Při zhášení radikálů byl využit jako standard ponejvíce trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina). U metody FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Potential) antioxidanty vzorku redukují komplex  $Fe^{3+}$ -TPTZ (( $Fe^{3+}$ -2,4,6-tri(2-pyridyl-1,3,5-triazinu)). Jako standard byl použit trolox (Esposito et al., 2021). Měření AOA bylo provedeno i metodou fotochemiluminiscence (PCL)

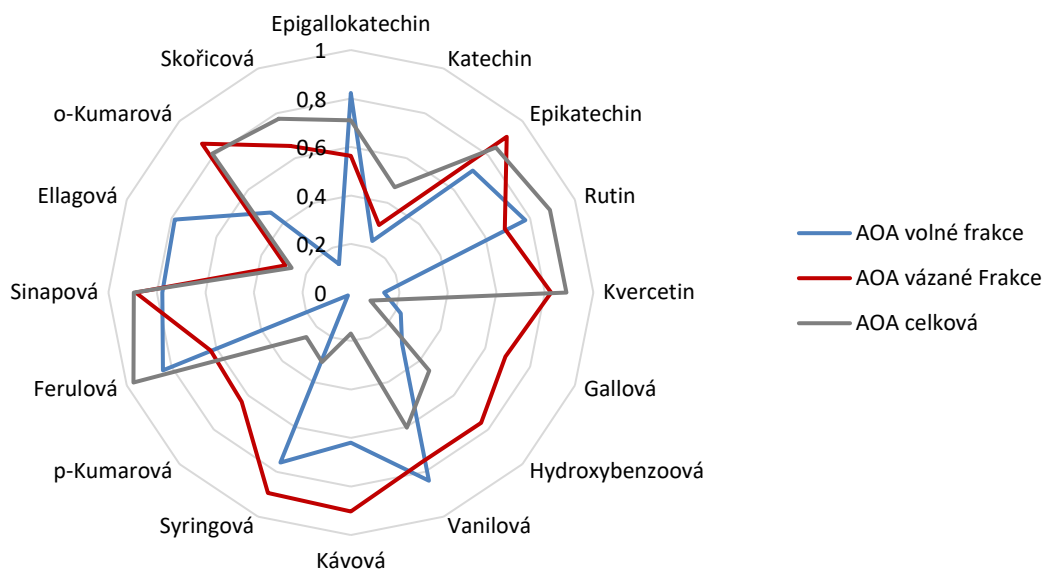


s využitím ACL a ACW kitů na zařízení Photochem (Analytik Jena, Německo) (Besco et al., 2007). Lze měřit zvláště AOA ve vodě rozpustných (ACW) a lipofilních (ACL) antioxidantů vzorku. V případě použití troloxu jako standardu, lze výsledky prezentovat jako integrální antioxidační kapacitu (IAC). Stanovení hodnot AOA pomocí PCL metody je považováno za jeden z biologicky nejrelevantnějších testů, antioxidační kapacita této metody *in vitro* nejlépe odráží působení za podmínek *in vivo* (Prior et al., 2005).

### 1.2.8 Dosažené poznatky v oblasti stanovování hodnot antioxidační aktivity

Korelační analýza ukázala silně pozitivní korelaci ( $r \geq 0,8104$ ) hodnot AOA s TPC stanovené se zhášením radikálů ABTS a DPPH u černých i červených rýžových zrn ve volných i vázaných frakcích. V případě TFC u černých zrn ve vázaných polyfenolických frakcích tato korelace byla velmi slabě pozitivní ( $r \geq 0,0702$ ). U červených zrn tomu tak nebylo, což si lze vysvětlit přítomností flavonoidů s vyšší hodnotou AOA v červených zrnech (Sumczynski et al., 2016).

Studie u vzorků zrn divoké rýže ukázala pozitivní korelaci hodnot AOA s TPC i TFC u všech frakcí. Dále studie ukázala, že ve volných frakcích k hodnotě AOA přispívají nejvíce epigallokatechin, kyseliny vanilová, ferulová, sinapová a ellagová, ve vázaných kyseliny syringová, *o*-kumarová, sinapová, kávová, epikatechin a kvercetin (Obr. 9) (Sumczynski et al., 2017).



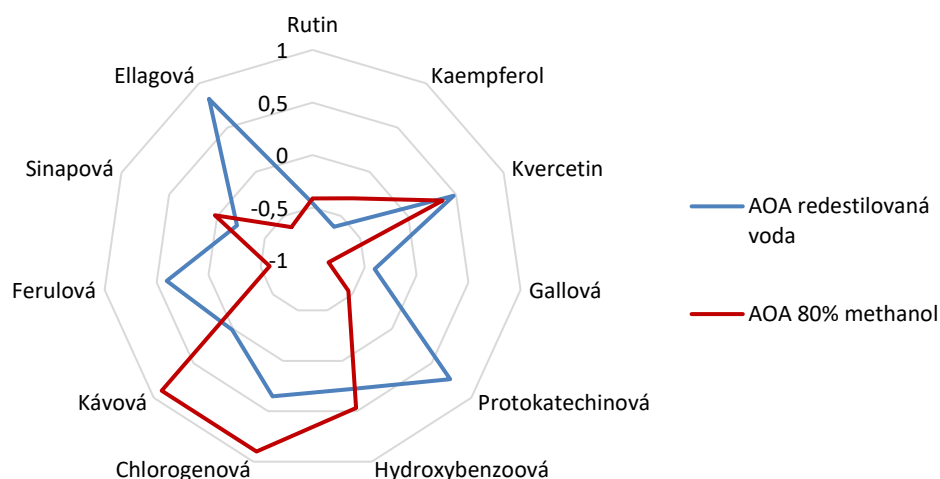
Obr. 9 Příspěvky polyfenolických látek divoké rýže k hodnotám AOA měřené se zhášením radikálu ABTS: na ose vyneseny hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu

Další studie ukázaly, že stejně jako u zrn, tak také u vloček z netradičních druhů pšenice byly naměřeny vyšší hodnoty AOA než ve vločkách vyrobených



z konvenčně pěstovaných pšeníc a byla prokázána pozitivní korelace mezi obsahem TPC a hodnotami AOA (Sumczynski et al., 2018a). Ve volných polyfenolických frakcích pšeničných vloček dominovaly *p*-hydroxybenzoová a ferulová kyselina, podobně ve vázaných. Mimoto, vločky vyrobené ze zrn s barevnými obalovými vrstvami mají vyšší hodnoty AOA v porovnání se zrnky klasickými (Šťastná et al., 2019).

U studie Koláčková et al. (2020a) byly stanovovány hodnoty AOA u vodného a methanolického extraktu (do něj vyextrahované analyty lépe vystihují množství polyfenolů, které se uvolní v zažívacím traktu člověka při digesti). Bylo zjištěno, že vyšší hodnoty AOA byly naměřeny u methanolických extraktů, což pozitivně korelovalo s vyššími hodnotami celkových TPC a TFC (Koláčková et al., 2020a). Studie ukázala, že ve vodném extraktu nejvíce k hodnotám AOA přispívaly kyseliny ellagová > protokatechinová > chlorogenová > ferulová a *p*-hydroxybenzoová; v methanolickém extraktu potom chlorogenová > kávová > a *p*-hydroxybenzoová (Obr. 10). Ze studie vyplynulo, že i když kyselina chlorogenová byla naměřena v koncentracích o 2 až 3 řády vyšších než ostatní analyty, přesto ve vodném extraktu byla až na třetím místě v příspěvku k hodnotě AOA.



Obr. 10 Příspěvky polyfenolických látek matcha čaje k hodnotám AOA měřených se zhášením radikálu DPPH: na ose vyneseny hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu

U vzorků matcha čaje byla využita schopnost jeho antioxidantů redukovat komplex  $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ. Nejvyšší schopnost redukovat tento komplex měly kyseliny *p*-hydroxybenzoová ( $r=0,9868$ ), sinapová, kávová a *o*-kumarová ( $r=0,9350$ ). Z flavonoidů, které jsou považovány za jedny z nejsilnějších antioxidantů, měly pozitivní korelaci se schopností redukovat komplex  $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ pouze katechin ( $r=0,4726$ ), epigallokatechin-3-gallát a rutin ( $r=0,1632$ ) (Koláčková et al., 2022). Při stanovení AOA metodou PCL bylo zjištěno, že AOA ve vodě rozpustných antioxidantů čaje ACW je vyšší než hodnota lipofilních antioxidantů ACL. Ve vodné frakci matcha čaje jsou nejvyššími přispěvateli k hodnotě ACW

epigallokatechin-3-gallát, kyselina syringová a gallová, u frakce ACL potom epigallokatechin, kyseliny neochlorogenová a ellagová.

### **1.2.9 Problematika stanovení xanthinových alkaloidů a L-theaninu**

Xantinové alkaloidy čaje společně s L-theaninem vykazují příznivé fyziologické účinky včetně stimulace centrálního nervového, kardiovaskulárního, respiračního, gastrointestinálního a renálního systému včetně posilujícího účinku na paměť. L-theanin s kyselinou glutamovou tvoří významnou dvojici pro organoleptický efekt chuti umami (Boros et al., 2016). Proto bylo stanovení těchto biologicky aktivních látek i naším cílem.

Koncentrace xanthinových alkaloidů a L-theaninu byla stanovována metodou HPLC s detekcí v UV oblasti spektra (Boros et al., 2016).

### **1.2.10 Dosažené poznatky v oblasti stanovení kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu**

Koncentrace měřených analytů u matcha čajů klesaly v následujícím pořadí: kofein (14,1–16,1 mg/g) > L-theanin (4,22–9,85 mg/g) > theobromin (0,14–0,27 mg/g) > theofylin (8,06–19,4 µg/g) (Koláčková et al., 2022). Studie ukázala, že čím vyšší se použila při přípravě matcha čaje teplota, tím byla vyšší vyluhovatelnost stanovovaných analytů. U zelených čajů bývá poměr koncentrací L-theaninu a kofeinu zpravidla nižší než 2,9, v naší studii u matcha čaje bylo dosaženo poměrů v rozmezí 1,63 až 3,43. Nižší poměr znamená nižší stimulační účinek čaje. Naše měření u matcha čajů neprokázalo, že obsah theobrominu v čajích tvoří zhruba 1/10 z obsahu kofeinu, jak uvádí studie prezentované na vzorcích černých, oolong a zelených čajů. To může být dáno technikou pěstování čajovníků pro účely zpracování na matcha čaj.

## 2. APLIKACE NETRADIČNÍCH SUROVIN V OBLASTI CEREÁLNÍCH TECHNOLOGIÍ

### 2.1 VÝROBA VLOČEK PROCESEM HYDROTERMÁLNÍHO OŠETŘENÍ ZRN

#### 2.1.1 Výroba vloček z netradičních zrn

Při přípravě vloček z obilných zrn byla použita technika jejich hydrotermálního ošetření s následným rozvácováním na vločkovači Combi-Star (Waldner Biotech, Rakousko). Proces hydrotermálního ošetření byl použit ke stabilizaci produktů inaktivací enzymů, zejména lipáz a peroxidáz. Napařování zrn upravuje hydrataci makromolekulárních složek vloček jako jsou škrob, bílkoviny a  $\beta$ -glukany (Prückler et al., 2014). Při výrobě netradičních pšeničných vloček (Obr. 11) byla použita zrna pšenice odrůdy Dickkopf (hybrid *T. aestivum* a *T. spelta* Schlegel), červené pšenice odrůd Richard nebo Rotkorn (*T. aestivum* var. *milturum*), kamutu (*T. turgidum* subsp. *turanicum*), pšenice jednozrnky (*T. monococcum*), pšenice shloučené odrůd Samtrot a Tirol (*T. compactum*) a tritikále odrůdy Megali (*Triticosecale* spp.) (Sumczynski et al., 2015b; Sumczynski et al., 2018a; Sumczynski et al., 2023). Odrůda pšenice Dickkopf je zapsána v Německu na seznamu Rote Liste der Gefährdeten Einheimischen Nutzflanzen a byla organizací Slow Food zaregistrována jako velmi dobře stravitelná potravina s nízkým glykemickým indexem. Zrna Dickkopf, Richard, Rotkorn, Samtrot, Tirol a Megali byla poskytnuta v rámci zahraniční spolupráce s Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen a firmou Bäckerhaus Veit, GmbH z Německa. K výrobě vloček byla nově a netradičně použita zrna divoké rýže (*Zizania aquatica*) pocházející z Kanady, Kambodže, Řecka a Maďarska (Sumczynski et al., 2018b). Ve spolupráci s prof. Dr. Ekanem Yalçinem z Bolu Abant İzzet Baysal University v Turecku vznikla publikace Šťastná et al. (2019), kdy byly vyrobeny vločky ze zrn quinoi (*Chenopodium quinoa* Willd) a rýže (*Oryza sativa*) s barevnými obalovými vrstvami a bílých variet a byly analyzovány i bílé a hnědé vločky miličky habešské (*Eragrostis tef*).

