

Dizertační práce

**VÝROBA NETRADIČNÍCH MÜSLI SMĚSÍ
S JEDLÝMI KVĚTY A JEJICH NUTRIČNÍ
ANALÝZA**

**PRODUCTION OF NON-TRADITIONAL MUESLI WITH
EDIBLE FLOWERS AND THEIR NUTRITIONAL ANALYSIS**

Autor: **Ing. Martina Mrázková**

Studijní program: Chemie a technologie potravin (P2901)

Studijní obor: Technologie potravin (2901V013)

Školitel: doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

Oponenti: prof. RNDr. Leona Buňková, Ph.D.
doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.

Zlín, 2022

© Martina Mrázková

Klíčová slova: *netradiční müsli, netradiční obilovina, jedlý květ, polyfenoly, antioxidační aktivita, HPLC, ICP-MS*

Key words: *non-traditional muesli, non-traditional cereal, edible flower, phenolics, antioxidant activity, HPLC, ICP-MS*

Práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

Tato disertační práce byla spolufinancována z projektů Interní grantové agentury Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně číslo A/FT/2017/006, IGA/FT/2018/006, IGA/FT/2019/004, IGA/FT/2020/010.

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení mé disertační práce. Dále děkuji všem ostatním, kteří mě během studia podporovali a inspirovali k dokončení této práce.

Velké poděkování patří mé rodině za trpělivost a podporu po celou dobu studia.

ABSTRAKT

Dizertační práce se zabývá stanovením základních nutričních a biologicky aktivních látek a změn v jejich koncentracích za definovaných skladovacích podmínek u netradičních müsli směsí obohacených jedlými květy. Navržené směsi jsou dobře stravitelné, jsou zdrojem vlákniny a bílkovin, jsou bohaté na vitamín C, vitamíny B-komplexu a minerální prvky. Konzumace 50 g směsi poskytuje více než 100% příspěvek k RDA riboflavinu, kyselin pantotenové a listové, tiaminu, manganu, mědi a vyšší příspěvky k RDA zinku, hořčíku a železa (nad 40 %) pro věkovou kategorii 31–50 let. Příspěvky směsi k hodnotám PTWI (PTMI) pro hliník, kadmium, cín a rtuť pro muže (80 kg) a ženy (65 kg) jsou pod 4 %. Nejvyšší koncentrace celkových TPC byly naměřeny ve frakcích volných a konjugovaných. Hodnoty AOA pozitivně korelují s hodnotami celkových TPC ($r = 0,72$ a výše). Ve směsích byly nejvíce zastoupeny kyseliny protokatechinová, neochlorogenová, sinapová a gallová, ze skupiny flavonoidů epikatechin, kvercetin a epigallokatechin. Z antokyanových barviv převládají antokyaniny (kyanidin-3-glukosid, delfinidin-3-glukosid a pelargonidin-3-glukosid) a antokyanidiny (delfinidin a kyanidin). Celkové TPC a TAC byly nejméně stabilní při skladování za přístupu světla. Za definovaných skladovacích podmínek byly % úbytky v obsahu TAC (až 62 %) vyšší než úbytky v obsahu TPC (až 53 %), přičemž hodnoty AOA klesaly jen minimálně (max. do 21 %). Na skladovací podmínky byly nejvíce citlivé flavonoidy katechin, kvercetin, z kyselin protokatechinová, neochlorogenová, ellagová a *p*-kumarová. Glykosylované formy antokyanových barviv byly za definovaných skladovacích podmínek stabilnější. Skladovací pokus ukázal, že u bezlepkových směsí došlo k vyššímu poklesu v obsahu biologicky aktivních látek ze skupiny polyfenolů, nejvíce degradovala antokyanová barviva (např. peonidin). Výrobci lze doporučit z hlediska stability polyfenolických látek balit směsi do tmavých obalů bez přístupu vzduchu a světla.

ABSTRACT

This dissertation deals with determination of basic nutritional and selected biologically active substances and changes in their concentrations under the specifically defined storage conditions in non-traditional muesli mixtures with edible flowers. Such designed mixtures are easily digestible and serves as a source of fiber and protein. They are rich in vitamin C, vitamin B-complex and minerals. The consumption of 50 g of the mixture provides more than a 100% contribution to the RDA of riboflavin, pantothenic and folic acids, thiamine, manganese, copper and higher contributions to the RDA of zinc, magnesium and iron (above 40%) for people aged 31–50. Contributions of the mixtures to the PTWI (PTMI) values for aluminum, cadmium, tin and mercury for men (80 kg) and women (65 kg) are below 4%. The highest concentrations of total TPC were measured in free and conjugated fractions of the mixtures. AOA values positively correlated with total TPC values ($r = \text{min. } 0.72$). Protocatechuic, neochlorogenic, sinapic and gallic acids as well as epicatechin, quercetin and epigallocatechin are the most represented substances in the mixtures. Anthocyanins (cyanidine-3-glucoside, delphinidine-3-glucoside and pelargonidine-3-glucoside) and anthocyanidins (delphinidin and cyanidine) predominate in anthocyanin group. Total TPC and TAC are the least stable when stored in light at laboratory temperature. Concerning the defined storage conditions, percentage decreases in TAC content (up to 62%) were higher than in TPC content (up to 53%), while AOA values decreased only minimally (up to 21%). The most sensitive flavonoids to the storage conditions proved to include catechin, quercetin, protocatechuic, neochlorogenic, ellagic and *p*-coumaric acids. Glycosylated forms of anthocyanin colors were more stable under the defined storage conditions. A shelf life experiment revealed a more significant decrease in the content of polyphenols in gluten-free mixtures, whereas the anthocyanin colors (e.g. peonidine) degraded the most. Considering the stability of polyphenolic substances, manufacturers should be recommended to package mixtures in dark containers without the access to air and light.

OBSAH

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	10
1.1 Charakteristika müsli směsí	10
1.1.1 Netradiční obiloviny a pseudoobiloviny.....	10
1.1.2 Ovocný podíl	11
1.1.3 Jedlé květy	12
1.1.4 Ořechy a olejnatá semena	13
1.2 Nutriční složení vybraných netradičních surovin	14
1.3 Vybrané biologicky aktivní látky surovin müsli směsí	15
1.3.1 Polyfenolické sloučeniny.....	15
1.3.2 Vitamíny a minerální prvky.....	17
1.4 Stabilita biologicky aktivních látek při chemicko-technologickém zpracování surovin.....	18
2. CÍLE PRÁCE.....	20
2.1 Dílčí cíle	20
3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ	21
3.1 Příprava vzorků	21
3.1.1 Příprava vloček z netradičních surovin.....	21
3.1.2 Příprava müsli směsí a stanovení vybraných jakostních parametrů	21
3.2 Stanovení vlhkosti	27
3.3 Stanovení popela	27
3.4 Stanovení celkových lipidů	27
3.5 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou s následným přepočtem na obsah hrubé bílkoviny	27
3.6 Stanovení hrubé vlákniny.....	28
3.7 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny	28
3.8 Stanovení stravitelnosti	28
3.9 Stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity	29
3.9.1 Extrakce volných, vázaných a konjugovaných polyfenolů	29
3.9.2 Stanovení celkových polyfenolů	30
3.9.3 Stanovení antioxidační aktivity metodou s ABTS.....	30
3.9.4 Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH.....	30
3.9.5 Stanovení volných, konjugovaných a vázaných polyfenolů pomocí HPLC.....	31
3.10 Stanovení antokyanů	31
3.10.1 Extrakce antokyanových barviv	31
3.10.2 Stanovení celkového obsahu antokyanových barviv (TAC)	32
3.10.3 Stanovení profilu antokyanů pomocí HPLC.....	32
3.10.4 Stanovení obsahu vitamínu C	33
3.10.5 Stanovení vitamínů skupiny B pomocí HPLC.....	33

3.10.6	Stanovení prvkového složení pomocí ICP-MS	34
3.10.7	Statistické zpracování dat.....	34
4.	VÝSLEDKY A DISKUZE EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI.....	35
4.1	Stanovení základních nutričních znaků müsli směsí a monitoring vlhkosti 36	
4.2	Stanovení celkového obsahu polyfenolů	40
4.2.1	Stanovení TPC v rámci pilotního skladování.....	41
4.3	Stanovení polyfenolického profilu müsli směsí	43
4.3.1	Stanovení polyfenolického profilu müsli směsí v rámci pilotního skladování.....	49
4.4	Stanovení obsahu vitamínu C pomocí HPLC v rámci pilotního skladování 54	
4.5	Stanovení obsahu vitamínu skupiny B pomocí HPLC	55
4.6	Stanovení antioxidační aktivity (AOA) metodami s ABTS a DPPH.....	58
4.6.1	Stanovení antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH v rámci pilotního skladování.....	60
4.7	Stanovení antokyanových barviv	62
4.7.1	Stanovení antokyanových barviv v rámci pilotního skladování.....	62
4.8	Stanovení antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC	64
4.8.1	Stanovení antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC v rámci pilotního skladování.	65
4.9	Stanovení obsahu minerálních prvků pomocí ICP-MS.....	68
4.9.1	Makrobiogenní prvky	68
4.9.2	Mikrobiogenní prvky.....	69
4.9.3	Stopové prvky	69
4.10	Stanovení základních nutričních znaků vybraných müsli směsí za definovaných skladovacích podmínek.....	75
4.11	Stanovení celkového obsahu polyfenolů za definovaných skladovacích podmínek.....	79
4.12	Stanovení polyfenolického profilu směsí za definovaných skladovacích podmínek.....	83
4.13	Stanovení antioxidační aktivity za definovaných skladovacích podmínek 97	
4.14	Stanovení celkových antokyanových barviv za definovaných skladovacích podmínek.....	103
4.15	Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů po skladování za definovaných podmínek.....	105
5.	PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	111
6.	ZÁVĚR.....	112
7.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	114
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ	150
9.	SEZNAM TABULEK.....	151

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	154
11. PŘÍLOHA I.....	156
12. PŘÍLOHA II	159
13. PŘÍLOHA III.....	159
14. PŘÍLOHA IV	160
15. PŘÍLOHA V.....	161
16. PŘÍLOHA VI.....	163
17. PUBLIKAČNÍ AKTIVITY AUTORA.....	164
18. ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA	165

ÚVOD

Obiloviny představují pro člověka významný zdroj energie, bílkovin, minerálních látek a vitamínů skupiny B (Morris, 2016). V důsledku narůstajícího počtu populace postižené celiakií se v posledních letech navíc zvyšuje zájem o pseudocereálie (Gallagher et al., 2002). Cereálie a pseudocereálie jsou často zpracovány pro lidskou spotřebu jako snídaňové produkty, kdy jsou různými technologickými operacemi (třídění, loupání, broušení či leštění, vaření, tvarování, sušení apod.) určeny k přímé spotřebě. K obilnému podílu mohou být přimíchávány ořechy, semínka a ovoce (Caldwell et al., 2004; Quatela et al., 2018; Burešová et al., 2013). Obvykle se konzumují s mlékem nebo jogurtem, ale i v suchém stavu (Quatela et al., 2018). V posledních letech roste jejich obliba v důsledku změn stravovacích návyků, a to především z důvodu prevence snížení rizik chronických onemocnění a zvýšení kvality stravy (Giovannini et al., 2008).

Snídaňové cereálie můžeme dělit na ready-to-eat-cereals (RTE) a hot-cereals. První skupina cereálií je připravena k okamžité spotřebě bez dalšího vaření (či jiné tepelné úpravy) v domácnosti. Jsou relativně stabilní a vhodné ke skladování. Tyto směsi se vyrábějí především z kukuřice, pšenice, ovsa a rýže. Směsi mohou být ochuceny i dalšími přísadami. Druhou skupinou jsou již zmiňované hot-cereals. Tyto jsou předchystány k další tepelné úpravě. Před jejich konzumací vyžadují nejčastěji přidání horké vody nebo mléka (Caldwell et al., 2004).

Celosvětovým problémem lidské populace je nárůst civilizačních chorob, proto roste zájem o nutričně bohatší potraviny. Také dochází stále častěji k vyhledávání netradičních rostlinných surovin, které jsou zdrojem biologicky aktivních látek s antioxidačními vlastnostmi (Hidalgo et al., 2018; Javid et al., 2019). Obiloviny jsou významným zdrojem fytochemikálií, jako jsou fenoly (flavonoidy a z nich zejména antokyany), fytosteroly a karotenoidy. Tyto látky se mohou podílet na prevenci chronických onemocnění a rakoviny (Saldivar, 2016). Zvyšující se zájem o nutričně bohaté potraviny vyvolal zájem i o jedlé květy, které mají vysokou antioxidační aktivitu, což je způsobeno především vysokým obsahem antokyaninových barviv. Jsou také zdrojem minerálních prvků a byl u nich prokázán protizánětlivý a protinádorový účinek. I když se jedlé květy stále častěji vyskytují v našich pokrmech, část populace pohlíží na konzumaci květů s určitým podezřením. Pro konzumenty je proto také důležitá jejich chutnost (Nicolau a Gostin, 2016; Benvenuti et al., 2016; Skrajda-Brdak et al., 2020; Takahashi et al., 2020).

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

1.1 Charakteristika müsli směsí

Historie snídaňových cereálií sahá až do starověkého Řecka a jejich konzumace je ovlivněna změnou životního stylu v průběhu staletí (Caldwell et al., 2004). Pojem müsli směs je dle legislativy směs mlýnských obilných výrobků, upravených vločkováním, extrudováním nebo další vhodnou technologií, k nimž jsou přidány další složky. Jsou to zejména jádra suchých plodů, sušené nebo jinak zpracované ovoce a suroviny upravující chuť, vůni nebo konzistenci (Vyhláška č.18/2020 Sb.). Snídaňové cereálie jsou nejvíce konzumovány ve Velké Británii (cca 8 kg za rok/osobu), následuje Austrálie, Amerika a Kanada. Spotřeba v Evropě se pohybuje cca 1 kg za rok na osobu. V České republice je spotřeba obilovin v hodnotě zrna 146 kg za rok na osobu (SZSO, 2020). Spotřebitelé preferují RTE cereálie, obsahující nejčastěji kukuřici, rýži nebo jsou vyrobeny ze směsí cereálií. Do této skupiny řadíme také müsli směsi (Kopáčová, 2007).

1.1.1 Netradiční obiloviny a pseudoobiloviny

Mezi hlavní obiloviny patří kukuřice, rýže, pšenice, ječmen, žito, oves a čirok (Wrigley, 2019). V současnosti vzrůstá zájem o potravinové produkty se zvýšenou biologickou hodnotou, jako jsou netradiční obiloviny a pseudoobiloviny. Pseudocereálie jako amarant, quinoa a pohanka se vyznačují bohatým nutričním profilem. Jsou dobrým zdrojem sacharidů, bílkovin, lipidů, minerálních látek, vitamínů a dalších biologicky aktivních složek. Vyznačují se také vysokým obsahem aminokyselin, především leucinu a fenylalaninu. Semena těchto rostlin jsou bohatá na škrob, proto se využívají k produkci chleba, těstovin, snídaňových cereálií a vloček. Vzhledem k absenci lepkotvorných bílkovin u pseudocereálií se stále častěji tyto využívají a představují především důležitou potravinu pro celiaky (Fletcher, 2015; Perez-Rea a Antezana-Gomez, 2018; Mota et al., 2016).

Do vzorků müsli směsí, které byly připravovány v laboratorních podmínkách UACHP, byl využit merlík čilský (*Chenopodium quinoa* Willd.), který je jednoletou pseudoobilovinou z čeledi laskavcovitých. Zrno se vyznačuje vysokým podílem bílkovin (14,0–16,5 %) s vyrovnanou aminokyselinovou skladbou a vyšší koncentrací lyzinu (6,0 g.100 g⁻¹ proteinu). Merlík je zásobárnou kvalitních lipidů (cca 5,0–7,2 %) s vyšší koncentrací kyselin palmitové, stearové, olejové, linolové a linolenové. Je zdrojem saponinů (považovány za antinutriční faktory), vlákniny (2,0–2,2 %), vitamínů (niacinu, kyselin pantotenové a listové, tokoferolu) a minerálních prvků (vápník, železo, zinek, měď a mangan). Obsahuje také vyšší množství polyfenolů (kvercetinu, kaempferolu) a fytosterolů s možnými nutraceutickými přínosy. Tyto prospěšné látky se mohou podílet na snížení výskytu rakoviny, obezity,

kardiovaskulárních, gastrointestinálních a metabolických chorob (Balakrishnan a Schneider, 2020; Dakhili et al., 2019; James, 2009; Navruz-Varli a Sanlier, 2016; Repo-Carrasco et al., 2003; Jacobsen, 2003). Další použitou obilovinou je milička habešská (*Eragrostis tef* L.). Tato tropická rostlina snáší i drsné klimatické podmínky. Vyznačuje se vyváženou aminokyselinovou skladbou (ponejvíce zastoupenou kyselinou glutamovou, alaninem, prolinem, leucinem a valinem), vysokým obsahem dalších nutrientů (proteinu, škrobu, vitamínů skupiny B, minerálních látek) a vlákniny (cca 3,0 %). Díky malé velikosti zrna se často využívá pro výrobu celozrnné mouky včetně otrub a klíčků (jedná se zpracovatelsky spíše o tzv. šrot). Teff může ovlivňovat hladinu hemoglobinu v lidském těle (pravděpodobně díky vyššímu obsahu železa u hnědé variety) a předcházet výskytu anémie a diabetu. Po celém světě je často využíván pro výrobu nápojů, a to především piva (Gebremariam et al., 2014). Z obilovin byla do müsli směsí použita korasánská pšenice (*Triticum turgidum* subsp. *turanicum*) s obchodním názvem pšenice kamut. Morfologickými vlastnostmi se podobá tvrdé pšenicí (Ikanović et al., 2014). Vyznačuje se vyšším obsahem proteinů (až 17,8 %) a minerálních prvků jako jsou draslík, hořčík, vápník, železo, fosfor a selen. Ukazuje se, že kamut by mohl poskytnout ochranu před akutními koronárními syndromy, oxidačním stresem a zánětlivými stavy (Whittaker et al., 2015).

1.1.2 Ovocný podíl

Mezi hlavní obiloviny patří kukuřice, rýže, pšenice, ječmen, žito, oves a čirok (Wrigley, 2019). V současnosti vzrůstá zájem o potravinové produkty se zvýšenou biologickou hodnotou, jako jsou netradiční obiloviny a pseudoobiloviny. Pseudocereálie jako amarant, quinoa a pohanka se vyznačují bohatým nutričním profilem. Jsou dobrým zdrojem sacharidů, bílkovin, lipidů, minerálních látek, vitamínů a dalších biologicky aktivních složek. Vyznačují se také vysokým obsahem aminokyselin, především leucinu a fenylalaninu. Semena těchto rostlin jsou bohatá na škrob, proto se využívají k produkci chleba, těstovin, snídaňových cereálií a vloček. Vzhledem k absenci lepkotvorných bílkovin u pseudocereálií se stále častěji tyto využívají a představují především důležitou potravinu pro celiaky (Fletcher, 2015; Perez-Rea a Antezana-Gomez, 2018; Mota et al., 2016).

Do vzorků müsli směsí, které byly připravovány v laboratorních podmínkách UACHP, byl využit merlík čilský (*Chenopodium quinoa* Willd.), který je jednoletou pseudoobilovinou z čeledi laskavcovitých. Zrno se vyznačuje vysokým podílem bílkovin (14,0–16,5 %) s vyrovnanou aminokyselinovou skladbou a vyšší koncentrací lyzinu (6,0 g.100 g⁻¹ proteinu). Merlík je zásobárnou kvalitních lipidů (cca 5,0–7,2 %) s vyšší koncentrací kyselin palmitové, stearové, olejové, linolové a linolenové. Je zdrojem saponinů (považovány za antinutriční faktory), vlákniny (2,0–2,2 %), vitamínů (niacinu,

kyselin pantotenové a listové, tokoferolu) a minerálních prvků (vápník, železo, zinek, měď a mangan). Obsahuje také vyšší množství polyfenolů (kvercetin, kaempferol) a fytosterolů s možnými nutraceutickými přínosy. Tyto prospěšné látky se mohou podílet na snížení výskytu rakoviny, obezity, kardiovaskulárních, gastrointestinálních a metabolických chorob (Balakrishnan a Schneider, 2020; Dakhili et al., 2019; James, 2009; Navruz-Varli a Sanlier, 2016; Repo-Carrasco et al., 2003; Jacobsen, 2003). Další použitou obilovinou je milička habešská (*Eragrostis tef* L.). Tato tropická rostlina snáší i drsné klimatické podmínky. Vyznačuje se vyváženou aminokyselinovou skladbou (ponejvíce zastoupenou kyselinou glutamovou, alaninem, prolinem, leucinem a valinem), vysokým obsahem dalších nutrientů (proteinu, škrobu, vitamínů skupiny B, minerálních látek) a vlákniny (cca 3,0 %). Díky malé velikosti zrna se často využívá pro výrobu celozrnné mouky včetně otrub a klíčků (jedná se zpracovatelsky spíše o tzv. šrot). Teff může ovlivňovat hladinu hemoglobinu v lidském těle (pravděpodobně díky vyššímu obsahu železa u hnědé variety) a předcházet výskytu anémie a diabetu. Po celém světě je často využíván pro výrobu nápojů, a to především piva (Gebremariam et al., 2014). Z obilovin byla do müsli směsí použita korasánská pšenice (*Triticum turgidum* subsp. *turanicum*) s obchodním názvem pšenice kamut. Morfologickými vlastnostmi se podobá tvrdé pšenici (Ikanović et al., 2014). Vyznačuje se vyšším obsahem proteinů (až 17,8 %) a minerálních prvků jako jsou draslík, hořčík, vápník, železo, fosfor a selen. Ukazuje se, že kamut by mohl poskytnout ochranu před akutními koronárními syndromy, oxidačním stresem a zánětlivými stavy (Whittaker et al., 2015).

1.1.3 Jedlé květy

Rozvoj a využití potravinových zdrojů zvyšuje zájem o jedlé květy, a to zejména pro jejich nutriční vlastnosti a obsah fytonutraceutik (Chen et al., 2020; Zhao et al., 2019). Doposud jsou identifikovány stovky jedlých květů, které mohou mít přínos pro lidské zdraví (Chitrakar et al., 2019). V porovnání s běžně konzumovanými druhy zeleniny a ovoce vykazují jedlé květy vysokou antioxidační aktivitu. Proto mohou sloužit jako přírodní antioxidační zdroj pro potenciální využití ve funkčních potravinách, v potravinářském a farmaceutickém průmyslu (Benvenuti et al., 2016; He et al., 2015; Chen et al., 2018). Kvůli vyššímu obsahu vlhkosti, podléhají čerstvé květy rychle zkáze. Nejvhodnější technologií pro jejich uchování je sušení (Zhao et al., 2019; Chitrakar et al., 2019).

Do připravených směsí byly přidány květy levandule lékařské (*Lavandula angustifolia* L.), což je trvalá aromatická rostlina z čeledi hluchavkovitých. Rostlina je primárně využívána pro éterický olej, který je izolován z jejího aromatického květenství. Levandulový olej je známý svou vynikající vůní a je značně využíván v kosmetickém průmyslu (Korkunc, 2018; Erland a Mahmoud,

2016; Verma et al., 2010; Hritcu et al., 2012). Převládající složky jsou linalool, linalyl acetát, terpinen-4-ol, acetát lavandulol, *o*-cimen a cineol. Olej vykazuje antioxidační a antimikrobiální účinky. Levandule je také dobrým zdrojem fytoosterolů, antokyanů, minerálních prvků a taninů (Prusinowska a Śmigielski, 2014). Dalším květem, který byl použit do směsí je květ chrpy polní (*Centaurea cyanus* L.). Je to okrasná rostlina s modrými květy, které mají potravinářské, dekorativní a barvicí využití. Květy jsou bohaté na tokoferoly a organické kyseliny (Lockowandt et al., 2019). Do směsí byly také přidány květy ibišku súdánského (*Hibiscus sabdariffa* L.), které se ve světě využívají především k výrobě studených a teplých nápojů. V lidovém lékařství se používá k léčbě krevního tlaku, onemocnění jater a horečky. Květy mají vysokou antioxidační aktivitu, olej získaný ze semen rostliny má inhibiční účinek na některé bakterie a houby (Ali et al., 2005).

1.1.4 Ořechy a olejnata semena

Ořechy jsou nutričně hodnotné potraviny, obsahující nenasycené mastné kyseliny (hlavně kyselinu olejovou), bílkoviny, vlákninu, vitamíny (především vitamín E), minerální prvky, fenolické sloučeniny a fytoosteroly (zejména β -sitosterol) (Ros, 2010; Richardson, 1996). Konzumace ořechů může snižovat výskyt vážných zdravotních rizik, zejména kardiovaskulárních chorob a některých typů rakoviny (Richardson, 1996). Mohou se podílet na prevenci vzniku obezity, také vykazují antioxidační a protizánětlivé účinky (Grosso a Estruch, 2016). Skořápkové plody mohou být dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 alergeny a mohou způsobit u přecitlivělých jedinců nepřiměřenou reakci imunitního systému až anafylaktický šok.

Do modelových směsí bylo přidáno semeno lnu (*Linum usitatissimum* L.), které je bohatým zdrojem vlákniny, ω -3 mastných kyselin, bílkovin a dalších fotochemikálií s vysokou antioxidační aktivitou (Wang et al., 2017). Další surovinou aplikovanou do směsí bylo i konopné semínko (*Cannabis sativa* L.). Rostlina konopí je bohatá na terpeny, které mohou mít protizánětlivé, antioxidační, antidepresivní a protirakovinné účinky (Nuutinen, 2018). Obsah oleje v semenu tvoří 30 a bílkoviny 25 hmotn. %. Semeno konopí je bohatým zdrojem vlákniny, vitamínů a minerálních prvků. Olej obsahuje více než 80 % polynenasycených mastných kyselin a je významným zdrojem esenciálních mastných kyselin, kyselin linolové (18:2, ω -6) a α -linolenové (18:3, ω -3) (Callaway, 2004). Je také důležitým zdrojem antioxidantů jako jsou tokoferoly a karoteny (Grijó et al., 2019). Dalším olejnатыm semenem, které bylo využito je chia semínko (*Salvia hispanica* L.). Je považováno za přírodní zdroj ω -3 mastných kyselin, bílkovin, vitamínů, minerálních prvků a přírodních antioxidantů. Ve výživě napomáhá zvyšovat index sytosti, působí preventivně proti kardiovaskulárním chorobám, poruchám nervového systému, diabetu

a vykazuje protizánětlivé účinky. Proto může být semínko považováno za funkční potravinu s širokým využitím ve zdravotnictví, potravinářství a farmacii (Muñoz et al., 2013). V neposlední řadě byly přidány mandle, které jsou zdrojem tiaminu, riboflavinu, niacinu, také jsou zdrojem vitamínů D a E. Jsou bohaté na vápník, měď, hořčík, železo, fosfor, selen, zinek, draslík, bílkoviny a vlákninu (Nicklas et al., 2016). Příznivé složení olejů a vlákniny přispívá k hypocholesterolemickému efektu (Kamil a Chen, 2012). Jejich konzumace snižuje riziko kardiovaskulárních chorob a snižuje diabetická rizika (Hyson et al., 2002; Kamil a Chen, 2012; Chen et al., 2006).

1.2 Nutriční složení vybraných netradičních surovin

Cereálie zastávají v lidské výživě podstatný zdroj živin a energie. Stále častěji vyhledávané bezlepkové obiloviny a pseudoobiloviny, jako je amarant, pohanka, kukuřice, proso, rýže, čirok a quinoa mohou být důležitými zdroji vitamínů, minerálních látek, vlákniny a dalších živin (Petrova a Petrov, 2020; Omary et al., 2012). Pseudocereálie jsou důležitou potravou pro část populace, hlavně u celiaků a v porovnání s obilovinami mají mnohdy zajímavější nutriční profil. Obsahují 55–75 % škrobu, 7–15 % bílkovin, 2–5 % lipidů, 2–4 % minerálních prvků a 7–15 % vlákniny (Malleshi et al., 2021).

Quinoa se vyznačuje vysokou nutriční a biologickou hodnotou. Obsahuje 15,6–18,7 % bílkovin s širokým spektrem aminokyselin, kdy zrno je především bohaté na lyzin, arginin a leucin. Ve zralém zrně tvoří celkový protein především frakce globulinů 37 % a albuminů 35 %. Obsah prolaminů je 0,5–7,0 % (Dakhili et al., 2019; James 2009). Quinoa je také důležitým zdrojem lipidů (3,9–5,2 %). Lipidový profil je z celkového obsahu tvořen z 85 % součtem MUFA a PUFA, které jsou tvořeny z kyselin linolové (58–61 %), olejové (18–20 %) a α -linolenové (6–8 %). Kyselina palmitová je hlavní zástupce SFA (9–10 %). Zrna obsahují vysoký obsah popela (2,9–3,8 %), což je třikrát vyšší v porovnání s pšenicí, kukuřicí a rýží s vyšším obsahem fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku, sodíku a železa. Sacharidový profil vykazuje jako hlavní cukr sacharózu (asi 1,5 %), naopak obsah fruktózy a glukózy je nižší, proto mají zrna nižší glykemický index (Gómez et al., 2021).

Pohanka je bezlepková plodina, jejíž zrno je zdrojem sacharidů (71 %), bílkovin (13 %), lipidů (3 %) a vlákniny (10 %). Vysoká nutriční hodnota zrna je především díky vysoké hladině lyzinu (Arendt a Zannini, 2006). Zrno je bohaté na fytochemikálie, například rutin a kvercetin. Dále je pohanka zdrojem draslíku, fosforu, hořčíku a zinku (Préstamo et al., 2003; Huda et al., 2020), obsahuje také vysokou hladinu PUFA, jako je např. kyselina linolová (Arendt a Zannini, 2006).

Milička habešská má díky svému nutričnímu profilu a bezlepkové povaze zrna vhodné využití při potravinových alergiích (Gebremariam et al., 2014). Obsahuje 10–12 % bílkovin a je významným zdrojem vápníku, fosforu

a tiaminu (Yigzaw et al., 2001). Má vyrovnané složení aminokyselin, včetně všech 8 esenciálních pro člověka (Gebremariam et al., 2014). Mouka z miličky obsahuje 1,5 % lipidů a cca 2,1 % popela a je vhodná pro výrobu bezlepkového kváskového chleba (Moroni et al., 2010).

Jáhly (vyrobené loupáním zrn prosa) patří do skupiny bezlepkových obilovin a jsou významným zdrojem všech základních živin. Zrno obsahuje 4,2 % lipidů, 61,8 % škrobu, 11,7 % proteinu, 2,7 % popela a 16,6 % vlákniny. Zrno je bohaté na fytochemikálie (např. kaempferol, kyselinu vanilovou) a je dobrým zdrojem vápníku a vitamínů (Mustač et al., 2020; Yousaf et al., 2021; Pradeep a Sreerama, 2015).

Levandule představuje důležitou rostlinu pěstovanou především z důvodu vysokého obsahu esenciálního oleje (Korkunc, 2018; Verma et al., 2010), jehož obsah v květu je kolem 2,8 %. Bylo identifikováno na 37 složek tohoto esenciálního oleje, což představuje 97,8 % z jeho obsahu. Hlavní složky představují linalyl acetát (47,6 %), linalool (28,1 %), lavandulyl acetát (4,34 %) a α -terpinenol (3,75 %). Levandule je také zdrojem antokyanů, sacharidů, minerálních látek a tříslovin. Olej se vyznačuje antioxidantními a antimikrobiálními účinky. Příznivě působí také na trávicí a nervový systém (Prusinowska a Śmigielski, 2014).

Květy chrpy polní jsou zdrojem tokoferolů, organických kyselin a antokyanů (Lockowandt et al., 2019). Květ obsahuje 10,1 mg.kg⁻¹ α -tokoferolu a 2,9 mg.kg⁻¹ γ -tokoferolu. Z organických kyselin je nejvíce zastoupena kyselina jantarová (25,5 g.kg⁻¹) a citronová (22,9 g.kg⁻¹). Celkový obsah antokyanů v květu chrpy je 2,7 g.kg⁻¹ a obsah celkových polyfenolů 38 g.kg⁻¹ (Lockowandt et al., 2019).

Květy ibišku jsou využívány díky svému rozmanitému nutričnímu složení. Květ obsahuje 55 g.kg⁻¹ bílkovin, 74 g.kg⁻¹ popele a 4,7 g.kg⁻¹ lipidů. Z organických kyselin jsou nejvíce zastoupeny kyselina jablečná (91 g.kg⁻¹) a šťavelová (18,1 g.kg⁻¹). Je také zdrojem α -tokoferolu (392 g.kg⁻¹). Extrakty z květů ibišku vykazují antioxidantní a antimikrobiální účinky (Jabeur et al., 2017).

1.3 Vybrané biologicky aktivní látky surovin müsli směsí

1.3.1 Polyfenolické sloučeniny

Polyfenoly tvoří velkou a rozmanitou skupinu sloučenin, jejichž zdrojem jsou především ovoce, zelenina, ořechy a semena, ale také listy různých rostlin. Nacházejí se i v cereálních výrobcích, čaji, kávě, ale i ve víně a pivu (Gorzynik-Debicka et al., 2018; Ferguson, 2001). Polyfenoly jsou sekundární metabolity rostlin, které se podílejí na jejich ochraně proti UV záření a škodlivému působení patogenů. V posledních letech se zvyšuje zájem o tyto polyfenolické látky jako antioxidanty, s možnými příznivými účinky na lidské zdraví (Pandey a Rizvi, 2009). Vědecké výzkumy předpokládají, že polyfenoly zpomalují vývoj

rakoviny, kardiovaskulárních a neurodegenerativních onemocnění. Vykazují také protizánětlivé, antialergické a antitrombotické účinky a jejich biologická aktivita silně souvisí s jejich antioxidačními vlastnostmi (Gorzynik-Debicka et al., 2018). Účinek polyfenolů závisí nejen na jejich množství, ale i na jejich biologické dostupnosti (Lee et al., 1995).

Největší skupinu polyfenolů tvoří flavonoidy, které jsou dále členěny na flavony, flavonony, flavonoly, flavanoly, isoflavony a antokyany. Antokyany jsou ve vodě rozpustná barviva (Chalker-Scott, 1999; Bueno et al., 2012) a jejich biosyntéza je součástí fenyylpropanoidové dráhy rostlin. Nejznámějšími antokyanidiny jsou pelargonidin, kyanidin, delfinidin, peonidin, petunidin a malvidin. V přírodě se vyskytují hlavně v glykosylované formě, jako např. kyanidin-3-glukosid, delfinidin-3-glukosid nebo kyanidin-3-rutinosid. Ve většině rostlin se jako dominantní antokyanin nachází kyanidin-3-glukosid (Vaknin et al., 2005; Oancea a Oprean, 2011). Vyskytují se ve všech rostlinných částech, včetně listů, stonků, kořenů, květů a plodů (Bueno et al., 2012). Jsou zodpovědně za červené, modré a fialové zbarvení ovoce, zeleniny, květů a obilovin. Antokyany chrání rostlinu před škodlivými účinky UV záření, poskytují antivirové a antimikrobiální odezvy *in vivo* i *in vitro* (Wrolstad, 2004). Barviva mají antioxidační účinky (Khoo et al., 2017), napomáhají snižování rizika vzniku obezity, diabetu, kardiovaskulárních chorob a příznivě ovlivňují zrak (Tuoheti et al., 2005). Přírodní antokyaninová barviva se používají jako potravinářská barviva. Jejich barva a stabilita je ovlivněna hodnotou pH, světlem a teplotou. V kyselém prostředí se zbarvují do červena, v zásaditém vystupují jako modré (Khoo et al., 2017). Během zpracování a skladování antokyany snadno degradují, což může zapříčinit změnu barvy a mohou být ovlivněny nutriční vlastnosti surovin (Patras et al., 2010).

Druhou významnou skupinou jsou fenolické kyseliny, které se dělí na deriváty kyselin hydroxybenzoových a hydroxyskořicových (Ferguson, 2001; Abbas et al., 2017). Deriváty kyseliny hydroxyskořicové se nejčastěji vyskytují jako jednoduché estery s hydroxykarboxylovými kyselinami nebo glukózou, deriváty hydroxybenzoové jsou přítomny především ve formě glukosidů. Nejrozšířenějšími fenolovými kyselinami v rostlinách jsou hydroxyskořicové sloučeniny. Tyto ještě bývají silně vázány na stavební polysacharidy buněčných stěn rostlin, proto je také důležité tyto vyvázat a stanovit je jako nerozpustné vázané polyfenolické frakce. I tyto se totiž uplatňují při metabolismu v lidském těle, kde se uvolňují a mohou být dále metabolizovány. Mají příznivé účinky na zdraví, například snižují riziko kardiovaskulárních onemocnění (Ogawa et al., 2017; Herrmann a Nagel, 1989; El-Seedi et al., 2012). V připravených müsli směsích byly z polyfenolických kyselin stanoveny například kyseliny chlorogenová, gallová, protokatechinová, vanilová, kávová, ferulová, sinapová, ellagová a skořicová.

1.3.2 Vitamíny a minerální prvky

Obiloviny a olejnatá semena obsahují vitamíny skupiny B (tiamin, riboflavin, pyridoxin a niacin). Celozrnné výrobky a semena jsou vhodnějším zdrojem než technologicky zpracované výrobky (Lebiedzińska a Szefer, 2006). Vyšší obsahy tiaminu a riboflavinu se nachází v zrna v obalových vrstvách a klíčcích. Pšenice a ječmen jsou zdrojem především kyseliny nikotinové. V okrajových částech zrna se nachází kyselina pantotenová (Kučerová, 2004). Bezlepkové mouky z teffu, prosa, pohanky a amarantu obsahují vyšší množství vitamínů skupiny B v porovnání s moukami z kukuřice, rýže a moukou obsahující lepek. Teffová mouka je zdrojem tiaminu (6 mg.kg^{-1}), pohanka obsahuje riboflavin ($2,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) a mouka prosa je bohatá na niacin ($60,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Rybicka a Gliszczynska-Swiglo, 2017). Quinoa je také bohatá na vitamín C, jehož obsah je 130 mg.kg^{-1} . Během technologického zpracování (vaření) může docházet ke ztrátě vitamínu C, kdy se vitamín vyluhovává do vody a částečně degraduje (Dini et al., 2010). Samozřejmě, že vitamín C se nachází především v ovoci a zelenině (Phillips et al., 2016). Obsah vitamínu C v jahodách se běžně pohybuje v rozmezí $400\text{--}700 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Sapei a Hwa, 2014). Kyselina askorbová je ve vodě rozpustný vitamín C důležitý pro biosyntézu kolagenu a karnitinu. Lidé nemohou tento vitamín syntetizovat kvůli nedostatku enzymu gulonlaktonoxidázy, proto musí kyselinu askorbovou přijímat především v ovoci a zelenině (Naidu, 2003). Vitamíny skupiny B jsou důležité pro zdraví, růst a reprodukci. Jejich nedostatek zvyšuje výskyt chronického onemocnění, neurologických poruch a některých typů rakoviny (Graulet a Girard, 2017). Potenciálně mohou vitamíny skupiny B přispívat k preventivní léčbě demence (Tsiachristas a Smith, 2016), podílejí se na syntéze neurotransmiterů (např. serotoninu). Především riboflavin, niacin, pyridoxin a kyselina listová jsou důležité pro správnou funkci neuronů. Proto je důležité zajistit jejich dostatečný příjem potravou (Herbison et al, 2012; Mikkelsen et al., 2017). Olejnatá semena a ořechy jsou zdrojem vitamínů rozpustných v tucích. Obsah vitamínu E v chia semenech je cca 82 mg.kg^{-1} (Da Silva et al., 2017), mandle jsou zdrojem vitamínů D, E, ale i riboflavinu, niacinu a tiaminu (Nicklas et al., 2016).

Obsah minerálních látek v obilném zrna je $1,5\text{--}2,5 \%$ (Kučerová, 2004). Vyšší koncentrace minerálních prvků je v obalových vrstvách, proto vymleté pšeničné mouky obsahují méně prvků v porovnání s celým zrnem. Zrna ječmene jsou bohatá na fosfor, vápník, draslík, hořčík, sodík, měď a zinek. Žito je zase dobrým zdrojem železa ($43,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) a manganu ($24,4 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Ragae et al., 2006). Pšenice a rýže obsahují vyšší koncentrace zinku, mědi, hořčíku, selenu, vápníku a železa než zelenina (Srikumar, 1993). Z bezlepkových obilovin obsahuje zrno prosa vyšší koncentrace železa (200 mg.kg^{-1}), kobaltu ($0,27 \text{ mg.kg}^{-1}$) a chromu ($7,7 \text{ mg.kg}^{-1}$). Je také zdrojem vápníku (509 mg.kg^{-1}) (Ragae et al., 2006). Z ovoce jsou na minerální prvky bohaté jahody a maliny, a to zejména na vápník, hořčík, sodík, draslík, fosfor, mangan, zinek, měď

a železo (Hossain et al., 2016). Nižší koncentrace fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a zinku se nacházejí v plodech ostružin, třešní a borůvek, naopak tyto plody vykazovaly vyšší koncentrace železa (Rios de Souza et al., 2014). Biologická dostupnost prvků u těchto plodů se liší v závislosti na jejich polyfenolickém profilu. Bylo zjištěno, že některé polyfenolické látky mohou fungovat jako antinutrienty minerálních prvků. Nejvíce absorbovaným prvkem může být mangan, naopak nižší biologická dostupnost je u železa a zinku (Pereira et al., 2018).

1.4 Stabilita biologicky aktivních látek při chemicko-technologickém zpracování surovin

Při zpracování obilovin může docházet k jejich změnám v koncentracích či povaze chemicky vázaných forem. Například namáčením zrna se zvyšuje jeho nutriční hodnota vyvázáním tiaminu a původně vázaných fenolických frakcí zrna (Rocha-Villarreal et al., 2018). Stabilita polyfenolů je silně ovlivněna dalšími faktory při zpracování, jako jsou teplota a pH (Peanparkdee et al., 2020).

K fyzikálním, chemickým a nutričním změnám dochází při hydrotermální úpravě. Předvaření zrna může snížit obsah karotenoidů v endospermu, ale jeho předvaření může mít i příznivý vliv na obsah využitelných polyfenolů. U hydrotermálně opracovaných obilných zrn nemusí nutně docházet k poklesu volných polyfenolů. Po tomto ošetření se totiž uvolňují původně vázané frakce polyfenolů, které přecházejí do frakce volné. Bylo zjištěno, že některé fenolické glykosidy jsou během hydrotermálního ošetření převedeny na aglykonovou formu a vyšší teplota podporuje jejich deglykosylaci (Zeng et al., 2019). Snížení jejich koncentrace se může projevit v jejich celkovém obsahu, což je zpravidla doprovázeno i snížením hodnoty antioxidační aktivity (Rocha-Villarreal et al., 2018; Scaglioni et al., 2014; Zeng et al., 2019) a celkových polyfenolů.

U rýžových otrub tepelná úprava varem ve vodě (100 °C, 15 minut) způsobila degradaci polyfenolů, zatímco antioxidační aktivita zůstala zachována (Peanparkdee et al., 2020). Další studie naopak uvádí po hydrotermální úpravě u pšenice, ječmene, žita a ovsa zvýšení obsahu fenolických kyselin, což lze vysvětlit jejich vyvázáním z obalových vrstev (Zielinski et al., 2001). Například tepelné ošetření s fluidizací se ukázalo jako vhodnější vzhledem ke stabilitě polyfenolů v porovnání s tepelnou úpravou pečením nebo mikrovlnným ohřevem (Bai et al., 2021).

Antokyany během zpracování a skladování také snadno degradují, což může způsobit změnu barvy finálního produktu a mohou být také ovlivněny nutriční vlastnosti (Patras et al., 2010). Na jejich stabilitu má vliv teplota a pH, kdy v otrubách rýže byla vyšší stabilita antokyanů a vyšší antioxidační aktivita zjištěna při kyselém pH (3 a 5), v porovnání s neutrálním a zásaditým prostředím (pH 7 a 9) (Peanparkdee et al., 2020). Například extrakt z květů ibišku súdánského (bohatý na antokyany) vykazoval vysokou tepelnou stabilitu

barviv při 60 °C, jejich degradace byla měřena až při teplotě nad 80 °C. Při změně pH ze 7,5 na 2,5 byla antioxidační aktivita antokyanů zachována (Maciel et al., 2018), což je v souladu i se studií Tonget et al. (2020), kteří uvádí vyšší stabilitu antokyanů při nízkém pH.

Významné snížení obsahu antokyanů, fenolických sloučenin a antioxidační aktivity bylo také zjištěno po simulovaném trávení *in vitro*, což naznačuje potenciální biodostupnost těchto látek během trávení (Peanparkdee et al., 2020).

Vitamíny mohou být během zpracování a skladování ovlivněny několika faktory. Mezi nejdůležitější patří teplota, vlhkost, kyslík, pH a světlo (Ottaway et al., 2010). Herbig et al. (2017) uvádí, že tepelný záhřev ve vodní lázni při 180 °C po dobu 20 minut nemá signifikantní vliv na degradaci vitamínu C. Také uvádí, že působení kyslíku na vitamín C nevede k velkým ztrátám, podobně je publikována vyšší stabilita vitamínu C v atmosféře dusíku v porovnání s kyslíkem (Juhász et al., 2012). Vitamíny skupiny B a vitamín C a jsou také citlivé na pH. Proto může být ovlivněna jejich biologická dostupnost, kdy v tenkém střevě, kde je vyšší pH, dochází k vyššímu poklesu resorpce vitamínů (Yaman et al., 2021).

Předpokládaný vysoký obsah lipidů v oříšcích a olejnatých semenech může být spojen s oxidačním žluknutím, které se řadí mezi hlavní příčiny zhoršení kvality potravin. Oxidační žluknutí je způsobeno například oxidací lipidů atmosférickým kyslíkem (Velasco et al., 2010). Pro udržení kvality a prodloužení trvanlivosti ořechů je proto důležité jejich správné zpracování, skladování a balení (Shahidi et al., 2010). Oxidační stabilita u ořechů může být ovlivněna také jejich kultivarem. Kultivary, které měly nejvyšší oxidační stabilitu, měly také vysokou antioxidační aktivitu (Wall, 2010).

2. CÍLE PRÁCE

Cílem dizertační práce je vyrobit netradiční vločky procesem hydrotermálního ošetření a tyto využít pro přípravu müsli směsí s jedlými květy. U navržených modelových cereálních směsí stanovit obsah základních nutričních a biologicky aktivních látek a sledovat změny hodnot koncentrací biologicky aktivních látek při definovaných skladovacích podmínkách.

2.1 Dílčí cíle

- a) Výroba vloček procesem hydrotermálního ošetření s následným rozvácováním zrn méně tradičních obilovin a pseudoobilovin.
- b) Příprava vzorků netradičních müsli směsí s obsahem obilného podílu tvořeného vločkami, dále ovocem, oříšky a semínky, jedlými květy.
- c) Založení skladovacího pokusu a následné sledování změn hodnot koncentrací vybraných jakostních znaků.
- d) U připravených müsli směsí analyzovat následující vybrané jakostní znaky:
 - Základní nutriční:
 - Stanovení vlhkosti, popele, lipidů, hrubých bílkovin, vlákniny.
 - Stanovení stravitelnosti.
 - Jakostní znaky v oblasti biologicky aktivních látek:
 - Stanovení vitamínů skupiny B a vitamínu C pomocí HPLC
 - Stanovení minerálních prvků pomocí ICP-MS
 - Stanovení profilu antokyanových barviv pomocí HPLC a stanovení celkového obsahu antokyanových barviv spektrofotometricky
 - Extrakce volných, vázaných a konjugovaných frakcí polyfenolů, u nichž budou následně provedeny:
 - stanovení obsahu celkových polyfenolů spektrofotometricky,
 - stanovení polyfenolického profilu pomocí HPLC,
 - stanovení antioxidační aktivity spektrofotometricky.

3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

3.1 Příprava vzorků

3.1.1 Příprava vloček z netradičních surovin

Vločky z méně tradičních obilovin a pseudoobilovin nejsou mnohdy dostupné v tržní síti ČR, proto byly vyrobeny za laboratorních podmínek. Vločky byly připraveny procesem hydrotermálního ošetření zrna s následným rozválním. Celá zrna byla povařena (80–95 °C) v neosolené redestilované vodě (doba vaření byla rozdílná pro jednotlivé vzorky, zrna byla vařena do „konzumní“ konzistence). Poté byl případný velmi malý podíl vody slit a zrna byla válkována na vločkovači Walder Biotech CombiStar (Linec, Rakousko) na tloušťku menší než 0,70 mm. Následně byly vločky sušeny v sušárně při 40 °C, aby jejich vlhkost byla maximálně 14 %. Pro výrobu vloček byly použity následující vzorky zrn: rýže s černými a červenými obalovými vrstvami (dále jen černá a červená rýže, *Oryza sativa* L.), quinoa s černými a červenými obalovými vrstvami (dále jen černá a červená quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd.), pšenice s červenými obalovými vrstvami (červená pšenice, *Triticum aestivum* var. *milturum*). Dále byly v tržní síti zakoupeny vločky ovesné (*Avena sativa* L.), pšeničné (*Triticum aestivum* L.), žitné (*Secale cereale* L.), kamutové (*Triticum turgidum* subsp. *turanicum*) a vločky teffu (*Eragros tistef* L.), které byly použity k přípravě müsli směsí.

3.1.2 Příprava müsli směsí a stanovení vybraných jakostních parametrů

Pro stanovení základních nutričních znaků a biologicky aktivních látek bylo připraveno celkem 8 müsli směsí (Tabulky 1 a 2), z nichž čtyři byly vyrobeny jako bezlepkové. Dizertační práce navazuje ve své experimentální části na dílčí projekt Gamma TAČR TG03010052 (2016), kdy byly připraveny receptury těchto cereálních směsí s jedlými květy, v rámci tohoto projektu bylo provedeno i jejich základní chemické a senzorické hodnocení, které potvrdilo jak nutriční, tak organoleptický benefit přidaných květů. Müsli směsi s jedlými květy, které jsou zde použity v dané surovinové skladbě, jsou v rámci komercializace nabízeny jako tzv. funkční vzorek (tzn. jejich surovinová skladba je deklarována) a nese v sobě označení „s jedlými květy“.

Všechny vzorky byly připraveny vždy ve třech opakováních pro dané podmínky. Müsli směsi byly vyrobeny smícháním jednotlivých surovinových komponent tak, že 60–70 % jejich hmotnostního podílu bylo tvořeno vločkami a 30–40 % podílu tvořilo lyofilizované nebo sušené ovoce, skořápkové plody a sušené jedlé květy. Jedlé květy byly použity v sušené formě a byly poskytnuty společností Oxalis a Sonnentor (Slušovice, Čejkovice, ČR). Při výrobě müsli směsí byly použity následující jedlé květy: levandule (*Lavandula angustifolia* L.), ibišku (*Hibiscus sabdariffa* L.), růže (*Rosa centifolia* L.), chrpy modré

a červené (*Centaurea cyanus* L.) a slézu maurského (*Malva sylvestris* var. *mauritiana*). Ovoce bylo použito v lyofilizované a sušené formě, bylo zakoupeno v tržní síti ČR. Při přípravě müsli směsí bylo využito následující ovoce: lyofilizovaná malina, jahoda, višně a sušený dřišťál, jablko, goji, rakytník, černý rybíz a mochně. Poslední složku přidanou do směsí tvoří ořechy a olejnatá semena. Do směsí byly přidány mandle, len zlatý, konopné a chia semínko.

Všechny vzorky byly před analýzou homogenizovány tyčovým mixérem a umístěny do tmavých plastových PE nádobek s víkem, zamezujícím vnikání vzdušné vlhkosti a světla. Jednotlivé analýzy byly provedeny vždy do 1 měsíce po rozemletí vzorku. V průběhu analýz namletých vzorků byla taktéž pro kontrolu monitorována jejich vlhkost, jejíž obsah se signifikantně neměnil.

A. Stanovení jakostních charakteristik müsli směsí

U 8 vzorků müsli směsí (označených jako M1 až M8) připravených postupem uvedeným v kapitole 3.1.2 byly stanovovány vybrané jakostní parametry. Vzorky byly nachystány vždy ve třech opakováních. Ze základních nutričních jakostních znaků byla stanovena vlhkost, popel, lipidy, hrubé bílkoviny, vláknina a byla provedena také *in vitro* stravitelnost. Z jakostních znaků v oblasti biologicky aktivních látek byly stanoveny vitamíny skupiny B a vitamín C, minerální prvky, celkový obsah antokyanů a profil antokyanových barviv. Dále byl stanoven obsah celkových polyfenolů, polyfenolický profil a antioxidační aktivita.

Všech 8 vzorků směsí bylo zároveň podrobena ročnímu pilotnímu monitorovacímu skladování. Tyto vzorky byly vakuově zabaleny do sáčků PA/PE (20x30 cm) (PolyScience, ČR) a hermeticky uzavřeny (Turbovac, UK). Poté byly vloženy do kartonové krabice a skladovány mimo dosah slunečního záření v klimatizované laboratoři při 23±2 °C po dobu 1 roku. Tento zjednodušený skladovací pokus byl zaměřen na monitoring v oblasti biologicky aktivních látek a pro kontrolu vlhkosti vzorků a sloužil jako podklad pro následné založení skladovacího pokusu. K vakuaci vzorků při skladování bylo přistoupeno na základě problematiky týkající se stability polyfenolických látek, zejména antokyanových barviv. Tato v přítomnosti kyslíku po roce skladování degradují i z více než 80 %, což by mohlo negativně ovlivnit i jakostní parametry cereálních směsí (vzhledem k jejich surovinové skladbě bohaté na tato barviva) (Maciel et al., 2018).

B. Sledování změn vybraných jakostních parametrů za definovaných podmínek

Pro skladovací pokus, za definovaných odlišných podmínek skladování v rámci teploty a přístupu světla, byly z osmi původně připravených směsí

vybrány pouze 4, a to tak, aby dvě byly bezlepkové. Byly vybrány směsi M1, M3, M5 a M8. Tyto byly připraveny stejným postupem, jako je uvedeno v kapitole 3.1.2 a opět byly vakuově zabaleny. Vybrané jakostní parametry byly u těchto směsí stanovovány opět na začátku a po jednom roce skladování. Směsi byly připraveny ve třech opakováních. Ze základních nutričních jakostních znaků byla stanovena sušina, popel, lipidy a hrubé bílkoviny. Z jakostních znaků v oblasti biologicky aktivních látek byl stanoven celkový obsah antokyanů a profil antokyanových barviv. Dále byl stanoven obsah celkových polyfenolů, polyfenolický profil a antioxidační aktivita.

a) Připravené müsli směsi byly uchovány v klimatizované laboratoři v temnu při teplotě 23 ± 2 °C v označených, hermeticky uzavřených vakuových sáčcích, chráněných proti přístupu vlhkosti a světla.

b) Další část vakuově zabalených vzorků byla uchována taktéž v klimatizované laboratoři (23 ± 2 °C), ale za přístupu denního světla.

c) V rámci skladovacího pokusu byly také vakuované vzorky skladovány při teplotě 40 °C v termostatu (MB termostat BT120) bez přístupu světla. Teplota 40 °C byla zvolena z toho důvodu, že potenciální výrobci směsí předpokládají, že by tyto mohly být prodávány do zemí tzv. blízkého východu, kde jsou výrazně jiné klimatické podmínky.

Tabulka 1: Složení müsli směsí s obsahem lepku

M1	Suroviny	Hmotnost (g)	M2	Suroviny	Hmotnost (g)	M3	Suroviny	Hmotnost (g)	M4	Suroviny	Hmotnost (g)
	ovesné vločky	20		ovesné vločky	20		ovesné vločky	20		vločky z červené pšenice	40
	pšeničné vločky	20		žitné vločky	20		žitné vločky	20		vločky z pšenice jednozrnky	10
	žitné vločky	20		vločky z pšenice jednozrnky	20		kamutové vločky	20		kamutové vločky	10
	konopné semínko	2		chia	1		konopné semínko	2		chia	1
	mandle	8		len zlatý	1		mandle	8		konopné semínko	1
	květ ibišku	2,5		mandle	8		květ růže	2		mandle	8
	květ levandule	0,5		květ růže	1		květ slézu	1		květ růže	1
	malina	7		květ ibišku	2		dřišťál	6		květ chrpy modré	2
	dřišťál	6		višeň	7		jablko	8		malina	8
	jablko	7		goji	6		borůvka	8		dřišťál	6
	borůvka	7		rakytník	7		jahoda	5		černý rybíz	8
				černý rybíz	7					jahoda	5

Lyofilizované ovoce – malina, višeň, jahoda. Sušené ovoce – dřišťál, jablko, borůvka, goji, rakytník, černý rybíz

Tabulka 2: Složení müsli směsí bez lepku

M5	Suroviny	Hmotnost (g)	M6	Suroviny	Hmotnost (g)	M7	Suroviny	Hmotnost (g)	M8	Suroviny	Hmotnost (g)
	vločky z červené rýže	20		vločky z černé rýže	20		vločky teffu	20		vločky z červené rýže	20
	vločky teffu	20		vločky teffu	20		jáhlové vločky	20		vločky z černé rýže	20
	vločky z černé quinoi	20		Vločky z červené quinoi	20		pohankové vločky	20		vločky z bílé quinoi	20
	konopné semínko	2		konopné semínko	2		chia	1		konopné semínko	2
	mandle	8		mandle	8		len zlatý	1		mandle	8
	květ chrpy červené	1,5		květ chrpy červené	2,5		mandle	8		květ růže	1
	květ chrpy modré	1,5		květ levandule	0,5		květ chrpy červené	1,5		květ chrpy modré	2
	dřišťál	7		goji	12		květ chrpy modré	1,5		malina	7
	borůvka	7		jahoda	5		malina	9		dřišťál	6
	višeň	7		mochyně	10		rakytník	7		jablko	7
	mochyně	6					černý rybíz	7		borůvka	7

Lyofilizované ovoce – višeň, jahoda, malina. Sušené ovoce – dřišťál, borůvka, mochyně, goji, rakytník, černý rybíz, jablko.



Obrázek 1: Směs M1



Obrázek 2: Směs M2



Obrázek 3: Směs M3



Obrázek 4: Směs M4



Obrázek 5: Směs M5



Obrázek 6: Směs M6



Obrázek 7: Směs M7



Obrázek 8: Směs M8

3.2 Stanovení vlhkosti

Navážené vzorky byly vloženy do sušárny při teplotě 130 ± 3 °C po dobu 120 minut. Výsledek vlhkosti byl vyjádřen v %. Byla použita metoda dle normy ČSN EN ISO 712.

3.3 Stanovení popela

Vzorek byl spalován při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Obsah popele byl vyjádřen v % na sušinu vzorku. Byla použita metoda dle normy ČSN ISO 2171.

3.4 Stanovení celkových lipidů

Vzorek se extrahoval hexanem po dobu 2,5 hod v zařízení Soxtherm (Gerhardt, Německo). Výsledek byl vyjádřen v % na sušinu vzorku.

3.5 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou s následným přepočtem na obsah hrubé bílkoviny

Nejdříve byla u vzorku provedena mineralizace (Block Digest 12, JP Selecta, Španělsko). Do mineralizační baňky bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Následně bylo přidáno 10 ml koncentrované H_2SO_4 a 0,5 ml 30% H_2O_2 a lžička směsného katalyzátoru ($Na_2SO_4 + CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 10:1). Mineralizace probíhala 1 hodinu při teplotě 400 °C. Po dokončení byla využita automatická destilační jednotka Behr 2 (Labor-Technik, Německo) pro uvolnění amoniaku po přidání nadbytku 30 hmotn. % NaOH k mineralizátu. Byla provedena destilace s následnou titrací H_2SO_4 . Obsah dusíku byl vypočten z množství spotřebované H_2SO_4 a následně vynásobením příslušného faktoru (6,25) byl přepočten na obsah hrubé bílkoviny. Výsledek byl vyjádřen v % na sušinu vzorku. Byla použita metoda dle normy ČSN EN ISO 20483.

3.6 Stanovení hrubé vlákniny

Stanovení bylo provedeno na přístroji Ankom²²⁰ (Ankom Technology, USA). Nejprve byl připraven roztok H_2SO_4 ($0,1275 \text{ mol.l}^{-1}$) o objemu 2 l a roztok NaOH ($0,313 \text{ mol.l}^{-1}$) o objemu 2 l. Do každého sáčku typu F57 (Ankom Technology, USA) bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,1 mg a sáčky byly zataveny. Do zařízení byl nalit připravený roztok H_2SO_4 , bylo provedeno nastavení doby záhřevu po dobu 45 minut. Po této době bylo zařízení vypnuto, roztok H_2SO_4 byl vypuštěn, vzorky byly propláchnuty horkou vodou. Poté byl do přístroje nalit roztok NaOH a opět byly vzorky zahřívány a míchány po dobu 45 minut při $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Následně bylo zařízení i se sáčky promyty vodou. Vzorky byly vloženy do sušárny při teplotě $105 \text{ }^\circ\text{C}$ na dobu 4 hodin. Po uplynutí této doby byly sáčky umístěny do exsikátoru a po vychladnutí zváženy. Jednotlivé vzorky byly vloženy do předem vyžíhaného, zváženého a popsánoho porcelánového kelímku. Vzorky byly spalovány při $550 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byly porcelánové kelímky zváženy. Výsledek byl vyjádřen v % na sušinu vzorku (manuál Ankom Fiber).

3.7 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Stanovení bylo provedeno opět na přístroji Ankom. Byla provedena příprava neutrálně-detergentního činidla (NDČ): 120 g činidla + 20 ml trietylglykolu do 2 l (pH 6,9–7,1) a neutrálně-detergentního roztoku (NDR): do 2 l NDČ bylo přidáno 20 g siřičitanu sodného a 4 ml α -amylázy. Do filtračních sáčků bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,1 mg a sáčky byly zataveny. Do zařízení Ankom byl nalit NDR, poté bylo zařízení uzavřeno a zapnuto na 75 minut při $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Po této době byl NDR vypuštěn, vzorky byly 3x propláchnuty horkou vodou vždy se 4 ml α -amylázy. Pro ochlazení sáčků byl poslední proplach proveden studenou vodou. Vzorky byly vloženy do sušárny při teplotě $105 \text{ }^\circ\text{C}$, na dobu 4 hodin. Po uplynutí této doby byly sáčky umístěny do exsikátoru a po vychladnutí byly zváženy. Poté byly spalovány při $550 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byly porcelánové kelímky zváženy. Výsledek byl vyjádřen v % na sušinu vzorku (Sumczynski et al., 2015b).

3.8 Stanovení stravitelnosti

Pro stanovení stravitelnosti byla použita metoda *in vitro* s využitím inkubátoru Daisy (Ankom Technology, USA). Do sáčků bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Následně byly sáčky zataveny. Do inkubačních láhví bylo přidáno 1,7 l HCl ($0,1 \text{ mol.l}^{-1}$) předem vytemperované na $40 \text{ }^\circ\text{C}$, ve které byly rozpuštěny 3 g pepsinu a byly vloženy sáčky. Vzorky byly inkubovány 4 hodiny, při $37 \text{ }^\circ\text{C}$, poté byly sáčky promyty destilovanou vodou. Následně bylo do inkubační láhve přidáno 1,7 l fosfátového pufru (KH_2PO_4 a $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ byly rozpuštěny v 1,7 l destilované vodě, pH 7,45), poté

byly do pufru přidány 3 g pankreatinu a sáčky se vzorky. Po uplynutí inkubační doby 24 hodin byly láhve umístěny do vodní lázně na 80 °C po dobu 30 minut (odstranění zmazovatělého škrobu). Následně byly sáčky promyty destilovanou vodou, vysušeny v sušárně při 103 °C po dobu 24 hodin. Poté byly vzorky vloženy do exsikátoru a zváženy, dále spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodin. Po vychladnutí v exsikátoru byly opět zváženy (Sumczynski et al., 2015a).

3.9 Stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity

3.9.1 Extrakce volných, vázaných a konjugovaných polyfenolů

Extrakce volných frakcí polyfenolů

Do čtyř tmavých lékovek bylo od každého vzorku naváženo po 1,5 g s přesností na 0,1 mg. Ke každé navážce bylo přidáno 15 ml 80% metanolu a vzorek byl extrahován po dobu 1 hodiny na magnetické míchačce. Pasteurovou pipetou se extrakt odsál do keramické odpařovací misky. Extrakce se znovu zopakovala s 10 ml 80% metanolu, druhý extrakt byl přilít k prvnímu extraktu do keramické misky a tento byl odpařen do sucha. Byly získány 4 misky s odpařenými extrakty. Obsah odpařovacích misek 1 a 2 byl zregenerován postupně 10 ml 80% metanolu (extrakt byl přemístěn do 10ml odměrné baňky). Takto byl získán extrakt, ve kterém byly přítomny volné polyfenoly (Qiu et al., 2010).

Extrakce konjugovaných polyfenolů

Zbylé dvě misky (označené 3 a 4) s odparkem byly zregenerovány 10 ml 0,1 mol.l⁻¹ NaOH a byly kvantitativně převedeny do lékovky. Lékovka byla umístěna na magnetické míchadlo, kde byl vzorek pod dusíkem hydrolyzován po dobu 4 hodin. Po uplynutí doby bylo pomocí 6 mol.l⁻¹ HCl upraveno pH na 3–5. Následně byl extrakt odstředěn po dobu 15 minut, při 12300xg (Velocity 13μ, Dynamica Scientific, UK). Výsledný supernatant byl použit jako extrakt obsahující konjugované polyfenoly (Qiu et al., 2010).

Extrakce vázaných (nerozpustných) forem polyfenolů

K pevnému zbytku v lékovkách 1 a 2 bylo přidáno 20 ml 0,1 mol.l⁻¹ NaOH. Lékovka byla umístěna na magnetické míchadlo, kde byl vzorek po dobu 4 hodin hydrolyzován pod dusíkem. Následně bylo pomocí 6 mol.l⁻¹ HCl upraveno pH na 3–5. Poté byl extrakt odstředěn při 12300xg po dobu 15 minut a supernatant byl použit jako extrakt obsahující vázané polyfenoly (Qiu et al., 2010).

Všechny extrakty sloužily pro následné stanovení celkových polyfenolů, flavonoidů a antioxidační aktivity, a také pro stanovení polyfenolického profilu na HPLC.