Netradiční zrna byla povařena ve vodě o teplotě 95 °C po dobu 10–20 minut dle druhu zrna v takovém množství vody, aby se nemusela slévat a omezila se co nejvíce vyluhovatelnost měřených analytů. Poté byla ponechána po dobu 10–30 minut odpočinout a následně byla zrna rozvácována na vločkovači. V případě pšeničných vloček to bylo na tloušťku 0,75 mm, u vloček z divoké rýže na 0,60–0,70 mm. Vyrobené vločky se sušily v sušárně při 80 °C po dobu 1 hodiny (Sumczynski et al., 2015b; Sumczynski et al., 2018a,b). U vloček byly stanovovány vybrané analyty jako jsou obsah bílkovin, vlákniny, polyfenolů, minerálních prvků, vitaminů atd. a byly použity jako součást modelových nutričních cereálních směsí (Mrázková et al., 2021 a 2023). Pokud byly vločky použity pro prvkovou analýzu, k jejich výrobě byla vždy použita voda

v ultrapure čistotě (Purelab Classic Elga systém, LabWater, UK) (Sumczynski et al., 2023).



Obr. 11 Vločky vyrobené ze zrn pšenice odrůdy Richard, Dickkopf a pšenice jednozrnky

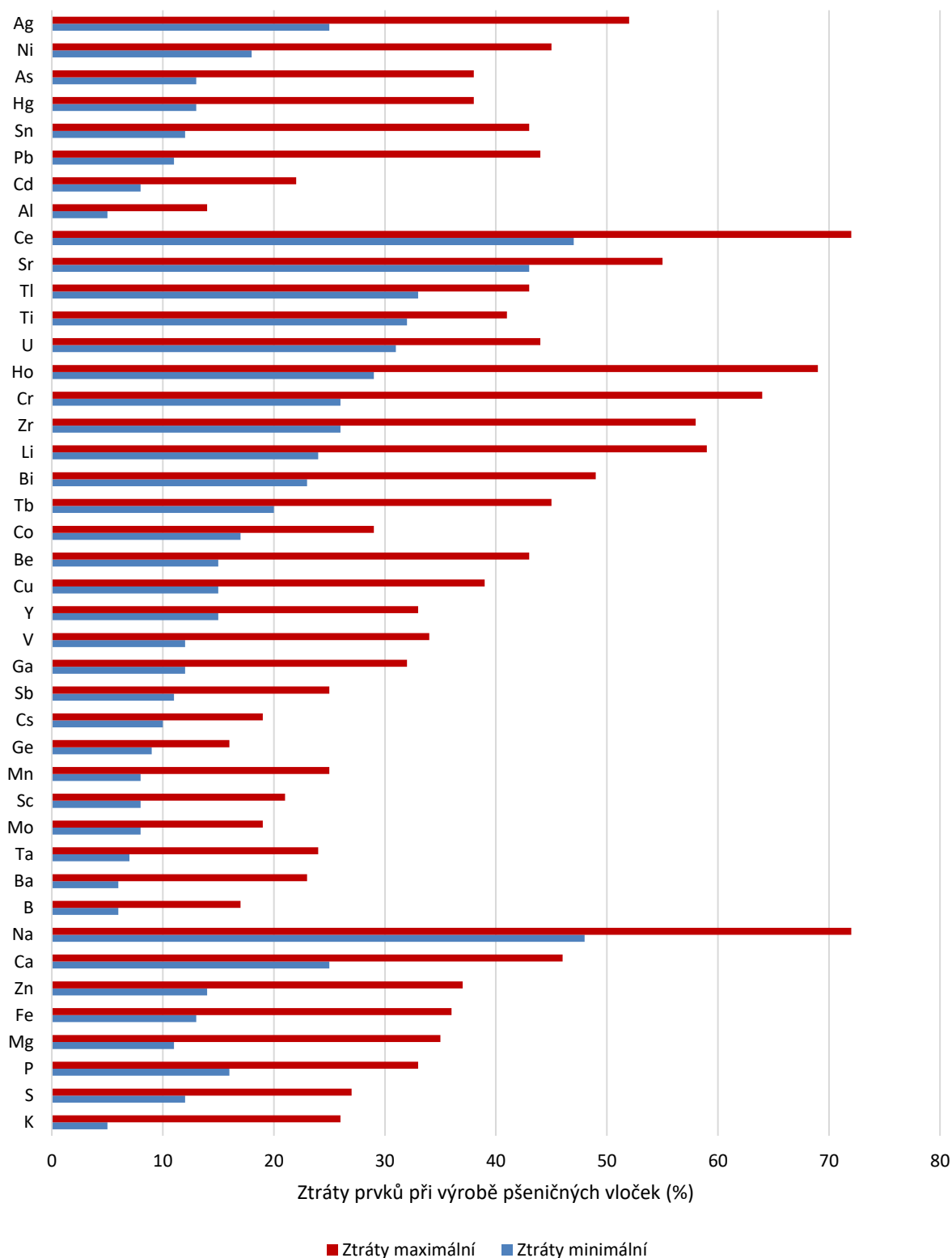
### 2.1.2 Dosažené poznatky z oblasti výroby a analýzy netradičních vloček

Netradiční pšeničné vločky měly dle odrůdy o 1–3 hm.% vyšší obsah popele, 1 až 5 hm. % více bílkovin, o cca 10 hm. % méně škrobu a o 1–5 hm. % více lipidů (Sumczynski et al., 2015b). Netradiční vločky Dickkopf a Richard měly 2–3× vyšší obsahy všech vitaminů B komplexu (Sumczynski et al., 2018a). Pokračující studie ukázala, že vločky Dickkopf a Richard vykazovaly 2× vyšší obsah TPC v porovnání s vločkami s konvenčně pěstovaných zrn a hodnoty AOA byly o 30 % vyšší. Vyšší koncentrace TPC u netradičních vloček se odrážely i ve vyšších koncentracích jednotlivých polyfenolů, přičemž dominovaly kyseliny *p*-hydroxy-benzoová a ferulová (Sumczynski et al., 2018a).

V závislosti na zemi původu nutriční analýza vloček z divoké rýže ukázala, že ty pocházející z Maďarska obsahovaly vždy nejvyšší obsah popele, bílkovin, lipidů, CF i NDF a nižší podíl škrobu v porovnání s vločkami pocházejícími z Kambodže, Kanady a Řecka (Sumczynski et al., 2018b). U vitaminů B-komplexu tomu tak již nebylo. Vločky z Maďarska obsahovaly vyšší koncentrace vitamínu B<sub>6</sub>, vločky z Kanady zase vitamin B<sub>5</sub> a vločky z Kambodže byly bohaté na vitamin E. Mezi nejvíce koncentračně zastoupenými prvky u vloček byly P, K, Mg a Ca, u vzorku pocházejícího z Kanady to byl ještě B, u vzorku z Maďarska Fe (Sumczynski, 2018b). Všechny vzorky splnily limity max. obsahu Cd a Pb v cereáliích dané nařízením Komise (EU) 2023/915.

Bylo zjištěno, že vločky vyrobené ze zrn s barevnými obalovými vrstvami obsahovaly vždy vyšší obsah NDF a TDF (Total Dietary Fibre) než vločky z bílých zrn. Vločky z červené a černé rýže měly vyšší obsah CF, podobně také vločky hnědé odrůdy miličky. Nejvyšší obsah vlákniny měly vločky červené a černé quinoi, následovaly vločky hnědé miličky, poté až vločky z červené a černé rýže (Šťastná et al., 2019). Vločky červené a černé quinoi a hnědé miličky měly také nejvyšší hodnoty TPC korespondující s nejvyššími hodnotami AOA. Ve frakcích volných, konjugovaných a vázaných polyfenolů u netradičních bezlepkových vloček převládaly kyseliny sinapová, neochlorogenová, chloro-

genová, *p*-hydroxybenzoová a syringová. U vloček z rýže a miličky také ferulová, která u quinoi byla v nízkých koncentracích.



Obr. 12 Minimální a maximální hodnoty úbytků v koncentracích prvků při výrobě vloček z netradičních pšeničných zrn zpracovávaných procesem hydrotermálního ošetření s následným rozválcováním

V rozsáhlé studii Sumczynski et al. (2023) byl sledován vliv hydrotermálního zpracování zrn netradičních pšenic na vložky na úbytek obsahu prvků (Obr. 12). Ze skupiny esenciálních prvků došlo k nevyšším ztrátám v koncentraci Na (48–72 %) a nejméně u K (5–26 %). Ze skupiny esenciálních a neesenciálních stopových prvků došlo k nejvyšším ztrátám u koncentrace Ce (47–72 %), k nejnižšímu koncentračnímu úbytku došlo u B (mezi 6 až 17 %). Co se týká toxických stopových prvků, k nejvyšším koncentračním ztrátám došlo u Ag, a to z 25 až 52 %. Nejvíce byl v matici pšenice vázán Al, zde došlo ke snížení jeho koncentrace jen o 5 až 14 %. Z měření bylo evidentní, že toxické prvky zůstávají v matici vložky po předchozí výrobě ze zrn pšenice zachyceny z více jak 50 %. Proto bylo naším dalším cílem evaluovat i tzv. Metal Pollution Index (MPI), index znečištění kovy, který bude prezentován v Kapitole 3.

## 2.2 VÝVOJ NUTRACEUTICKÝCH CEREÁLNÍCH SMĚSÍ

Jestliže zrna s barevnými obalovými vrstvami obsahují vyšší podíl polyfenolických antioxidantů, může dojít i k podpůrnému efektu snížení rizika různých chronických onemocnění, která jsou iniciována reaktivními formami kyslíku a dusíku odpovědnými za oxidační stres v buňkách. Antioxidační sloučeniny jako polyfenoly snižují tento oxidační stres a tato vlastnost jim umožňuje, aby mohla být považována za nutraceutika. Velká pozornost je věnována vývoji doplňků stravy s koncentrovanými extrakty polyfenolů, ale bohužel při jejich konzumaci již byly popsány vedlejší účinky jako poruchy funkce jater nebo mozkové mrtvice (Lopez-Corona, 2022; Cory et al. 2018). Inovativní cereální nutraceutické směsi ve formě například ready-to-eat snídanových cereálií se tudíž zdají vhodnou alternativou pro řešení této problematiky.

Na základě našich analýz a studií dalších vědeckých prací bylo záměrem připravit nutraceutické cereální směsi, které by měly ve výsledku vyšší podíl bílkovin a vlákniny, vitaminů, minerálních prvků, polyfenolů a dalších biologicky aktivních látek z řad antioxidantů. Na základě stanovení nutričních hodnot, obsahu biologicky aktivních látek a senzorkého hodnocení v předešlých výzkumech bylo vyselektováno celkem 8 směsí, které byly následně testovány. Nutraceutické směsi byly připraveny smícháním 60–70% podílu vložek, zbývající část (30–40 %) tvořily suroviny jako sušené ovoce, semínka, ořechy a později také sušené jedlé květy. Surovinová skladba směsí S1 až S4 je prezentována na Obr. 13, přičemž směsi S3 a S4 jsou bezlepkové. Například nutraceutická směs S4 obsahuje: vložky z červené a černé rýže (40 g), vložky z quinoi (20 g), konopné semínko (2 g), mandle (8 g), okvětní plátky růží (1 g), chrpu modrou (2 g), maliny (7 g), dřišťál (6 g), jablko (7 g) a borůvky (7 g). Podrobné složení směsí je publikováno ve studiích Mrázková et al. (2021, 2023).

V porovnání s komerčními müsli produkty mají nutraceutické směsi vyšší obsah popele, NDF a nižší obsah škrobu. Směsi obsahují díky podílu semínek a oříšků vyšší podíl lipidů (Mrázková et al., 2021; Sumczynski et al., 2015b).