3.9.2 Stanovení celkových polyfenolů

Do 10ml odměrné baňky bylo přidáno 5 ml destilované vody, 0,1 ml extraktu vzorku (přípraveného dle postupů uvedených v kapitole 3.9.1), 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla, 1,5 ml 20% Na₂CO₃ a baňka byla doplněna destilovanou vodou po rysku. Vzorek byl promíchán a měření absorbance při vlnové délce 765 nm bylo provedeno po uplynutí doby 30 minut. K měření byl využit spektrofotometr Lambda 25 (PerkinElmer, USA). Rovnicí lineární regrese byl ze získaných hodnot vypočítán celkový obsah polyfenolů ve vzorku, vyjádřený jako ekvivalent standardu kyseliny gallové v 1 kg vzorku (Cicco et al., 2009).

3.9.3 Stanovení antioxidační aktivity metodou s ABTS

Do odměrné baňky (10 ml) bylo naváženo 0,018 g ABTS a tato byla doplněna destilovanou vodou po rysku. K roztoku ABTS bylo přidáno 0,2 ml roztoku peroxidisíranu draselného o koncentraci 0,06 mol.l⁻¹ pro generaci radikálu. Reakční směs byla nechána 16 hodin bez přístupu světla při laboratorní teplotě. Pro přípravu reakční směsi byl nejprve připraven octanový pufr smícháním 63 ml 0,2 mol.l⁻¹ CH₃COONa a 136,5 ml 0,2 mol.l⁻¹ CH₃COOH. Následně byl smíchán octanový pufr o pH 4,3 s vytvořeným radikálem ABTS v poměru 39:1. Při vlnové délce 734 nm byla spektrofotometricky proměřena absorbance reakční směsi. Octanový pufr o pH 4,3 sloužil jako blank (Re et al., 1999).

Do kádinky bylo napipetováno 12 ml reakční směsi, k ní bylo přidáno 150 µl extraktu vzorku (přípraveného dle postupu uvedeného v kapitole 3.9.1). Vzniklá směs byla ponechána 30 minut bez přístupu světla. Poté byl při vlnové délce 734 nm, změřen úbytek absorbance na spektrofotometru Lambda 25. Z rovnice lineární regrese (vyjádřené ze závislosti inaktivace na koncentraci troloxu) byla vypočtena antioxidační aktivita vyjádřená jako mmol troloxu na 1 kg vzorku (Re et al., 1999).

3.9.4 Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH

Rozpuštěním 24 g DPPH ve 100 ml metanolu byl připraven zásobní roztok radikálu. Pracovní roztok byl připraven smícháním 10 ml zásobního roztoku a 45 ml metanolu. Následně byl pracovní roztok spektrofotometricky proměřen proti blanku (metanol) při vlnové délce 515 nm.

Do zkumavky bylo napipetováno 8,55 ml pracovního roztoku DPPH a 450 µl extraktu vzorku (přípraveného dle postupu uvedeného v kapitole 3.9.1). Po dobu 60 minut byl vzorek ponechán v temnu a poté byla proměřena spektrofotometricky absorbance při vlnové délce 515 nm. Pomocí rovnice

lineární regrese byla % inaktivace přepočtena na ekvivalentní množství mmol troloxu na 1 kg vzorku (Ferri et al., 2013).

3.9.5 Stanovení volných, konjugovaných a vázaných polyfenolů pomocí HPLC

Extrakt byly získány dle postupu uvedeného v kapitole 3.9.1. Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (zařízení ThermoScientific Dionex Ultimate 3000; ThermoFisher Scientific, USA) byla využita pro stanovení profilu vybraných polyfenolických látek. Extrakt vzorku byly nastříkány na kolonu v množství 10 μ l, doba analýzy byla 45 minut a teplota termostatu kolony byla 30 °C. Mobilní fázi A byla voda a kyselina octová v poměru 99:1. Mobilní fázi B byla voda, acetonitril a kyselina octová v poměru 67:32:1. Eluce probíhala gradientově, a to následovně: 0–10 minut (10–20 % B), 10–16 minut (20–40 % B), 16–20 minut (40–50 % B), 20–25 minut (50–70 % B), 25–30 minut (70 % B), 30–40 minut (70–10 % B), 40–45 minut (10 % B). Průtok mobilní fáze byl 1 ml.min⁻¹, typ kolony Phenomenex Kinetex C18 (150 x 4,6 mm; 5 μ m). Vlnová délka detekce byla 275 nm. Obsah jednotlivých polyfenolických látek byl vypočítán z příslušných rovnic lineárních regresí, které vycházejí ze závislosti ploch píků na koncentraci standardu analytu. U metod kapalinové chromatografie byly vždy všechny analyty detekovány na základě retenčního času a také byla využita metoda standardního přídatku. Všechny standardy byly v HPLC kvalitě (čistota >98,5 %). Odezvy detektoru byly zaznamenávány u všech metod chromatografickým datovým systémem LC Chromeleon™ 7.2. Z flavonoidů a stilbenů byly detekovány epigallokatechin, katechin, epikatechin, rutin, kvercetin, kaempferol a resveratrol. Z polyfenolických kyselin kyseliny chlorogenová, nechlorogenová, gallová, protokatechinová, *p*-hydroxybenzoová, vanilová, kávová, *p*-kumarová, syringová, ferulová, sinapová, ellagová, *o*-kumarová, skořicová a etylester protokatechinové kyseliny.

3.10 Stanovení antokyanů

3.10.1 Extrakce antokyanových barviv

Do tmavé lékovky byly naváženy 4 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Ke vzorku bylo přidáno 10 ml extrakční směsi. Extrakční směs byla připravena smícháním 85 ml metanolu a 15 ml 1 mol.l⁻¹ HCl. Poté byly vzorky extrahovány třepáním na vodní lázni při 40 °C po dobu 1 hodiny. Následně byly lékovky umístěny na 20 minut do ultrazvuku. Poté byly vzorky ochlazeny na laboratorní teplotu a odstředěny při 12300xg po dobu 15 minut (Abdel-Aal a Hucl, 2003).

3.10.2 Stanovení celkového obsahu antokyanových barviv (TAC)

Do dvou zkumavek bylo pipetováno 0,5 ml extraktu vzorku (kap. 3.10.1). Do jedné zkumavky bylo přidáno 2,5 ml KCl ($0,025 \text{ mol.l}^{-1}$) pufru o pH 1 (0,186 g KCl bylo rozpuštěno v 98 ml destilované vodě, pH bylo upraveno pomocí konc. HCl) a do druhé zkumavky bylo pipetováno stejné množství acetátového pufru ($0,4 \text{ mol.l}^{-1}$) o pH 4,5 (5,443 g trihydrátu octanu sodného bylo rozpuštěno v 96 ml destilované vody, požadovaná hodnota pH byla upravena HCl). Absorbance byla proměřena u všech zkumavek na spektrofotometru při vlnové délce 510 nm (absorpční maximum majoritního antokyanu kyanidin-3-glukosidu) a při 700 nm proti extrakční směsi. Byla vypočtena absorbance vzorku po korekci (vzorec 1):

$$A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH } 1} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH } 4,5} \quad (1)$$

A – absorbance po korekci, $(A_{510})_{\text{pH } 1}$ – absorbance vzorku v pufru o pH 1 při vlnové délce 510 nm, $(A_{510})_{\text{pH } 4,5}$ – absorbance vzorku v pufru o pH 4,5 při 510 nm, $(A_{700})_{\text{pH } 1}$ – absorbance vzorku v pufru o pH 1 při 700 nm, $(A_{700})_{\text{pH } 4,5}$ – absorbance vzorku v pufru o pH 4,5 při 700 nm.

Výpočet koncentrace celkových antokyanových barviv (TAC – Total Anthocyanin Content) v extraktu se provedl podle vzorce 2:

$$TAC(\text{mg.l}^{-1}) = \frac{A \times M \times f}{\varepsilon \times l} \times 1000$$

A – absorbance vzorku po korekci, M – molární hmotnost kyanidin-3-glukosidu ($449,2 \text{ g.mol}^{-1}$), f – faktor ředění, ε – molární extinkční koeficient ($26\,900 \text{ cm}^{-1}.\text{mol}^{-1}.\text{l}$), l – délka optické dráhy (1 cm), 1000 – přepočet na mg antokyanů.

Získaná koncentrace byla přepočítána na mg antokyanů v 1 kg vzorku (Jothityangkoon a Sivapalan, 2009; Abdel-Aal et al., 2006).

3.10.3 Stanovení profilu antokyanů pomocí HPLC

Extrakty byly získány dle postupu uvedeného v kapitole 3.10.1. Tyto byly aplikovány na kolonu v množství 20 μl , čas analýzy byl nastaven na 35 minut a teplota termostatu kolony byla nastavena na 25 °C. Mobilní fázi A byla voda a 85% kyselina mravenčí v poměru 90:10, mobilní fázi B pak acetonitril. Eluce probíhala gradientově, a to následovně: 0–5 minut (2 % B), 5–20 minut (5–25 % B), 20–30 minut (25–2 % B), 30–35 minut (2 % B). Průtok mobilní fáze byl 1 ml.min^{-1} , typ kolony YMC-Triart C18 (150 x 3,0 mm; 5 μm). Vlnová délka detekce byla 520 nm. Obsah jednotlivých antokyanů byl vypočítán z příslušných rovnic lineárních regresí, vycházejících ze závislosti ploch píků na

koncentraci standardu analytu (Barnes et al., 2003). V modelových směsích byla stanovována následující barviva: delfinidin-3-glukosid, kyanidin-3-glukosid, kyanidin-3-rutinosid, pelargonidin-3-glukosid, peonidin-3-glukosid, delfinidin, kyanidin, pelargonidin, peonidin a malvidin. Opět byl použit chromatograf Dionex UltiMate 3000.

3.10.4 Stanovení obsahu vitamínu C

Zhomogenizovaná müsli směs (0,2 g s přesností na 0,1 mg) byla smíchána s extrakčním činidlem, které bylo složeno z metanolu, kyseliny *o*-fosforečné a redestilované vody (99:0,5:0,5), jako antioxidant byl přidán pyrogallol. Lékovky byly umístěny na třepačku LT 2 (Kavalier, ČR) po dobu 10 minut. Ke stanovení obsahu vitamínu C byla využita kapalinová chromatografie s reverzní fází na přístroji Dionex UltiMate 3 000 s DAD detektorem. Extrakty byly nastříkovány na kolonu Acclaim 120 C8 (150 x 2,1 mm; 5 µm) v množství 20 µl, doba analýzy byla 35 minut a teplota termostatu kolony 25 °C. Eluce probíhala izokraticky. Mobilní fáze byla složena z metanolu, kyseliny *o*-fosforečné a redestilované vody (99:0,5:0,5). Stanovení proběhlo při 254 nm. Obsah vitamínu C (vyjádřeného jako kyselina askorbová) byl vypočítán z rovnice lineární regrese, vycházející ze závislosti ploch píků na koncentraci standardu L-askorbové kyseliny (De Quirós et al., 2009).

3.10.5 Stanovení vitamínů skupiny B pomocí HPLC

Do tmavé lékovky byl navážen 1 g vzorku (s přesností na 0,1 mg) a bylo k němu přidáno 8 ml 0,1 mol.l⁻¹ HCl. Poté probíhala extrakce 1 hodinu při 30 °C v ultrazvukové lázni, extrakty byly odstředěny při 12300xg po dobu 20 minut a supernatant byl ještě přefiltrován (NY filtr 13 mm; 0,2 µm).

Obsah vitamínů skupiny B byl stanoven modifikací metody Ciulu et al. (2011) pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie na přístroji Dionex UltiMate 3000. Extrakt vzorku byl nastříkovaný na kolonu Zorbax Eclipse XDB C 18 (150 x 4,6 mm; 3,5 µm) v množství 50 µl s teplotou termostatu kolony 25 °C. Doba analýzy byla 25 minut. Jako mobilní fáze A byla použita 0,025% kyselina trifluoroctová a jako mobilní fáze B byl použit acetonitril. Během analýzy probíhala gradientová eluce, a to následovně: 0–10 minut (0 % B), 10–20 minut (25–45 % B), 20–21 minut (40–0 % B), 21–25 minut (0 % B). Průtok mobilní fáze byl 1 ml.min⁻¹. Vyhodnocení pro vitamíny niacin, kyselinu pantotenovou a pyridoxin proběhlo při 210 nm, pro tiamin a riboflavin při 270 nm a pro foláty při 290 nm. Ze závislosti ploch píků na koncentraci standardů byly sestrojeny kalibrační křivky. Jednotlivé vitamíny B byly kvantifikovány pomocí rovnice lineární regrese.

3.10.6 Stanovení prvkového složení pomocí ICP-MS

Do teflonových nádobek byly naváženy 0,2 g (s přesností na 0,1 mg) vzorku, ke kterým bylo přidáno po 5 ml 67% ultrapure HNO₃ a 1 ml 30% ultrapure H₂O₂. K mineralizaci byl využit mikrovlnný systém EthosOne (Milestone, Itálie) s rozkladným programem pro cereálie. Byly připraveny dvě sady kalibračních standardů, a to následovně: ⁹Be, ⁶⁶Zn, ⁶³Cu, ⁶⁰Ni, ²⁷Al, ²⁴Mg, ⁵⁹Co, ⁷Li, ⁴⁵Sc, ¹⁰⁷Ag, ⁵⁵Mn, ⁸⁸Sr, ¹³⁷Ba, ²⁰⁵Tl, ²⁰⁹Bi, ¹⁴⁰Ce, ¹³³Cs, ¹⁶⁵Ho, ¹⁸¹Ta, ¹⁵⁹Tb, ²³⁸U, ⁸⁹Y v koncentraci 3–35 µg.l⁻¹. Druhá nižší koncentrační řada byla ⁷⁵As, ⁴⁴Ca, ¹¹¹Cd, ⁵²Cr, ⁵⁷Fe, ²⁰²Hg, ³⁹K, ³¹P, ²³Na, ²⁰⁸Pb, ⁷⁷Se, ¹¹⁸Sn a ⁴¹Ti v koncentraci 0,5–1,0 µg.l⁻¹. Jako vnitřní standard bylo využito Rhodium (¹⁰³Rh) v koncentraci (10–100 µg.l⁻¹). Pro přesnost (konkrétněji správnost) měření byly použity certifikované referenční materiály ze zelených řas Metranal® 8 a NIST rýžová mouka 1568b (dodavatel Analytica Ltd., Praha, ČR).

Ke stanovení byla využita hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ICP-MS ThermoScientific iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA) s technologií QCell (CCT – Collision Cell Technology). V této technologii je He využito jako kolizní plyn, který umožňuje rozpad molekulárních asociátů. Pracovní parametry byly nastaveny následovně: výkon 1550 W, hloubka vzorkování 5 mm, průtok chladícího plynu 14,0 l.min⁻³, průtok pomocného plynu 0,8 l.min⁻¹, průtok zmlžovacího plynu 1,015 l.min⁻¹, průtoková rychlost He 4,1 ml.min⁻¹, rychlost zmlžovače 40,00 ot.min⁻¹ a teplota uvnitř komory 2,7 °C (Sumczynski et al., 2018).

3.10.7 Statistické zpracování dat

Naměřená data byla prezentována jako střední hodnota v sušině vzorku ± SD. K jejich vyhodnocení byl použit program StatK25 a Excel (Buňka et al. Stadvyd, verze 2.0. beta). S pomocí Dean-Dixonova testu (Q-testu) byly z naměřených výsledků vyloučeny odlehlé hodnoty. Poté bylo provedeno statistické vyhodnocení pomocí parametrického a neparametrického testu, který srovnává střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův *t*-test, Tukeyho test, Wilcoxonův test), s hladinou významnosti 5 %.

4. VÝSLEDKY A DISKUZE EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

V experimentální části budou nejdříve prezentovány výsledky u všech osmi modelových müsli směsí (experimentální část A). Z těchto osmi směsí, byly následně vybrány čtyři, které byly znovu připraveny a u těchto byly stanoveny jakostní znaky převážně v oblasti biologicky aktivních látek v rámci definovaných skladovacích podmínek (experimentální část B).

Experimentální část A

4.1 Stanovení základních nutričních znaků müsli směsí a monitoring vlhkosti

Výsledky stanovení obsahu sušiny a základních nutričních znaků spolu s vlákninou jsou prezentovány v Tabulce 3. Byla stanovována hrubá vláknina (CF, Crude Fibre) a neutrálně-detergentní vláknina (NDF, Neutral-Detergent Fibre). Součástí Tabulky 3 je také výsledek stanovení stravitelnosti prezentovaný jako hodnota OMD (Organic Matter Digestibility, stravitelnost organické hmoty vzorku) a DMD (Dry Matter Digestibility, stravitelnost sušiny vzorku).

Obsah sušiny se u vzorků pohyboval v rozmezí od 90,5 do 91,3 %. Podle Vyhlášky č. 18/2020 Sb. může být vlhkost u ovesných vloček nejvýše 12 %, a 14 % u vloček pšeničných, žitných, ječných a ostatních. U müsli směsí není obsah vlhkosti legislativně definován. Z tabulky můžeme vidět, že všechny obsahy vlhkosti byly nižší než výše uvedené limity. Obsah sušiny (vlhkosti) je parametr, který by se mohl významně podílet na údržnosti směsí. Výsledky obsahu sušiny po roce monitorovacího skladování při laboratorní teplotě byly v rozmezí od 90,1 do 92,0 %. Získané výsledky se signifikantně nelišily. Monitorování obsahu vlhkosti je důležité především z hlediska budoucí údržnosti směsí. Se zvyšující se vlhkostí v průběhu skladování se může zvyšovat riziko výskytu plísní spojené s potenciální tvorbou mykotoxinů (Schrödter, 2004), mohou se rozjíždět Maillardovy reakce, oxidace mastných kyselin, enzymatické reakce apod. (Schrödter, 2004).

Hrubým ukazatelem obsahu minerálních látek je obsah popela. Množství popela se u modelových směsí pohybovalo od 2,02 do 2,80 %. Nejvyšší obsah byl naměřen u bezlepkové směsi M6, která jako obilný podíl obsahovala vločky z černé rýže, teffu a červené quinoi. Lze se domnívat, že obilný podíl bude významným přispěvatelem k obsahu popela. Diskutovat výsledky obsahu základních nutričních parametrů, stejně jako posléze obsahy biologicky aktivních látek, je velmi složité, vzhledem k heterogenitě ve složení těchto výrobků. Ze stejného důvodu týkajícího se heterogenity müsli směsí je velmi obtížné sestavit nějakou základní müsli směs, která by se mohla v obsahu jednotlivých živin srovnávat se zde analyzovanými vzorky. Z literárních údajů je však dostupné, že obsah popela u běžných komerčních müsli směsí se pohybuje cca od 1,20 do 1,60 %, což je méně, než bylo naměřeno u našich vzorků (Kobus-Cisowska et al., 2013; Gramza-Michałowska et al., 2015). Obecně známým faktem je, že celiaci se potýkají s horší vstřebatelností a využitím nejen základních živin, ale i biologicky aktivních látek (Theethira et al., 2014). V posledních letech je stravě celiaků věnována zvýšená pozornost

právě v této oblasti a důraz je kladen nejen na nepřítomnost lepku, ale také na nutriční složení bezlepkových jídel. Vyšší obsahy zejména minerálních prvků, vitamínů, bezlepkových bílkovin, vlákniny a biologicky aktivních látek z řad antioxidantů jsou žádoucí (Theethira et al., 2014).

Obsah hrubé bílkoviny se pohyboval od 12,3 do 15,5 %. Signifikantně nejvyšší obsah byl naměřen u bezlepkové směsi M7, která obsahuje vločky z prosa a pohanky, což jsou cereálie na bílkoviny bohaté. Dalšími komponentami, s vyšším podílem bílkovin ve směsi, jsou zajisté mandle a semínka. Jak už bylo uvedeno výše, vyšší hodnoty obsahu hrubé bílkoviny jsou právě u bezlepkových potravin žádoucí. Je nutno ale také napsat, že nejen obsah hrubé bílkoviny jako takové, ale její aminokyselinové složení ukáže na kvalitu proteinu z hlediska výživového (Shewry, 2007). Podobných výsledků v obsahu proteinu bylo dosaženo u modelových müsli směsí ve studii Kobus-Cisowska et al. (2013), naopak u vzorků komerčních müsli mohou být obsahy bílkovin i nižší, cca mezi 9 a 10 % (Jabeur et al., 2017). Pokud se podíváme napříč analyzovanými vzorky, všechny obsahují více než 10 % bílkovin, čehož bylo docíleno variabilitou surovinové skladby vloček, ořechy a semínky. Naopak příspěvek jedlých květů k obsahu bílkovin bude zanedbatelný, vzhledem k nízkému podílu bílkovin, které obsahují.

Obsah lipidů se pohyboval v rozmezí od 6,36 do 8,78 %, kdy nejvyšší množství bylo naměřeno ve směsi M2. Tato směs, mimo ořechový a obilný podíl, obsahuje ovesné a žitné vločky. Ovesné vločky jsou obecně na podíl lipidů velmi bohaté. Výsledky stanovení ukazují, že se jedná o směsi s vyšším obsahem lipidů, které by mohly být problematické v rámci skladovacích podmínek. Tyto mohou být náchylnější na procesy oxidačního žluknutí (Jensen et al., 2005). Hlavními nositeli lipidů jsou u směsí zajisté mandle, chia a lněná semínka. Vzhledem k tomu, že tyto suroviny se nacházejí i u ostatních směsí, je možno vyslovit domněnku, že například na nižším podílu lipidů u vzorku M4 se mohou podílet pšeničné vločky. Ty, na rozdíl od ovesných, jsou na lipidový podíl chudé (Peterson, 1992). U modelových müsli směsí ve studii Kobus-Cisowska et al. (2013), kde byly použity ovesné vločky a ovesné otruby v kombinaci se lněnými semínky, byl naměřen obsah lipidů vyšší, a to 9,81 %. Ještě vyššího obsahu lipidů bylo naměřeno u vzorků müsli směsí s obsahem ovesných vloček a arašídů, konkrétně 14 a 15 % (Jensen et al., 2005). Nutno poznamenat, že vždy bude záležet na tom, jaký hmotnostní podíl bude tvořen těmito surovinami, což vzhledem k již zmiňované heterogenitě müsli směsí je obtížně diskutovatelné. Suroviny jako běžné druhy ovoce a jedlé květy jsou na lipidový podíl chudé.

Obsah hrubé vlákniny CF (komplexu celulózy a ligninu) byl u směsí v rozmezí 1,31 až 1,56 %, přičemž nejvyšší hodnoty byly naměřeny u bezlepkových směsí M6 a M7. Ze surovinové skladby těchto směsí je možno se domnívat, že hlavními přispěvateli k hodnotám CF by mohly být právě

vločky rýže, quinoi, pohanky a miličky. Nerozpustná forma vlákniny NDF (komplex ligninu, celulózy a nerozpustných hemicelulóz) byla nejvyšší u vzorku M1 (21,2 %), nejnižší obsah byl stanoven u směsi M8 (11,9 %). Směs M1 obsahuje vločky ovesné, pšeničné a ječné, z nichž obzvláště ovesné obsahují vyšší podíly hemicelulóz (Arendt a Zannini, 2013). U ostatních směsí byla hodnota NDF v rozmezí od 14,7 do 20,3 %. Pokud bychom se podívali na skupinu směsí bezlepkových a ty s obsahem lepku, potom ty s obsahem lepku byly obecně bohatší v obsahu NDF. V poslední době se pozornost klade právě na stanovení nerozpustné formy vlákniny. Je to dáno možná tím, že na tyto její frakce se estericky váží deriváty hydroxyskořicových kyselin, které se podílejí na zesíťování buněčných stěn rostlinných pletiv (Chandrsekara a Shahidi, 2011). Vzhledem k tomu, že vysoký podíl těchto fenolických kyselin je konjugován a vázán na frakce vlákniny, většina z nich se při trávení dostává až do tlustého střeva, kde je jejich biologická dostupnost podpořena aktivitou enzymů ve střevě a činností bakterií. S nedostatkem vlákniny se mohou potýkat především konzumenti trpící celiakií, u kterých je obecně příjem vlákniny nižší. Proto se v poslední době také potravinářský průmysl orientuje na její zvýšení v bezlepkových potravinách. Toto lze podložit i studií Taetzsch et al. (2018), která uvádí nižší obsah vlákniny v bezlepkových potravinách. Naopak bezlepkové potraviny obsahují vyšší podíl lipidů a nižší podíl bílkovin (Conte et al., 2019). Také studie Miranda et al. (2014) poukazuje na rozdíly v nutričním složení bezlepkových potravin a výrobcích s lepkem. Vyšší obsah vlákniny v obilných zrnech běžně pozitivně koreluje s nižšími hodnotami stravitelnosti (Sumczynski et al., 2015a). Námi stanovené hodnoty OMD se pohybovaly od 87,8 do 93,8 %, hodnoty DMD byly v rozmezí od 80,9 do 89,8 %. Jako nejlépe stravitelný (za podmínek *in vitro*) byl vyhodnocen vzorek M8, který obsahoval rýžové vločky, květ chrpy a růže a jako ovocný podíl malinu, dřišťál, jablko a borůvku, dále mandle a konopné semínko. Rýžová zrna, vzhledem k vyššímu podílu škrobu a dobře trávitelných bílkovin, jsou považována za jedny z nejlépe stravitelných obilných zrn (Khatun et al., 2020). Stravitelnost může být ovlivněna mlýnským zpracováním zrna před samotnou výrobou vloček, kdy se například obušují obalové vrstvy. Dále se v prostředí páry mění fyzikálně-chemické vlastnosti škrobu (Ma et al., 2021), kdy byla zjištěna nižší bobtnavost, rozpustnost, viskozita a vyšší teplota želatinace, což může být způsobeno částečnou želatinací škrobových granulí. Stravitelnost samotného rýžového škrobu může být ovlivněna i obsahem proteinu v těchto zrnech (Khatun et al., 2020). Studie naznačuje, že stravitelnost rýžového škrobu lze ovlivnit pomocí šlechtění nových odrůd zrn, kdy snížení v obsahu bílkovin následně zvyšuje stravitelnost jejich škrobu apod.

Tabulka 3: Výsledky stanovení obsahu základních nutričních znaků a stanovení *in vitro* stravitelnosti

(%)	Sušina	Popel	Hrubá bílkovina	Lipidy	CF	NDF	DMD	OMD
M1	91,0±0,2 ^{a,b,A}	2,27±0,01 ^{a,A}	12,3±0,2 ^{a,A}	7,29±0,20 ^{a,A}	1,31±0,02 ^{a,A}	21,2±2,0 ^{a,A}	88,1±1,0 ^{a,A}	92,9±0,7 ^{a,A}
M2	90,9±0,1 ^{a,A}	2,38±0,10 ^{b,B}	13,9±0,3 ^{b,B}	8,78±0,10 ^{b,B}	1,33±0,01 ^{a,A}	20,3±0,2 ^{b,B}	89,1±1,1 ^{b,B}	93,2±1,0 ^{b,B}
M3	91,0±0,3 ^{a,b,A}	2,19±0,10 ^{c,C}	12,6±0,3 ^{a,d,A}	7,24±0,20 ^{a,A}	1,42±0,02 ^{a,A}	16,5±0,5 ^{c,C}	89,2±0,9 ^{b,B}	93,5±0,9 ^{b,B}
M4	90,8±0,2 ^{a,A}	2,52±0,10 ^{d,D}	14,4±0,3 ^{c,C}	6,36±0,20 ^{c,C}	1,42±0,03 ^{a,A}	20,0±0,5 ^{a,A}	87,4±0,4 ^{c,C}	92,3±0,4 ^{a,A}
M5	91,1±0,2 ^{b,d,A,C}	2,39±0,10 ^{b,A}	12,7±0,2 ^{d,f,A}	7,71±0,20 ^{d,A}	1,41±0,01 ^{a,A}	17,8±1,0 ^{d,A}	80,9±1,2 ^{d,A}	87,8±1,4 ^{c,A}
M6	90,8±0,2 ^{a,A}	2,80±0,12 ^{e,B}	13,6±0,1 ^{b,B}	7,55±0,20 ^{e,B}	1,54±0,01 ^{a,A}	14,7±0,6 ^{e,B}	81,5±0,4 ^{e,B}	89,1±0,6 ^{d,B}
M7	90,5±0,1 ^{c,B}	2,18±0,10 ^{c,C}	15,5±0,3 ^{e,C}	8,31±0,20 ^{f,C}	1,56±0,02 ^{a,A}	16,8±1,0 ^{c,C}	82,8±1,3 ^{f,C}	89,7±1,0 ^{d,B}
M8	91,3±0,1 ^{d,C}	2,02±0,10 ^{f,D}	12,9±0,1 ^{f,C}	8,09±0,20 ^{g,D}	1,39±0,01 ^{a,A}	11,9±1,0 ^{f,D}	89,8±0,7 ^{b,D}	93,8±0,6 ^{b,C}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy). Hrubá vláknina (CF, Crude Fibre), neutrálně-detergentní vláknina (NDF, Neutral-Detergent Fibre), OMD (Organic Matter Digestibility, stravitelnost organické hmoty vzorku), DMD (Dry Matter Digestibility, stravitelnost sušiny vzorku).

4.2 Stanovení celkového obsahu polyfenolů

Celkový obsah polyfenolů ve volných, konjugovaných a vázaných fenolických frakcích je prezentován v Tabulce 4.

Vyšší koncentrace polyfenolů (TPC) byly naměřeny v konjugovaných a volných frakcích. Obsah volných TPC v netradičních směsích dosahoval 642 GAE.kg⁻¹, v konjugovaných až 730 mg GAE.kg⁻¹. U vázaných frakcí byl obsah TPC naměřen nejvýše do 200 mg GAE.kg⁻¹. Obsah celkových polyfenolů se napříč všemi analyzovanými vzorky pohyboval v širokém rozmezí 671–1530 mg GAE.kg⁻¹. Koncentrace TPC budou závislé na mnoha faktorech. Zajisté se hodnoty budou lišit v rámci jednotlivých výrobních šarží. Vzhledem k heterogenitě použitých surovin a samotných směsí je velmi obtížné získané výsledky porovnávat i s literárními údaji. Pokud se zaměříme na jednotlivé suroviny, které byly použity i v našich směsích, potom z literárních údajů dohledáme i rozdílné výsledky studií. Při extrakci polyfenolů se používají různá rozpouštědla, bývá obvykle jiný čas extrakce, jiný způsob provedení či typ extrakce apod., to vše má vliv na stanovení koncentrace TPC.

U obilovin hraje významnou roli nejen obilovina samotná, ale také její odrůda, pěstební podmínky. Například u vzorku rýžových zrn byl naměřen vyšší podíl TPC ve volných frakcích (Vichapong et al., 2010; Massaretto et al., 2011). Koncentrace TPC souvisí i s barvou oplodí (Massaretto et al., 2011; De Mira et al., 2009), kdy byl zaznamenán až čtyřikrát vyšší obsah polyfenolů v zrnech s barevnými obalovými vrstvami. To vše ovlivňuje konečný výsledek v obsahu TPC u surovin. Zdrojem volných TPC mohou být i ořechy (Wu et al., 2021) a ovoce (Yao et al., 2021). Naproti tomu ale bylo dosaženo i odlišných výsledků, kdy ve studii Kim et al. (2018) byl stanoven v ovoci vyšší podíl vázaných TPC, podobně tomu může být i u obilovin (Shao et al., 2014). Jako dobré zdroje polyfenolů slouží i jedlé květy (He et al., 2015), například okvětní plátky růže (Chen et al., 2018). Jedlé květy samy o sobě mohou obsahovat vyšší koncentrace polyfenolických látek, v porovnání s ovocem. Pokud jsou jedlé květy a byliny šetrně zpracovány (například sušením, lyofilizací), polyfenolické látky jsou v nich zakoncentrovány a dosahují až o dva řády vyšších koncentrací (míněno na sušinu vzorku) (Chen et al., 2015). Potom i jejich nižší hmotnostní podíl v müsli směsích by mohl mít pozitivní vliv na obsah TPC.

Měl by být zmíněn i metabolický aspekt a vlastně i důvod samotného stanovení TPC v jednotlivých frakcích. Konjugované a nerozpustné frakce polyfenolů se mohou uvolňovat v GIT za daných podmínek (kyselé či zásadité pH) a při fermentaci bakteriemi tlustého střeva, a/nebo po absorpci střevní stěnou, se mohou podílet na metabolických funkcích vedoucích k podpoře intestinálního epitelu a dostávají se dále do lidského těla, např. do periferního krevního oběhu. Jejich dostupnost vyžaduje aktivitu enzymů střevní tkáně a mikroflóry. Volné polyfenoly jsou uvolňovány a vstřebávány z potravy již v žaludku a poté v předních částech tenkého střeva (Bento-Silva et al., 2020).

Tabulka 4: Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů (TPC)

TPC (mg GAE.kg ⁻¹)	Volné	Konjugované	Vázané	Celkové
M1	537±20 ^{a,A}	413±10 ^{a,A}	190±10 ^{a,c,A,C}	1140±20 ^{a,A}
M2	350±10 ^{b,B}	333±10 ^{b,B}	122±8 ^{b,B}	805±17 ^{b,B}
M3	642±20 ^{c,C}	704±20 ^{c,C}	183±10 ^{a,A}	1530±40 ^{c,C}
M4	438±10 ^{d,D}	465±10 ^{d,D}	200±10 ^{c,C}	1100±17 ^{d,D}
M5	571±30 ^{e,A}	730±10 ^{e,A}	102±10 ^{d,A}	1400±30 ^{e,A}
M6	331±10 ^{f,B}	404±10 ^{f,B}	125±10 ^{b,B}	860±17 ^{f,B}
M7	263±10 ^{g,C}	303±10 ^{g,C}	105±10 ^{d,A}	671±20 ^{g,C}
M8	583±20 ^{h,D}	565±10 ^{h,D}	130±10 ^{b,B}	1280±20 ^{h,D}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

4.2.1 Stanovení TPC v rámci pilotního skladování

Výsledky stanovení hodnot TPC po roce pilotního skladování při laboratorní teplotě za nepřístupu světla jsou shrnuty v Tabulce 5, včetně jejich procentuálních úbytků v jednotlivých frakcích oproti výchozímu stavu (Tabulka 4). Podíváme-li se na hodnoty celkových polyfenolů, potom jejich úbytek se pohyboval v rozmezí 7 až 22 %. Směsi vakuově balené bez přístupu světla za běžné pokojové teploty vykazují relativně nízké % úbytky v obsahu polyfenolů v porovnání s různými studii v rámci celé škály použitých surovin. Lze vyslovit hypotézu, že i zvýšení teploty skladování a přístup světla by mohly být jedny z faktorů, které by se mohly výrazně podílet na snižování koncentrací biologicky aktivních látek. Proto podrobnější diskuze bude vedena u výsledků skladovacího pokusu za definovaných podmínek.

Z pohledu všech frakcí byly zaznamenány nejvyšší úbytky polyfenolů ve frakcích vázaných (37 až 66 %). Na základě dostupných literárních údajů se lze domnívat, že došlo k jejich vyvázání a přechodu do frakcí volných. Ve volných

frakcích bývají většinou polyfenoly méně stabilní a snáze degradují (Stanisavljević et al., 2013; Chatthongpisut et al., 2015). Například při hydrotermickém zpracování obilných zrn může docházet ke zvýšení obsahu polyfenolů ve volných frakcích, které se vyvazují z frakcí vázaných. Toto tvrzení lze podložit i dalším výzkumem, kdy celkový obsah TPC může být významně ovlivněn technologickým zpracováním surovin (mechanickým opracováním při mlýnském zpracování, rozdílnou tepelnou úpravou vařením, pražením apod.) (Duodu et al., 2011; Taş a Gökmen, 2017). Technologickými zásahy dochází často k již zmíněnému uvolnění vázaných polyfenolů do volných frakcí (Bueno-Herrera and Pérez-Magariño, 2020; Ti et al., 2014).

Tabulka 5: Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů v rámci pilotního ročního skladování

TPC (mg GAE.kg ⁻¹)	Volné	Konjugované	Vázané	Celkové
M1	510±10 ^{a,A} (-5 %)	302±10 ^{a,A} (-27 %)	74,0±20 ^{a,A} (-61 %)	886±20 ^{a,A} (-22 %)
M2	306±10 ^{b,B} (-13 %)	298±20 ^{a,B} (-11 %)	42,1±10 ^{b,B} (-66 %)	646±10 ^{b,B} (-20 %)
M3	615±10 ^{c,C} (-4 %)	593±10 ^{b,C} (-16 %)	88,3±10 ^{c,C} (-52 %)	1300±20 ^{c,C} (-15 %)
M4	407±20 ^{d,D} (-7 %)	406±10 ^{c,D} (-13 %)	79,2±10 ^{a,A} (-61 %)	892±10 ^{d,D} (-19 %)
M5	522±20 ^{e,A} (-9 %)	672±10 ^{d,A} (-13 %)	64,3±10 ^{a,A} (-37 %)	1260±20 ^{e,A} (-10 %)
M6	311±10 ^{b,B} (-6 %)	367±10 ^{e,B} (-9 %)	66,2±10 ^{a,A} (-47 %)	744±10 ^{f,B} (-10 %)
M7	242±10 ^{f,C} (-8 %)	278±20 ^{f,C} (-8 %)	60,1±20 ^{a,A} (-43 %)	580±10 ^{g,C} (-14 %)
M8	571±10 ^{g,D} (-2 %)	540±10 ^{g,D} (-4 %)	82,3±10 ^{c,B} (-37 %)	1190±10 ^{h,D} (-7 %)

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

4.3 Stanovení polyfenolického profilu müsli směsí

V müsli směsích byl pomocí HPLC-DAD analyzován profil polyfenolů ve volných, konjugovaných a vázaných frakcích. Naměřená data polyfenolického profilu jsou prezentována v Tabulkách 6 až 8. Vzhledem k významné heterogenitě směsí, v rámci jednotlivých surovin v nich zastoupených, je opět velmi obtížné naměřené výsledky diskutovat a porovnávat s obdobnými studiemi. Z tohoto důvodu budou prezentována převážně data, kdy bylo dosaženo významných změn hodnot koncentrací daných analytů. Pro snadnější orientaci v naměřených datech jsou diskutované výsledky podbarveny šedě. V příloze I jsou uvedeny chromatogramy volných, konjugovaných a vázaných polyfenolických látek v müsli směsi M1.

Profil volných polyfenolických látek je uveden v Tabulce 6. Ve směsích byly naměřeny vyšší koncentrace kyselin protokatechinové (4,25–29,2 mg.kg⁻¹), sinapové (1,00–49,4 mg.kg⁻¹), gallové (8,40–25,4mg.kg⁻¹) a kávové (14,8–24,1 mg.kg⁻¹). Nejvyšší hodnoty v koncentraci dosahovala u směsi M5 kyselina sinapová (až 49,4 mg.kg⁻¹). Vzhledem k tomu, že kyselina sinapová se v obilovinách vyskytuje spíše v nižších koncentracích, možným zdrojem by mohly být jedlé květy chrpy či konopné semínko. Zdá se, že bezlepkové směsi M6 až M8 mohou být dobrým zdrojem flavonoidu kvercetinu, jehož koncentrace se pohybovala od 120 do 145 mg.kg⁻¹, přičemž ve směsi M5 (taktéž bezlepkové) kvercetin detekován nebyl. Směs M8 byla bohatá na obsah epigallokatechinu (98,6 mg.kg⁻¹). Obecně jako zdroje flavonoidů kvercetinu a epigallokatechinu budou v těchto směsích pravděpodobně vystupovat jedlé květy s ovocným podílem (Chen et al., 2018; Kaisoon et al., 2011), obilný podíl je na jejich obsah chudý, vyjma pohanky.

Z hlediska konjugovaných polyfenolů (Tabulka 7) byly detekovány vyšší koncentrace kyselin chlorogenové (37,0–83,8 mg.kg⁻¹) a protokatechinové (1,30–72,6 mg.kg⁻¹), přičemž vysoká koncentrace kyseliny chlorogenové byla naměřena u bezlepkového vzorku M5. Na kyselinu chlorogenovou jsou bohaté plody borůvek a dřívěšálu, stejně tak pseudocereálií (Wu et al., 2018; Kaur et al., 2019; Radziejewska-Kubzdela et al., 2020), což jsou suroviny, které jsou přítomny v této směsi. Ze skupiny konjugovaných flavonoidů byly naměřeny nejvyšší hodnoty koncentrací epigallokatechinu (13,2–154 mg.kg⁻¹) napříč vzorky, u směsí M2 a M3 i rutinu (73,1 a 73,2 mg.kg⁻¹). Tyto směsi obsahovaly i vyšší koncentrace konjugované kyseliny ferulové, která je významnou polyfenolickou kyselinou vážící se na obalové vrstvy zrn. Směs M1 obsahovala vyšší koncentraci kvercetinu (54,0 mg.kg⁻¹), bezlepkové směsi M6 a M7 jsou bohaté na epikatechin. Podobně jako u frakcí volných, tak také ve frakcích konjugovaných byla u vzorku M8 naměřena vyšší koncentrace kyseliny sinapové. Variabilita jednotlivých flavonoidů je zajisté dána silnou heterogenitou směsí, jejich hlavním zdrojem bude ovocný podíl s jedlými květy.

Tabulka 6: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích

[mg.kg ⁻¹]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Flavonoidy								
Epigallokatechin	ND	0,72±0,01 ^{a,A}	ND	ND	ND	6,16±0,10 ^{b,A}	3,48±0,01 ^{c,B}	98,6±0,20 ^{d,C}
Katechin	14,0±0,2 ^{a,A}	8,12±0,02 ^{b,B}	16,7±0,2 ^{c,C}	13,8±0,1 ^{a,A}	13,9±0,1 ^{a,A}	2,74±0,02 ^{d,B}	9,72±0,03 ^{e,C}	0,05±0,01 ^{f,D}
Epikatechin	0,34±0,02 ^{a,A}	4,89±0,02 ^{b,B}	0,80±0,01 ^{c,C}	ND	0,48±0,02 ^{d,A}	5,91±0,01 ^{e,B}	0,16±0,01 ^{f,C}	0,04±0,01 ^{g,D}
Rutin	11,3±0,10 ^{a,A}	2,71±0,01 ^{b,B}	0,94±0,02 ^{c,C}	4,10±0,02 ^{d,D}	3,81±0,02 ^{e,A}	3,90±0,01 ^{f,B}	7,26±0,02 ^{g,C}	8,58±0,02 ^{h,D}
Kvercetin	6,04±0,01 ^{a,A}	4,61±0,02 ^{b,B}	2,70±0,01 ^{c,C}	3,47±0,01 ^{d,D}	ND	145±10 ^{e,A}	120±10 ^{f,B}	133±10 ^{g,C}
Kaempferol	1,36±0,02 ^{a,A}	2,42±0,01 ^{b,B}	2,75±0,02 ^{c,C}	0,70±0,01 ^{d,D}	0,55±0,01 ^{e,A}	0,71±0,01 ^{f,B}	1,82±0,02 ^{g,C}	1,21±0,01 ^{h,D}
Polyfenolické kyseliny								
Chlorogenová	2,82±0,02 ^{a,A}	2,43±0,02 ^{b,B}	6,80±0,03 ^{c,C}	0,04±0,01 ^{d,D}	3,17±0,02 ^{e,A}	0,51±0,01 ^{f,B}	0,52±0,01 ^{f,C}	2,01±0,01 ^{g,D}
Neochlorogenová	11,7±0,1 ^{a,A}	7,99±0,02 ^{b,B}	4,23±0,02 ^{c,C}	3,40±0,01 ^{d,D}	4,94±0,02 ^{e,A}	3,24±0,02 ^{f,B}	1,93±0,01 ^{g,C}	2,34±0,01 ^{h,D}
Gallová	9,50±0,02 ^{a,A}	25,4±0,2 ^{b,B}	17,1±0,1 ^{c,C}	16,2±0,2 ^{d,D}	8,40±0,02 ^{e,A}	13,8±0,2 ^{f,B}	10,7±0,2 ^{g,C}	14,7±0,1 ^{h,D}
Protokatechinová	22,6±0,1 ^{a,A}	27,0±0,3 ^{b,B}	16,3±0,1 ^{c,C}	7,00±0,02 ^{d,D}	4,25±0,01 ^{e,A}	15,3±0,1 ^{f,B}	25,6±0,1 ^{g,C}	29,2±0,2 ^{h,D}
<i>p</i> -Hydroxy-benzoová	8,71±0,10 ^{a,A}	1,37±0,10 ^{b,B}	1,63±0,08 ^{c,C}	1,04±0,01 ^{d,D}	1,07±0,01 ^{e,A}	3,48±0,02 ^{f,B}	4,57±0,06 ^{g,C}	1,15±0,04 ^{h,D}
Vanilová	3,30±0,01 ^{a,A}	0,30±0,01 ^{b,B}	ND	ND	ND	3,41±0,01 ^{c,A}	0,54±0,02 ^{d,B}	ND
Kávová	15,6±0,2 ^{a,A}	24,1±0,1 ^{b,B}	16,6±0,2 ^{c,C}	18,3±0,2 ^{d,D}	18,1±0,1 ^{d,A}	14,8±0,5 ^{e,B}	15,5±0,1 ^{f,C}	16,8±0,1 ^{c,D}
Syringová	1,00±0,01 ^{a,A}	0,96±0,02 ^{b,B}	1,45±0,01 ^{c,C}	0,01±0,01 ^{d,D}	0,02±0,0,1 ^{d,A}	0,69±0,01 ^{e,B}	0,14±0,01 ^{f,C}	2,08±0,01 ^{g,D}
<i>p</i> -Kumarová	12,4±0,1 ^{a,A}	11,0±0,2 ^{a,B}	4,60±0,01 ^{c,C}	4,52±0,02 ^{d,D}	2,40±0,01 ^{e,A}	15,5±0,1 ^{f,B}	1,79±0,01 ^{g,C}	9,01±0,01 ^{h,D}
Ferulová	1,79±0,02 ^{a,A}	1,65±0,01 ^{a,B}	10,3±0,2 ^{c,C}	1,58±0,01 ^{d,D}	2,10±0,01 ^{e,A}	9,44±0,02 ^{f,B}	1,12±0,01 ^{g,C}	5,22 ±0,02 ^{h,D}
Sinapová	41,1±0,1 ^{a,A}	18,9±0,2 ^{b,B}	22,9±0,1 ^{c,C}	1,00±0,01 ^{d,D}	49,4±0,1 ^{e,A}	3,76±0,01 ^{f,B}	2,98±0,01 ^{g,C}	33,2±0,1 ^{h,D}
Ellagová	4,76±0,01 ^{a,A}	1,03±0,01 ^{b,B}	5,75±0,02 ^{c,C}	1,72±0,02 ^{d,D}	7,14±0,01 ^{e,A}	5,04±0,01 ^{f,B}	10,7±0,1 ^{g,C}	9,93±0,02 ^{h,D}
<i>o</i> -Kumarová	6,02±0,02 ^{a,A}	0,70±0,01 ^{b,B}	3,54±0,01 ^{c,C}	1,18±0,01 ^{d,D}	0,36±0,01 ^{e,A}	0,02±0,01 ^{f,B}	0,14±0,01 ^{g,C}	0,15±0,01 ^{g,C}
Skoricová	0,65±0,02 ^{a,A}	0,16±0,01 ^{b,B}	0,38±0,01 ^{c,C}	0,66 ±0,01 ^{a,A}	0,20±0,01 ^{e,A}	0,17±0,01 ^{f,B}	0,15±0,01 ^{f,B}	0,04±0,01 ^{g,C}
Celkem	175±2 ^{a,A}	147±1 ^{b,B}	136±2 ^{c,C}	78,8±3 ^{d,D}	120±2 ^{e,A}	253±4 ^{f,B,C}	218±3 ^g	368±4 ^{h,D}

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

Tabulka 7: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích

[mg.kg ⁻¹]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Flavonoidy								
Epigallokatechin	110±20 ^{b,A}	116±2 ^{b,B}	105±2 ^{c,C}	154±3 ^{d,D}	47,4±0,1 ^{e,A}	13,2±0,1 ^{f,B}	39,4±0,1 ^{g,C}	153±0,1 ^{h,D}
Katechin	13,0±0,2 ^{a,A}	2,95±0,01 ^{b,B}	11,6±0,2 ^{c,C}	21,9±0,1 ^{d,D}	20,1±0,1 ^{e,A}	13,6±0,1 ^{f,B}	9,52±0,01 ^{g,C}	15,1±0,1 ^{h,D}
Epikatechin	19,5±0,1 ^{a,A}	0,92±0,01 ^{b,B}	19,6±0,1 ^{a,A}	10,6±0,1 ^{c,C}	0,84±0,01 ^{d,A}	45,0±0,2 ^{e,B}	55,3±0,1 ^{f,C}	0,33±0,01 ^{g,D}
Rutin	3,65±0,10 ^{a,A}	73,1±0,2 ^{b,B}	73,2±0,1 ^{b,B}	0,43±0,01 ^{c,C}	0,70±0,01 ^{d,A}	0,57±0,01 ^{e,B}	12,1±0,1 ^{f,C}	0,41±0,01 ^{c,D}
Kvercetin	54,0±0,1 ^{a,A}	6,23±0,01 ^{b,B}	1,95±0,02 ^{c,C}	5,76±0,01 ^{d,D}	6,33±0,02 ^{e,A}	32,6±0,1 ^{f,B}	6,63±0,01 ^{g,C}	3,60±0,02 ^{h,D}
Kaempferol	0,45±0,01 ^{a,A}	0,96±0,01 ^{b,B}	1,42±0,01 ^{c,C}	1,94±0,02 ^{d,D}	0,22±0,01 ^{e,A}	0,93±0,01 ^{f,B}	1,31±0,01 ^{g,C}	0,56±0,01 ^{h,D}
Polyfenolické kyseliny								
Chlorogenová	72,7±0,1 ^{a,A}	56,6±0,2 ^{b,B}	60,6±0,2 ^{c,C}	44,2±0,1 ^{d,D}	83,8±0,1 ^{e,A}	70,9±0,2 ^{f,B}	37,0±0,2 ^{g,C}	80,3±0,1 ^{h,D}
Neochlorogenová	0,75±0,01 ^{a,A}	1,58±0,01 ^{b,B}	0,91±0,02 ^{c,C}	1,52±0,01 ^{b,B}	2,32±0,01 ^{d,A}	0,31±0,01 ^{e,B}	1,14±0,02 ^{f,C}	1,09±0,02 ^{g,D}
Gallová	1,52±0,01 ^{a,A}	1,50±0,01 ^{a,A}	8,65±0,03 ^{b,B}	1,15±0,2 ^{c,C}	0,76±0,01 ^{d,A}	0,82±0,01 ^{e,B}	0,47±0,03 ^{f,C}	4,28±0,02 ^{g,D}
Protokatechinová	17,3±0,1 ^{a,A}	13,4±0,1 ^{b,B}	59,9±0,1 ^{c,C}	1,30±0,01 ^{d,D}	9,20±0,02 ^{e,A}	23,5±0,1 ^{f,B}	14,2±0,1 ^{g,C}	72,6±0,1 ^{h,D}
<i>p</i> -Hydroxy-benzoová	2,55±0,01 ^{a,A}	2,50±0,01 ^{a,A}	0,06±0,01 ^{b,B}	0,31±0,01 ^{c,C}	ND	8,25±0,01 ^{d,A}	1,29±0,07 ^{e,B}	0,22±0,02 ^{f,C}
Vanilová	0,10±0,02 ^{a,A}	1,64±0,01 ^{b,B}	0,25±0,02 ^{c,C}	0,66±0,01 ^{d,D}	0,48±0,02 ^{e,A}	1,95±0,01 ^{f,B}	0,74±0,02 ^{g,C}	ND
Kávoová	11,7±0,1 ^{a,A}	0,13±0,01 ^{b,B}	0,07±0,01 ^{c,C}	0,19±0,01 ^{d,D}	1,32±0,01 ^{e,A}	2,43±0,02 ^{f,B}	0,43±0,01 ^{g,C}	1,86±0,02 ^{h,D}
Syringová	2,63±0,02 ^{a,A}	1,01±0,03 ^{b,B}	2,95±0,01 ^{c,C}	2,34±0,01 ^{d,C}	1,55±0,01 ^{e,A}	3,14±0,01 ^{f,B}	0,75±0,02 ^{g,C}	0,88±0,01 ^{h,D}
<i>p</i> -Kumarová	6,85±0,01 ^{a,A}	2,68±0,01 ^{a,B}	4,18±0,01 ^{c,C}	1,55±0,03 ^{d,D}	5,18±0,01 ^{e,A}	4,17±0,01 ^{c,B}	4,01±0,01 ^{f,C}	3,43±0,02 ^{g,D}
Ferulová	0,94±0,01 ^{a,A}	6,23±0,03 ^{a,B}	6,17±0,05 ^{c,C}	3,17±0,10 ^{d,D}	0,65±0,02 ^{e,A}	0,28±0,01 ^{f,B}	7,38±0,07 ^{g,C}	24,5 ±0,02 ^{h,D}
Sinapová	2,17±0,01 ^{a,A}	2,66±0,01 ^{b,B}	2,86±0,01 ^{c,C}	0,15±0,01 ^{d,D}	2,12±0,01 ^{a,A}	5,18±0,01 ^{f,B}	7,42±0,01 ^{g,C}	25,2±0,1 ^{h,D}
Ellagová	2,71±0,20 ^{a,A}	8,56±0,01 ^{b,B}	0,04±0,01 ^{c,C}	1,49±0,01 ^{d,D}	1,60±0,01 ^{e,A}	1,22±0,01 ^{f,B}	6,67±0,01 ^{g,C}	2,61±0,01 ^{h,D}
<i>o</i> -Kumarová	0,69±0,01 ^{a,A}	0,33±0,01 ^{b,B}	0,28±0,01 ^{c,C}	0,58±0,01 ^{d,D}	0,65±0,01 ^{e,A}	0,46±0,01 ^{f,B}	0,04±0,01 ^{g,C}	7,59±0,01 ^{h,D}
Skořicová	0,06±0,01 ^{a,A}	≤0,01 ^{b,B}	0,10±0,01 ^{c,C}	0,04 ±0,01 ^{a,A}	0,23±0,01 ^{d,A}	0,26±0,01 ^{d,A}	0,05±0,01 ^{a,B}	0,08±0,01 ^{a,B}
Celkem	324±5 ^{a,A}	299±2 ^{b,B}	360±2 ^{c,C}	254±2 ^{d,D}	186±1 ^{e,A}	229±1 ^{f,B}	206 ±2 ^{g,C}	398±5 ^{h,D}

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

Co se týká profilu vázaných polyfenolů (Tabulka 8), byly zaznamenány opět vyšší koncentrace kyselin protokatechinové (4,00–14,8 mg.kg⁻¹), sinapové (až 12,9 mg.kg⁻¹) a ferulové (10,9 mg.kg⁻¹), naopak kyseliny vanilová a syringová nebyly detekovány napříč všemi vzorky. Z vázaných flavonoidů byly nejhojněji zastoupeny kvercetin (4,37–28,6 mg.kg⁻¹) a kaempferol (2,53–7,20 mg.kg⁻¹). U bezlepkové směsi M7 byl naměřen vyšší podíl rutinu a epigallokatechinu, jejichž dobrým zdrojem jsou lněná semínka, pohankové a jáhlové vločky, které směs obsahuje.

Celkový obsah vázaných polyfenolických látek naměřených metodou kapalinové chromatografie byl ve všech müsli směsích nejnižší v porovnání s frakcemi volnými a konjugovanými. Výsledky jsou tak v korelaci se spektrofotometrickým stanovením TPC, kdy nejméně polyfenolů bylo detekováno taktéž ve vázaných frakcích.

Z hlediska polyfenolického profilu byly ve volných, konjugovaných a vázaných frakcích nejvíce zastoupeny kyseliny chlorogenová, sinapová a protokatechinová. Zdrojem kyseliny chlorogenové mohou být obiloviny a ovoce. V zrnech pšenice s barevnými obalovými vrstvami byla kyselina chlorogenová detekována ve všech frakcích, volných, konjugovaných i vázaných (Suriano et al., 2018), podobně v zrnech rýže a prosa (Wu et al., 2018; Kaur et al., 2019). Kyselina chlorogenová je hojně zastoupenou kyselinou ovocných plodů, jako např. jablek a dřišťálu (Fu et al., 2011; Radziejewska-Kubzdela et al., 2020). Dobrým zdrojem kyseliny protokatechinové mohou být obiloviny s barevnými obalovými vrstvami (Guo a Beta, 2013). Jejím bohatým zdrojem jsou například rýžové otruby separované ze zrn s černými obalovými vrstvami. Naproti tomu ve vzorcích z „bílých“ rýžových zrn tato kyselina nebyla detekována (Wu et al., 2018). Toto tvrzení bylo podpořeno i studií Shao et al. (2018), kde byla analyzována, jak „černá“, tak „červená“ rýžová zrna. Dalším zdrojem protokatechinové kyseliny mohou být skořápkové plody, zejména mandle (Sang et al., 2002) a para ořechy (John a Shahidi, 2010). Mnohé z výše jmenovaných surovin byly součástí i našich směsí. Nelze opomenout ani význam ovocného podílu, jako možného přispěvatele k vyššímu podílu kyseliny protokatechinové. Jedná se zejména o borůvky a jahody (Hung et al., 2012), černý rybíz a maliny (Russell et al., 2009). Literární údaje udávají u ovoce vyšší podíly kyseliny protokatechinové v konjugovaných frakcích (Russell et al., 2009). Mimo polyfenolické kyseliny (gallovou, kávovou, chlorogenovou, neochlorogenovou, sinapovou, protokatechinovou) se v ovoci vyskytují i vyšší koncentrace flavonoidů, jako je např. kvercetin v jablku (Fu et al., 2011) či rutin s kvercetinem v dřišťálu (Radziejewska-Kubzdela et al., 2020). Cenným zdrojem polyfenolických kyselin jsou také jedlé květy (Kaisoon et al., 2011). Jako hlavní kyseliny zde vystupují gallová, sinapová a ferulová. V jedlých květech ibišku súdánského byl detekován výskyt kyseliny gallové dokonce ve všech frakcích (Chen et al., 2018). Stejně tak je publikován v jedlých květech výskyt kyselin vanilové, kávové a syringové (Chen et al., 2018). Z flavonoidů

jedlých květů vystupují do popředí ve vyšších koncentracích rutin, kvercetin, kaempferol a epikatechin (Chen et al., 2018; Kaisoon et al., 2011). Zejména rutin, kvercetin a kaempferol byly v müsli směsích detekovány ve vyšších koncentracích.

Profilové zastoupení jednotlivých polyfenolických látek a jejich koncentrační rozmezí mohou být ovlivněny mnoha faktory. Jsou to zejména druh rostliny a její odrůda, zralost plodů, květů, zrn apod., dále klimatické a stresové podmínky pro růst rostliny, ochrana před UV zářením nebo patogeny. Jednotlivé polyfenolické látky syntetizují rostliny v rámci svých obranných metabolických mechanismů jako sekundární metabolity (Pandey a Rizvi, 2009). Pokud jde o další kritéria, která ovlivňují koncentraci stanovených polyfenolických látek, potom je to také samotný způsob extrakce, druh použitého rozpouštědla, zvolený postup hydrolýzy při přípravě jednotlivých polyfenolických frakcí apod.

Tabulka 8: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích

[mg.kg ⁻¹]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Flavonoidy								
Epigallokatechin	0,29±0,01 ^{a,A}	9,99±0,01 ^{b,B}	0,27±0,01 ^{a,A}	10,5±0,1 ^{c,C}	2,97±0,02 ^{d,A}	11,1±0,2 ^{e,B}	18,4±0,2 ^{f,C}	3,06±0,01 ^{g,D}
Katechin	1,00±0,01 ^{a,A}	ND	ND	ND	ND	2,49±0,01 ^{b,A}	ND	ND
Epikatechin	0,03±0,01 ^{a,A}	0,03±0,01 ^{a,A}	0,02±0,01 ^{a,A}	1,29±0,01 ^{b,B}	7,58±0,02 ^{c,A}	11,9±0,1 ^{d,B}	8,21±0,01 ^{e,C}	0,06±0,01 ^{f,D}
Rutin	4,02±0,01 ^{a,A}	5,65±0,02 ^{b,B}	6,16±0,03 ^{c,C}	3,40±0,02 ^{d,D}	1,37±0,01 ^{e,A}	0,45±0,01 ^{f,B}	13,7±0,2 ^{g,C}	4,23±0,01 ^{h,D}
Kvercetin	8,80±0,03 ^{a,A}	6,81±0,01 ^{b,B}	6,93±0,01 ^{c,C}	28,6±0,1 ^{d,D}	10,4±0,1 ^{e,A}	4,37±0,02 ^{f,B}	9,12±0,01 ^{g,C}	11,8±0,1 ^{h,D}
Kaempferol	4,30±0,01 ^{a,A}	3,27±0,01 ^{b,B}	7,20±0,02 ^{c,C}	2,53±0,06 ^{d,D}	5,21±0,01 ^{e,A}	3,73±0,01 ^{f,B}	2,66±0,01 ^{g,C}	5,69±0,02 ^{h,D}
Polyfenolické kyseliny								
Chlorogenová	4,59±0,01 ^{a,A}	0,22±0,01 ^{b,B}	0,55±0,01 ^{c,C}	0,17±0,01 ^{d,D}	0,38±0,01 ^{e,A}	0,01±0,01 ^{f,B}	0,53±0,02 ^{c,C}	0,62±0,1 ^{g,D}
Neochlorogenová	0,42±0,01 ^{a,A}	0,03±0,01 ^{b,B}	0,08±0,04 ^{c,C}	0,04±0,01 ^{b,B}	0,41±0,01 ^{a,A}	1,47±0,01 ^{d,B}	0,13±0,02 ^{e,C}	ND
Gallová	0,36±0,01 ^{a,A}	0,11±0,01 ^{b,B}	7,19±0,02 ^{c,C}	1,46±0,01 ^{d,D}	0,07±0,01 ^{e,A}	0,11±0,01 ^{b,B}	0,49±0,01 ^{f,C}	1,81±0,01 ^{g,D}
Protokatechinová	4,00±0,02 ^{a,A}	5,22±0,01 ^{b,B}	8,26±0,01 ^{c,C}	6,80±0,01 ^{d,D}	4,79±0,01 ^{e,A}	5,62±0,02 ^{f,B}	8,29±0,03 ^{g,C}	14,8±0,4 ^{h,D}
<i>p</i> -Hydroxy-benzoová	ND	ND	ND	ND	0,25±0,02 ^A	0,16±0,02 ^B	0,14±0,01 ^B	0,11±0,02 ^C
Vanilová	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Kávová	0,58±0,01 ^{a,A}	0,53±0,01 ^{a,A}	ND	0,26±0,02 ^{b,B}	0,28±0,01 ^{b,A}	0,08±0,02 ^{c,B}	0,10±0,01 ^{c,B}	ND
Syringová	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>p</i> -Kumarová	0,36±0,01 ^{a,A}	0,21±0,01 ^{a,B}	0,45±0,01 ^{c,C}	0,27 ±0,02 ^{d,D}	0,59±0,01 ^{e,A}	0,52±0,01 ^{f,B}	0,58±0,02 ^{e,C}	0,53±0,02 ^{f,B}
Ferulová	ND	10,7±0,2 ^{a,A}	0,07±0,01 ^{b,B}	ND	≤0,01 ^{c,A}	3,96±0,06 ^{d,B}	9,87±0,08 ^{e,C}	2,23 ±0,02 ^{f,D}
Sinapová	9,86±0,10 ^{a,A}	10,9±0,1 ^{b,B}	12,9±0,1 ^{c,C}	9,33±0,03 ^{d,D}	2,18±0,01 ^{e,A}	3,15±0,01 ^{f,B}	2,38±0,01 ^{g,C}	0,37±0,01 ^{h,D}
Ellagová	3,38±0,01 ^{a,A}	3,85±0,01 ^{b,B}	3,07±0,01 ^{c,C}	1,59±0,01 ^{d,D}	0,16±0,01 ^{e,A}	2,20±0,01 ^{f,B}	1,94±0,01 ^{g,C}	0,27±0,01 ^{h,D}
<i>o</i> -Kumarová	0,07±0,01 ^{a,A}	ND	0,06±0,01 ^{a,A}	ND	ND	ND	ND	ND
Skoricová	0,48±0,02 ^{a,A}	0,20±0,01 ^{b,B}	0,98±0,01 ^{c,C}	1,07 ±0,01 ^{d,D}	0,28±0,01 ^{e,A}	0,75±0,01 ^{f,B}	0,27±0,01 ^{e,A}	0,09±0,01 ^{g,C}
Celkem	42,5±3 ^{a,A}	57,8±2 ^{b,B}	54,2±3 ^{c,C}	67,3±2 ^{d,D}	36,9±2 ^{e,A}	52,0±2 ^{f,B}	76,8±1 ^{g,C}	45,6±4 ^{h,D}

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lipkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

4.3.1 Stanovení polyfenolického profilu müsli směsí v rámci pilotního skladování

Polyfenolický profil volných, konjugovaných a vázaných frakcí v rámci pilotního skladovacího pokusu v müsli směsích je uveden v Tabulkách 9 až 11. Data, která jsou diskutována, jsou opět šedě podbarvena. Zároveň jsou zde uvedeny % úbytky jednotlivých polyfenolů oproti jejich výchozímu stavu (Tabulky 6–8).

Ze skupiny volných flavonoidů po roce skladování při laboratorní teplotě bez přístupu světla byl nejvyšší pokles v koncentraci zaznamenán u epikatechinu, a to o 25 % (konkrétně u vzorku M8). Zde by to mohlo ukazovat na jeho degradaci v podílu jedlých květů růže a chrpy, u ovoce potom nejspíše u borůvek, které jsou na flavonoidy bohaté. Co se týká polyfenolických kyselin ve volných frakcích, došlo k nejvyššímu úbytku v jejich koncentraci u kyseliny syringové (ve vzorku M5 až o 50 %), která bývá hojně zastoupena v jedlých květech (Chen et al., 2018). U ostatních vzorků tak vysoké poklesy v koncentracích jednotlivých polyfenolů zaznamenány nebyly, pohybovaly se většinou do 25 %.

Zaměříme-li se na flavonoidy v konjugovaných frakcích (Tabulka 10), došlo k nejvyššímu poklesu v koncentraci kaempferolu z původní hodnoty 0,96 na 0,74 mg.kg⁻¹, což je pokles o 23 % (u směsi M2). Vzhledem k tomu, že kaempferol je hojně zastoupen napříč celou surovinovou skladbou, ukázat na komponentu, která mohla být zdrojem jeho úbytku je obtížné. Z polyfenolických kyselin byl zaznamenán nejvyšší koncentrační úbytek u kyseliny ferulové, a to o 29 % (směs M4). Kyselina ferulová je hlavní polyfenolickou kyselinou zrn pšenice, z jejíchž vloček je směs M4 připravena. Konkrétně se jedná o vločky z červené pšenice, pšenice jednozrnky a o vločky kamutové. Lze se domnívat, že její koncentrační úbytek souvisí právě s touto surovinovou matricí. U této směsi byl také zaznamenán nejvyšší pokles celkových konjugovaných polyfenolů (o 17 %), podobně jako u směsí M5 a M6. V rámci konjugovaných frakcí byl zaznamenán jejich větší koncentrační úbytek v porovnání s frakcí volných polyfenolů.