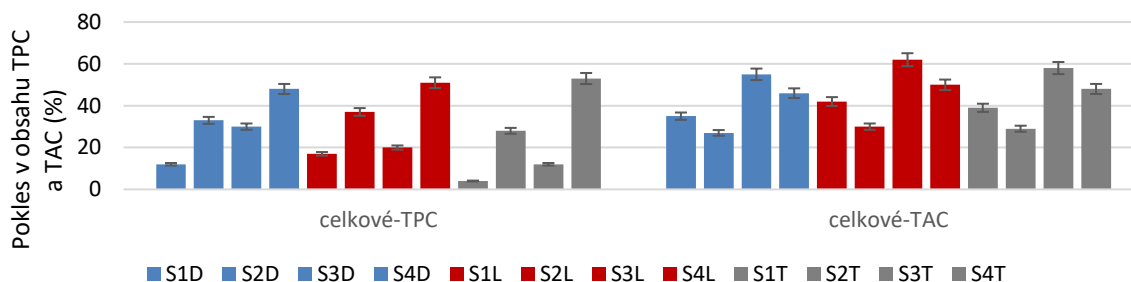
Obsah bílkovin je u komerčních vzorků v rozsahu 11,5 až 13,2 hm. %, u nutraceutických směsí 12,3 až 15,5 hm. % (Mrázková et al., 2021). Nutraceutické cereální směsi obsahují 2–3× vyšší koncentrace TPC a TFC v porovnání s komerčním vzorkem, což se odráží ve vysokých hodnotách AOA (Mrázková et al., 2021; Sumczynski et al., 2015b). Dle surovinové skladby ve směsích převládají anthokyaniny delfinidin-3-Glu, kyanidin-3-Glu a pelargonidin-3-Glu, z dalších flavonoidů potom rutin, epigallokatechin, katechin, kvercetin a epikatechin, z polyfenolických kyselin protokatechinová, sinapová, gallová, kávová a chlorogenová (v závislosti na dané frakci) (Mrázková et al., 2021).



Obr. 13 Surovinová skladba netradičních nutraceutických cereálních směsí (Mrázková et al., 2023)

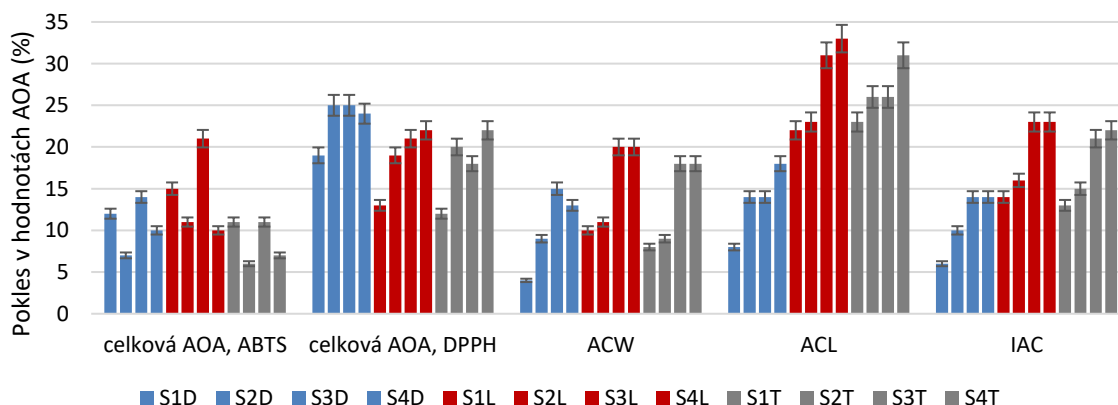
U směsí vyrobených z netradičních vloček se signifikantně navýšil obsah lipidů. To ukázalo na predikci vhodných skladovacích podmínek a obalové techniky pro tento typ výrobků (Sumczynski et al., 2015b). Následně byl proveden test skladovatelnosti, který byl publikován v rozsáhlé studii Mrázková et al. (2023). Směsi byly vakuově zabaleny do obalu z vnější vrstvy tvořeného polyamidem a vnitřním materiálem byl polyethylen o rozměrech 20×30 cm (PolyScience, ČR). Skladování probíhalo po dobu 1 roku při laboratorní teplotě 23 °C za přístupu (L, light) a nepřístupu denního světla (D, dark) a v termostatu (T, thermostat) při teplotě 40 °C ve tmě. Skladovací experiment ukázal, že nejvyšší destrukční účinek na hodnoty TPC, TAC a jednotlivé polyfenolické látky byl naměřen při skladování za laboratorní teploty při 23 °C a za přístupu slunečního záření, následovalo skladování v termostatu při 40 °C a nejvhodnější podmínky pro skladování byly při laboratorní teplotě bez přístupu denního světla (Obr. 14). Bezlepkové směsi vykazovaly nižší stabilitu než směsi obsahující lepek. Ve studii byly podány návrhy na podmínku balení nutraceutických směsí do obalů

nepropouštějících sluneční záření a také možnosti přidání dalších antioxidantů pro jejich delší uchovatelnost (Mrázková et al., 2023).



Obr. 14 Poklesy v hodnotách TPC a TAC za skladovacích podmínek

Studie stability TPC a TAC v nutraceutických směsích prokázala, že TPC a TAC degradovaly zejména za podmínky skladování při přístupu denního světla při 23 °C a potom pokud byly směsi skladované v termostatu při 40 °C (Obr. 14). Nejstabilnější byly polyfenoly a anthokyanová barviva při skladování ve tmě při 23 °C, kdy po ročním skladování degradovaly TPC v rozmezí 5 až 50 %, TAC v rozmezí 28 až 52 % (Mrázková et al., 2023). Následně byly zmapovány stability jednotlivých polyfenolů. Nejstabilnější v nutraceutických směsích byly kyseliny gallová, sinapová a kávová, epikatechin a katechin při skladování bez přístupu denního světla, nejméně stabilní byly *p*-kumarová, ellagová, *p*-hydroxybenzoová a rutin. Například koncentrace glykosylovaných anthokyaninů poklesly o 35 až 67 %, u anthokyanidinů až o 78 % za přístupu denního světla. Peonidin, pelargonidin a malvidin byly identifikovány jako nejméně stabilní anthokyanidiny na rozdíl od glykosylovaných forem. Nejnižší pokles v koncentracích polyfenolických látek byl zaznamenán při skladování za nepřístupu světla při laboratorní teplotě, kde pokles byl max. do 40 %, vyjma peonidinu, který zcela degradoval.



Obr. 15 Poklesy v hodnotách AOA za skladovacích podmínek



Nejvyšší pokles v hodnotách AOA byl také zaznamenán za podmínky přístupu denního světla (Obr. 15). Výsledky PCL ukázaly, že hodnoty ACW vykazovaly vyšší AOA ve srovnání s ACL. Při skladování za přítomnosti slunečního záření byly zaznamenány poklesy v hodnotách AOA u ACW frakce do 20 %, což bylo ale daleko méně než u frakce ACL za podmínek skladování v termostatu při 40 °C.

Vývoj cereálních nutraceutických směsí byl zakončen nejprve užitným vzorem CZ 28846U1 a poté patentem CZ 306520B6, dále byla práce podpořena projektem TAČR TG03010052, dílčím projektem 02/1/2016 s názvem Vývoj cereální směsi se zvýšenou biologickou hodnotou.

## 2.3 VÝROBA SUŠENEK

Máslové sušenky jsou oblíbené výrobky, které mohou být konzumovány jako svačina, snack, součást snídaně, ale neměly by být pro člověka hlavním zdrojem energie a antioxidantů ve stravě z důvodu vyššího obsahu cukrů a tuků v receptuře a nízkého obsahu biologicky aktivních látek. Hlavními surovinami pro jejich výrobu jsou pšeničná mouka, máslo a cukr (sacharóza). Dalšími ochucujícími složkami mohou být vanilka, kakao, čokoláda, kokos, ořechy aj. Pšeničná mouka může být částečně nahrazena jinou moukou, například bohatší na obsah bílkovin a vlákniny, do sušenek může být přidáno ovoce (Agrahar-Murugkar, 2020).

V našich experimentech při výrobě máslových sušenek byla připravena jak základní receptura pro verzi sušenek obsahujících lepek (Obr. 16), tak i receptura bezlepková (Obr. 17) (Šťastná et al., 2021 a 2023).



Obr. 16 Sušenky obsahující lepek

Kontrolní receptura sušenek obsahujících lepek (Kontrola 1), která v základní receptuře měla pšeničnou mouku, máslo, cukr, vaječný žloutek, vanilinový cukr a sůl byla obohacena netradičními surovinami na úkor podílu pšeničné mouky.

Byly použity suroviny jako například špaldová mouka, levandule a meruňky (vzorek S1), ječná mouka, chmelový květ, maltóza, sušený zázvor (vzorek S3) nebo kamutová mouka, jasmín, mango a matcha čaj (vzorek S4).

U bezlepkových sušenek byl kontrolní vzorek připraven z rýžové mouky, másla, cukru, žloutku, vanilinového cukru a NaCl (Kontrola 2). Do bezlepkových receptur byla přidána mouka z červené quinoi, karob, rybíz a levandule (vzorek S7) nebo například mouka z bílé quinoi, banánová mouka, třešeň a růže (vzorek S8).

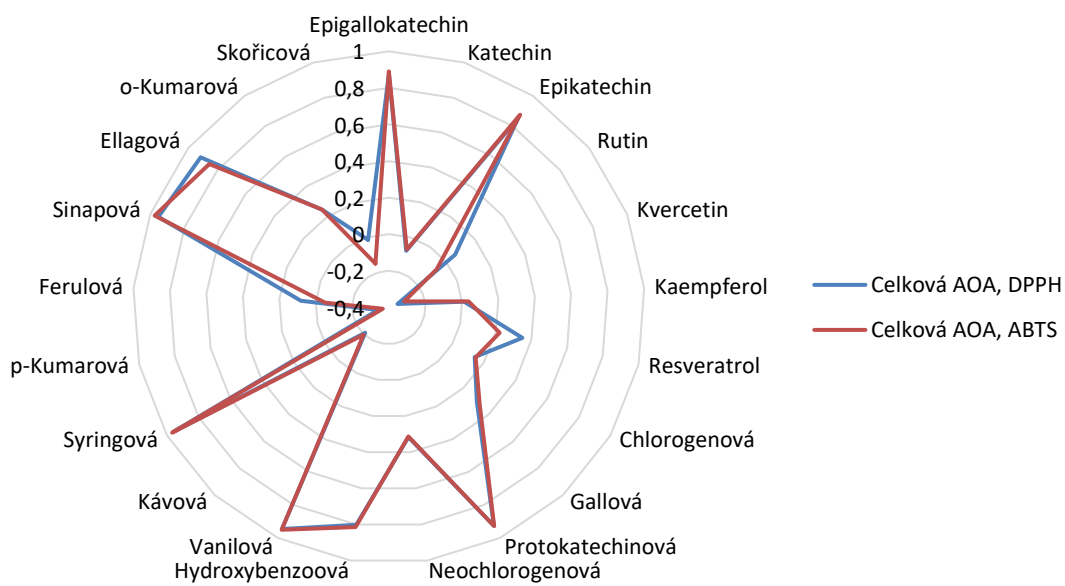


Obr. 17 Sušenky bezlepkové

Výzkum týkající se vývoje směsi na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přídavkem nutraceutických surovin byl ukončen užitným vorem CZ 33013U1 (2019) a také byl podpořen projektem FSR UTB ve Zlíně č. 3/2018.

Netradiční máslové sušenky se proti kontrolnímu vzorku vyznačovaly až 2× vyšším obsahem popele, který je ukazatelem obsahu minerálních látek, nižším podílem škrobu o 10 až 30 % a zvýšeným obsahem CF a NDF (Šťastná et al., 2021). U netradičních sušenek klesl obsah bílkovin, cca o 1,5 %. Vzhledem k tomu, že sušenky byly v receptuře obohaceny o suroviny obsahující vysoký podíl polyfenolů, byly analýzy směřovány k měření polyfenolického profilu a hodnot AOA. Vzhledem k heterogenitě surovinové skladby vzorků lze velmi složitě definovat jejich zastoupení, které je individuální vůči každé receptuře. Co jednoznačně studie potvrdila byl fakt, že všechny obohacené receptury přinesly vyšší podíl jednotlivých polyfenolů i vyšší hodnoty AOA v porovnání s kontrolními vzorky. Kontrolní vzorek například vůbec neobsahoval kvercetin, kaempferol, resveratrol, kyseliny chlorogenovou, kávovou, sinapovou, ellagovou a *o*-kumarovou. Vzorek sušenky S4 byl na obsah polyfenolů nejbohatší, zejména na kyseliny sinapovou, vanilovou, syringovou, ellagovou, chlorogenovou a protokatechinovou, dále na epigallokatechin a epikatechin. Jejich vysoká koncentrace je pravděpodobně dána použitím matcha čaje v receptuře. Sušenka S4 měla také nejvyšší obsah celkových TPC a nejvyšší hodnoty AOA. Oproti kontrolnímu vzorku 1 se v sušence S4 navýšila hodnota celkových TPC více jak 4×, hodnota AOA více jak 12× (Šťastná, 2023; Šťastná et al., 2021).

K hodnotám AOA u sušenek nejvíce přispívaly epigallokatechin, epikatechin, kyseliny sinapová, ellagová, syringová, vanilová, protokatechinová a ellagová (Obr. 18).



Obr. 18 Příspěvky polyfenolických látek k hodnotám AOA v sušenkách: na ose vyneseny hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu

### 3. EVALUACE NUTRIČNÍCH PARAMETRŮ

#### 3.1 PŘÍSPĚVKY K REFERENČNÍM HODNOTÁM PŘÍJMŮ

Data naměřená v rámci analytických stanovení byla evaluována ve vztahu k výživovým hodnotám či teoretickým příspěvkům k referenčním hodnotám příjmů esenciálních či toxických nutrientů.

##### 3.1.1 Výživová hodnota proteinu matcha čaje

Při nutričním hodnocení proteinů nejde jen o jejich celkový příjem, ale důležitou roli hraje aminokyselinové složení. K vyhodnocení nutriční hodnoty se využívají esenciální aminokyseliny a výsledek se vztahuje k obsahu esenciálních aminokyselin přítomných v referenčním proteinu (např. vaječného bílku nebo mléka). K hodnocení se využilo dvou kritérií: AAS (Amino Acid Score, aminokyselinového skóre), které se počítá pro každou esenciální aminokyselinu, a EAAI (Essential Amino Acid Index, indexu esenciálních aminokyselin). Ta esenciální aminokyselina, která má nejnižší hodnotu AAS určuje nutriční hodnotu proteinu a nazývá se limitující aminokyselinou (Koláčková et al., 2020b). Hodnoty AAS pro proteiny matcha čaje se pohybovaly od 30,4 do 40,2 %. Například pšeničný lepek má hodnotu AAS 26 %, slunečnicový a pšeničný protein potom 39 a 44 %. Hodnoty indexu EAAI se pohybovaly v rozmezí od 4,3 do 5,7 a jako limitující aminokyseliny proteinu matcha čaje byly vyhodnoceny izoleucin a threonin. V porovnání s referenčními hodnotami pro příjem aminokyselin bylo zjištěno, že 5 g porce matcha čaje přispívá nejvíce k RDA (Recommended Dietary Allowance, referenční hodnotě příjmu) hodnotě pro cystein, a to 8 % pro ženy a 7 % pro muže. Matcha čaj je přispěvatelem k RDA hodnotám aminokyselin v následujícím pořadí: Cys (8 %) > Met, Met + Cys > Phe + Tyr > a Thr > His > Ile > Lys a Val > Leu (1–3 %). Cys je meziproduktem při syntéze proteinů a produkci glutathionu, taurinu a H<sub>2</sub>S. Buněčná signalizace je ovlivněna příjmem sirných aminokyselin prostřednictvím modulace intracelulárního množství cysteinu a cystinu, stejně jako cystein/cystin redoxního stavu. Z tohoto důvodu je vysoká pozornost věnována příjmu Cys ve stravě, hlavně u lakto- a ovolakto-vegetariánů, kteří mají nižší příjem Met, Lys a Thr. Zde by mohla napomoci konzumace matcha čaje (Krajcovicova-Kudlackova et al., 2005; Koláčková et al., 2020b).

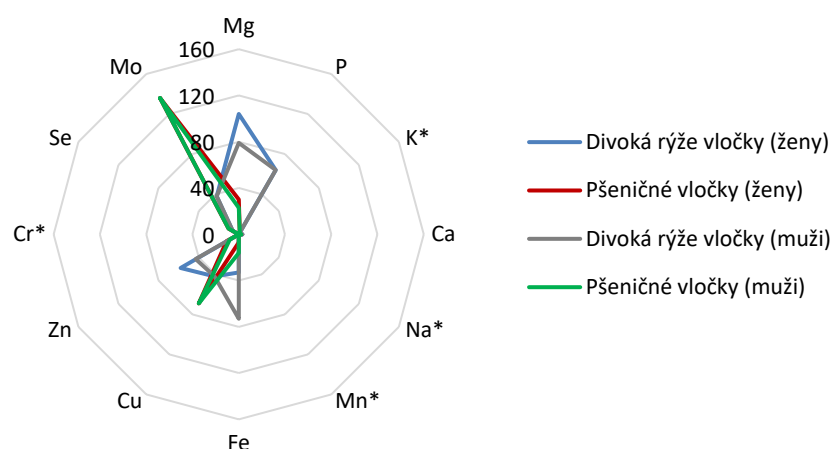
##### 3.1.2 Teoretické příspěvky konzumace potravin k referenčním hodnotám příjmů pro esenciální prvky

Příspěvky konzumace definované porce obilovin, vloček nebo matcha čaje k referenčním hodnotám příjmů pro esenciální prvky byly vypočteny na základě jejich RDA nebo AI\* (Adequate Intake, adekvátní příjem) hodnot pro danou věkovou kategorii mužů a žen dle Intitute of Medicine (Food and Nutrition Board,

National Academy of Sciences, USA). U obilovin a vloček byla denní porce nastavena na 100 g, u matcha čaje na 5 g.

Konzumace matcha čaje u žen a mužů ve věkové kategorii 31–50 let přispívá nejvíce k AI\* hodnotě Mn (u žen 19 % u mužů 15 %) a RDA pro Cu (u žen a mužů 14 %). Matcha čaj je také přispěvatelem k hodnotě RDA pro Zn, a to 5 % u žen a 3 % u mužů. Pro muže je také zdrojem k vyšší hodnotě RDA pro Fe, a to 7,3 %, u žen z důvodu vyšší referenční hodnoty příjmu jsou to jen 3 % (Koláčková et al., 2020b).

Co se týká konzumace 100 g porce vloček divoké rýže, tato nám ponejvíce přispívá k AI\* hodnotám pro Cr a Mn (u žen až 256 a 93 %), k RDA hodnotě pro Mg (u žen 104 %, u mužů 79 %) (Obr. 19). Dále signifikantně přispívá k RDA hodnotám pro Zn, Mo, Cu a Fe. U mužů dosahuje příspěvek k RDA hodnotě Fe až 73 %, u žen je to jen 33 % (Sumczynski et al., 2018b).



Obr. 19 Příspěvek konzumace 100 g vloček k RDA a AI\* hodnotám esenciálních prvků pro muže a ženy ve věku 31–50 let

V porovnání s vločkami divoké rýže jsou vločky pšeničné nižšími přispěvateli k referenčním hodnotám pro esenciální prvky (Sumczynski et al., 2023). Nejvíce jejich konzumace přispívá k AI\* hodnotě pro Mn, a to 183 % u žen a 143 % u mužů. Dále jsou signifikantními přispěvateli k RDA hodnotám pro Mo (u žen i mužů 136 %) a Cu (u mužů i žen 69 %). Stejnou měrou, a to 30 % přispívá konzumace pšeničných vloček k RDA a AI\* hodnotě pro Mg a Cr. Co se výsledkem měření potvrdilo je, že obiloviny pěstované v Německu v oblasti Bádenska-Wittenberska jsou bohatší na Se, díky geologickému podloží.

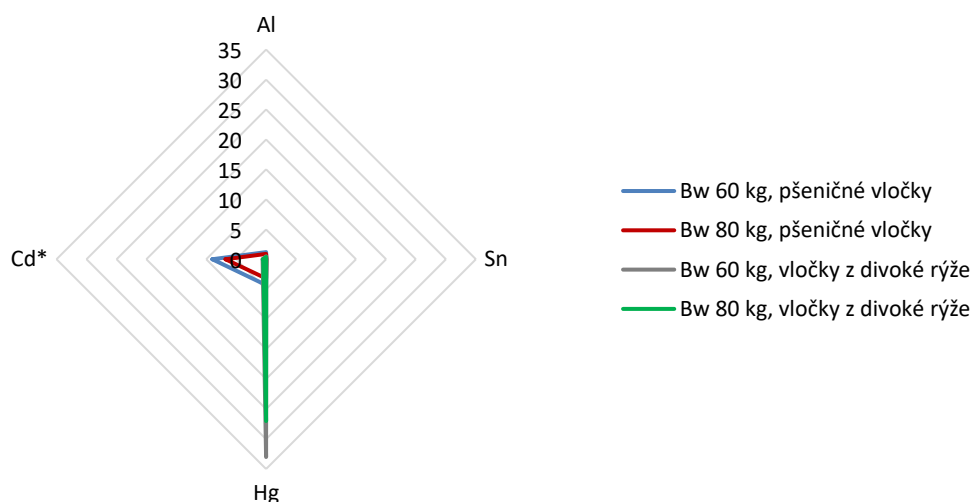
Teoretická evaluace příspěvků konzumace 100 g porce zrn miličky habešské ukázala, že je signifikantním přispěvatelem k AI\* hodnotě pro Mn, a to až 378 % u žen a 296 % u mužů, následuje příspěvek k RDA hodnotě pro Cu, která dosahuje až 278 %. Milička je také významným zdrojem Fe, příspěvek k jeho referenční hodnotě je pro muže 146 % a pro ženy 65 %. Zrno miličky je následně bohatým zdrojem Zn (příspěvek k RDA hodnotě u žen může být až 93 %), Mg (pro ženy příspěvek k RDA 79 %) a P (pro muže i ženy příspěvek k RDA až 60 %).

Nezanedbatelný je také příspěvek k RDA pro Ca, který je pro obě pohlaví 27 % (Koubová et al., 2018b).

Teoretické příspěvky však neodrážejí zcela množství prvků, které bude absorbováno zažívacím traktem. Například kyselina fytová přítomná v obilovinách snižuje vstřebatelnost Zn, Fe a Mg, podobný efekt má kyselina taninová u matcha čaje, na biologickou dostupnost mědi má zase vliv nedostatek Fe nebo nadměrné užívání Zn apod. Teoretické příspěvky jednotlivých potravin k referenčním hodnotám příjmů esenciálních prvků jsou nadhodnocené, protože procesy trávení mohou modifikovat biodostupnost nutrientů a jejich retenci v matici vzorku. Z tohoto důvodu bylo naším cílem nastavit techniku stravitelnosti v podmínkách *in vitro* a modelovat tak proces trávení a uvolňování jednotlivých nutrientů z matrice vzorku. Tyto techniky budou popsány v Kapitole 3.2.

### 3.1.3 Teoretické příspěvky konzumace potravin k referenčním hodnotám příjmů pro toxické prvky

Úrovně příjmů toxických prvků byly vypočteny a evaluovány v porovnání s hodnotami PTWI/PTMI\* (Provisional Tolerable Weekly/Monthly Intake, prozatímních týdenních/měsíčních\* příjmů), které ustanovuje The Joint Food and Agriculture Organization/World Health Organisation Committee on Food Additives (JEFCA). Při konzumaci denní porce 5 g matcha čaje je jeho příspěvek k toxickým limitům PTWI pro Al, Sn a Hg vždy pod 0,6 % pro osobu vážící 65 kg a pod 0,5 % pro osobu vážící 80 kg. V případě Cd je stanoven limit pomocí PTMI\* hodnoty a příspěvek konzumace matcha čaje k tomuto toxickému limitu byl vždy pod 0,1 % (Koláčková et al., 2020b). Při konzumaci 100 g zrn miličky byl nejvyšší příspěvek k PTWI hodnotě pro Al, a to 7 % pro konzumenta vážícího 65 kg. Příspěvky k toxickým hodnotám příjmu pro Cd, Sn a Hg byly vždy pod 0,7 % (Koubová et al., 2018b).