Pokud se zaměříme na vázané frakce (Tabulka 11), k nejvyššímu úbytku v rámci jednotlivých flavonoidů došlo u koncentrací epikatechinu. Z polyfenolických kyselin byl nejvyšší úbytek zaznamenán u kyseliny kávové (u směsi M2, a to o 51 %), jejímž dobrým zdrojem jsou ovoce a jedlé květy (Chen et al., 2018; Russell et al., 2009; Fu et al., 2011). Co se týká ostatních vzorků, její úbytek se pohyboval nad 30 %, přičemž u dvou směsí tato kyselina nebyla detekována (resp. její koncentrace byla pod hodnotou LOQ). Napříč spektrem měřených flavonoidů a polyfenolických kyselin lze pozorovat, že jejich úbytek ve vázaných frakcích se většinou pohyboval mezi 20 až 30 %. Vyšších úbytků bylo naměřeno u koncentrací kyseliny ellagové. Získané výsledky jsou ve shodě s výsledky TPC naměřených spektrofotometricky, kdy

za daných podmínek také docházelo k vyššímu poklesu u frakce vázaných polyfenolů.

Tabulka 9: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích v rámci pilotního skladování

[mg.kg ⁻¹]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Flavonoidy								
Epigallokatechin	ND	0,64±0,01 ^{a,A,-11} %	ND	ND	ND	5,57±0,01 ^{b,A,-10} %	3,10±0,01 ^{c,B,-11} %	88,2±0,10 ^{d,C,-11} %
Katechin	12,7±0,1 ^{a,A,-9} %	7,24±0,01 ^{b,B,-11} %	14,8±0,1 ^{c,C,-11} %	12,4±0,2 ^{a,A,-10} %	12,3±0,1 ^{a,A,-12} %	2,42±0,02 ^{d,B,-12} %	8,84±0,01 ^{e,C,-9} %	0,04±0,01 ^{f,D,-20} %
Epikatechin	0,28±0,01 ^{a,A,-18} %	4,17±0,01 ^{b,B,-15} %	0,68±0,01 ^{c,C,-15} %	ND	0,41±0,01 ^{d,A,-15} %	5,02±0,01 ^{e,B,-15} %	0,13±0,01 ^{f,C,-19} %	0,03±0,01 ^{g,D,-25} %
Rutin	10,2±0,01 ^{a,A,-10} %	2,45±0,01 ^{b,B,-10} %	0,84±0,01 ^{c,C,-11} %	3,78±0,02 ^{d,D,-8} %	3,42±0,01 ^{e,A,-10} %	3,54±0,01 ^{f,B,-9} %	6,47±0,02 ^{g,C,-11} %	7,84±0,01 ^{h,D,-9} %
Kvercetin	5,45±0,01 ^{a,A,-10} %	4,12±0,02 ^{b,B,-11} %	2,44±0,01 ^{c,C,-10} %	3,19±0,01 ^{d,D,-8} %	ND	132±5 ^{e,A,-9} %	109±5 ^{f,B,-9} %	119±10 ^{g,C,-11} %
Kaempferol	1,21±0,01 ^{a,A,-11} %	2,14±0,02 ^{b,B,-12} %	2,42±0,01 ^{c,C,-12} %	0,61±0,01 ^{d,D,-13} %	0,49±0,01 ^{e,A,-11} %	0,62±0,01 ^{f,B,-13} %	1,62±0,02 ^{g,C,-11} %	1,07±0,01 ^{h,D,-12} %
Polyfenolické kyseliny								
Chlorogenová	2,64±0,01 ^{a,A,-6} %	2,25±0,02 ^{b,B,-7} %	6,45±0,02 ^{c,C,-5} %	0,03±0,01 ^{d,D,-25} %	2,89±0,02 ^{e,A,-9} %	0,48±0,01 ^{f,B,-6} %	0,49±0,01 ^{f,C,-6} %	1,87±0,01 ^{g,D,-7} %
Neochlorogenová	10,5±0,1 ^{a,A,-10} %	7,23±0,01 ^{b,B,-10} %	3,87±0,01 ^{c,C,-9} %	3,06±0,01 ^{d,D,-10} %	4,42±0,01 ^{e,A,-11} %	2,87±0,02 ^{f,B,-12} %	1,68±0,01 ^{g,C,-13} %	2,11±0,01 ^{h,D,-10} %
Gallová	8,27±0,02 ^{a,A,-13} %	21,2±0,1 ^{b,B,-17} %	14,7±0,1 ^{c,C,-14} %	13,1±0,1 ^{d,D,-19} %	7,37±0,02 ^{e,A,-12} %	11,7±0,1 ^{f,B,-15} %	8,78±0,2 ^{g,C,-18} %	11,8±0,1 ^{h,D,-20} %
Protokatechinová	19,2±0,2 ^{a,A,-15} %	22,8±0,2 ^{b,B,-16} %	14,1±0,1 ^{c,C,-13} %	5,87±0,01 ^{d,D,-16} %	3,66±0,01 ^{e,A,-14} %	12,8±0,1 ^{f,B,-16} %	21,4±0,2 ^{g,C,-16} %	24,7±0,1 ^{h,D,-15} %
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	7,02±0,10 ^{a,A,-19} %	1,14±0,01 ^{b,B,-17} %	1,33±0,02 ^{c,C,-18} %	0,87±0,01 ^{d,D,-16} %	0,89±0,02 ^{e,A,-17} %	2,89±0,03 ^{f,B,-17} %	3,67±0,02 ^{g,C,-20} %	0,88±0,01 ^{h,D,-23} %
Vanilová	2,98±0,01 ^{a,A,-12} %	0,26±0,02 ^{b,B,-13} %	ND	ND	ND	3,02±0,01 ^{c,A,-11} %	0,47±0,01 ^{d,B,-13} %	ND
Kávová	12,9±0,2 ^{a,A,-17} %	21,2±0,1 ^{b,B,-12} %	13,9±0,3 ^{c,C,-16} %	15,8±0,1 ^{d,D,-14} %	14,7±0,2 ^{d,A,-19} %	12,3±0,2 ^{e,B,-17} %	12,7±0,1 ^{f,C,-18} %	13,8±0,2 ^{c,D,-18} %
Syringová	0,84±0,01 ^{a,A,-16} %	0,79±0,01 ^{b,B,-18} %	1,17±0,02 ^{c,C,-19} %	ND	0,01±0,0,1 ^{d,A,-50} %	0,57±0,01 ^{e,B,-17} %	0,12±0,01 ^{f,C,-14} %	1,87±0,02 ^{g,D,-10} %
<i>p</i> -Kumarová	10,7±0,1 ^{a,A,-14} %	9,98±0,1 ^{a,B,-9} %	4,25±0,01 ^{c,C,-8} %	4,21±0,02 ^{d,D,-7} %	2,24±0,01 ^{e,A,-7} %	14,7±0,1 ^{f,B,-5} %	1,62±0,01 ^{g,C,-9} %	8,46±0,02 ^{h,D,-6} %
Ferulová	1,62±0,01 ^{a,A,-9} %	1,47±0,01 ^{a,B,-11} %	9,78±0,2 ^{c,C,-5} %	1,42±0,02 ^{d,D,-10} %	1,88±0,01 ^{e,A,-10} %	9,06±0,02 ^{f,B,-4} %	0,97±0,01 ^{g,C,-13} %	4,87 ±0,03 ^{h,D,-7} %
Sinapová	38,1±0,1 ^{a,A,-7} %	17,2±0,2 ^{b,B,-9} %	21,3±0,1 ^{c,C,-7} %	0,93±0,01 ^{d,D,-7} %	47,2±0,1 ^{e,A,-4} %	3,45±0,03 ^{f,B,-8} %	2,78±0,01 ^{g,C,-7} %	31,2±0,2 ^{h,D,-6} %
Ellagová	4,54±0,01 ^{a,A,-5} %	0,99±0,01 ^{b,B,-4} %	5,42±0,02 ^{c,C,-6} %	1,63±0,02 ^{d,D,-5} %	6,89±0,03 ^{e,A,-4} %	4,87±0,02 ^{f,B,-3} %	9,84±0,1 ^{g,C,-8} %	9,32±0,03 ^{h,D,-6} %
<i>o</i> -Kumarová	5,68±0,01 ^{a,A,-6} %	0,62±0,01 ^{b,B,-11} %	3,23±0,02 ^{c,C,-9} %	0,99±0,01 ^{d,D,-16} %	0,31±0,01 ^{e,A,-14} %	0,01±0,01 ^{f,B,-50} %	0,12±0,01 ^{g,C,-14} %	0,13±0,01 ^{g,C,-13} %
Skorčicová	0,55±0,04 ^{a,A,-15} %	0,14±0,01 ^{b,B,-13} %	0,32±0,01 ^{c,C,-16} %	0,61±0,01 ^{a,A,-8} %	0,17±0,01 ^{e,A,-15} %	0,14±0,01 ^{f,B,-18} %	0,13±0,01 ^{f,B,-13} %	0,03±0,01 ^{g,C,-25} %
Celkem	155±2 ^{a,A,-11} %	128±1 ^{b,B,-13} %	121±2 ^{c,C,-11} %	69,0±2 ^{d,D,-12} %	109±2 ^{e,A,-9} %	228±2 ^{f,B,-10} %	194±2 ^{g,C,-11} %	328±2 ^{h,D,-11} %

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy). LOQs pro jednotlivé analyty 0,01–0,02 mg.kg⁻¹.

Tabulka 10: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích v rámci pilotního skladování

[mg.kg ⁻¹]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Flavonoidy								
Epigallokatechin	97±10 ^{b,A,-12 %}	101±2 ^{b,B,-13%}	89±1 ^{c,C,-15 %}	127±2 ^{d,D,-18 %}	38,1±0,2 ^{e,A,-20 %}	11,2±0,1 ^{f,B,-15 %}	34,1±0,1 ^{g,C,-13 %}	137±1 ^{h,D,-10 %}
Katechin	11,4±0,1 ^{a,A,-12 %}	2,34±0,01 ^{b,B,-21 %}	10,2±0,1 ^{c,C,-12 %}	18,8±0,2 ^{d,D,-14 %}	17,4±0,1 ^{e,A,-13 %}	11,1±0,1 ^{f,B,-18 %}	8,06±0,01 ^{g,C,-15 %}	12,7±0,1 ^{h,D,-19 %}
Epikatechin	17,1±0,1 ^{a,A,-14 %}	0,81±0,01 ^{b,B,-12 %}	16,8±0,1 ^{a,A,-14 %}	8,66±0,1 ^{c,C,-18 %}	0,71±0,01 ^{d,A,-15 %}	38,7±0,1 ^{e,B,-14 %}	48,1±0,1 ^{f,C,-13 %}	0,27±0,01 ^{g,D,-18 %}
Rutin	3,21±0,10 ^{a,A,-12 %}	62,8 ±0,1 ^{b,B,-14 %}	64,2±0,2 ^{b,B,-12 %}	0,38±0,01 ^{c,C,-12 %}	0,61±0,01 ^{d,A,-13 %}	0,49±0,01 ^{e,B,-14 %}	10,2±0,1 ^{f,C,-16 %}	0,33±0,01 ^{c,D,-20 %}
Kvercetin	46,7±0,2 ^{a,A,-14 %}	5,21±0,01 ^{b,B,-16 %}	1,62±0,01 ^{c,C,-17 %}	5,01±0,02 ^{d,D,-13 %}	5,47 ±0,01 ^{e,A,-14 %}	27,7±0,2 ^{f,B,-15 %}	5,68±0,01 ^{g,C,-14 %}	3,01±0,02 ^{h,D,-16 %}
Kaempferol	0,36±0,01 ^{a,A,-20 %}	0,74±0,01 ^{b,B,-23 %}	1,22±0,01 ^{c,C,-14 %}	1,63±0,02 ^{d,D,-16 %}	0,18±0,01 ^{e,A,-18 %}	0,78±0,01 ^{f,B,-16 %}	1,09±0,01 ^{g,C,-17 %}	0,47±0,02 ^{h,D,-16 %}
Polyfenolické kyseliny								
Chlorogenová	62,3±0,2 ^{a,A,-14 %}	47,2±0,2 ^{b,B,-17 %}	51,3±0,1 ^{c,C,-15 %}	37,8±0,1 ^{d,D,-14 %}	71,1±0,1 ^{e,A,-15 %}	59,8±0,2 ^{f,B,-16 %}	30,8±0,2 ^{g,C,-17 %}	68,1±0,1 ^{h,D,-15 %}
Neochlorogenová	0,62±0,01 ^{a,A,-17 %}	1,24±0,01 ^{b,B,-22 %}	0,76±0,01 ^{c,C,-16 %}	1,23±0,01 ^{b,B,-19 %}	1,97±0,01 ^{d,A,-15 %}	0,22±0,01 ^{e,B,-29 %}	0,98±0,02 ^{f,C,-14 %}	0,78±0,02 ^{g,D,-28 %}
Gallová	1,21±0,02 ^{a,A,-20 %}	1,18±0,03 ^{a,A,-21 %}	7,24±0,01 ^{b,B,-16 %}	0,87 ±0,2 ^{c,C,-24 %}	0,60±0,02 ^{d,A,-21 %}	0,66±0,01 ^{e,B,-20 %}	0,38±0,02 ^{f,C,-19 %}	3,56±0,03 ^{g,D,-17 %}
Protokatechinová	13,8±0,1 ^{a,A,-20 %}	10,1±0,1 ^{b,B,-25 %}	46,2±0,2 ^{c,C,-23 %}	1,02±0,01 ^{d,D,-22 %}	7,36±0,01 ^{e,A,-20 %}	17,4±0,1 ^{f,B,-26 %}	11,2±0,1 ^{g,C,-23 %}	57,2 ±0,2 ^{h,D,-21 %}
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,98±0,02 ^{a,A,-22 %}	2,02±0,01 ^{a,A,-19 %}	0,05±0,01 ^{b,B,-17 %}	0,25±0,01 ^{c,C,-19 %}	ND	7,23±0,02 ^{d,A,-12 %}	1,03±0,02 ^{e,B,-20 %}	0,18±0,03 ^{f,C,-18 %}
Vanilová	0,08±0,01 ^{a,A,-20 %}	1,35±0,02 ^{b,B,-18 %}	0,19±0,01 ^{c,C,-24 %}	0,49±0,03 ^{d,D,-26 %}	0,38±0,01 ^{e,A,-21 %}	1,62±0,01 ^{f,B,-17 %}	0,55±0,01 ^{g,C,-26 %}	ND
Kávová	9,66±0,2 ^{a,A,-17 %}	0,10±0,01 ^{b,B,-23 %}	0,06±0,01 ^{c,C,-14 %}	0,16±0,01 ^{d,D,-16 %}	1,01±0,01 ^{e,A,-23 %}	2,14±0,02 ^{f,B,-12 %}	0,33±0,02 ^{g,C,-23 %}	1,52±0,03 ^{h,D,-18 %}
Syringová	2,14±0,03 ^{a,A,-19 %}	0,82±0,01 ^{b,B,-19 %}	2,42±0,01 ^{c,C,-18 %}	2,01±0,02 ^{d,C,-14 %}	1,13±0,02 ^{e,A,-27 %}	2,47±0,01 ^{f,B,-21 %}	0,62±0,02 ^{g,C,-17 %}	0,63±0,01 ^{h,D,-28 %}
<i>p</i> -Kumarová	5,67±0,01 ^{a,A,-17 %}	2,23±0,01 ^{a,B,-17 %}	3,32±0,02 ^{c,C,-21 %}	1,14±0,03 ^{d,D,-27 %}	4,27±0,01 ^{e,A,-18 %}	3,12±0,01 ^{c,B,-25 %}	3,14±0,02 ^{f,C,-22 %}	2,49±0,01 ^{g,D,-27 %}
Ferulová	0,72±0,02 ^{a,A,-23 %}	5,03 ±0,03 ^{a,B,-19 %}	5,14±0,03 ^{c,C,-17 %}	2,24±0,10 ^{d,D,-29 %}	0,52±0,01 ^{e,A,-20 %}	0,21±0,01 ^{f,B,-25 %}	6,21±0,01 ^{g,C,-16 %}	18,7±0,02 ^{h,D,-24 %}
Sinapová	1,78±0,01 ^{a,A,-18 %}	1,98±0,01 ^{b,B,-26 %}	2,14±0,01 ^{c,C,-25 %}	0,12±0,01 ^{d,D,-20 %}	1,62±0,01 ^{a,A,-24 %}	4,21±0,01 ^{f,B,-19 %}	6,18±0,04 ^{g,C,-17 %}	17,9±0,1 ^{h,D,-29 %}
Ellagová	1,97±0,02 ^{a,A,-27 %}	7,01±0,01 ^{b,B,-18 %}	0,03±0,01 ^{c,C,-25 %}	1,21±0,01 ^{d,D,-19 %}	1,17±0,02 ^{e,A,-27 %}	0,99±0,01 ^{f,B,-19 %}	5,42±0,01 ^{g,C,-19 %}	2,12±0,03 ^{h,D,-19 %}
<i>o</i> -Kumarová	0,50±0,01 ^{a,A,-28 %}	0,28±0,01 ^{b,B,-15 %}	0,21±0,02 ^{c,C,-25 %}	0,42±0,03 ^{d,D,-28 %}	0,48±0,01 ^{e,A,-26 %}	0,38±0,01 ^{f,B,-17 %}	0,03±0,01 ^{g,C,-25 %}	6,23±0,01 ^{h,D,-18 %}
Skočicová	0,05±0,01 ^{a,A,-17 %}	≤0,02 ^{b,B}	0,08±0,01 ^{c,C,-20 %}	0,03 ±0,01 ^{a,A,-25 %}	0,19±0,01 ^{d,A,-17 %}	0,19±0,02 ^{d,A,-27 %}	0,04±0,01 ^{a,B,-20 %}	0,06±0,01 ^{a,B,-25 %}
Celkem	278±2 ^{a,A,-14 %}	253±3 ^{b,B,-15 %}	302±5 ^{c,C,-16 %}	210±3 ^{d,D,-17 %}	154±2 ^{e,A,-17 %}	191±2 ^{f,B,-17 %}	174 ±1 ^{g,C,-16 %}	333±2 ^{h,D,-16 %}

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy). LOQs pro jednotlivé analyty 0,01–0,02 mg.kg⁻¹.

Tabulka 11: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích v rámci pilotního skladování

[mg.kg ⁻¹]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Flavonoidy								
Epigallokatechin	0,22±0,01 ^{a,A,-24 %}	8,37±0,01 ^{b,B,-16 %}	0,19±0,01 ^{a,A,-30 %}	9,02±0,2 ^{c,C,-14 %}	2,13±0,03 ^{d,A,-28%}	9,08±0,1 ^{e,B,-18 %}	14,5±0,1 ^{f,C,-21 %}	2,23±0,02 ^{g,D,-27 %}
Katechin	0,76±0,02 ^{a,A,-24 %}	ND	ND	ND	ND	1,89±0,01 ^{b,A,-24 %}	ND	ND
Epikatechin	0,02±0,01 ^{a,A,-33 %}	0,02±0,01 ^{a,A,-33 %}	0,01±0,01 ^{a,A,-50 %}	0,98±0,01 ^{b,B,-24 %}	6,02±0,03 ^{c,A,-21 %}	9,52±0,1 ^{d,B,-20 %}	6,27±0,01 ^{e,C,-24 %}	0,04±0,01 ^{f,D,-33 %}
Rutin	3,26±0,01 ^{a,A,-19 %}	4,32±0,01 ^{b,B,-24 %}	5,22±0,01 ^{c,C,-15 %}	2,52±0,01 ^{d,D,-26 %}	1,02±0,02 ^{e,A,-26%}	0,33±0,01 ^{f,B,-27 %}	11,2±0,1 ^{g,C,-18 %}	3,36±0,01 ^{h,D,-21 %}
Kvercetin	7,08±0,02 ^{a,A,-15 %}	5,23±0,03 ^{b,B,-23 %}	5,78±0,01 ^{c,C,-17 %}	20,3±0,2 ^{d,D,-29 %}	8,67±0,1 ^{e,A,-17 %}	3,31±0,01 ^{f,B,-24 %}	7,26±0,01 ^{g,C,-20 %}	9,08±0,2 ^{h,D,-23 %}
Kaempferol	3,12±0,01 ^{a,A,-27 %}	2,74±0,02 ^{b,B,-16 %}	6,07±0,01 ^{c,C,-16 %}	1,78±0,01 ^{d,D,-30 %}	4,09±0,01 ^{e,A,-21 %}	2,58±0,03 ^{f,B,-31%}	2,09±0,02 ^{g,C,-21 %}	4,07±0,01 ^{h,D,-28 %}
Polyfenolické kyseliny								
Chlorogenová	3,47±0,02 ^{a,A,-24 %}	0,17±0,01 ^{b,B,-23 %}	0,41±0,01 ^{c,C,-25 %}	0,13±0,01 ^{d,D,-24 %}	0,27±0,01 ^{e,A,-29 %}	<0,01 ^{f,B}	0,39±0,01 ^{c,C,-26 %}	0,47±0,1 ^{g,D,-24 %}
Neochlorogenová	0,29±0,01 ^{a,A,-31 %}	0,02±0,01 ^{b,B,-33 %}	0,06±0,02 ^{c,C,-25 %}	0,03±0,01 ^{b,B,-25 %}	0,29±0,01 ^{a,A,-29 %}	1,12±0,01 ^{d,B,-24 %}	0,09±0,02 ^{e,C,-31 %}	ND
Gallová	0,27±0,01 ^{a,A,-25 %}	0,08±0,01 ^{b,B,-27 %}	5,68±0,03 ^{c,C,-21 %}	1,03±0,02 ^{d,D,-29 %}	0,05±0,01 ^{e,A,-29 %}	0,07±0,01 ^{b,B,-36 %}	0,32±0,03 ^{f,C,-35 %}	1,42±0,02 ^{g,D,-22 %}
Protokatechinová	3,03±0,01 ^{a,A,-24 %}	4,18±0,01 ^{b,B,-20 %}	6,78±0,01 ^{c,C,-18 %}	5,47±0,01 ^{d,D,-20 %}	3,27±0,01 ^{e,A,-32 %}	4,68±0,01 ^{f,B,-17 %}	6,23±0,01 ^{g,C,-25 %}	11,2±0,1 ^{h,D,-24 %}
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	ND	ND	ND	ND	0,18±0,01 ^{A,-28 %}	0,12±0,01 ^{B,-25 %}	0,11±0,02 ^{B,-21 %}	0,08±0,01 ^{C,-27 %}
Vanilová	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Kávová	0,41±0,01 ^{a,A,-41 %}	0,38±0,02 ^{a,A,-51 %}	ND	0,18±0,01 ^{b,B,-31 %}	0,19±0,01 ^{b,A,-32 %}	0,05±0,01 ^{c,B,-38 %}	0,07±0,01 ^{c,B,-30 %}	ND
Syringová	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>p</i> -Kumarová	0,24±0,01 ^{a,A,-33 %}	0,17±0,01 ^{a,B,-19 %}	0,32±0,01 ^{c,C,-29 %}	0,21 ±0,02 ^{d,D,-22 %}	0,42±0,02 ^{e,A,-29 %}	0,38±0,01 ^{f,B,-27 %}	0,41±0,02 ^{e,C,-29 %}	0,39±0,03 ^{f,B,-26 %}
Ferulová	ND	8,78±0,2 ^{a,A,-18 %}	0,05±0,01 ^{b,B,-29 %}	ND	<0,01 ^{c,A}	2,87±0,01 ^{d,B,-28 %}	7,76±0,02 ^{e,C,-21 %}	1,67±0,01 ^{f,D,-25 %}
Sinapová	7,82±0,07 ^{a,A,-21 %}	8,82±0,1 ^{b,B,-19 %}	9,69±0,2 ^{c,C,-25 %}	7,67±0,02 ^{d,D,-18 %}	1,78±0,01 ^{e,A,-18 %}	2,36±0,01 ^{f,B,-25 %}	1,87±0,02 ^{g,C,-21 %}	0,26±0,01 ^{h,D,-30 %}
Ellagová	2,12±0,01 ^{a,A,-37 %}	2,45±0,01 ^{b,B,-36 %}	1,97±0,02 ^{c,C,-36 %}	1,01±0,01 ^{d,D,-36 %}	0,11±0,01 ^{e,A,-31 %}	1,41±0,01 ^{f,B,-36 %}	1,23±0,03 ^{g,C,-37 %}	0,18±0,01 ^{h,D,-33 %}
<i>o</i> -Kumarová	0,05±0,01 ^{a,A,-29 %}	ND	0,04±0,01 ^{a,A,-33 %}	ND	ND	ND	ND	ND
Skořicová	0,31±0,04 ^{a,A,-35 %}	0,15±0,01 ^{b,B,-25 %}	0,67±0,01 ^{c,C,-32 %}	0,82±0,01 ^{d,D,-23 %}	0,19±0,01 ^{e,A,-32 %}	0,52±0,01 ^{f,B,-31 %}	0,2±0,01 ^{e,A,-26 %}	0,06±0,01 ^{g,C,-33 %}
Celkem	32,5±1 ^{a,A,-24 %}	45,9±1 ^{b,B,-21 %}	42,9±2 ^{c,C,-21 %}	51,2±3 ^{d,D,-24 %}	28,7±1 ^{e,A,-22 %}	40,3±2 ^{f,B,-23 %}	60,0±2 ^{g,C,-22 %}	34,5±1 ^{h,D,-24 %}

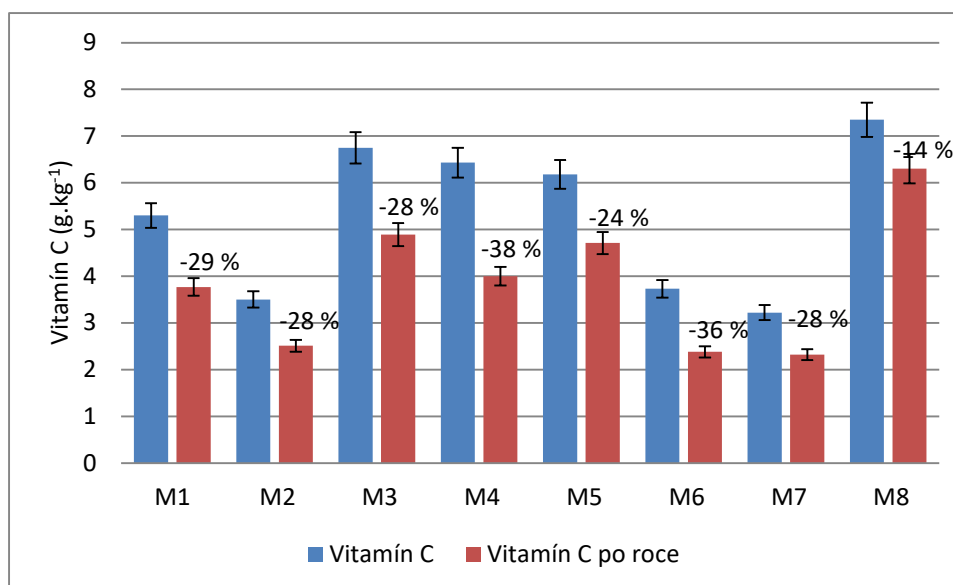
Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy). LOQs pro jednotlivé analyty 0,01–0,02 mg.kg⁻¹.

4.4 Stanovení obsahu vitamínu C pomocí HPLC v rámci pilotního skladování

V Grafu 1 jsou uvedeny naměřené koncentrace vitamínu C, a to na počátku a na konci pilotního skladování. Z výsledků je patrné, že se obsah vitamínu statisticky významně lišil. Jeho množství bylo stanoveno v rozmezí od 3,22 do 7,35 g.kg⁻¹. Nejvyšší obsah byl naměřen u směsi M8, která jako významný zdroj tohoto vitamínu obsahuje maliny, dřišťál a borůvky. Získané výsledky ukazují, že u všech směsí, po roce pilotního skladování za nepřístupu vzduchu a světla, došlo k jeho úbytku. Z grafu 1 je zřejmé, že se výsledky statisticky lišily a koncentrační úbytky se pohybovaly v rozmezí 14 až 38 %.

Vzorky, které byly podrobeny pilotnímu skladování, byly uchovány zavakuované, takže přímý vliv kyslíku na destrukci vitamínu C byl do jisté míry omezen. Proto také % úbytky v obsahu tohoto vitamínu nejsou tak vysoké, jak by mohly být ve srovnání s jinými podmínkami skladování v rozličných studiích. Na obsah vitamínu C má vliv teplota, přítomnost kyslíku, denní světlo, pH prostředí apod. (Dini et al., 2010), proto je vhodné suroviny bohaté na tento vitamín skladovat spíše při nižších teplotách a v temnu. U skladovacích teplot je však nutno se řídit i druhem suroviny, které jsou u ovoce odlišné řádově třeba i o 10 °C, aby nedošlo k podchlazení suroviny. Stejně je to potom s relativní vlhkostí apod. (Lee a Coates, 1999; Klimczak et al., 2007). Na základě dnes již všeobecně známých dat týkajících se stability vitamínu C, lze do budoucna doporučit netradiční müsli směsi skladovat při pokojových teplotách za nepřístupu světla (Dini et al., 2010; Lee a Coates, 1999; Klimczak et al., 2007).

Vitamín C je přítomen především v ovoci jako jsou jahody (400–700 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty), borůvky (205 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty) nebo dřišťál (166 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty) (Sapei a Hwa, 2014; Phillips et al., 2016; Radziejewska-Kubzdela et al., 2020). Známým faktem je, že po tepelném opracování ovoce jeho koncentrace výrazně klesá. Z tohoto důvodu je také vhodné používat lyofilizační techniky zpracování, které jsou jedny z nejšetrnějších. Zároveň dochází k významnému koncentrování nutrientů na obsah sušiny vzorku (Sapei a Hwa, 2014; Radziejewska-Kubzdela et al., 2020). Vysoké koncentrace vitamínu C byly stanoveny i v jedlých květech, například v lichořeřišnici (715 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty), a to i po jejich usušení šetrnou cestou lyofilizace či teplým vzduchem (Garzón a Wrolstad, 2009). Obiloviny a pseudoobiloviny jsou méně významnými zdroji tohoto vitamínu. Takovou výjimkou mohou být zrna quinoi, u nichž bylo naměřeno 130 mg.kg⁻¹ vitamínu C (Dini et al., 2010).



Graf 1: Výsledky stanovení obsahu vitamínu C v rámci pilotního skladování

4.5 Stanovení obsahu vitamínu skupiny B pomocí HPLC

V Tabulce 12 jsou uvedeny koncentrace vitamínů skupiny B, které byly stanovovány pomocí HPLC-DAD. Z výsledků stanovených koncentrací lze konstatovat, že ve všech müsli směsích byl naměřen nejvyšší obsah kyseliny pantotenové, a to v rozsahu od 124 do 246 mg.kg⁻¹. Jako druhý nejvíce zastoupený vitamín co do jeho obsahu byl ve všech směsích riboflavin, jehož koncentrace dosahovala až 97,1 mg.kg⁻¹ (u směsi M2). Třetím nejvíce zastoupeným vitamínem byl tiamin. Výjimkou byla směs M6, kde byla detekována vyšší koncentrace niacinu (ve formě kyseliny nikotinové). Naopak ve směsích M1 až M3 byla zase koncentrace niacinu velmi nízká. Z naměřených dat lze vidět, že směsi M4 až M6 obsahovaly nízké koncentrace kyseliny listové. Dá se říci, vzhledem k surovinové skladbě, že na koncentraci jednotlivých vitamínů B-komplexu se podílely nejvíce vločky, ořechy a semínka.

Vzhledem k silné heterogenitě vyrobených směsí, je velmi obtížné ukázat na konkrétní zdroj těchto vitamínů. Zdrojem kyseliny pantotenové a riboflavinu mohou být obiloviny, jako např. rýže s barevnými obalovými vrstvami (Kyritsi et al., 2011; Lebedzińska a Szefer, 2006). Na riboflavin jsou bohatá zrna ječmene, pohanky a prosa (Lebedzińska a Szefer, 2006). Významným zdrojem tiaminu mohou být i zrna teffu (Rybicka a Gliszczynska-Swiglo, 2017). Co se týká pyridoxinu a niacinu, jsou zastoupeny ve vyšších množstvích v zrnech rýže, pohanky, ječmene a prosa (Lebedzińska a Szefer, 2006; Rybicka a Gliszczynska-Swiglo, 2017). Významnou úlohu v ovlivnění koncentrace vitamínů skupiny B mohou hrát olejnatá semena a ořechy. Tato jsou převážně zdrojem tiaminu, riboflavinu, pyridoxinu a niacinu. Bohaté na obsah tiaminu a niacinu je slunečnicové semínko, riboflavin a pyridoxin dominují v dýňových semenech (Lebedzińska a Szefer, 2006). Klíčky a obalové vrstvy obilovin jsou

bohaté na tiamin a riboflavin (Kučerová, 2004). Proto také dochází ke ztrátám těchto výše uvedených vitamínů mechanickým opracováním při mlýnském zpracování zrn na mouky. Hegedüs et al. (1985) uvádí při mletí zrna ztrátu vitamínů ve výši až 80 %.

Z analytického hlediska je důležité znát koncentrační zastoupení jednotlivých vitamínů skupiny B. Nicméně z výživového hlediska nezáleží ani tak na tom, kterého vitamínu je ve směsi koncentračně nejvíce či nejméně, ale na tom, jaká bude zvolená porce pro konzumaci müsli směsí, s tím související denní příjem daného vitamínu a od toho se bude odvíjet příspěvek této denní porce k referenční hodnotě pro každý vitamín. Pokud bychom zvolili denní porci 50 g, potom také můžeme získat teoretické příspěvky směsí k referenčním hodnotám příjmů těchto vitamínů. Tyto jsou uvedeny pro ilustraci v Příloze II. Pokud bychom ještě k tomuto zvolili skupinu mužů a žen ve věku 31–50 let, potom denní příjem 50 g těchto směsí může poskytnout více než 100% příspěvek vitamínů riboflavinu, kyseliny pantotenové, listové a tiaminu k jejich referenčním hodnotám. Jedná se o teoretický výpočet. Musí se vzít do úvahy také množství jednotlivých vitamínů, které se vstřebá, které bude biodostupné.

Tabulka 12: Výsledky stanovení obsahu vitamínů B-komplexu pomocí HPLC

(mg.kg ⁻¹)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Tiamin	28,5±0,1 ^{a,A}	23,0±0,1 ^{b,B}	25,4±0,1 ^{c,C}	33,2±0,1 ^{d,D}	19,6±0,1 ^{e,A}	13,9±0,1 ^{e,B}	18,8±0,2 ^{g,C}	14,5±0,5 ^{h,D}
Riboflavin	91,7±0,2 ^{a,A}	97,1±0,2 ^{b,B}	83,3±0,2 ^{c,C}	96,3±0,5 ^{d,D}	50,9±0,1 ^{e,A}	70,1±0,1 ^{f,B}	58,1±0,2 ^{g,C}	80,3±0,2 ^{h,D}
Niacin	3,93±0,05 ^{a,A}	7,21±0,02 ^{b,B}	3,50±0,03 ^{c,C}	8,22±0,02 ^{d,D}	2,18±0,02 ^{e,A}	14,7±0,2 ^{f,B}	9,12±0,04 ^{g,C}	5,60±0,04 ^{h,D}
Kyselina pantotenová	141±1 ^{a,A}	142±1 ^{a,A}	159±2 ^{b,B}	160±2 ^{b,B}	132±2 ^{c,A}	246±2 ^{d,B}	124±2 ^{e,C}	187±3 ^{f,D}
Pyridoxin	10,6±0,1 ^{a,A}	7,26±0,10 ^{b,B}	9,04±0,05 ^{c,C}	9,08±0,05 ^{c,C}	12,1±0,1 ^{d,A}	13,9±0,6 ^{e,B}	8,10±0,01 ^{f,C}	6,03±0,02 ^{g,D}
Kyselina listová	11,6±0,1 ^{a,A}	7,41±0,05 ^{b,B}	12,3±0,4 ^{c,C}	2,25±0,01 ^{d,D}	2,04±0,01 ^{e,A}	5,75±0,02 ^{f,B}	9,08±0,04 ^{g,C}	5,80±0,04 ^{h,D}

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

4.6 Stanovení antioxidační aktivity (AOA) metodami s ABTS a DPPH

V Tabulce 13 jsou uvedeny hodnoty antioxidačních aktivit (AOA) stanovené metodami s ABTS a DPPH. Vyšší hodnoty AOA byly naměřeny ve volných a konjugovaných frakcích, zatímco nejnižší hodnoty byly naměřeny ve frakcích vázaných. Těchto výsledků bylo dosaženo jak u metody s ABTS, tak u metody s DPPH. Co se týká volných a konjugovaných frakcí, vyšší hodnoty AOA pozitivně korelují s jejich vyššími hodnotami TPC (korelační koeficienty se pohybují v rozmezí 0,8205 až 0,9855). Graf, znázorňující hodnoty AOA měřené s pomocí zhasení radikálu ABTS a hodnoty TPC v jednotlivých frakcích, je uveden v Příloze III.

Hodnoty AOA (naměřené například metodou se zhasením radikálů ABTS) ve volných frakcích se pohybovaly od 157 do 398 mmol TE.kg⁻¹, u konjugovaných byly v rozmezí od 167 do 440 mmol TE.kg⁻¹, v případě frakcí vázaných byly o jeden řád nižší.

Porovnávat navzájem konkrétní hodnoty AOA v rámci různých studií je velmi problematické. Výsledky stanovení jsou odvislé od metodik práce zahrnující individuální podmínky jako typ extrakce a druh rozpouštědla, reakční podmínky v rámci hodnot pH, iontové síly roztoku, teploty, hodnoty AOA jsou odvislé od počtu volných radikálů a času, který poskytneme pro reakci atd. Celková hodnota AOA surovin či potravin může být ovlivněna dalšími faktory, a to klimatickými podmínkami, odrůdou a aplikací hnojiv (Mareček et al., 2017). Dále pak hodnoty AOA v jednotlivých frakcích obilných zrn jsou ovlivněny jejich technologickým zpracováním (mlýnské zpracování) (Pradeep a Sreerama, 2017). Dle Ragaeaa et al. (2006) se bioaktivní látky vyskytují v zrně v různých koncentracích a v závislosti na genotypu a fenotypu. Studie na obilných zrnech potvrzují vyšší hodnoty AOA u barevných variet (Shao et al., 2014; Wu et al., 2018; Van Hung a Morita, 2008; Abdel-Aal et al., 2018; Ti et al., 2014). Vysokou antioxidační aktivitu mohou mít také skořápkové plody (Taş a Gökmen, 2017), bohatým surovinovým zdrojem s vyšší hodnotou AOA jsou určitě ovocné plody a jedlé květy (Kim, 2018; Chen et al., 2018).

Tabulka 13: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH

(mmol TE.kg ⁻¹)	Volné (s ABTS)	Konjugované (s ABTS)	Vázané (s ABTS)	Celková AOA	Volné (s DPPH)	Konjugované (s DPPH)	Vázané (s DPPH)	Celková AOA
M1	340±10 ^{a,A}	223±10 ^{a,A}	58±3 ^{a,A}	621±12 ^{a,A}	6880±20 ^{a,A}	5200±30 ^{a,A}	1480±20 ^{a,A}	13560±40 ^{a,A}
M2	185±10 ^{b,B}	175±10 ^{b,B}	39±2 ^{b,B}	399±10 ^{b,B}	4610±10 ^{b,B}	4080±10 ^{b,B}	1140±10 ^{b,B}	9830±20 ^{b,B}
M3	398±10 ^{c,C}	440±10 ^{a,C}	66±3 ^{c,C}	904±10 ^{c,C}	7240±10 ^{c,C}	7550±30 ^{c,C}	1810±10 ^{c,C}	16600±30 ^{c,C}
M4	254±5 ^{d,D}	247±5 ^{d,D}	50±2 ^{d,D}	551±9 ^{d,D}	5730±0 ^{d,D}	5550±20 ^{d,D}	1740±10 ^{d,D}	13020±30 ^{d,D}
M5	357±10 ^{e,A}	303±10 ^{e,A}	35±2 ^{e,A}	685±11 ^{a,A}	6620±30 ^{e,A}	6740±20 ^{e,A}	1070±10 ^{e,A}	14430±40 ^{e,A}
M6	168±5 ^{f,B}	171±5 ^{b,B}	58±2 ^{a,B}	397±7 ^{a,B}	4350±10 ^{f,B}	3940±20 ^{f,B}	1070±10 ^{e,A}	9360±20 ^{f,B}
M7	157±5 ^{g,C}	167±5 ^{f,B}	39±2 ^{b,C}	362±7 ^{a,C}	4090±20 ^{g,C}	3480±20 ^{g,C}	1120±10 ^{f,B}	8690±30 ^{g,C}
M8	346±5 ^{a,D}	308±5 ^{e,A}	46±2 ^{f,D}	700±6 ^{d,D}	7700±20 ^{h,D}	6810±20 ^{h,D}	1450±20 ^{g,C}	15960±40 ^{h,D}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

4.6.1 Stanovení antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH v rámci pilotního skladování

Výsledky stanovení AOA při ročním pilotním skladování v temnu jsou prezentovány v Tabulce 14. Podíváme-li se na hodnoty stanovené metodou s ABTS, bylo ve volných, konjugovaných i vázaných frakcích dosaženo nejvyššího poklesu u směsi M7, kdy bylo zaznamenáno snížení celkové AOA až o 40 % (tj. z původní hodnoty 362 na 217 mmol TE.kg⁻¹). U stejného vzorku, ale metodou se zhášením radikálu DPPH bylo dosaženo odlišného výsledku, a to u volných a konjugovaných frakcí. Zde byly naměřeny poklesy v hodnotách AOA pouze do 5 %. To může být dáno odlišným mechanismem při zhášení radikálů ABTS a DPPH. U vázaných frakcí tomu takto nebylo. Pro detailnější objasnění by bylo zapotřebí provést hlubší studie v rámci měření AOA u směsí i jednotlivých surovinových složek vzorku. V případě stanovení AOA metodou s DPPH bylo ve vázaných frakcích zaznamenáno nejvyšší zhášení tohoto radikálu. Hodnoty AOA v této frakci klesaly o 31 až 64 % (u vzorku M2). Naopak ve volných a konjugovaných frakcích hodnoty AOA klesaly řádově v jednotkách %.

Obecně studie zabývající se skladováním surovin a monitorováním jejich hodnot AOA uvádějí poklesy v jejich hodnotách až o 50–80 % už po 6 měsících až jednom roce skladování (Klimczak et al., 2007; Oszmiański et al., 2008). Lze vyslovit předpoklad, že müsli směsi, v případě, že by byly vakuově zabaleny, by mohly mít i lepší stabilitu v rámci naměřených hodnot AOA. Zde by se výrazně mohly eliminovat oxidační pochody.

Tabulka 14: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH v rámci ročního skladovacího pokusu

AOA (mmol TE.kg ⁻¹)	Volné frakce (s ABTS)	Konjugované frakce (s ABTS)	Vázané frakce (s ABTS)	Celková AOA (s ABTS)	Volné frakce (s DPPH)	Konjugované frakce (s DPPH)	Vázané frakce (s DPPH)	Celková AOA (s DPPH)
M1	255±10 ^{a,A} (-25 %)	178±5 ^{a,A} (-20 %)	46±1 ^{a,A} (-21 %)	479±10 ^{a,A} (-23 %)	6210±10 ^{a,A} (10 %)	5080±20 ^{a,A} (-2 %)	683±10 ^{a,A} (-54 %)	11970±10 ^{a,A} (-12%)
M2	115±20 ^{b,B} (-38 %)	126±10 ^{b,B} (-28 %)	28±1 ^{b,B} (-28 %)	269±20 ^{b,B} (-33 %)	4400±10 ^{b,B} (-5 %)	3950±20 ^{b,B} (-3 %)	407±20 ^{b,B} (-64 %)	8760±10 ^{b,B} (-11%)
M3	303±10 ^{c,C} (-24 %)	388±5 ^{a,C} (-12 %)	54±1 ^{c,C} (-18 %)	745±7 ^{c,C} (-18 %)	6870±20 ^{c,C} (-5 %)	7390±10 ^{c,C} (-2 %)	873±10 ^{c,C} (-52 %)	15160±20 ^{c,C} (-9%)
M4	174±5 ^{d,D} (-31 %)	197±10 ^{d,D} (-20 %)	37±2 ^{d,D} (-26 %)	408±10 ^{d,D} (-26 %)	5320±20 ^{d,D} (-7 %)	5150±20 ^{d,D} (-7 %)	811±20 ^{d,D} (-53 %)	11280±10 ^{d,D} (-13%)
M5	282±20 ^{e,A} (-21 %)	258±5 ^{e,A} (-15 %)	24±1 ^{e,A} (31 %)	564±10 ^{a,A} (-18 %)	6510±10 ^{e,A} (-2 %)	6630±10 ^{e,A} (-2 %)	738±10 ^{e,A} (-31 %)	13880±20 ^{e,A} (-4%)
M6	89±10 ^{f,B} (-47 %)	128±10 ^{b,B} (-25 %)	45±1 ^{a,B} (-22 %)	262±10 ^{a,B} (-34 %)	4230±10 ^{f,B} (-3 %)	3820±20 ^{f,B} (-3 %)	659±10 ^{e,A} (-38 %)	8700±10 ^{f,B} (-7%)
M7	75±10 ^{g,C} (-52 %)	115±5 ^{f,B} (-31 %)	27±2 ^{b,C} (-38 %)	217±8 ^{a,C} (-40 %)	3900±10 ^{g,C} (-5 %)	3340±10 ^{g,C} (-4 %)	651±10 ^{f,B} (-42 %)	7890±10 ^{g,C} (-9%)
M8	287±10 ^{a,D} (-17 %)	259±10 ^{e,A} (-16 %)	34±1 ^{f,D} (-26 %)	580±10 ^{d,D} (-17 %)	7320±10 ^{h,D} (-5 %)	6710±10 ^{h,D} (-1 %)	982±20 ^{g,C} (-32 %)	15010±30 ^{h,D} (-6%)

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n = 4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

4.7 Stanovení antokyanových barviv

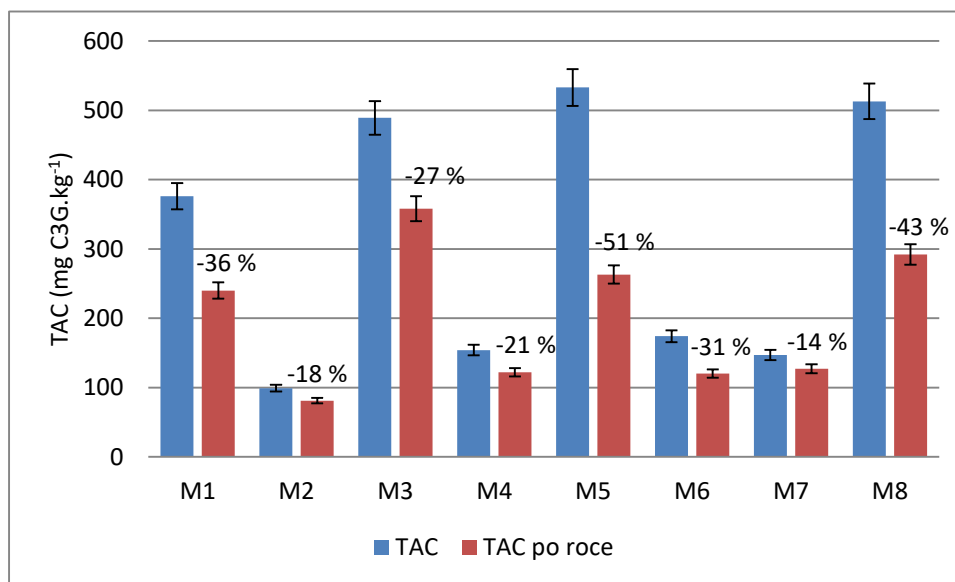
Celkový obsah antokyanů TAC (Total Anthocyanin Content) byl stanoven spektrofotometricky a výsledky stanovení jsou uvedeny v Grafu 2. Rozmezí hodnot TAC naměřených v müsli směsích bylo široké, od 99 do 533 mg C3G.kg⁻¹. Nejvyšší obsah TAC byl naměřen u vzorku M5. Lze předpokládat, že zdrojem antokyanů v této směsi byly borůvky, které jsou bohaté na obsah antokyanů a zcela jistě k vysokému obsahu antokyanů přispěly také obiloviny s barevnými obalovými vrstvami (vločky červené rýže, černé quinoi a teffu). Další použitou surovinou v této směsi, která je zdrojem antokyanů jsou jedlé květy, a to květy chrpy červené a modré. Ve směsi byly také použity višně a dřišťál, které se na vysokém obsahu antokyanů zajisté podílely.

Primárním zdrojem antokyanů u müsli směsí by mohlo být ovoce. Jako nejcennější druhy v obsahu antokyanů jsou známy borůvky, třešně, maliny, jahody, černý rybíz a modré odrůdy hroznů (Mazza, 2007). Reque et al. (2014) a Lin et al. (2018) považují borůvky za jeden z nejlepších potenciálních zdrojů antioxidantů ve stravě, a to zejména z důvodu přítomnosti antokyanů, taninů a fenolových kyselin. Závisí to také na jejich kultivaru a zralosti plodů. Biologická dostupnost antokyanů z ovocných plodů však může být výrazně omezena jejich špatnou stabilitou se zvyšující se hodnotou pH (Martinsen et al., 2020; Tong et al., 2020). Další složkou směsí, která je bohatá na antokyanová barviva, je druh jedlého květu. Benvenuti et al. (2016) uvádí vysokou antioxidační aktivitu způsobenou vysokým obsahem antokyanů především u více pigmentovaných květů (červené nebo modré barvy), např. u květů růže (Ge a Ma, 2013). Abdel-Aal et al. (2006) uvádí jako zdroj antokyanů i obiloviny s barevnými obalovými vrstvami, jako jsou zrna rýže, kukuřice, pšenice a quinoi. Ve své další studii uvádí jako cenný zdroj antokyanů otruby pšenice s purpurovými obalovými vrstvami, které vykazují výjimečné antioxidační vlastnosti (Abdel-Aal et al., 2018). Na obsah TAC u obilovin má výrazný vliv opracování zrn (dochází ke ztrátám v obsahu jejich obalových vrstev), poté také jejich tepelná úprava. Celkový obsah TAC v rostlinných matricích může být ovlivněn mnoha faktory: odrůdou, klimatickými podmínkami, obdobím sklizně, zvolenou metodou extrakce, druhem extrakčního činidla apod.

4.7.1 Stanovení antokyanových barviv v rámci pilotního skladování

Výsledky stanovení celkových antokyanů po roce skladování za nepřístupu světla jsou uvedeny v Grafu 2. Z výsledků je patrné, že se obsah TAC statisticky významně lišil. Nejvyšší pokles byl zaznamenán ve směsi M5, konkrétně o 51 %, naopak u směsi M7 došlo k nejnižšímu poklesu celkových antokyanů, a to o 14 %. Směs M5 je složena z vloček červené rýže a černé quinoi, které

byly připraveny hydrotermálním ošetřením za laboratorních podmínek. Vzhledem k tomu, že hydrotermální ošetření za přítomnosti vody a vyšší teploty má vliv na degradaci antokyanových barviv, je pravděpodobné, že tento výrobní proces mohl zapříčinit i jejich počáteční iniciaci degradace. Navíc, antokyanová barviva jsou stabilnější za nízkých hodnot pH, což obilná matrice zrn není. Vzhledem k heterogenitě jednotlivých směsí, lze těžko usoudit na surovinové komponenty, které jsou v obsahu antokyanových barviv stabilnější v porovnání se surovinovou skladbou ostatních směsí, nicméně v kyselém prostředí jsou stabilnější. U směsi M2 mohl k nízkému úbytku přispět antokyanový podíl ibišku. Ibiškový květ je sám o sobě kyselý a kyselé prostředí (nízké hodnoty pH) stabilitu těchto barviv podporují (Torskangerpoll a Anderden, 2005). Stejně tak by tomu mohlo být u kyselejších druhů ovoce.



Graf 2: Stanovení celkových antokyanů v rámci pilotního skladování

4.8 Stanovení antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC

Tabulka 15: Stanovení antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC

[mg.kg ⁻¹]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Antokyaniny								
Delfinidin-3-glukosid	62,0±1,6 ^{a,A}	3,33±0,10 ^{b,B}	76,9±0,1 ^{c,C}	ND	71,0±0,6 ^{d,A}	ND	ND	62,3±0,7 ^{e,B}
Kyanidin-3-glukosid	77,9±1,5 ^{a,A}	6,30±0,10 ^{b,B}	72,0±0,6 ^{c,C}	40,7±0,6 ^{d,D}	53,6±0,4 ^{e,A}	33,3±1,0 ^{f,B}	28,9±0,5 ^{g,C}	116±2 ^{h,D}
Kyanidin-3-rutinosid	18,6±0,2 ^{a,A}	ND	13,2±0,5 ^{b,B}	ND	16,4±0,3 ^{c,A}	1,40±0,10 ^{d,B}	ND	37,2±0,6 ^{e,C}
Pelargonidin-3-glukosid	44,8±1,3 ^{a,A}	ND	27,7±1,0 ^{b,B}	ND	68,7±1,0 ^{c,A}	ND	44,2±0,2 ^{d,B}	67,7±1,0 ^{e,C}
Peonidin-3-glukosid	21,5±0,5 ^{a,A}	0,11 ±0,01 ^{b,B}	9,85±0,20 ^{c,C}	0,35±0,03 ^{d,D}	12,5±0,1 ^{e,A}	9,53±0,26 ^{f,B}	ND	13,3±0,1 ^{g,C}
Antokyanidiny								
Delfinidin	8,62±0,20 ^{a,A}	4,31±0,02 ^{b,B}	5,55±0,13 ^{c,C}	1,43±0,01 ^{d,D}	6,02±0,04 ^{e,A}	0,38±0,02 ^{a,B}	10,2±0,01 ^{g,C}	6,13±0,20 ^{h,D}
Kyanidin	5,68±0,13 ^{a,A}	ND	4,32±0,16 ^{b,B}	≤0,02 ^{c,C}	2,83±0,01 ^{d,A}	ND	ND	ND
Pelargonidin	ND	ND	ND	0,46±0,06 ^{a,A}	0,80±0,03 ^{b,A}	0,04±0,01 ^{c,B}	0,13±0,01 ^{d,C}	0,03±0,01 ^{e,B}
Peonidin	ND	0,04±0,01 ^{a,A}	ND	ND	ND	0,06±0,01 ^{b,A}	0,03±0,01 ^{c,B}	≤0,01 ^{d,C}
Malvidin	0,41±0,01 ^{a,A}	0,06±0,01 ^{b,B}	0,38±0,02 ^{c,C}	0,88±0,01 ^{d,D}	0,57±0,02 ^{e,A}	ND	0,11±0,01 ^{f,B}	0,66±0,03 ^{g,C}
Celkem	240±2 ^{a,A}	14±1 ^b	210±2 ^{c,C}	44±2 ^{d,D}	232±3 ^{a,A}	45±1 ^{d,B}	84±2 ^{f,C}	303±2 ^{h,D}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5). Hodnoty v řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy). LOQ: 0,01 mg.kg⁻¹ u všech analytů.

V Tabulce 15 jsou uvedeny jednotlivé antokyanany, které byly ve směsích stanovovány pomocí HPLC-VIS. V příloze IV je uveden pro ilustraci chromatogram antokyanů a antokyanidinů v müsli směsi M6. Nejvyšší celkový obsah byl naměřen ve směsi M8, a to 303 mg.kg⁻¹. Zdrojem antokyanových barviv u této směsi bude určitě borůvka, potom malina, dříví, květy růže a chrpy modré a bezlepkové vločky s barenými obalovými vrstvami. U ostatních směsí byl rozsah hodnot celkových antokyanů individuálně zastoupených od 14 do 240 mg.kg⁻¹. Nejvíce zastoupenými antokyaniny byly kyanidin-3-glukosid, delfinidin-3-glukosid a pelargonidin-3-glukosid. Nejvyšší koncentrace kyanidin-3-glukosidu byla naměřena taktéž ve směsi M8. Z antokyanidinů byl nejvíce zastoupen modrý delfinidin, typický pigment borůvek.

Bohatým zdrojem antokyanů jsou již zmiňované borůvky, ve kterých bylo detekováno až 25 různých antokyanových barviv (Barnes et al., 2009). Dominantními antokyanidiny byly delfinidin, kyanidin, malvidin a jejich glykosidy (Regue et al., 2014; Liu et al., 2019). Jak bylo uvedeno již dříve, jedlé květy (např. okvětní plátky růže) jsou bohatými zdroji zejména glykosylovaných forem kyanidinu a delfinidinu (Zheng et al., 2019). Kyanidin-3-glukosid společně s peonidin-3-glukosidem jsou mimo jedlé květy, dominantním barvivem rýžových zrn s černými a červenými obalovými vrstvami a zrn purpurových pšenic (Abdel-Aal et al., 2006; Park et al., 2008; Abdel-Aal et al., 2018). Nezanedbatelnými barvivy obalových vrstev černé rýže jsou také malvidin-3-glukosid, pelargonidin-3-glukosid a delfinidin-3-glukosid (Park et al., 2008). Méně je v barevných zrnech obilovin popsán výskyt kyanidin-3-rutinosidu.

4.8.1 Stanovení antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC v rámci pilotního skladování

Výsledky stanovení jednotlivých antokyaninů a antokyanidinů v rámci ročního pilotního skladování jsou shrnuty v Tabulce 16, včetně % úbytků vzhledem k jejich původní koncentraci. Z výsledků je patrné, že nejvyšší pokles byl zaznamenán u peonidinu, a to ve směsi M2. Konkrétně se obsah snížil až o 75 %. U této směsi byl také zaznamenán vysoký pokles malvidinu (o 67 %), podobně vysoký pokles v obsahu peonidinu byl zaznamenán u směsi M7. Z literárních údajů, které se věnovaly stabilitě antokyanových barviv, je dnes již všeobecně známo, že glykosylované formy barviv jsou stabilnější, než samotná volná antokyanidinová barviva. To se zdá potvrzuje i naše měření. Podíváme-li se na celkový obsah individuálně zastoupených antokyanů, byl zaznamenán nejvyšší úbytek u bezlepkových směsí M5 a M6, konkrétně o 49 %. Podobných výsledků bylo dosaženo u stanovení celkových TPC, kdy bezlepkové směsi byly méně stabilní co do jejich obsahu. Tuto skutečnost bude nutno ověřit následujícím skladovacím pokusem za definovaných podmínek. Nejnižší hodnoty poklesu celkových koncentrací se pohybovaly v rozmezí 20–21 %.

V literatuře jsou popsány i úbytky antokyanů za daných podmínek skladování či zpracování surovin, které mohou dosahovat i 100 %. Například v matrici jablečné suroviny (při jejím skladování při 35 °C a době 14 dní) byl naměřen obsah kyanidin-3-glukosidu pod detekčním limitem metody a obsah pelargonidin-3-glukosidu poklesl až o 92 % (Teribia et al., 2021). Také v našich směsích došlo k úbytku těchto dvou antokyanů, kdy u směsi M8 byl zaznamenán hlavně pokles kyanidin-3-glukosidu (až o 73 %). Z pilotního pokusu ročního skladování se jeví, že na úbytek celkových polyfenolů by mohly mít signifikantní vliv vysoké koncentrační úbytky právě antokyanových barviv.

Tabulka 16: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC v rámci ročního skladování

[mg.kg ⁻¹]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Antokyaniny								
Delfinidin-3-glukosid	37,8±1,0 ^{a,A} -39 %	2,53±0,12 ^{b,B} -24 %	63,1±0,1 ^{c,C} -22 %	ND	35,8±0,1 ^{d,A} -50 %	ND	ND	36,3±0,7 ^{e,B} -42%
Kyanidin-3-glukosid	48,4±1,5 ^{a,A} -38 %	4,98±0,10 ^{b,B} -21 %	59,7±0,1 ^{c,C} -17 %	28,7±0,1 ^{d,D} -30 %	26,7±0,2 ^{e,A} -50 %	17,8±0,8 ^{f,B} -47 %	23,4±0,1 ^{g,C} -19 %	61,7±1,0 ^{h,D} -73 %
Kyanidin-3-rutinosid	11,7±0,4 ^{a,A} -37 %	ND	11,8±0,1 ^{b,B} -11 %	ND	8,47±0,20 ^{c,A} -48 %	0,68±0,01 ^{d,B} -61 %	ND	21,8±0,6 ^{e,C} -41 %
Pelargonidin-3-glukosid	25,9±1,0 ^{a,A} -42 %	ND	17,9±0,1 ^B -35 %	ND	35,1±1,0 ^{c,A} -49 %	ND	35,6±0,1 ^{d,B} -19 %	37,7±1,0 ^{e,C} -44 %
Peonidin-3-glukosid	12,3±0,2 ^{a,A} -43 %	0,08 ±0,01 ^{b,B} -27 %	7,89±0,10 ^{c,C} -20 %	0,26±0,01 ^{d,D} -26 %	7,83±0,10 ^{e,A} -37 %	4,28±0,02 ^{f,B} -55 %	ND	7,06±0,10 ^{g,C} -47%
Antokyanidiny								
Delfinidin	4,87±0,01 ^{a,A} -44 %	3,38±0,01 ^{b,B} -22 %	3,88±0,15 ^{c,C} -30 %	1,05±0,01 ^{d,D} -27 %	2,68±0,02 ^{e,A} -55 %	0,19±0,01 ^{a,B} -50 %	7,84±0,02 ^{g,C} -23 %	4,05±0,20 ^{h,D} -34 %
Kyanidin	3,79±0,10 ^{a,A} -33 %	ND	3,44±0,10 ^{b,B} -20 %	≤0,01 ^{c,C}	1,65±0,01 ^{d,A} -42 %	ND	ND	ND
Pelargonidin	ND	ND	ND	0,36±0,02 ^{a,A} -22 %	0,49±0,01 ^{b,A} -39 %	≤0,02 ^{c,B} -50 %	0,07±0,01 ^{d,C} -46 %	≤0,01 ^{e,B} -67 %
Peonidin	ND	≤0,01 ^{a,A} -75 %	ND	ND	ND	0,03±0,01 ^{b,A} -50 %	≤0,01 ^{c,B} -67 %	≤0,01 ^{d,C}
Malvidin	0,24±0,01 ^{a,A} -41 %	≤0,02 ^{b,B} -67 %	0,29±0,01 ^{c,C} -24 %	0,62±0,01 ^{d,D} -30 %	0,28±0,01 ^{e,A} -51 %	ND	0,08±0,01 ^{f,B} -27 %	0,37±0,02 ^{g,C} -44 %
Celkem antokyaniny	145±1 ^{a,A} -40 %	11±1 ^b -21 %	168±2 ^{c,C} -20 %	31±2 ^{d,D} -30 %	119 ±2 ^{a,A} -49 %	23±1 ^{d,B} -49 %	67±1 ^{f,C} -20 %	169±2 ^{h,D} -44 %

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5). Hodnoty v řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy). LOQ: 0,01 mg.kg⁻¹ u všech analytů.

4.9 Stanovení obsahu minerálních prvků pomocí ICP-MS

Obsah minerálních prvků v müsli směsích byl stanoven pomocí ICP-MS. Naměřené koncentrace jednotlivých prvků jsou podle jejich množství ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nebo $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) prezentovány v Tabulkách 17 a 18.

Koncentrace minerálních prvků v rostlinných surovinách může být ovlivněna mnoha faktory. Jedním z hlavních faktorů je geologické podloží a s ním související environmentální faktory (Squadrone et al., 2020; Yassa, 2014). Další významný faktor, který ovlivní přítomnost prvků v surovině je použitý způsob agrotechniky, případná hnojení, používání různých zemědělských přípravků. Do těla živočichů se dostávají nejčastěji potravním řetězcem. Jsou v ovzduší, půdě apod. Jejich absorpce (sorpce) je ovlivněna pH půdy, jejich chemickou formou, do které se váží apod. Další důležitou roli u rostlinných surovin hraje nejen druh suroviny, její matrice, ale také její genotyp, odrůda atd. V posledních desítkách let je sledována hlavně analýza prvků z řad kontaminantů, jako jsou např. olovo, rtuť, arsen, hliník, cín a další (Squadrone et al., 2020; Yassa, 2014). Pokud se podíváme na rostlinnou surovinu a z ní vyrobenou potravinu, úlohu v koncentraci prvků zde také bude sehrávat technologie zpracování. U obilných zrn je to hlavně mlýnské zpracování (Shao et al., 2018).

4.9.1 Makrobiogenní prvky

Mezi makrobiogenní prvky se řadí sodík, draslík, vápník, hořčík, fosfor, síra a chlor. Z uvedených prvků byl v nejvyšších koncentracích zastoupen draslík, a to u směsi M7 ($4730 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Tento prvek je hojně přítomen napříč všemi rostlinnými surovinami, které byly v müsli směsích použity. Významnými přispěvateli k jeho obsahu mohou být obiloviny (Whittaker et al., 2015; Préstamo et al., 2003; Ragae et al., 2006; Shao et al., 2018), ale také mandle a ovoce (zejména močhyně) (Nicklas et al., 2016; Mokhtar et al., 2018). Mezi nejvýznamnější makroprvky jedlých květů se řadí spolu s fosforem také draslík (Kumari et al., 2021).

Řádově srovnatelných koncentrací dosahovaly hodnoty naměřené pro fosfor (až $4180 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a to opět u směsi M7). Obsah fosforu je velmi dobře zmapován zejména v obilovinách, které jsou na něj bohaté (Whittaker et al., 2015; Ragae et al., 2006). Fosfor se zde ukládá ve formě tzv. fytátů, které potom vykazují antinutriční efekt při absorpci zinku, hořčíku, manganu, železa a vápníku zažívacím traktem (Whittaker et al., 2015). V ovoci bývá většinou obsah fosforu asi 4x nižší, v porovnání s obilovinami (Mokhtar et al., 2018).

Vzhledem k velmi častému deficitu vápníku v naší stravě, je užitečné monitorovat jej i v rostlinných matricích, byť by nejsou jeho nejvhodnějším zdrojem (nejen z hlediska jeho koncentračního zastoupení, ale zejména vzhledem k jeho nízké vstřebatelnosti oproti živočišným zdrojům). Obsah vápníku se ve směsích pohyboval v rozmezí od 1640 do $2650 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nevyšší koncentrace byla naměřena opět ve směsi M7. Surovinami bohatými na obsah

vápníku jsou maliny a jahody, proso, méně pak mandle (Nicklas et al., 2016; Ragae et al., 2006), které jsou v surovinové skladbě směsi.