Obr. 20 Příspěvek konzumace 100 g vloček k toxickým limitům PTWI nebo PTMI\* pro konzumenty vážící 60 a 80 kg



Z obrázku 20 je vidět, že vločky divoké rýže mají vyšší schopnost akumulace Hg, což je pro rostlinu *Zizania aquatica* typické. Příspěvek jejich konzumace k hodnotě PTWI pro Hg je pro osobu vážící 60 kg 33 %, pro osobu vážící 80 kg je to 27 %, u vloček pšeničných jsou to jen 4 %. Pšeničné vločky jsou zase přispěvateli k hodnotě PTMI pro Cd, a to 9,0 a 6,8 % pro osoby vážící 60 a 80 kg. Žádný z limitů pro toxické prvky nebyl překročen (Sumczynski et al., 2023; Sumczynski et al., 2018b).

### **3.1.4 Teoretické příspěvky konzumace potravin k referenčním hodnotám příjmů pro vitaminy**

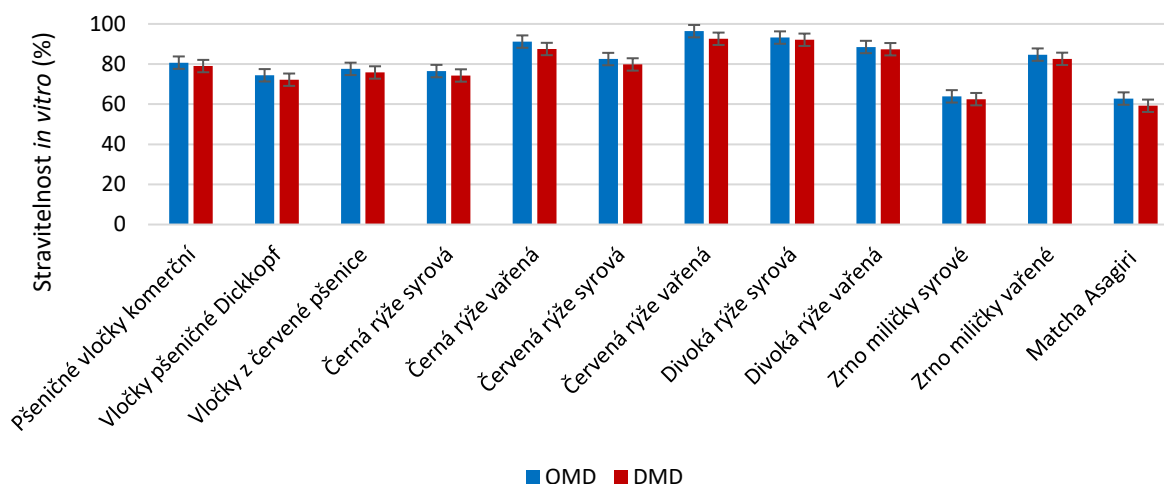
Příspěvky k referenčním hodnotám RDA a AI\* pro jednotlivé vitaminy skupiny B byly vypočteny na základě hodnot doporučených Food and Nutrition Board (Institut of Medicine, USA) po konzumaci 100 g porce vloček divoké rýže. Nejvyšší příspěvek byl zaznamenán k RDA hodnotě pro vitamin B<sub>6</sub>, který může dosáhnout až 170 %, následuje pak příspěvek k hodnotě AI pro vitamin B<sub>5</sub>, který je 56 % a pro RDA vitaminu B<sub>9</sub> to je 43 % pro obě pohlaví. Konzumace 100 g porce vloček z divoké rýže také signifikantně přispívá k RDA hodnotám pro vitaminy B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> a B<sub>2</sub> a to 31, 28 a 18 % (u žen 31–50 let). Vločky nejsou signifikantním přispěvatelem k RDA hodnotě pro vitamin E, tam je to jen 5 % (Sumczynski et al., 2018a). Tak jako bylo uvedeno u prvků, ani teoretické příspěvky neodrážejí zcela množství vitaminů, které bude využito při procesu trávení v lidském těle. Jejich využitelnost bude odvislá od samotné skladby stravy, od technologické a kulinární úpravy surovin, od jejich chemické vazby na stavební složky matrice vzorku, od zdravotního stavu člověka apod. Proto byly provedeny modelace procesů trávení v podmínkách *in vitro* s cílem stanovit nejenom samotné hodnoty stravitelnosti, ale také zaměřit se na uvolňování jednotlivých nutrientů z dané matrice potravin.

## **3.2 STANOVENÍ STRAVITELNOSTI V PODMÍNKÁCH *IN VITRO* A RETENČNÍCH FAKTORŮ PRO JEDNOTLIVÉ NUTRIENTY**

### **3.2.1 Modelace procesu stanovení stravitelnosti organické hmoty a sušiny vzorku**

Modelace procesu digesce v podmínkách *in vitro* zahrnuje dvoustupňový proces simulace trávení v žaludku a tenkém střevě (Mišurcová, 2008). Prostředí žaludku bylo modelováno 0,1M HCl s přídavkem pepsinu, kde proces trávení probíhá 2–4 hodiny, simulace trávení v tenkém střevu probíhá ve fosfátovém pufru (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> a Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O) o pH 7,45 s přídavkem pankreatických enzymů po dobu 24 hodin. K modelaci trávení při teplotě 37 °C se použil inkubátor Daisy<sup>II</sup> a vzorky se uzavřely do sáčků typu F57 (vše Ankom Technology, USA). Poté se sáčky s nestrávenými podíly vysušily a spálily

v muflové peci (Sumczynski et al., 2015b). Stravitelnost je vyjadřována jako stravitelnost organické hmoty (OMD, Organic Matter Digestibility) a stravitelnost sušiny vzorku (DMD, Dry Matter Digestibility), k čemuž je zapotřebí ještě také stanovit sušinu a popel vzorku pro korekci.



Obr. 21 Hodnoty *in vitro* stravitelnosti vybraných potravin

Z výsledků je patrné (Obr. 21), že po povaření se zvýšila stravitelnost zrn mličky o 20 %, stejně tak u zrn červené a černé rýže (Kotásková et al., 2016; Sumczynski et al., 2016), u zrn divoké rýže to bylo jen o 7 % (Sumczynski et al., 2017). Nejnižší hodnoty stravitelnosti byly naměřeny u matcha čajů, což je dáno vyšším obsahem CF a NDF (Koláčková et al., 2020a). Stravitelnost vloček je v porovnání s vařenými zrny nižší (Sumczynski et al., 2015b). Tepelné opracování zrn zvyšuje stravitelnost škrobu a bílkovin, škrob je lépe dostupný pro amylázy, želatinuje, inaktivují se inhibitory proteáz, dochází k denuraci proteinů a degradují antinutriční látky, přítomné v zrnech, jako například kyselina fytová. Čím je vyšší obsah nerozpustných frakcí vlákniny, tím je stravitelnost nižší (Xia et al., 2012), což se potvrdilo i v našich studiích (Koláčková et al., 2020a; Kotásková et al., 2016).

### 3.2.2 Evaluace retenčních faktorů pro nutrienty po simulaci digesce v podmínkách *in vitro*

Uvolňování jednotlivých nutrientů z potravinové matrice při procesu trávení ovlivňuje řada faktorů, které byly již nastíněny v Kapitole 3.1. Příjem stravy bohaté na polyfenoly a jiné nutrienty ještě neznamená, že budou využitelné k absorpci trávicím traktem. Protože pokusy na zvířatech nebo lidech v podmínkách *in vivo* bývají eticky sporné, používají se techniky simulace trávení v podmínkách *in vitro* pro predikci biologické dostupnosti nutrientů. Je možno monitorovat biodostupnost, která vyjadřuje množství natrávených nutrientů uvolněných při trávení, nebo je možno analyzovat tzv. nestrávený podíl potravin, který byl poprvé publikován v našich studiích (Koláčková et al., 2022;

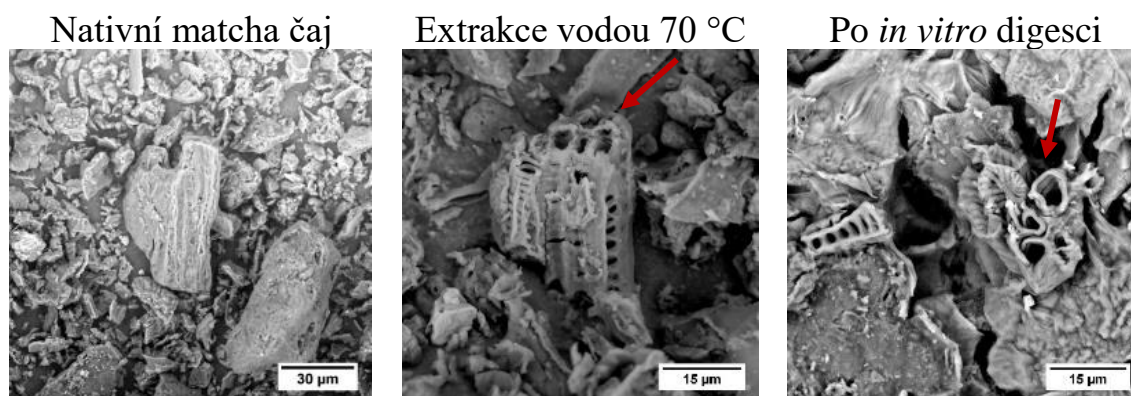


Sumczynski et al., 2023). Zde se vyhodnocuje tzv. retenční faktor (RF), který představuje, kolik nutrientu je stále zachyceno v matrici nestráveného podílu vzorku po simulaci trávení v žaludku a tenkém střevě a je předpoklad, že se tato natrávenina dostává dál do tlustého střeva. To může být například problém pro těžké kovy, které jsou jedním z faktorů podílejících se na karcinomu tlustého střeva. Metodika stanovení RF hodnot pro sledované nutrienty spočívá v samotném stanovení hodnoty stravitelnosti, dále se stanoví koncentrace sledovaného nutrientu v nativní formě vzorku (cNP) a v nestráveném podílu vzorku (cNeP) po simulaci procesu trávení a poté se vypočítá hodnota RF dle vzorce 1 (Koláčková et al., 2022; Sumczynski et al., 2023):

$$RF = \frac{cNeP \times (100 - \text{stravitelnost})}{cNP} \quad (1)$$

Ve studii Koláčková et al. (2022) byla zjišťována retence pro polyfenoly, alkaloidy a L-theanin z matcha čaje. Nejvyšší hodnotu RF, a tudíž nejméně se uvolňujícími analyty po procesu simulace trávení byly kyseliny ferulová (RF 69–84 %) > rutin > ellagová > kvercetin > kávová (RF 68–76 %), naopak nejnižší hodnotu RF a tudíž analyty, které se snáze uvolňují z matrice matcha čaje a jsou tak dostupné pro procesy trávení jsou kyseliny protokatechinová (RF < 1 %) ≤ 4-hydroxybenzoová ≤ epigallokatechin ≤ epigallokatechin-3-gallát ≤ epikatechin ≤ neochlorogenová ≤ katechin ≤ vanilová (RF 7–9 %). Epikatechin-3-gallát nebyl v matrici nestráveného podílu detekován, což ukazuje buď na jeho 100% uvolnění z matrice matcha čaje nebo na jeho degradaci při procesu trávení. Nestrávené polyfenoly tak postupují až do tlustého střeva, kde mohou být využity bakteriemi při procesu trávení za tvorby nižších organických kyselin, které napomáhají upravovat hodnotu pH tlustého střeva a mohou tak předcházet vzniku karcinomů apod. Tato hypotéza ještě potřebuje další studie. L-Theanin je při procesu trávení prakticky všechen uvolněn (RF < 1). Kofein má hodnotu RF 9–13 %, tzn. při procesu digesce je uvolněn min z 87 %. V nestráveném podílu, který zůstal po digesci v žaludku a tenkém střevu byla naměřena i nízká hodnota AOA, cca 4 % z původní hodnoty naměřené v nativní formě vzorku. Pro transport vyššího podílu biologicky aktivních látek až do tlustého střeva se jeví jako vhodné použít techniky enkapsulace.

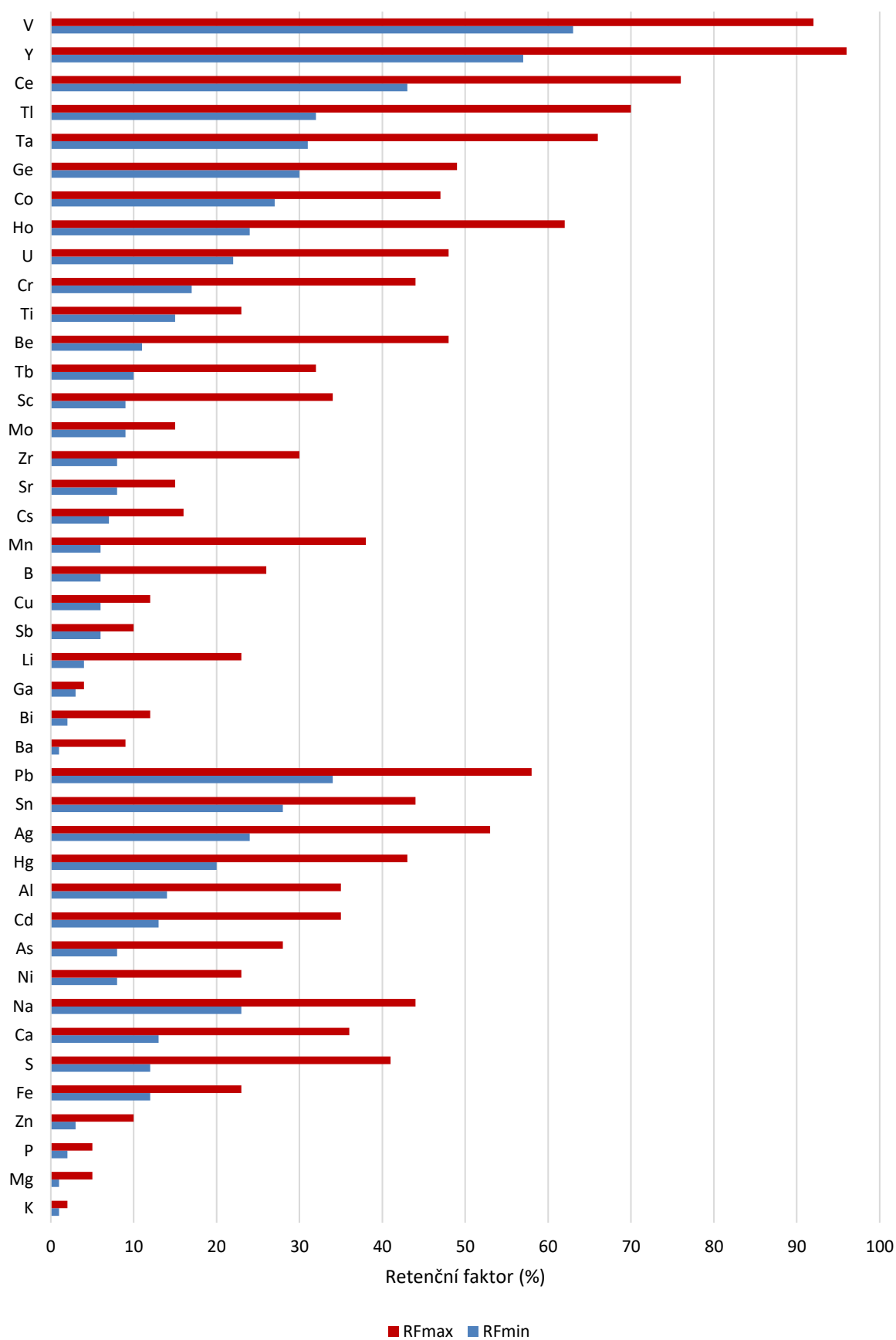
Na pozorování struktury rostlinného pletiva matcha čaje po procesu digesce byla využita technika SEM, která ukázala, že proces digesce, stejně jako extrakční teplota 70 °C mají podobný vliv na destrukci rostlinných pletiv matrice vzorku, což ukazují červené šipky na Obr. 22.



Obr. 22 SEM Nativní formy matcha čaje, po jeho extrakci vodou 70 °C a po procesu simulace trávení (červené šipky značí změny na struktuře rostlinného pletiva): upraveno dle Koláčková et al. (2022): autor SEM fotografií doc. Ing. Antonín Minařík, Ph.D.

Retenční faktory pro minerální a stopové prvky byly stanovovány u netradičních pšeničných vloček (Obr. 23). Z esenciálních prvků klesaly maximální hodnoty RF v následujícím pořadí: Na (44 %)  $\geq$  Cr (44 %) > S > Mn > Ca > Fe > Mo > Cu > Zn > P  $\geq$  Mg > K (2 %), tzn. že z esenciálních prvků jsou nejlépe dostupné pro absorpci v zažívacím traktu K, Mg, P, Zn atd. Z toxických prvků má nejvyšší hodnotu retence Pb (až 58 %), poté Ag > Sn > Hg > Al  $\geq$  Cd > As a Ni (až 23 %). Je evidentní, že toxické prvky stále po procesu digesce v žaludku a tenkém střevu zůstávají v matrici pšeničných vloček v dostatečně vysokých koncentracích. Nejlépe je v těle uvolňován Ni, As, Cd a Al. Z dalších měřených stopových prvků má nejvyšší retenci hlavně Y a V (až 96 a 92 %). Tyto se v zažívacím traktu mohou uvolňovat velmi slabě. Naopak, nejvíce, tedy s nejnižšími hodnotami RF, jsou uvolňovány a pravděpodobně velmi dobře dostupné pro absorpci v zažívacím traktu Ba, Bi, Ga, Li a Sb (Sumczynski et al., 2023).

Pro vyhodnocení kontaminace pšeničných zrn, vloček a nestráveného podílu vloček prvky z řady kovů, byl aplikován index znečištění kovy MPI (Metal Pollution Index, který se získává jako geometrický průměr koncentrací všech kovů obsažených ve vzorku. Konzumace potravin a pití vody je hlavní cesta, jak se dostávají kovy do lidského těla. Akumulace kovů v rostlinných matricích je ovlivněna rostlinným druhem a odrůdou, pH půdy, redox potenciálem, chemickou vazbou prvků v molekulách, kořenovým systémem rostliny apod. Vyšší příjem kovů může vést k poruchám činnosti ledvin, jater, ke vzniku rakovinných onemocnění a onemocnění kostí, nervů, ovlivní se imunologické odezvy organismu. Proto nabývá na významu sledování MPI nejen ve vodách, v rámci životního prostředí, ale nově také v potravinách. Pitná voda, zelenina, rýže a mléko mají jedny z nejvyšších hodnot MPI, kromě toho konzumace obilných zrn a výrobků na bázi obilnin je další možnou cestou expozice těžkým kovům a potenciálním rizikem pro lidské zdraví (Kumar et al., 2020; Sanaei et al., 2021).

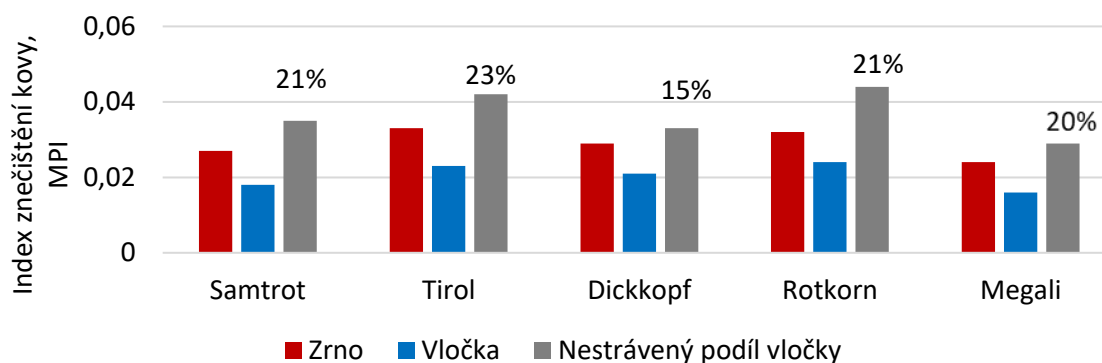


Obr. 23 Hodnoty retenčních faktorů (RF) pro minerální a stopové prvky u netradičních pšeničných vloček po simulaci trávení v podmínkách *in vitro*

V naší studii byl také evaluován MPI index pro pšeničná zrna, vločky a nestrávený podíl, jehož výsledky jsou prezentovány na Obr. 24. Nižší hodnoty MPI ve srovnání se zrny mohou být dány procesem vyluhování prvků při hydrotermálním ošetření zrn při výrobě vloček. Hodnoty MPI indexu pro pšeničná zrna a vločky byl velmi nízký a ukázal na nízkou kontaminaci kovy. Jen pro ukázkou, hodnoty MPI pro chléb se běžně pohybují kolem 0,44, u zeleniny pěstované v industriální lokalitě v Indii to je 1,6 až 11,2 (Kumar et al., 2020). Hodnoty MPI pro nestrávený podíl jsou vyšší než pro zrna a vločky, což je dáno tím, že 1 g nativní frakce vloček netvoří po *in vitro* digesci 1 g nestráveného podílu (ten je ochuzen právě o strávený podíl, který byl u vloček až 90,5 %). Naším zájmem bylo evaluovat hodnotu retence pro index MPI ( $RF_{MPI}$ , %), který byl vypočítán dle vzorce 2, kde  $MPI_{NeP}$  je index v nestráveném podílu vzorku a  $MPI_{NP}$  je index v nativní formě vloček:

$$RF_{MPI} = \frac{MPI_{NeP} \times (100 - \text{stravitelnost})}{MPI_{NP}} \quad (2)$$

Tato hodnota udává, jaký podíl z hodnoty MPI pro vločky je stále zachován v nestrávené části vloček. Hodnoty retence pro MPI index ukázaly, že 15–25% podíl hodnoty MPI stanovené pro nativní vločky zůstává stále v nestrávené části vloček (Sumczynski et al., 2023).



Obr. 24 Index znečištění kovy (MPI) pro pšeničné zrno, vločky a nestrávený podíl vloček. Hodnoty  $RF_{MPI}$  (%) jsou uvedeny v grafu nad šedým sloupcem

## 4. PŘÍNOS PRO VĚDU, PRAXI A SMĚŘOVÁNÍ VÝVOJE

S narůstajícími požadavky konzumentů na kvalitu a jakost potravin zároveň stoupá zájem potravinářských podniků o vývoj potravin obohacených o suroviny s vyšší nutriční hodnotou. Dochází ke hledání a aplikaci zejména netradičních rostlinných surovin jako komponent, které obsahují kromě základních nutrientů také vyšší obsah biologicky aktivních látek s antioxidačními účinky. Mezi ně se řadí zejména vitaminy, minerální a stopové prvky, esenciální mastné kyseliny a aminokyseliny, vláknina, vyšší obsah bílkovin, polyfenoly aj. Analýza netradičních rostlinných materiálů z hlediska obsahu základních nutrientů a komplexu biologicky aktivních látek je klíčovým krokem k definování jejich nutriční hodnoty, stravitelnosti a potenciální využitelnosti nutrientů při procesu trávení. Takový přístup nám umožní vyhodnotit, zda dané suroviny mohou sloužit jako významný zdroj nutrientů. Od těchto znaků se teprve odvíjí predikce potenciálních podpůrných zdravotních přínosů pro lidský organizmus.

V našich výzkumech byly získány nové poznatky týkající se nutrientů, hodnot antioxidačních aktivit a stravitelnosti netradičních obilovin, vloček a matcha čaje, které byly následně využity pro praktické aplikace při vývoji nutraceutických cereálních směsí a směsí na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přídavkem nutraceutických surovin, které jsou patentovány, či je udělen užitný vzor. Vývoj byl podpořen projektem TAČR Gama TG03010052 s názvem Vývoj cereální směsi se zvýšenou biologickou hodnotou, výstupem byly 4 funkční vzorky směsí a uchazečka byla hlavní dílčí řešitelkou. Vývoj užitého vzoru pro receptury na sušenky a trvanlivé pečivo byl podpořen projektem 3/2018 FSR.