Dalším významným makroprvkem je hořčík. Tento dosahoval nejvyšší koncentrace u müsli M3 (2530 mg.kg⁻¹). Je všeobecně známým faktem, že tento prvek je hojně zastoupen v ořechách a různých semenech, které jsou jeho typickými zdroji. Mandle i konopné semínko, které jsou součástí receptury obsahují právě vyšší koncentrace tohoto prvku. Na obsah hořčíku jsou ovšem bohatá i obilná zrna ovsa (Shao et al., 2018; Ragae et al., 2006) méně pak ovoce (Pereira et al., 2018).

Vzhledem k nadbytečnému příjmu sodíku v naší stravě je žádoucí, tento spíše z našeho jídelníčku eliminovat. Také je ale nutno říci, že jeho hlavní příjem pochází z konzumace ve formě NaCl. Co se týká sodíku, jeho koncentrační rozsah u směsí se pohyboval od 124 do 160 mg.kg⁻¹, což je řádově méně, v porovnání s výše diskutovanými prvky. Paradoxně dobrým zdrojem sodíku je ovoce, např. mochně (1700 mg.kg⁻¹) nebo jahody (854 mg.kg⁻¹) (Mokhtar et al., 2018; Hossain et al., 2016).

4.9.2 Mikrobiogenní prvky

Mezi mikrobiogenní prvky se obvykle řadí železo a zinek. Nejvyšší koncentrace železa byla naměřena ve směsi M4 (152 mg.kg⁻¹). V případě této směsi se na zdroji železa mohou podílet vločky z červené pšenice, květy růže a chrpy, konopné semínko, méně potom ovoce. Literární údaje týkající se koncentrace železa v müsli směsích jsou nedostatečné. Z obilných surovin jsou na obsah železa bohatší obiloviny s barevnými obalovými vrstvami (Gu et al., 2021), z ovoce lze zmínit maliny, borůvky a ostružiny (Pereira et al., 2018). Mezi rostlinné suroviny s vyšším podílem železa by se mohly řadit i jedlé květy, kdy nejsou výjimkou koncentrace železa nad 155 mg.kg⁻¹ sušiny (Kumari et al., 2021). I přes relativně vyšší koncentrace železa ve směsích je nutno uvést, že se železo vyznačuje nižší biologickou dostupností (9 %) z rostlinných matric (Pereira et al., 2018).

Podobně jako u železa, také zinek se vyznačuje nižším indexem biodostupnosti (Pereira et al., 2018). Ve vzorcích směsí se jeho koncentrace pohybovala v rozmezí 21,5–74,2 mg.kg⁻¹. Pokud vezmeme v úvahu surovinovou skladbu směsí, přispěvatelem k obsahu Zn by mohl být jejich obilný podíl (Ragae et al., 2006; Shao et al., 2018), ovoce ho obsahuje řádově méně (cca 3 mg.kg⁻¹) (Pereira et al., 2018).

4.9.3 Stopové prvky

Mezi stopové prvky se řadí prakticky všechny ostatní, mimo makro a mikrobiogenní. V rámci svého členění, na ně můžeme pohlížet jako na esenciální, neesenciální, a z nich ještě vyčlenit toxické.

Stroncium dosahovalo nejvyšší koncentrace u směsi M3, a to $480 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Na obsah tohoto prvku bývají většinou bohatá obilná zrna, kdy jejich koncentrace mnohdy přesáhne hodnoty $1,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Nascimento et al., 2014). Stroncium se ve stopové koncentraci zabudovává do kostní matrix, v závislosti na jeho koncentraci potom stimuluje či brzdí její tvorbu (Zhang et al., 2011; Clarke, 2020).

Obsah niklu (velmi často monitorován pro svoji potenciální toxicitu) v müsli směsích byl v nejvyšší koncentraci u směsi M1 ($434 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Vzhledem k jeho vysoké biodostupnosti (99,6 %) ze snídaňových cereálií (Babaahmadifooladi et al., 2021) je vhodné doporučit monitoring tohoto prvku i v müsli směsích i přes to, že u ovoce je hodnota biodostupnosti významně nižší (konkrétně 19,3 %). Studie Gu et al. (2021) ukazuje, že přispěvatelem k obsahu niklu by mohla být konopná semínka, která mohou obsahovat až 10,1 mg niklu na kg.

Dalším, relativně hojně se vyskytujícím, stopovým prvkem je kobalt. Jeho nejvyšší obsah byl naměřen u vzorku M7. Vzhledem k jeho koncentracím napříč rostlinnými materiály je velmi obtížné vyslovit hypotézu, která ze surovin by se na této koncentraci mohla výrazně podílet. Jeho obsah v rostlině závisí na geologickém podloží a kyselosti půdy, podobně jako u selenu (Kabata-Pendias, 2011).

Srovnatelné hodnoty koncentrací jako u kobaltu byly naměřeny pro měď. Na tento prvek byla bohatá směs M4 ($23,7 \text{ mg.kg}^{-1}$). Jedná se o hojně zastoupený prvek rostlinných surovin, jako jsou chia semínka, zrna ječmene, plody ostružin, jahod apod. (Gu et al., 2021; Ragae et al., 2006; Pereira et al., 2018).

Co se týká manganu v müsli směsích jeho koncentrace se pohybovaly od 17,4 do $59,7 \text{ mg.kg}^{-1}$. Z obilovin je na mangan bohaté žito ($24,4 \text{ mg.kg}^{-1}$), dále se nachází v pšenici, ječmeni, prosu a čiroku (Ragae et al., 2006). Jako významný zdroj manganu jsou uváděna i zrna rýže s barevnými obalovými vrstvami (až $50,9 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Shao et al., 2018). Ovocné plody, v porovnání s obilovinami, obsahují minimálně o polovinu méně manganu (Pereira et al., 2018; Mokhtar et al., 2018).

Dalším prvkem, který byl v müsli směsích detekován ve vyšších koncentracích je baryum ($2,22\text{--}7,02 \text{ mg.kg}^{-1}$). Naměřená data odpovídají literárním údajům pro koncentrace barya v rostlinných matricích (Pereira et al., 2018; Kabata-Pendias, 2011).

Podíváme-li se na výsledky stanovení obsahu hliníku, jeho koncentrační rozpětí se pohybovalo od 5,41 do $13,4 \text{ mg.kg}^{-1}$. Monitorování hliníku je důležité vzhledem k jeho potenciálním neurotoxickým účinkům po jeho vstřebání, protože jeho hodnoty biodostupnosti mohou dosahovat až 45 % (Rebellato et al., 2021). V rámci surovinové skladby se v souvislosti s obsahem hliníku bude dobré zaměřit na semínka a ořechový podíl (Gu et al., 2021).

Vzhledem k tomu, že arsen je jednou z příčin rakoviny kůže, plic a močového měchýře, byl pro něj stanoven tolerovatelný týdenní příjem, a to $0,015 \text{ mg.kg}^{-1}$ (EFSA, 2009). V našich směsích byl detekován nejvyšší obsah u vzorku M8 ($31,5 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$), kde by jeho zdrojem mohly být rýžové vločky. Oblasti pro pěstování rýžových zrn jsou známy právě vyššími obsahy arsenu.

Po požití kadmia z potravin jsou popsány projevy chronického onemocnění ledvin (Wang et al., 2021). Maximální povolené množství kadmia v obilovinách je $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$, pro otruby, klíčky, pšenici a rýži je stanovena hodnota $0,20 \text{ mg.kg}^{-1}$, pro ovoce je to $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pro bobuloviny a drobné ovoce byla stanovena maximální koncentrace $0,20 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Nařízení 1881/2006). Pro müsli směsi tyto hodnoty stanoveny nejsou. V naší studii byla nejvyšší naměřená koncentrace kadmia u vzorků $1,83 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$, což je výrazně pod výše jmenovanými limity.

Dalšími toxickými prvky jsou rtuť a olovo. V našich směsích byla koncentrace rtuti v rozsahu od $1,43$ do $2,88 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$. Limity pro max. koncentrace rtuti v obilninách, ovoci, semínkách a ořechách stanoveny nejsou, podobně jako u jedlých květů. Tyto jsou legislativně dány u produktů rybolovu. Co se týká limitních hodnot v obsahu olova, v obilovinách je to max. $0,20 \text{ mg.kg}^{-1}$, u ovoce $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$, u bobulovin pak $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Nařízení 1181/2006). Co se týká naměřených koncentrací rtuti, ty byly výrazně pod legislativními požadavky, koncentrace olova byly pod detekčním limitem.

Z analytického hlediska je určitě důležité znát koncentrační zastoupení jednotlivých prvků, hlavně u těch, které by mohly být pro lidský organizmus toxické. Z hlediska výživového je však nutno vzít v úvahu jejich vstřebatelnost a biodostupnost při trávení pomocí GIT a s tím také související hodnoty jejich referenčních či adekvátních příjmů a také množství konzumované müsli směsi. Teoretické výpočty příspěvků směsí k jednotlivým referenčním hodnotám jsou uvedeny v Příloze V. Jak je vidět z přílohových tabulek, konzumace 50 g müsli směsi poskytuje více než 100% příspěvek k referenčním hodnotám příjmu manganu a mědi, zároveň jsou i vyšší příspěvky k referenčním hodnotám zinku, hořčíku a železa (nad 40%) pro věkovou kategorii mužů a žen 31 až 50 let. Příspěvky směsí k prozatímním tolerovatelným týdenním (měsíčním) příjmům toxických prvků (hliníku, kadmia, cínu a rtuti) jsou velmi nízké (prakticky desetiny %, u hliníku max 4% u žen). Tyto teoretické hodnoty byly spočítány pro muže a ženy vážící 80 a 65 kg .

Tabulka 17: Obsah vybraných prvků v müsli směsích v mg.kg⁻¹

Prvky (mg.kg ⁻¹)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
²³ Na	130±2 ^{a,A}	124±2 ^{b,B}	137±1 ^{c,C}	154±2 ^{d,D}	160±8 ^{e,A}	159±3 ^{e,A}	155±2 ^{d,B}	156±7 ^{d,e,C}
²⁴ Mg	1990±20 ^{a,A}	1760±10 ^{b,B}	2530±25 ^{c,C}	1760±10 ^{b,B}	2290±20 ^{d,A}	2420±20 ^{e,B}	2300±20 ^{d,A}	2310±20 ^{d,e,A,B}
²⁷ Al	10,8±0,1 ^{a,A}	13,4±0,1 ^{b,B}	12,1±0,1 ^{c,C}	11,5±0,1 ^{d,D}	5,41±0,10 ^{e,A}	5,93±0,10 ^{f,B}	8,12±0,20 ^{g,C}	7,72±0,20 ^{h,D}
³¹ P	3850±20 ^{a,A}	3740±30 ^{b,B}	3950±30 ^{c,C}	3740±20 ^{b,B}	4070±20 ^{d,A}	3770±30 ^{e,B}	4180±30 ^{f,C}	3970±20 ^{c,D}
³⁹ K	2970±20 ^{a,A}	2750±20 ^{b,B}	2970±20 ^{a,A}	2750±20 ^{b,B}	4150±30 ^{c,A}	3080±20 ^{d,B}	4730±30 ^{e,C}	4050±30 ^{f,D}
⁴⁴ Ca	1980±20 ^{a,A}	2310±20 ^{b,B}	2420±20 ^{c,C}	2310±20 ^{b,B}	1650±20 ^{d,A}	2630±30 ^{e,B}	2650±40 ^{e,B}	1640±20 ^{d,A}
⁵⁵ Mn	17,4±0,8 ^{a,A}	18,8±0,8 ^{b,B}	17,8±0,7 ^{a,A}	27,1±1,2 ^{c,C}	19,1±1,2 ^{b,A}	23,6±1,1 ^{d,B}	50,2±1,4 ^{e,C}	59,7±2,1 ^{f,D}
⁵⁷ Fe	111±3 ^{a,A}	89,6±1,6 ^{b,B}	117±2 ^{c,C}	152±3 ^{d,D}	96,4±2,7 ^{e,A}	87,5±1,4 ^{f,B}	89,4±1,5 ^{b,C}	87,5±1,4 ^{f,B}
⁶³ Cu	7,04±0,20 ^{a,A}	5,30±0,25 ^{b,B}	6,21±0,20 ^{c,C}	23,7±1,2 ^{d,D}	22,8±0,8 ^{e,A}	6,61±0,20 ^{f,B}	6,12±0,10 ^{g,C}	6,21±0,20 ^{c,D}
⁶⁶ Zn	24,7±0,7 ^{a,A}	69,5±1,8 ^{b,B}	66,9±1,7 ^{c,C}	73,0±1,4 ^{d,D}	37,7±1,1 ^{e,A}	34,7±1,1 ^{f,B}	74,2±2,0 ^{g,C}	21,5±0,5 ^{h,D}
¹³⁷ Ba	3,61±0,10 ^{a,A}	2,22±0,10 ^{b,B}	4,40±0,10 ^{c,C}	7,02±0,10 ^{d,D}	3,84±0,10 ^{e,A}	4,40±0,10 ^{c,B}	4,41±0,10 ^{c,B}	4,20±0,10 ^{f,C}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5). Hodnoty v řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

Tabulka 18a: Obsah vybraných prvků v müsli směsích v $\mu\text{g.kg}^{-1}$

Prvky ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
⁷ Li	15,3±0,3 ^{a,A}	39,1±0,6 ^{b,B}	19,3±0,8 ^{c,C}	33,1±0,6 ^{d,D}	24,8±0,8 ^{e,A}	24,7±0,9 ^{e,g,A,C}	21,3±0,8 ^{f,B}	24,4±0,7 ^{g,C}
⁹ Be	12,3±0,4 ^{a,A}	5,32±0,05 ^{b,B}	11,6±0,1 ^{c,C}	6,33±0,05 ^{d,D}	3,84±0,10 ^{e,A}	5,33±0,05 ^{b,B}	7,74±0,10 ^{f,C}	6,82±0,10 ^{g,D}
⁴⁸ Ti	451±8 ^{a,A}	370±10 ^{b,B}	330±9 ^{c,C}	657±10 ^{d,D}	460±10 ^{e,A}	380±6 ^{f,B}	400±10 ^{g,C}	421±8 ^{h,D}
⁵² Cr	2,11±0,10 ^{a,A}	10,6±0,2 ^{b,B}	8,22±0,20 ^{c,C}	21,1±0,9 ^{d,D}	4,82±0,02 ^{e,A}	7,80±0,01 ^{f,B}	11,3±0,6 ^{g,C}	5,61±0,01 ^{h,D}
⁵⁹ Co	32,9±1,2 ^{a,A}	25,5±1,0 ^{b,B}	26,5±0,8 ^{c,C}	21,3±0,9 ^{d,D}	31,8±1,1 ^{e,A}	23,6±1,0 ^{f,B}	38,3±0,9 ^{g,C}	31,4±0,8 ^{e,A}
⁶⁰ Ni	434±5 ^{a,A}	313±4 ^{b,B}	375±3 ^{c,C}	268±2 ^{d,D}	367±5 ^{e,A}	251±3 ^{f,B}	399±3 ^{g,C}	206±2 ^{h,D}
⁷⁵ As	28,6±0,7 ^{a,A}	21,2±0,7 ^{b,B}	24,1±1,1 ^{c,C}	24,2±0,4 ^{c,C}	14,2±0,5 ^{d,A}	28,0±0,8 ^{e,B}	19,2±0,8 ^{f,C}	31,5±1,2 ^{g,D}
⁷⁷ Se	7,81±0,10 ^{a,A}	8,83±0,25 ^{b,B}	9,60±0,10 ^{c,C}	15,9±0,3 ^{d,D}	16,3±0,3 ^{e,A}	10,2±0,2 ^{f,B}	8,50±0,10 ^{g,C}	17,6 ±0,3 ^{h,D}
⁸⁸ Sr	258±3 ^{a,A}	205±3 ^{b,B}	480±5 ^{c,C}	256±3 ^{d,D}	389±2 ^{e,A}	408±5 ^{f,B}	208±3 ^{b,C}	288±3 ^{g,D}
¹⁰⁷ Ag	15,4±0,6 ^{a,A}	25,8±0,8 ^{b,B}	12,1±0,4 ^{c,C}	30,4±0,5 ^{d,D}	31,4±0,8 ^{e,A}	23,8±0,6 ^{f,B}	30,4±0,8 ^{d,C}	14,2±0,3 ^{g,D}
¹¹¹ Cd	1,20±0,10 ^{a,A}	1,05±0,10 ^{b,B}	1,24±0,10 ^{a,A}	1,41±0,10 ^{c,C}	1,55±0,10 ^{d,A}	1,14±0,10 ^{e,B}	1,83±0,10 ^{f,C}	1,11±0,10 ^{e,B}

Tabulka 18b: Obsah vybraných prvků v müsli směsích v $\mu\text{g.kg}^{-1}$

Prvky ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
¹¹⁸ Sn	1,12±0,01 ^{a,A}	0,43±0,02 ^{b,B}	0,64±0,04 ^{c,C}	0,65±0,04 ^{c,C}	0,52±0,01 ^{d,A}	1,12±0,02 ^{a,B}	0,53±0,02 ^{d,A}	0,84±0,05 ^{e,C}
¹³³ Cs	25,6±0,2 ^{a,A}	54,3±1,1 ^{b,B}	23,2±0,5 ^{c,C}	36,5±2,1 ^{d,D}	38,9±1,1 ^{e,A}	25,1±0,6 ^{a,B}	65,0±1,0 ^{f,C}	22,8±0,4 ^{g,D}
¹⁴⁰ Ce	16,3±0,3 ^{a,A}	25,6±0,2 ^{b,B}	18,4±0,3 ^{c,C}	41,3±0,9 ^{d,D}	44,6±1,4 ^{e,A}	22,3±0,4 ^{f,B}	24,2±0,4 ^{g,C}	43,8±1,5 ^{h,D}
¹⁶⁵ Ho	0,80±0,01 ^{a,A}	1,52±0,01 ^{b,B}	2,12±0,02 ^{c,C}	1,60±0,01 ^{d,D}	1,00±0,01 ^{e,A}	2,22±0,02 ^{f,B}	1,33±0,01 ^{g,C}	0,95±0,01 ^{h,D}
¹⁸¹ Ta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
²⁰² Hg	1,51±0,01 ^{a,A}	2,62±0,01 ^{b,B}	1,43±0,01 ^{c,C}	1,75±0,03 ^{d,D}	1,76±0,05 ^{d,A}	1,56±0,01 ^{e,B}	2,88±0,01 ^{f,C}	1,47±0,01 ^{g,D}
²⁰⁵ Tl	1,80±0,01 ^{a,A}	1,93±0,01 ^{b,B}	2,22±0,01 ^{c,C}	1,04±0,02 ^{d,D}	1,22±0,01 ^{e,A}	1,88±0,02 ^{f,B}	1,90±0,01 ^{f,B}	2,20±0,01 ^{c,C}
²⁰⁸ Pb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
²³⁸ U	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5). Hodnoty v řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Statistika byla provedena pro všechny směsi současně (horní malé písmenné indexy) a také zvlášť pro lepkové a bezlepkové (horní velké písmenné indexy).

Experimentální část B

4.10 Stanovení základních nutričních znaků vybraných müsli směsí za definovaných skladovacích podmínek

V Tabulkách 19 a 20 jsou shrnuty výsledky obsahu sušiny, popela, hrubé bílkoviny a lipidů, stanovované na začátku založení skladovacího pokusu u vybraných směsí M1, M3, M5 a M8 a po skladování za definovaných podmínek. Směsi, u nichž byly provedeny stanovení za definovaných skladovacích podmínek, byly vybrány na základě vyšších koncentrací polyfenolů, antokyanů a antioxidační aktivity.

Obsah sušiny u vzorků vybraných směsí byl v rozsahu od 90,5 do 91,5 %. Vyhláška č.18/2020 Sb. udává max. obsahy vlhkosti pro vločky, pro müsli směsi není obsah vlhkosti legislativně definován. I přes to může být významným faktorem pro údržnost směsí. Se zvyšující se vlhkostí by mohlo docházet k výskytu plísní, které by mohly být potenciálními producenty mykotoxinů, mohly by se rozvíjet oxidační pochody (zejména oxidace nenasycených mastných kyselin), Maillardovy reakce, reakce enzymatického hnědnutí apod. (Schrödter, 2004). Vzhledem k legislativním požadavkům na vločky by bylo vhodné potenciálnímu výrobcí těchto směsí doporučit hodnoty v obsahu vlhkosti do 14 %. Z Tabulky 20 je zřejmé, že nejvyšší obsah sušiny byl naměřen ve směsích, které byly skladovány v termostatu při 40 °C. Obsah sušiny se u těchto směsí pohyboval od 92,9 do 94,1 %. Lze se domnívat, že obal, ve kterém byly směsi zabaleny, by mohl být při vyšší teplotě více propustný pro vlhkost, která procházela vně obalu. Do dalších experimentů je možno doporučit měření propustnosti jednotlivých materiálů jako vybraných obalů při vyšších teplotách a na základě výsledků měření potom tyto doporučit potenciálnímu výrobcí směsí.

Obsah popela, který je hrubým ukazatelem obsahu minerálních látek, se pohyboval od 2,16 do 2,55 %. V porovnání s komerčními müsli je obsah popele cca 1,5x vyšší (Sumczynski et al., 2015a; Kobus-Cisowska et al., 2013). Z výsledků je patrné, že obsah popele byl modelací směsí navýšen. K vyššímu obsahu popele zajisté přispěl obilný podíl, který obsahoval zbytky obalových vrstev, ve kterých jsou právě minerální látky deponovány. Na obsah popele jsou bohaté také ořechy a ovocný podíl (Kučerová, 2004; Nicklas et al., 2016; Hossain et al., 2016).

Co se týká obsahu hrubých bílkovin, nejvyšší obsah byl ve směsi M5, a to 15,6 %, u ostatních vzorků se pohyboval od 13,6 do 14,0 %. Zdrojem bílkovin v této směsi budou určitě mandle, nezanedbatelný bude také podíl bílkovin z vloček černé quinoi a teffu. Rýže má obecně nižší podíl bílkovin než quinoa či teff, ale zase se jedná o bílkovinu s dobrým aminokyselinovým skóre. Výsledky stanovení jsou srovnatelné se studií Kobus-Cisowska et al. (2013), kteří modelovali taktéž netradiční müsli směs. Z literárních zdrojů jsou ovšem známy i nižší obsahy bílkovin v müsli (9 až 10 %) (Jabeur et al., 2017). Pokud

by vzešel požadavek výrobce na vyšší podíl proteinu ve směsích, dal by se tento navýšit obilným podílem, tj. přidavkem vloček s vyšším obsahem bílkovin, nebo se mohou využít různé proteinové izoláty (rýžový protein, pšeničný), syrovátka apod. Podíváme-li se na obsah hrubé bílkoviny v rámci skladovacích podmínek (Tabuka 20), poklesy v jejich obsahu napříč podmínkami byly velmi podobné. Výjimkou byl vzorek první směsi, u které byly naměřeny poklesy v obsahu bílkovin signifikantně vyšší, a to 20, 19 a 16 % za podmínek tmy, světla a termostatu. Vzhledem k tomu, že v literatuře jsou omezeně dostupné údaje týkající se změny koncentrací v obsahu dusíkatých látek u müsli směsí, jsou výsledky obtížně diskutovatelné. Taddese et al. (2020) a Scariot et al. (2020) uvádí pokles dusíkatých látek v zrně při skladování kukuřice, čiroku, pšenice a rýže. Zhao et al. (2021) publikoval, že se zvyšující se teplotou při skladování dochází k významnému poklesu obsahu dusíkatých látek v rýžových zrnech. Ve své studii prezentuje, že během skladování dochází k oxidaci rýžových proteinů, což potvrzuje i studie Shi et al. (2017). Vyšší pokles obsahu hrubé bílkoviny při vyšší teplotě skladování se v naší studii nepotvrdil. Pravděpodobně obal, který byl zvolen při skladování neumožňuje procesy oxidace. Navíc, vzorky byly vakuovány. Z naměřených dat lze do budoucna dále doporučit také monitoring v obsahu jednotlivých základních aminokyselin, zejména pak těch esenciálních. Limitující aminokyselinou obilovin je lyzin, který společně s argininem vstupuje často jako reaktant do Maillardových reakcí. Z tohoto důvodu lze jednoznačně další měření doporučit.

Obsah lipidů se ve vybraných směsích pohyboval v rozmezí od 7,45 do 9,77 %. Vzhledem k vyššímu obsahu lipidů mohou být müsli směsi náchylnější na procesy oxidačního žluknutí (Jensen et al., 2005). Je zapotřebí výrobce upozornit na problematiku zpracování a skladování výsledné směsi. Tato by neměla být vystavena vyšším teplotám než klasickým pokojovým, výrobek by bylo vhodné balit do neprůhledných obalů a lze také doporučit balení výrobku do ochranné atmosféry, použít vakuování. Tato opatření by měla zamezit oxidaci nenasycených mastných kyselin, které se estericky váží na glycerol v tucích. Pro lepší zmapování vhodných skladovacích podmínek by bylo vhodné se do budoucna zaměřit na stanovení jednotlivých mastných kyselin a jejich koncentračních změn v rámci skladování, popř. zvolit také nějaké metody měření oxidační stability směsí.

Tabulka 19: Výsledky stanovení obsahu základních nutričních znaků

(%)	Sušina	Popel	Hrubá bílkovina	Lipidy
M1	91,5±0,14 ^a	2,29±0,01 ^a	14,0±0,3 ^a	8,84±0,33 ^a
M3	91,5±0,15 ^a	2,30±0,03 ^a	14,0±0,3 ^a	7,45±0,12 ^b
M5	90,5±0,24 ^b	2,55±0,03 ^b	15,6±0,1 ^b	8,54±0,20 ^c
M8	91,1±0,11 ^c	2,16±0,01 ^c	13,6±0,4 ^c	9,77±0,25 ^d

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 20: Výsledky stanovení obsahu sušiny a hrubé bílkoviny v rámci definovaných skladovacích podmínek

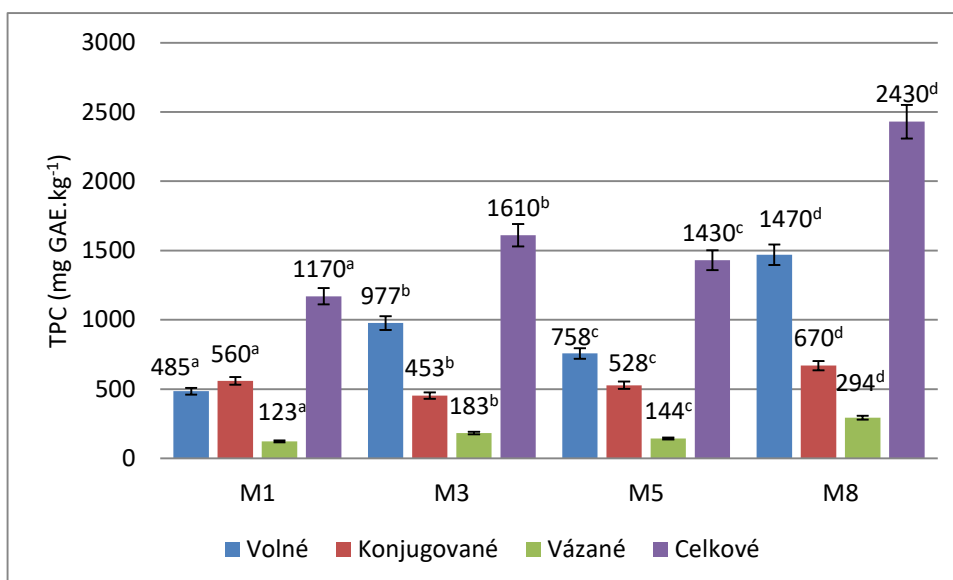
Základní nutriční znaky (%)	Sušina			Hrubá bílkovina		
	Podmínky skladování	Tma 23 °C	Světlo 23 °C	Termostat 40 °C	Tma 23 °C	Světlo 23 °C
M1	91,5±0,10 ^a	91,6±0,11 ^a	94,1±0,18 ^a	11,2±0,3 ^{a,-20} %	11,4±0,3 ^{a,-19} %	11,8±0,1 ^{a,-16} %
M3	91,8±0,13 ^a	91,2±0,12 ^a	94,1±0,14 ^a	12,4±0,2 ^{b,-11} %	12,6±0,1 ^{b,-10} %	13,1±0,1 ^{b,-6} %
M5	91,1±0,10 ^c	90,2±0,18 ^b	92,9±0,16 ^b	13,7±0,2 ^{c,-12} %	13,8±0,2 ^{c,-12} %	14,9±0,2 ^{c,-4} %
M8	90,9±0,19 ^d	91,3±0,10 ^a	93,5±0,10 ^c	11,8±0,2 ^{d,-13} %	11,9±0,2 ^{d,-13} %	12,4±0,3 ^{d,-9} %

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Součástí tabulky jsou také vypočteny úbytky v procentech hrubé bílkoviny, a to z výchozích hodnot uvedených v Tabulce 19.

4.11 Stanovení celkového obsahu polyfenolů za definovaných skladovacích podmínek

Celkový obsah polyfenolů ve volných, konjugovaných a vázaných frakcích v müsli směsích na počátku skladovacího pokusu je uveden v Grafu 3. Obsahy celkových TPC v jednotlivých frakcích za definovaných skladovacích podmínek jsou prezentovány v Tabulce 21, kde jsou také uvedeny % úbytky TPC u jednotlivých frakcí.

Z naměřených hodnot je zřejmé, že koncentrace polyfenolů byly nejvyšší ve volných a konjugovaných frakcích, naopak nejnižší byly naměřeny ve vázaných frakcích. Výsledky měření na začátku skladovacího pokusu potvrdily již zaznamenaný trend z první fáze experimentů (experimentální části A). Obsah volných TPC v netradičních směsích dosahoval hodnoty až 1470 mg GAE.kg⁻¹, obsah konjugovaných polyfenolů byl v rozmezí 453 až 670 mg GAE.kg⁻¹ a obsah vázaných TPC dosahoval nejvýše 294 mg GAE.kg⁻¹. Obsah celkových polyfenolů byl v rozmezí od 1170 do 2430 mg GAE.kg⁻¹. Vzhledem k tomu, že obsah TPC v jednotlivých surovinách je odvislý od mnoha faktorů, které byly diskutovány již v první části měření u všech osmi vzorků, lze předpokládat, že konkrétní číselné hodnoty koncentrací se budou vždy s každou šarží výrobků lišit. Nicméně, trend v jejich obsahu ve frakcích zůstane zachován. Nejvyšší koncentrace volných, konjugovaných i vázaných TPC byla naměřena u vzorku M8. Tato bezlepková směs by tak mohla být doporučena k obohacení jídelníčku pro celiaky, z důvodu možného přísunu vyšší koncentrace antioxidantů, kterých mají ve stravě nedostatek (z důvodu jejich nízké vstřebatelnosti díky tomuto onemocnění). Tato směs obsahuje suroviny bohaté na biologicky aktivní látky, a to ovoce (borůvky, maliny, dřišťál), květy růže a chrpy, a hlavně rýžové vločky s barevnými obalovými vrstvami. Z literárních údajů je již potvrzeno, že zdrojem volných polyfenolických frakcí mohou být suroviny jako rýžové vločky s barevnými obalovými vrstvami (Vichapong et al., 2010; Massaretto et al. 2011), ořechy, ovoce i jedlé květy (Wu et al., 2021; Yao et al., 2021; He et al., 2015; Chen et al., 2018).



Graf 3: Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů (TPC)

Z naměřených výsledků (Tabulka 21) je vidět, že co do obsahu TPC se jeví jako nejstabilnější směs M1, a to napříč všemi frakcemi polyfenolů. Co do obsahu TPC ve volných frakcích, se jejich obsah ve směsi snížil o 61 a 60 % při skladování za tmy a za podmínky přístupu denního světla a o 53 % při skladování v termostatu při 40 °C. Nicméně u již zmiňované směsi M1 byly tyto poklesy pouze v jednotkách %. Diskuze zaměřená na stabilitu TPC v rámci silně heterogenních směsí, a navíc v jejich polyfenolických frakcích, je velmi komplikovaná. U směsi M1 by se na stabilitě TPC mohl podílet ibiškový květ. Tento je kyselý a vytváří sám o sobě vhodné stabilní prostředí, zejména pro antokyanová barviva. Dále mezi bohatší suroviny, co do obsahu polyfenolů, obsahuje už jen ovoce (maliny, dřišťál, jablko a borůvky). Vločky ovesné, pšeničné a žitné jsou v porovnání s výše zmíněnými surovinami na obsah TPC chudší. Nejvyšší úbytky obsahu TPC napříč frakcemi byly zaznamenány u bezlepkové směsi M8. Tato byla na základě výsledku obsahu TPC na začátku pokusu doporučena v předchozí kapitole jako vhodný zdroj antioxidantů pro celiaky. Bohužel měřením se ukázalo, že by mohla být tato směs také nejméně stálá, co do obsahu TPC v rámci skladovacích podmínek. Jako nejlépe stabilní, co do obsahu celkových TPC, je směs M1, přičemž nejvyšší úbytek celkových TPC u tohoto vzorku byl naměřen při skladování za přístupu denního světla při 23 °C. Na degradaci TPC u vorku M8 se mohla podílet i samotná výroba rýžových vloček, kdy po hydrotermálním ošetření zrna mohlo dojít již k počáteční iniciaci degradace TPC.