Výsledky naší práce a analytické metodiky, které byly validovány v našich laboratořích, jsou využívány v rámci zahraniční spolupráce s prof. Dr. Janem Sneydem z Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen a firmou Bäckerhaus Veit, GmbH z Německa, kde byly analyzovány netradiční odrůdy pšenice, vyráběny vločky a na základě vybraných nutričních parametrů byla tato zrna využita pro výrobu vloček a pečiva. Aktivní je spolupráce s prof. Dr. Erkanem Yalcinem z Abant İzzet Baysal University in Bolu (Turecko), kde je výzkum orientován směrem na oblast chemie a technologie cereálií. Všechny zahraniční spolupráce se odrazily také ve vzájemné publikační aktivitě. Spolupráce byla navázána také s firmou Poex Velké Meziříčí, a.s. při měření vitaminů B-komplexu v cereálních kaších, s firmou Semix Pluso, spol. s r.o. při měření stravitelnosti naklíčených luštěnin a obilovin, dále s firmou Oxalis, spol. s r.o. při stanovení kofeinu v čajích a kávách a také byla s firmou uzavřena smlouva o vzájemné spolupráci. Výsledkem této smlouvy byla i uchazečkou odvedená a již obhájená dizertační práce s názvem Obsah biologicky aktivních látek v matcha čajích a jejich stanovení v průběhu přípravy. Velmi úzká je spolupráce s firmou Vest spol. s r.o. při analýze netradičních surovin s následným

vývojem nové receptury pro preclíky a krekry, který byl realizován v rámci diplomových prací a také na zakázku.

Dosažené výsledky mohou být přínosem pro vývojová oddělení pro tvorbu nových receptur v potravinářském nebo farmaceutickém průmyslu, a to nejen v oblasti cereálních technologií. Na základě našich analýz je možné vytipovat netradiční suroviny s vyšší nutriční hodnotou, které by dříve byly součástí vedlejších či odpadních produktů při různých výrobních technologiích. Analýza obsahu biologicky aktivních látek netradičních surovin může poskytnout důležité informace pro výživové poradce a všechny, kteří hledají nové způsoby, jak zahrnout tyto komodity do svého stravování.

Do budoucna bude zájem výzkumu orientován na další netradiční suroviny jako lišejník islandský (*Cetraria islandica*), sumak (*Rhus coriaria*) a netradiční mouky jako jsou ostropestřcová, dýňová, z hroznových semínek apod. Následně bude více prohloubena analýza stravitelnosti v podmínkách *in vitro* a bude sledován (zkoumán) vliv rostlinné matrice vzorku na hodnotu stravitelnosti a také na hodnotu retenčního faktoru, který byl poprvé publikován v našich vědeckých pracích. Samotný obsah základních nutrientů a biologicky aktivních látek v netradičních surovinách a například jejich naměřené hodnoty koncentrací a antioxidačních aktivit bez kritického komplexního pohledu na procesy trávení by byly pouhými naměřenými daty. Z oblasti nastíněné problematiky jsou již zpracovávány první bakalářské a diplomové práce.

### **Poděkování**

Velké poděkování patří všem kolegům, s nimiž jsem ve své dosavadní vědecko-pedagogické kariéře blíže spolupracovala. Jedná se zejména o doc. Ing. Otakara Ropa, Ph.D. (in memoriam), doc. Ing. Miroslava Fišeru, CSc., doc. RNDr. Ivu Burešovou, Ph.D., doc. Ing. Zuzanu Lazárkovou, Ph.D., doc. Ing. Richardose Nikolaose Saleka, Ph.D. a prof. Ing. Lubomíra Lapčíka, CSc. Děkuji všem kolegům z Ústavu analýzy a chemie potravin FT, UTB ve Zlíně za vstřícné akademické prostředí a UTB ve Zlíně za poskytnuté zázemí pro moji vědeckou práci. Také děkuji Ing. Lence Fojtíkové a Renatě Zelinové za vynikající laboratorní zázemí pro moji vědeckou práci. Mé poděkování taktéž patří mým studentům doktorandům, diplomantům a bakalářům. V neposlední řadě děkuji mojí rodině, která mě v mé práci vždy podporovala.

## Seznam literatury

- Abdel-Aal, E.M., Hucl, P. (2003). Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2174–2180.
- Agrahar-Murugkar, D. (2020). Food to food fortification of breads and biscuits with herbs, spices, millets and oilseeds on bio-accessibility of calcium, iron and zinc and impact of proteins, fat and phenolics. *LWT – Food Science and Technology*, 130, 109703.
- Barnes, J.S., Nguyen, H.P., Shen, S., Schug, K.A. (2009). General method for extraction of blueberry anthocyanins and identification using high performance liquid chromatography-electrospray ionization-ion trap-time of flight-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1216, 7428–4735.
- Besco, E., Braccioli, E., Vertuani, S., Ziosi, P., Brazzo, F., Bruni, R. (2007). The use of photochemiluminescence for the measurement of the integral antioxidant capacity of baobab products. *Food Chemistry*, 102, 1352–1356.
- Boros, K., Jedlinszki, N., Csupor, D. (2016). Theanine and caffeine content of infusions prepared from commercial tea samples. *Pharmacognosy Magazine*, 12, 75–79.
- Brzezicha-Cirocka, J., Grembecka, M., Szefer, P. (2016). Monitoring of essential and heavy metals in green tea from different geographical origins. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 183–194.
- Buňka, F., Kříž, O., Veličková, A., Buňková, L., Kráčmar, S. (2009). Effect of acid hydrolysis time on amino acid determination in casein and processed cheeses with different fat content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 224–232.
- Buňková, L., Buňka, F., Hlobilová, M., Vaňátková, Z., Nováková, D., Dráb, V. (2009). Tyramine production of technological important strains of *Lactobacillus*, *Lactococcus* and *Streptococcus*. *European Food Research and Technology*, 229, 533–538.
- Chareonrungrueangchai, K., Wongkawinwoot, K., Anothaisintawee, T., Reutrakul, S. (2020). Dietary factors and risks of cardiovascular diseases: An umbrella review. *Nutrients*, 12(4), 1088.
- Chen, C-H., Yang, W-C., Hsiao, Y-H., Huang, S-C., Huang, Y-C. (2016). High homocysteine, low vitamin B-6, and increased oxidative stress are independently associated with the risk of chronic kidney disease. *Nutrition*, 32, 236–241.
- Deng, G-F., Xu, X-R., Guo, Y-J., Xia, E-Q., Li, S., Wu, S. et al. (2012). Determination of antioxidant property and their lipophilic and hydrophilic phenolic contents in cereal grains. *Journal of Functional Foods*, 4, 906–914.
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., Patil, R.T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 255–266.
- Dykes, L., Rooney, L.W. (2006). Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 44, 236–251.

Esposito, S., Veneziani, G., Taticchi, A., Urbani, S., Selvaggini, R., Sordini, B. et al. (2021). Chemical composition, antioxidant activity, and sensory characterization of commercial pomegranate juices. *Antioxidants*, 10, 1381.

Ferri, M., Gianotti, A., Tassoni, A. (2013). Optimisation of assay conditions for the determination of antioxidant capacity and polyphenols in cereal food components. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(2), 94–101.

Ficco, D.B.M., Borrelli, G.M., Miedico, O., Giovanniello, V., Tarallo, M., Pompa, C. et al. (2020). Effect of grain debranning on bioactive compounds, antioxidant capacity and essential and toxic trace elements in purple durum wheats. *LWT – Food Science and Technology*, 118, 108734.

Gealy, D.R., Bryant, R.J. (2009). Seed physicochemical characteristics of field-grown US weedy red rice (*Oryza sativa*) biotypes: Contrasts with commercial cultivars. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 239–245.

Guo, W., Beta, T. (2013). Phenolic acid composition and antioxidant potential of insoluble and soluble dietary fibre extracts derived from select whole-grain cereals. *Food Research International*, 51(2), 518–525.

Hager, A-S., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., Arendt, E.K. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 239–247.

Hung, P.V., Maeda, T., Morita, N. (2006). Waxy and high-amylose wheat starches and flours – Characteristics, functionality and application. *Trends in Food Science & Technology*, 17(8), 448–456.

Hu, X., Fang, C., Lu, L., Hu, Z., Shao, Y., Zhu, Z. (2017). Determination of soluble sugar profile in rice. *Journal of Chromatography B*, 1058, 19–23.

Jiang, H., Yu, F., Qin, L., Zhang, N., Cao, Q., Schwab, W. (2019). Dynamic change in amino acids, alkaloids, and gallic acid in six types of tea processed from the same batch of fresh tea (*Camellia sinensis* L.) leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, 77, 28–38.

Krajcovicova-Kudlackova, M., Babinska, K., Valchovicova, M. (2005). Health benefits and risks of plant proteins. *Bratislavské lekárske listy*, 106, 231–234.

Kumar, D., Prijanka, Shukla, V., Kumar, S., Ram, R.B., Kumar, N. (2020). Metal pollution index and daily dietary intake of metals through consumption of vegetables. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, 3271–3278.

Kumar, S.B., Prabhasankar, P. (2014). Low glycemic index ingredients and modified starches in wheat based on food processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 35(1), 32–41.

Lemmens, E., Deleu, L.J., De Brier, N., Smolders, E., Delcour, J.A. (2021). Mineral bio-accessibility and intrinsic saccharides in breakfast flakes manufactured from sprouted wheat. *LWT – Food Science and Technology*, 143, 111079.



- Lopez-Corona, A.V., Valencia-Espinosa, I., González-Sánchez, F.A., Sánchez-López, A.L., Garcia-Amezquita, L.E., Garcia-Varela, R. (2022). Antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of phenolic compound family extracted from raspberries (*Rubus idaeus*): A general review. *Antioxidants*, 11, 1192.
- Cory, H., Passarelli, S., Szeto, J., Tamez, M., Mattei, J. (2018). The role of polyphenols in human health and food systems: A mini-review. *Frontiers in Nutrition*, 5, 87.
- Mišurcová, L. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. Disertační práce.
- Muhammad, A., Asif, A., Anwaar, A., Nauman, K., Imran, H., Iftikhar, A. (2013). Chemical composition and sensory evaluation of tea (*Camelia sinensis*) commercialized in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 45, 901–907.
- Murphy, N., Norat, T., Ferrari, P., Jenab, M., Bueno-de-Mesquita, B., Skeie, G. (2012). Dietary fibre intake and risks of cancers of the colon and rectum in the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC). *Plos One*, 7(6), e39361
- 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, směrnic komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004.
- Nařízení Komise (EU) 2023/915 o maximálních limitech některých kontaminujících látek v potravinách a o zrušení nařízení (ES) č. 1881/2006.
- Osorio, C.E., Mejías, J.H., Rustgi, S. (2019). Gluten detection methods and their critical role in assuring safe diets for celiac patients. *Nutrients*, 11(12), 2920.
- Paulová, H., Bochořáková, H., Táborská, E. (2004). Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek. *Chemické Listy*, 98, 174–179.
- Prior, R-L., Wu, X., Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Chemistry*, 53, 4290–4302.
- Prückler, M., Siebenhandl-Ehn, S., Apprich, S., Höltinger, S., Haas, C., Schnid, E. et al. (2014). Wheat bran-based biorefinery 1. Composition of wheat bran and strategies and functionalization. *LWT – Food Science and Technology*, 56, 211–221.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(9/10), 1231–1237.
- Sanaei, F., Amin, M.M., Alavijeh, Z.P., Esfahani, R.A., Sadeghi, M., Bandarring, N.S. et al. (2021). Health risk assessment of potentially toxic elements intake via food crops consumption: Monte Carlo simulation-based probabilistic and heavy metal pollution index. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1479–1490.

- Shahidi, F., Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897.
- Smiechowska, M., Dmowski, P. (2006). Crude fibre as a parameter in the quality evaluation of tea. *Food Chemistry*, 94, 366–368.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.
- Sugino, T., Shirai, T., Kajimoto, Y., Kajimoto, O. (2008). L-ornithine supplementation attenuates physical fatigue in healthy volunteers by modulating lipid and amino acid metabolism. *Nutrition Research*, 28, 738–743.
- Šťastná, K. *Nutriční a technologická charakteristika sušenek s obsahem netradičních surovin*. Zlín: Univerzita Tomáše bati ve Zlíně, 2023. Disertační práce.
- Ujihara, T., Hayashi, N., Ikezaki, H. (2013). Objective evaluation of astringent and umami taste intensities of matcha using a taste sensor system. *Food Science and Technology Research*, 19, 1099–1105.
- Unno, K., Furushima, D., Hamamoto, S., Iguchi, K., Yamada, H., Morita, A. et al. (2018). Stress-reducing function of matcha green tea in animal experiments and clinical trials. *Nutrients*, 10(10), 1468–1481.
- Vernon, L.P. (1960). Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts. *Analytical Chemistry*, 32, 1144–1150.
- Vici, G., Belli, L., Biondi, M., Polzonetti, V. (2016). Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clinical Nutrition*, 35, 1236–1241.
- Wang, L., Xu, R., Hu, B., Li, W., Sun, Y., Tu, Y. et al. (2010). Analysis of free amino acids in Chinese teas and flower of tea plant by high performance liquid chromatography combined with solid-phase extraction. *Food Chemistry*, 123, 1259–1266.
- Wang, T., He, F., Chen, G. (2014). Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. *Journal of Functional Foods*, 7, 101–111.
- Xia, N., Wang, J-M., Gong, Q., Yang, X-Q., Yin, S-W., Qi, J-R. (2012). Characterization and *in vitro* digestibility of rice protein prepared by enzyme-assisted microfluidization: comparison to alkaline extraction. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 482–489.
- Xu, P., Ying, L., Hong, G., Wang, Y (2016). The effects of the aqueous extract and residue of Matcha on the antioxidant status and lipid and glucose levels in mice fed a high-fat diet. *Food & Function*, 7, 294–300.
- Zheng, J., Lu, B., Xu, B. (2021). An update on the health benefits promoted by edible flowers and involved mechanisms. *Food Chemistry*, 340, 127940.
- Zhu, Y., Luo, Y., Wang, P., Zhao, M., Li, L., Hu, X. et al. (2016). Simultaneous determination of free amino acids in Pu-erh tea and their changes during fermentation. *Food Chemistry*, 194, 643–649.

### Publikace autora použité v tezích

- Koláčková, T., Kolofíková, K., Sytařová, I., Snopek, L., **Sumczynski**, D., Orsavová, J. (2020a). Matcha tea: Analysis of nutritional composition, phenolics and antioxidant activity. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75, 48–53.
- Koláčková, T., **Sumczynski**, D., Bednařík, V., Vinter, Š., Orsavová, J., Kolofíková, K. (2021). Mineral and trace element composition after digestion and leaching into matcha tea infusions (*Camellia sinensis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 97, 103792.
- Koláčková, T., **Sumczynski**, D., Minařík, A., Yalcin, E., Orsavová, J. (2022). The effect of *in vitro* digestion on matcha tea (*Camellia sinensis*) active components and antioxidant activity. *Antioxidants*, 11, 889.
- Koláčková, T., **Sumczynski**, D., Zálešáková, L., Šenkárová, L., Orsavová, J., Lanczová, N. (2020b). Free and bound amino acids, minerals and trace elements in matcha (*Camellia sinensis* L.): A nutritional evaluation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103581.
- Kotásková, E., **Sumczynski**, D., Mlček J., Valášek, P. (2016). Determination of free and bound phenolics using HPLC-DAD, antioxidant activity and *in vitro* digestibility of *Eragrostis tef*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 46, 15–21.
- Koubová, E., Mrázková, M., **Sumczynski**, D., Orsavová, J. (2018a). *In vitro* digestibility, free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of thermally treated *Eragrostis tef* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 3014–3021.
- Koubová, E., **Sumczynski**, D., Šenkárová, L., Orsavová, J. (2018b). Dietary intakes of minerals, essential and toxic trace elements for adults from *Eragrostis tef* L.: A nutritional assessment. *Nutrients*, 10(4), 479.
- Mlček, J., **Sumczynski**, D. *Nutraceutická potravinářská směs*. Česká republika. Patent, CZ 306520B6.
- Mlček, J., **Sumczynski**, D. *Nutraceutická potravinářská směs*. Česká republika. Užitiný vzor, CZ 28846U1.
- Mrázková, M., **Sumczynski**, D., Orsavová, J. (2021). Non-traditional muesli mixtures supplemented by edible flowers: Analysis of nutritional composition, phenolic acids, flavonoids and anthocyanins. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76, 371–376.
- Mrázková, M., **Sumczynski**, D., Orsavová, J. (2023). Influence of storage conditions on stability of phenolic compounds and antioxidant activity values in nutraceutical mixtures with edible flowers as new dietary supplements. *Antioxidants*, 12, 962.
- Rop, O., Balík, J., Řezníček, V., Jurikova, T., Škardová, P., Salaš, P., Sochor, J., Mlček, J., **Kramářová**, D. (2011a). Chemical characteristics of fruits of some selected quince (*Cydonia oblonga* Mill) cultivars. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(1), 65–73.

Rop, O., Jurikova, T., Mlček, J., **Kramářová, D.**, Sengee, Z. (2009). Antioxidant activity and selected nutritional values of plums (*Prunus domestica* L.) typical of the White Carpathian Mountains. *Scientia Horticulturae*, 122(4), 545–549.

Rop, O., Jurikova, T., Sochor, J., Mlček, J., **Kramářová, D.** (2011b). Antioxidant capacity, scavenging radical activity and selected chemical composition of native apple cultivars from central Europe. *Journal of Food Quality*, 34, 187–194.

**Sumczynski, D.**, Bubelová, Z., Fišera, M. (2015a). 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*, 40, 8–13.

**Sumczynski, D.**, Bubelová, Z., Sneyd J., Erb-Weber, S., Mlček, J. (2015b). Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. *Food Chemistry*, 174, 319–325.

**Sumczynski, D.**, Fišera, M., Salek, R.N., Orsavová, J. (2023). The effect of flake production and *in vitro* digestion on releasing minerals and trace elements from wheat flakes: The extended study of dietary intakes for individual life stage groups. *Nutrients*, 15(11), 2509.

**Sumczynski, D.**, Koubová, E., Sneyd, J., Erb-Weber, S., Orsavová, J. (2018a). Preparation of non-traditional Dickkopf and Richard wheat flakes: Phenolic and vitamin profiles and antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, 90, 31–37.

**Sumczynski, D.**, Kotásková, E., Družbíková, H., Mlček, J. (2016). 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*, 211, 339–346.

**Sumczynski, D.**, Kotásková, E., Orsavová, J., Valášek, P. (2017). Contribution of individual phenolics to antioxidant activity and *in vitro* digestibility of wild rices (*Zizania aquatica* L.). *Food Chemistry*, 218, 107–115.

**Sumczynski, D.**, Koubová, E., Šenkárová, L., Orsavová, J. (2018b). Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry*, 264, 386–392.

**Sumczynski, D.**, Šťastná, K., Burešová, I., Koláčková, T. *Směs na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přidavkem nutraceutických surovin*. Česká republika. Užiténý vzor, CZ 33013U1.

Šťastná, K., Mrázková, M., **Sumczynski, D.**, Cindik, B., Yalçin, E. (2019). The nutritional value of non-traditional gluten-free flakes and their antioxidant activity. *Antioxidants*, 8(11), 565.

Šťastná, K., **Sumczynski, D.**, Yalçin, E. (2021). Nutritional composition, *in vitro* antioxidant activity and phenolic profile of shortcrust cookies supplemented by edible flowers. *Foods*, 10, 2531.

## Životopis autora

### Jméno a příjmení

### Kontaktní údaje

### Zaměstnavatel

### Identifikátory

### Vzdělání

2016–2017

2007–2009

2000–2003

1996–2000

### Zahraniční stáže

říjen 2009

říjen 2008

září 2007

### Odborné působení na VŠ

2020 – dosud

2020 – dosud

2023 – dosud

2023 – dosud

2023 – dosud

2023 – dosud

### Řešené projekty

doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

sumczynski@utb.cz, tel.: +420 576031525

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Vavrečkova 275, Zlín 760 01

Orcid 0000-0002-9378-1429, Scopus ID 56962728200, Researcher ID H-6548-2012

Habilitace, UTB ve Zlíně, Fakulta technologická, Obor: Technologie potravin

Bakalářské studium, UTB ve Zlíně, Fakulta humanitních studií, Obor: Učitelství odborných předmětů pro SŠ

Doktorské studium, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Obor: Materiálové inženýrství

Magisterské studium, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Obor: Potravinářská chemie a biotechnologie

Abant Izzert Baysal University, Turecko – Erasmus

Abant Izzert Baysal University, Turecko – Erasmus

Instituto Politécnico de Beja, Portugalsko – Erasmus

člen Oborové rady DSP Analytická chemie, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická

člen Oborové komise DSP Chemie a technologie potravin

člen Oborové komise DSP Chemie a technologie ochrany životního prostředí

člen Oborové komise DSP Environmental Chemistry and Technology

člen Oborové komise DSP Chemie, technologie a analýza potravin

člen Oborové komise DSP Chemistry, technology and Analysis of Food

IGA/FT/2023/003	Stanovení biologicky aktivních látek u vybraných komodit rostlinného a živočišného původu a sledování jejich změn při technologických procesech.
ADAPT UTB: NPO_UTB_MSMT- 16585/2022.	Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní, Transformace UTB ve Zlíně. Příprava přednášek pro předmět Principy prodloužení trvanlivosti pokrmů a skladování.
FSR/FT/CŽV/2022	Gastronomie ve vztahu k výživě člověka. Příprava přednášek na téma Uchování pokrmů, přídatné látky na bázi antioxidantů a konzervantů.
IGA/FT/2021/008	Stanovení biologicky aktivních látek a dalších parametrů netradičních potravin u vybraných technologických procesů.
IGA/FT/2020/010	Nutriční znaky netradičních surovinových komponent.
IGA/FT/2018/006	Stanovení nutričních znaků rostlinných surovinových komponent.
3/2018/FSR	Fond strategického rozvoje UTB. Vývoj receptury pro sušenky s přídavkem netradičních surovin s vyšší biologickou hodnotou
CZ 02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002204 (2017–2022)	Strategický projekt UTB ve Zlíně. Příprava přednášek a seminářů v anglické jazyce pro předmět Functional Foods.
CZ 02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002204 (2017–2022)	Strategický projekt UTB ve Zlíně. Příprava přednášek a seminářů v českém jazyce pro předmět Chemie nutraceutik.
02/1/2016 TAČR	TAČR GAMA TG03010052. Komercializace na UTB ve Zlíně. Dílčí projekt 02/1/2016/Gama. Vývoj cereální směsi se zvýšenou biologickou hodnotou
IGA/FT/2016/008	Stanovení bioaktivních látek v netradičních surovinách a produktech rostlinného původu.
IGA/FT/2015/010	Stanovení vybraných biologicky aktivních látek produktů rostlinného původu.
IP FT36A/2015 OPVK 1.07/2.4.00/31.0026	Inovace předmětu Analýza potravin Podpora transferu inovací v zemědělství, potravinářství a oblasti bioenergií do praxe – koordinátor tuzemských aktivit

OPVK 1.07/2.3.00/35.0013

Partnerství pro podporu popularizace VaV a další vzdělávání v oblasti popularizace transferu v oblasti zemědělství, potravinářství a bioenergetiky – odborný garant studentů a pracovníků VaV.

### **Vybrané výsledky tvůrčí činnosti**

Počet impaktovaných výstupů na WOS (údaje březen 2024)	43, z toho originálních článků 40, H-index 18, citace bez autocitací 1551
Počet výstupů na Scopus (údaje březen 2024)	44, z toho impaktovaných článků 40, H-index 20, citace bez autocitací 1737
Články v recenzovaných časopisech	8
Články ve sbornících konferencí	15
Patenty, užité vzory	CZ 305259B6, CZ 28846U1, CZ 306520B6, CZ 33013U1
Funkční vzorky	Sumczynski, D., Fojtíková, L., Zálešáková, L., Zelinová, R. (2018). Cereální směs s vyšší biologickou hodnotou (surovinová skladba směsi obsahující lepek a bezlepkové směsi) Funkční vzorky č. 1–4. Dílčí projekt Vývoj cereální směsi se zvýšenou biologickou hodnotou (TG03010052), poskytovatel TAČR.

### **Pedagogická činnost**

Garant, přednášející nebo cvičící v předmětech	Analýza potravin, Chemie nutraceutik, Chemie přídatných látek a doplňků potravin, Funkční potraviny, Principy úchovy potravin, Základy úchovy a skladování pokrmů, Zpracování ovoce, zeleniny a minoritních rostlinných surovin
Vedení diplomových a bakalářských prací (posledních 5 let/celkem)	19/142
Vedení nebo konzultace obhájených disertačních prací	7

doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

**Nutriční parametry vybraných rostlinných surovin a jejich využití  
v oblasti cereálních technologií**

Nutritional parameters of selected plant raw materials and their use in cereal  
technology

Teze přednášek ke jmenování profesorem

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

Náklad: 90 výtisků

Sazba: Daniela Sumczynski

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2024

ISBN 978-80-7678-245-7