Z dostupných studií lze usoudit na fakt, že denní světlo napomáhá degradaci TPC více, než teplota 40 °C, kterou lze považovat za bezpečnou z hlediska degradace polyfenolických látek (Rababah et al., 2011; Piljac-Žegarac et al.,

2009). Teplota 40 °C se také běžně používá v analýze potravin při jejich extrakci z matrice vzorků.

Tabulka 21: Výsledky stanovení celkového obsahu TPC v rámci skladovacího pokusu za definovaných podmínek

TPC (mg GAE.kg ⁻¹)	Tma 23 °C				Světlo 23 °C				Termostat 40 °C			
	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celkové TPC	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celkové TPC	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celkové TPC
M1	463±10 ^a (-5 %)	455±20 ^a (-19 %)	115±10 ^a (-7%)	1033±20 ^a (-12%)	457±10 ^a (-6 %)	400±20 ^a (-29 %)	114±20 ^a (-7 %)	971±20 ^a (-17 %)	476±20 ^a (-2 %)	554±20 ^a (-1 %)	93±10 ^a (-4 %)	1123±20 ^a (-4 %)
M3	562±10 ^b (-43 %)	356±10 ^b (-21 %)	156±20 ^b (-15 %)	1074±10 ^b (-33 %)	554±20 ^b (-43 %)	308±10 ^b (-32 %)	153±10 ^b (-16%)	1015±10 ^b (-37 %)	640±10 ^b (-34 %)	441±10 ^b (-3 %)	77±10 ^b (-58%)	1158±10 ^b (-28 %)
M5	471±20 ^c (-38 %)	437±10 ^c (-17 %)	100±10 ^c (-31 %)	1008±10 ^c (-30 %)	615±10 ^c (-19 %)	440±10 ^c (-17%)	96±20 ^c (-35 %)	1151±20 ^c (-20 %)	658±20 ^c (-13 %)	514±10 ^c (-3 %)	93±10 ^a (-35 %)	1265±20 ^c (-12 %)
M8	566±10 ^d (-61 %)	570±20 ^d (-15 %)	120±10 ^d (-60 %)	1256±10 ^d (-48 %)	586±10 ^d (-60 %)	503±20 ^d (-25 %)	105±10 ^d (-64 %)	1194±20 ^d (-51 %)	615±10 ^d (-58%)	440±10 ^b (-34%)	99±20 ^c (-66 %)	1154±10 ^b (-53%)

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Součástí tabulky jsou také uvedeny úbytky v procentech, které jsou vypočteny z výchozích hodnot uvedených v Grafu 3.

4.12 Stanovení polyfenolického profilu směsí za definovaných skladovacích podmínek

Pomocí HPLC byl ve směsích analyzován profil polyfenolů ve volných, konjugovaných a vázaných frakcích. Získaná data polyfenolického profilu jsou shrnuta v Tabulkách 22 až 33.

Na počátku založení skladovacího pokusu byl ve směsi M5 naměřen vyšší obsah volného epikatechinu, kyseliny protokatechinové, rutinu, katechinu a kyseliny neochlorogenové (Tabulka 22). Výše vypsané polyfenolické látky převládaly profilově i v ostatních analyzovaných vzorcích. Konkrétně kyselina protokatechinová byla nejvíce se vyskytující polyfenolickou kyselinou ve volných frakcích ve všech analyzovaných směsích. Rozmezí koncentračních hodnot této kyseliny bylo relativně úzké, od 103 do 128 mg.kg⁻¹. Druhou nejvíce se vyskytující polyfenolickou kyselinou byla kyselina neochlorogenová (48,7–64,8 mg.kg⁻¹). Ze skupiny flavonoidů ve volných frakcích byl na počátku skladování vždy v nejnižší koncentraci zastoupen kvercetin.

Z hlediska konjugovaných polyfenolů na začátku založení skladovacího pokusu (Tabulka 23) byly detekovány opět vyšší koncentrace kyselin protokatechinové, gallové a neochlorogenové. Ze skupiny konjugovaných flavonoidů byly naměřeny nejvyšší hodnoty koncentrací epikatechinu, katechinu i rutinu. Všechny müsli směsi obsahovaly v konjugované frakci nejvíce zastoupenou kyselinu protokatechinovou (60,1–101 mg.kg⁻¹), přičemž její vyšší koncentrace byly naměřeny u směsí vzorků obsahujících lepek. Kvercetin byl opět nejméně zastoupeným flavonoidem.

Tabulka 22: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích na počátku skladování

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	125±2 ^a	85,5±1,8 ^b	117±2 ^c	72,6±0,2 ^d
Katechin	9,86±0,48 ^a	43,3±0,5 ^b	65,4±1,9 ^c	46,4±1,4 ^d
Rutin	1,25±0,06 ^a	85,8±0,1 ^b	108±2 ^c	82,7±0,6 ^d
Kvercetin	2,46±0,15 ^a	3,70±0,16 ^b	0,86±0,04 ^c	2,60±0,05 ^d
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	64,8±0,5 ^a	54,3±0,6 ^b	51,5±0,4 ^c	48,7±0,2 ^d
Gallová	8,05±0,46 ^a	14,9±0,5 ^b	2,32±0,01 ^c	8,40±0,16 ^d
Protokatechinová	115±2 ^a	128±2 ^b	117±1 ^c	103±1 ^d
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	2,69±0,14 ^a	6,14±0,04 ^b	7,01±0,12 ^c	5,99±0,27 ^d
Kávová	14,9±0,5 ^a	26,2±0,3 ^b	27,5±0,34 ^c	24,7±1,09 ^d
<i>p</i> -Kumarová	17,0±0,2 ^a	3,60±0,10 ^b	3,35±0,11 ^c	0,98±0,03 ^d
Sinapová	20,1±0,4 ^a	31,6±0,6 ^b	25,6±0,10 ^c	33,0±0,06 ^d
Ellagová	2,65±0,13 ^a	2,41±0,11 ^b	0,88±0,03 ^c	0,55±0,02 ^d
Etylester protokatechinové	0,04±0,01 ^a	1,57±0,05 ^b	2,75±0,05 ^c	1,22±0,06 ^d
Celkové volné	384±2 ^a	487±2 ^b	529±2 ^c	431±1 ^d

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 23: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích na počátku skladování

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	182±2 ^a	129±2 ^b	117±2 ^c	65,6±0,1 ^d
Katechin	80,7±0,4 ^a	48,9±0,1 ^b	118±1 ^c	73,0±0,4 ^d
Rutin	16,2±0,3 ^a	17,8±0,3 ^b	33,1±0,1 ^c	24,4±0,2 ^d
Kvercetin	1,22±0,05 ^a	0,19±0,02 ^b	0,87±0,04 ^c	0,19±0,03 ^b
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	11,8±0,3 ^a	4,78±0,09 ^b	7,08±0,12 ^c	6,60±0,18 ^d
Gallová	4,18±0,18 ^a	58,8±0,2 ^b	2,60±0,09 ^c	55,1±0,2 ^d
Protokatechinová	101±3 ^a	101±2 ^a	72,2±0,4 ^b	60,1±0,9 ^c
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	0,91±0,05 ^a	0,41±0,02 ^b	0,66±0,06 ^c	0,58±0,04 ^d
Kávová	1,62±0,06 ^a	3,05±0,11 ^b	2,64±0,05 ^c	1,05±0,10 ^d
<i>p</i> -Kumarová	0,56±0,10 ^a	0,27±0,04 ^b	0,59±0,03 ^a	0,37±0,04 ^c
Sinapová	3,02±0,02 ^a	1,10±0,09 ^b	7,34±0,14 ^c	6,03±0,01 ^d
Ellagová	0,09±0,01 ^a	0,13±0,01 ^b	0,36±0,03 ^c	0,59±0,04 ^d
Etylester protokatechinové	0,16±0,02 ^a	4,00±0,04 ^b	1,68±0,07 ^c	2,05±0,04 ^d
Celkové konjugované	403±3 ^a	369±2 ^b	364±2 ^c	296±1 ^d

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 24: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích na počátku skladování

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	93,1±1,3 ^a	116±2 ^b	20,4±0,5 ^c	30,7±0,3 ^c
Katechin	6,54±0,09 ^a	6,89±0,16 ^b	11,3±0,1 ^c	10,4±0,3 ^d
Rutin	0,70±0,05 ^a	5,33±0,06 ^b	5,82±0,09 ^c	2,71±0,05 ^d
Kvercetin	1,09 ±0,05 ^a	1,30±0,03 ^b	0,49±0,06 ^c	1,35±0,06 ^b
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	26,4±0,2 ^a	28,2±0,1 ^b	26,0±0,3 ^a	63,1±0,3 ^c
Gallová	0,47±0,04 ^a	0,56±0,01 ^b	0,50±0,04 ^b	3,30±0,02 ^c
Protokatechinová	4,01±0,06 ^a	3,63±0,08 ^b	18,9±0,3 ^c	22,3±0,17 ^d
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,61±0,08 ^a	1,42±0,06 ^a	0,61±0,03 ^b	3,12±0,10 ^c
Kávová	4,86±0,10 ^a	5,18±0,09 ^b	3,51±0,06 ^c	2,85±0,02 ^d
<i>p</i> -Kumarová	0,29±0,04 ^a	0,36±0,03 ^b	0,20±0,02 ^a	0,10±0,02 ^c
Sinapová	5,72±0,19 ^a	7,59±0,07 ^b	5,03±0,06 ^c	1,39±0,08 ^d
Ellagová	2,19±0,06 ^a	2,52±0,07 ^a	0,63±0,09 ^b	1,27±0,09 ^c
Etylester protokatechinové	2,68±0,10 ^a	8,09±0,22 ^b	4,37±0,10 ^c	5,89±0,10 ^d
Celkové vázané	148±1 ^a	185±2 ^b	97,3±0,2 ^c	147±1 ^d

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Co se týká profilu vázaných polyfenolických kyselin, tak byly naměřeny vyšší koncentrace kyselin neochlorogenové, protokatechinové, sinapové a z flavonoidů epikatechinu, katechinu a rutinu. Kyselina neochlorogenová, v rozsahu od 26,0 do 63,1 mg.kg⁻¹, byla nejvíce zastoupenou kyselinou ve všech směsích. Další, v pořadí s nejvyšším obsahem, byla kyselina protokatechinová.

Jak již bylo uvedeno v kapitole 4.3 zdrojem vysokého obsahu kyseliny protokatechinové mohou být obiloviny s barevnými obalovými vrstvami (Guo a Beta, 2013). Dalšími významnými zdroji jsou mandle, para ořechy (Sang et al., 2002; John a Shahidi, 2010) a ovoce, především borůvky, jablka, jahody, černý rybíz a maliny (Huang et al., 2012; Russell et al., 2009; Lee et al. (2017)). Borůvky a jablka jsou i bohatým zdrojem kvercetinu (Fu et al., 2011), který byl ovšem v modelových müsli směsích naměřen v nízkých koncentracích i při obsahu daného ovoce ve vzorcích. Jablka jsou také bohatá na kyselinu sinapovou (Lee et al. (2017)). Zdrojem kyseliny neochlorogenové, která byla ve všech směsích detekována, může být hlavně ovoce (Szopa et al., 2018;

Valcheva-Kuzmanova et al., 2019), obilný podíl je na tuto kyselinu chudý. Pro dříšťál, který byl součástí všech připravených směsí, je typické zastoupení vyšších koncentrací *p*-hydroxybenzoové kyseliny (Radziejewska-Kubzdela et al., 2020; Da Silva et al., 2017), stejně tak tomu je u pseudocereálií (Paško et al., 2008). Významným zdrojem polyfenolických kyselin jsou jedlé květy (Kaisoon et al., 2011). Co se týká skupiny flavonoidů, dříšťál je významným zdrojem rutinu a kvercetinu (Radziejewska-Kubzdela et al., 2020; Da Silva et al., 2017). Tyto dva flavonoidy jsou převládajícími i v jedlých květech (Kaisoon et al., 2011; Chen et al., 2018). Jedlé květy jsou i bohatým zdrojem katechinu a epikatechinu (Li et al., 2014; Chen et al., 2015). Obsah těchto flavonoidů se v jedlých květech významně liší a jejich stabilita je vysoká, i když květy projdou procesem sušení. Polyfenolické látky, a to nejen jejich profilové zastoupení, ale i koncentrační rozmezí, mohou být ovlivněny mnoha faktory. Nejen druhem plodiny a její odrůdou, ale i klimatickými a agrotechnickými podmínkami při pěstování.

V rámci ročního skladovacího pokusu za definovaných podmínek jsou naměřená data shrnuta v tabulkách 25 až 33. Součástí těchto tabulek jsou i % úbytky polyfenolů vzhledem k počátku skladování. Diskutovaná data jsou opět šedě podbarvena.

Zaměříme-li se na jednotlivé polyfenoly ve volných frakcích, po roce skladování byl vždy zaznamenán jejich procentuální úbytek. Při skladování v temnu koncentrace jednotlivých polyfenolů klesla o 15 až 31 % (Tabulka 25), při skladování v termostatu při teplotě 40 °C (Tabulka 27) byl zaznamenán vyšší pokles, a to od 21 do 57 %. Nejvyšší pokles v koncentraci (odpovídající zmiňovaným 57 %) byl zaznamenán u flavonoidu rutinu, dále byly naměřeny nižší koncentrace kyseliny ellagové a katechinu. V případě, že byly směsi skladovány za přístupu denního světla (Tabulka 26), potom obsahy jednotlivých polyfenolů ve volných frakcích klesaly v rozmezí 21 až 44 %, přičemž nejvyšších % úbytků bylo naměřeno u kyseliny ellagové, kvercetinu, katechinu a kyseliny neochlorogenové. Z naměřených výsledků vyplývá, že ve volných frakcích jsou polyfenolické látky stabilnější při skladování směsí za laboratorní teploty a nepřístupu světla, kdy jako nejstabilnější se jeví epikatechin a kyselina sinapová.

V rámci konjugovaných frakcí taktéž došlo vždy k poklesu obsahu koncentrací u jednotlivých polyfenolických látek. Při skladování za nepřístupu denního světla (Tabulka 28) byl naměřen pokles v rozsahu 14 až 32 %, což byl ve srovnání s dalšími skladovacími podmínkami pokles v nejnižším rozsahu. Při skladování za tmy byl naměřen nejvyšší pokles v koncentracích kvercetinu a *p*-hydroxybenzoové kyseliny. Za podmínky skladování s přístupem denního světla (Tabulka 29) došlo ke snížení koncentrace konjugovaných polyfenolů o 17 až 47 %, přičemž nejvyšší pokles byl zaznamenán u kvercetinu, *p*-kumarové

a ellagové kyseliny společně s etylesterem protokatechinové kyseliny. Pokud byl ke skladování použit termostat (Tabulka 30), byl opět zaznamenán nejvyšší úbytek v koncentraci kvercetinu a *p*-hydroxybenzoové a ellagové kyseliny. Za podmínky skladování při 40 °C došlo k úbytkům jednotlivých koncentrací konjugovaných polyfenolů o 14 až 41 %. Zdá se, že jednotlivé polyfenolické látky jsou v konjugovaných frakcích stabilnější při skladování za nepřístupu denního světla. Jako jedny z nejstabilnějších konjugovaných polyfenolů směsí se jeví být flavonoid epikatechin a neochlorogenová společně se sinapovou kyselinou.

Podíváme-li se na výsledky stanovení pro vázané frakce polyfenolů, při skladování bez přístupu denního světla (Tabulka 31), byly naměřeny úbytky v rozsahu 15 až 30 %, při skladování za přístupu světla (Tabulka 32) 16 až 45 % a při použití termostatu (40 °C) (Tabulka 33) potom 16–40 %. U vázaných frakcí došlo k nejvyšším poklesům koncentrací u rutinu a kvercetinu napříč všemi skladovacími podmínkami. Při skladování za podmínek přístupu denního světla byly ještě zaznamenány poklesy v koncentracích kyselin gallové, protokatechinové, *p*-hydroxybenzoové, *p*-kumarové a ellagové, ale už ne napříč všemi testovanými vzorky, jako tomu bylo u předchozích frakcí. Opět nejnižší poklesy v koncentracích byly zaznamenány při skladování za nepřístupu světla. Jako jedny z nejstabilnějších se jeví opět epikatechin, neochlorogenová a sinapová kyselina.

Tabulka 25: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích za nepřístupu světla

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	102±1 ^{a,-18 %}	71,2±2,1 ^{b,-17 %}	99,1±1,3 ^{c,-15 %}	61,7±1,1 ^{d,-15 %}
Katechin	7,23±0,22 ^{a,-27 %}	36,2±0,2 ^{b,-16 %}	51,7±1,1 ^{c,-21 %}	34,2±0,8 ^{d,-26 %}
Rutin	1,03±0,02 ^{a,-18 %}	72,3 ±0,3 ^{b,-16 %}	87,8±1,2 ^{c,-19 %}	64,8±0,2 ^{d,-22 %}
Kvercetin	1,78±0,31 ^{a,-28 %}	2,99±0,22 ^{b,-19 %}	0,71±0,02 ^{c,-17 %}	2,03±0,02 ^{d,-22 %}
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	52,7±0,2 ^{a,-19 %}	41,7±0,2 ^{b,-23 %}	37,8±0,3 ^{c,-27 %}	37,1±0,1 ^{c,-24 %}
Gallová	6,44±0,31 ^{a,-20 %}	12,1±0,42 ^{b,-19 %}	1,87±0,02 ^{c,-19 %}	6,25±0,22 ^{d,-26 %}
Protokatechinová	89,1±1,3 ^{a,-23 %}	103±1 ^{b,-20 %}	87,2±1,3 ^{c,-25 %}	79,8±2,1 ^{d,-23 %}
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,99±0,22 ^{a,-26 %}	5,07±0,01 ^{b,-17 %}	5,74±0,22 ^{c,-18 %}	4,47±0,11 ^{d,-25 %}
Kávová	11,7±0,2 ^{a,-21 %}	21,7±1,2 ^{b,-17 %}	21,9±0,27 ^{b,-21 %}	18,9±0,32 ^{c,-23 %}
<i>p</i> -Kumarová	14,2±0,4 ^{a,-16 %}	2,78±0,05 ^{b,-23 %}	2,46±0,21 ^{c,-27 %}	0,74±0,02 ^{d,-24 %}
Sinapová	16,7±0,2 ^{a,-17 %}	24,3±0,4 ^{b,-22 %}	21,1±0,30 ^{c,-18 %}	26,5±0,01 ^{d,-20 %}
Ellagová	2,19±0,09 ^{a,-17 %}	1,86±0,21 ^{b,-23 %}	0,67±0,08 ^{c,-24 %}	0,38±0,02 ^{d,-31 %}
Etylester protokatechinové	0,03±0,01 ^{a,-25 %}	1,13±0,02 ^{b,-28 %}	2,19±0,09 ^{c,-20 %}	0,96±0,04 ^{d,-21 %}
Celkové volné	307±1 ^{a,-20 %}	396±2 ^{b,-19 %}	420±1 ^{c,-21 %}	338±2 ^{d,-22 %}

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 26: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích při skladování za přístupu světla

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	95,2±1,2 ^{a,-24} %	61,7±0,7 ^{b,-28} %	90,1±1,1 ^{c,-23} %	56,2±0,9 ^{d,-23} %
Katechin	6,57±0,21 ^{a,-33} %	28,7±0,4 ^{b,-34} %	45,2±1,2 ^{c,-31} %	27,4±0,7 ^{d,-41} %
Rutin	0,88±0,05 ^{a,-30} %	64,2±0,6 ^{b,-25} %	77,4±0,8 ^{c,-28} %	57,8±0,4 ^{d,-30} %
Kvercetin	1,51±0,10 ^{a,-39} %	2,62±0,16 ^{b,-29} %	0,54±0,05 ^{c,-37} %	1,76±0,08 ^{d,-32} %
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	45,2±0,4 ^{a,-30} %	35,1±0,9 ^{b,-35} %	33,7±0,7 ^{c,-35} %	31,4±0,5 ^{d,-36} %
Gallová	6,03±0,06 ^{a,-25} %	9,65±0,4 ^{b,-35} %	1,52±0,02 ^{c,-34} %	5,87±0,10 ^{d,-30} %
Protokatechinová	84,1±1,4 ^{a,-27} %	96,7±1,2 ^{b,-24} %	83,4±0,9 ^{c,-29} %	75,8±1,0 ^{d,-26} %
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,81±0,15 ^{a,-33} %	4,72±0,05 ^{b,-23} %	5,54±0,10 ^{c,-21} %	4,30±0,07 ^{d,-28} %
Kávová	10,2±0,3 ^{a,-32} %	19,3±0,2 ^{b,-26} %	19,5±0,04 ^{b,-29} %	16,3±0,08 ^{c,-34} %
<i>p</i> -Kumarová	12,8±0,2 ^{a,-25} %	2,51±0,07 ^{b,-30} %	2,27±0,10 ^{c,-32} %	0,61±0,02 ^{d,-38} %
Sinapová	15,1±0,3 ^{a,-25} %	22,5±0,5 ^{b,-29} %	19,2±0,07 ^{c,-25} %	23,1±0,05 ^{b,-30} %
Ellagová	1,93±0,10 ^{a,-27} %	1,66±0,15 ^{b,-31} %	0,57±0,01 ^{c,-35} %	0,31±0,02 ^{d,-44} %
Etylester protokatechinové	0,03±0,01 ^{a,-25} %	1,01±0,02 ^{b,-36} %	2,01±0,04 ^{c,-27} %	0,82±0,05 ^{d,-33} %
Celkové volné	281±3 ^{a,-27} %	350±4 ^{b,-28} %	381±2 ^{c,-28} %	302±2 ^{d,-30} %

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 27: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích při skladování v termostatu (40 °C)

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	97,1±0,9 ^{a,-22} %	64,5±1,4 ^{b,-25} %	92,4±1,8 ^{c,-21} %	57,6±1,9 ^{d,-21} %
Katechin	6,77±0,55 ^{a,-31} %	32,4±1,1 ^{b,-25} %	47,2±1,2 ^{c,-28} %	29,8±0,9 ^{d,-36} %
Rutin	0,92±0,01 ^{a,-26} %	67,2±1,2 ^{b,-57} %	81,2±1,3 ^{c,-25} %	60,2±1,2 ^{d,-27} %
Kvercetin	1,62±0,12 ^{a,-34} %	2,74±0,14 ^{b,-26} %	0,63±0,02 ^{c,-27} %	1,82±0,04 ^{d,-30} %
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	47,8±0,4 ^{a,-26} %	37,2±0,8 ^{b,-31} %	35,4±0,6 ^{c,-31} %	34,7±0,2 ^{d,-29} %
Gallová	6,21±0,54 ^{a,-23} %	10,9±0,4 ^{b,-27} %	1,67±0,04 ^{c,-28} %	6,01±0,12 ^{d,-28} %
Protokatechinová	86,2±1,1 ^{a,-25} %	98,2±1,2 ^{b,-23} %	85,9±1,2 ^{a,-27} %	77,1±0,9 ^{c,-25} %
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,97±0,10 ^{a,-27} %	4,87±0,04 ^{b,-21} %	5,64±0,12 ^{c,-20} %	4,42±0,22 ^{d,-26} %
Kávová	10,9±0,5 ^{a,-27} %	20,1±0,3 ^{b,-23} %	20,4±0,22 ^{b,-26} %	17,2 ±0,09 ^{c,-30} %
<i>p</i> -Kumarová	13,4±0,4 ^{a,-21} %	2,63±0,09 ^{b,-27} %	2,34±0,10 ^{c,-30} %	0,69±0,04 ^{d,-30} %
Sinapová	15,7±0,4 ^{a,-22} %	23,1±0,7 ^{b,-27} %	20,1±0,10 ^{c,-21} %	24,7±0,08 ^{d,-25} %
Ellagová	2,02±0,13 ^{a,-24} %	1,74±0,10 ^{b,-28} %	0,61±0,02 ^{c,-31} %	0,34±0,04 ^{d,-37} %
Etylester protokatechinové	0,03±0,01 ^{a,-25} %	1,04±0,04 ^{b,-34} %	2,07±0,04 ^{c,-25} %	0,89±0,08 ^{d,-27} %
Celkové volné	291±3 ^{a,-24} %	366±4 ^{b,-25} %	396±2 ^{c,-25} %	317±2 ^{d,-26} %

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 28: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích při skladování za nepřístupu světla

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	143±4 ^{a,-21} %	107±1 ^{b,-17} %	99,7±1,3 ^{c,-15} %	53,7±0,3 ^{d,-18} %
Katechin	64,3±0,2 ^{a,-20} %	41,9±0,3 ^{b,-14} %	96,3±4 ^{c,-18} %	57,2±0,1 ^{d,-22} %
Rutin	12,7±0,1 ^{a,-22} %	14,6±0,2 ^{b,-18} %	27,4±0,2 ^{c,-17} %	18,9±0,2 ^{d,-23} %
Kvercetin	0,88±0,02 ^{a,-28} %	0,14±0,01 ^{b,-26} %	0,62±0,01 ^{c,-29} %	0,13±0,02 ^{b,-32} %
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	9,23±0,1 ^{a,-22} %	3,97±0,03 ^{b,-17} %	6,02±0,02 ^{c,-15} %	5,47±0,12 ^{d,-17} %
Gallová	3,07±0,11 ^{a,-27} %	50,7±0,2 ^{b,-14} %	2,07±0,02 ^{c,-20} %	47,4±0,3 ^{d,-14} %
Protokatechinová	83,7±2,3 ^{a,-17} %	69,9±1,2 ^{b,-31} %	57,9±0,2 ^{c,-20} %	47,2±0,7 ^{d,-21} %
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	0,67±0,02 ^{a,-26} %	0,28±0,01 ^{b,-32} %	0,47±0,04 ^{c,-29} %	0,41±0,01 ^{c,-29} %
Kávová	1,32±0,02 ^{a,-19} %	2,47±0,08 ^{b,-19} %	2,17±0,01 ^{c,-18} %	0,74±0,02 ^{d,-30} %
<i>p</i> -Kumarová	0,47±0,08 ^{a,-16} %	0,21±0,01 ^{b,-22} %	0,42±0,01 ^{a,-29} %	0,29±0,05 ^{b,-22} %
Sinapová	2,67±0,02 ^{a,-12} %	0,92±0,05 ^{b,-16} %	6,37±0,10 ^{c,-13} %	5,12±0,01 ^{d,-15} %
Ellagová	0,07±0,01 ^{a,-22} %	0,10±0,02 ^{a,-23} %	0,27±0,04 ^{c,-25} %	0,46±0,01 ^{d,-22} %
Etylester protokatechinové	0,12±0,01 ^{a,-25} %	3,03±0,02 ^{b,-24} %	1,27±0,03 ^{c,-24} %	1,55±0,01 ^{d,-24} %
Celkové konjugované	322±2 ^{a,-20} %	295±1 ^{b,-20} %	301±2 ^{c,-17} %	239±2 ^{d,-19} %

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 29: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích při skladování za přístupu světla

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	136±3 ^{a,-25} %	98,6±0,7 ^{b,-24} %	95,4±1,1 ^{c,-18} %	48,2±0,4 ^{d,-27} %
Katechin	58,3±0,5 ^{a,-28} %	36,4±0,2 ^{b,-26} %	92,7±0,9 ^{c,-21} %	52,1±0,2 ^{d,-29} %
Rutin	10,8±0,4 ^{a,-33} %	11,1±0,2 ^{a,-38} %	23,2±0,1 ^{b,-30} %	16,0±0,1 ^{c,-34} %
Kvercetin	0,71±0,01 ^{a,-42} %	0,10±0,01 ^{b,-47} %	0,52±0,03 ^{c,-40} %	0,11±0,01 ^{b,-42} %
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	8,74±0,12 ^{a,-26} %	3,61±0,06 ^{b,-24} %	5,60±0,09 ^{c,-21} %	5,03±0,11 ^{d,-24} %
Gallová	2,71±0,10 ^{a,-35} %	45,7±0,2 ^{b,-22} %	1,82±0,05 ^{c,-30} %	43,7±0,2 ^{d,-21} %
Protokatechinová	79,8±1,1 ^{a,-21} %	65,1±0,9 ^{b,-36} %	53,2±0,2 ^{c,-26} %	42,1±0,7 ^{d,-30} %
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	0,56±0,04 ^{a,-38} %	0,22±0,01 ^{b,-46} %	0,41±0,02 ^{c,-38} %	0,33±0,02 ^{d,-43} %
Kávová	1,23±0,05 ^{a,-24} %	2,28±0,12 ^{b,-25} %	2,02±0,01 ^{c,-23} %	0,67±0,04 ^{d,-36} %
<i>p</i> -Kumarová	0,37±0,05 ^{a,-34} %	0,16±0,02 ^{b,-41} %	0,34±0,01 ^{a,-42} %	0,22±0,05 ^{b,-41} %
Sinapová	2,52±0,02 ^{a,-17} %	0,81±0,01 ^{b,-26} %	6,03±0,10 ^{c,-18} %	4,93±0,02 ^{d,-18} %
Ellagová	0,06±0,01 ^{a,-33} %	0,07±0,01 ^{a,-46} %	0,21±0,02 ^{b,-42} %	0,39±0,01 ^{c,-34} %
Etylester protokatechinové	0,09±0,01 ^{a,-44} %	2,91±0,01 ^{b,-27} %	0,96±0,04 ^{c,-43} %	1,37±0,02 ^{d,-33} %
Celkové konjugované	302±4 ^{a,-25} %	267±2 ^{b,-28} %	282±3 ^{c,-23} %	215±1 ^{d,-27} %

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 30: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích při skladování v termostatu (40 °C)

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	139±1 ^{a,-24 %}	101±2 ^{b,-22 %}	97,4±0,8 ^{c,-17 %}	50,7±0,7 ^{d,-23 %}
Katechin	61,1±0,7 ^{a,-24 %}	37,9±0,4 ^{b,-22 %}	94,0±1,1 ^{c,-20 %}	54,3±0,6 ^{d,-26 %}
Rutin	11,2±0,5 ^{a,-31 %}	12,0±0,2 ^{a,-33 %}	25,3±0,2 ^{c,-24 %}	17,1±0,4 ^{d,-30 %}
Kvercetin	0,76±0,02 ^{a,-38 %}	0,12±0,01 ^{b,-37 %}	0,57±0,05 ^{c,-34 %}	0,13±0,01 ^{b,-32 %}
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	9,01±0,4 ^{a,-24 %}	3,72±0,05 ^{b,-22 %}	5,74±0,11 ^{c,-19 %}	5,21±0,10 ^{d,-21 %}
Gallová	2,87±0,10 ^{a,-31 %}	47,2±0,4 ^{b,-20 %}	1,99±0,05 ^{c,-23 %}	45,1±0,6 ^{d,-18 %}
Protokatechinová	81,2±1,4 ^{a,-20 %}	67,8±1,0 ^{b,-33 %}	55,2±0,4 ^{c,-24 %}	45,8±0,2 ^{d,-24 %}
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	0,59±0,02 ^{a,-35 %}	0,24 ±0,02 ^{b,-41 %}	0,45±0,04 ^{c,-32 %}	0,37±0,01 ^{d,-36 %}
Kávová	1,27±0,01 ^{a,-22 %}	2,32±0,13 ^{b,-24 %}	2,10±0,04 ^{c,-20 %}	0,71±0,10 ^{d,-32 %}
<i>p</i> -Kumarová	0,42±0,01 ^{a,-25 %}	0,18±0,04 ^{b,-33 %}	0,38±0,03 ^{a,-36 %}	0,26±0,04 ^{b,-30 %}
Sinapová	2,61±0,02 ^{a,-14 %}	0,87±0,04 ^{b,-21 %}	6,21±0,11 ^{c,-15 %}	5,01±0,02 ^{d,-17 %}
Ellagová	0,06±0,01 ^{a,-33 %}	0,08±0,01 ^{a,-38 %}	0,24±0,02 ^{c,-33 %}	0,42±0,01 ^{d,-29 %}
Etylester protokatechinové	0,10±0,01 ^{a,-38 %}	2,96±0,02 ^{b,-26 %}	1,02±0,01 ^{c,-39 %}	1,42±0,02 ^{d,-31 %}
Celkové konjugované	310±2 ^{a,-23 %}	277±2 ^{b,-25 %}	291±3 ^{c,-20 %}	227±2 ^{d,-23 %}

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 31: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích při skladování za nepřístupu světla

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	75,3±1,1 ^{a,-19 %}	97,2±1,7 ^{b,-16 %}	16,3±0,2 ^{c,-20 %}	24,2±0,1 ^{d,-21 %}
Katechin	5,05±0,06 ^{a,-23 %}	5,78±0,21 ^{b,-16 %}	9,22±0,1 ^{c,-18 %}	8,87±0,2 ^{d,-15 %}
Rutin	0,49±0,04 ^{a,-30 %}	4,47±0,04 ^{b,-16 %}	4,27±0,04 ^{c,-27 %}	2,08±0,01 ^{d,-23 %}
Kvercetin	0,77±0,02 ^{a,-29 %}	1,01±0,02 ^{b,-22 %}	0,37±0,01 ^{c,-24 %}	1,06±0,02 ^{d,-21 %}
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	21,8±0,2 ^{a,-17 %}	22,3±0,2 ^{b,-21 %}	20,7±0,3 ^{c,-20 %}	52,8±0,1 ^{d,-16 %}
Gallová	0,38±0,02 ^{a,-19 %}	0,41±0,01 ^{a,-27 %}	0,38±0,01 ^{a,-24 %}	2,89±0,03 ^{b,-12 %}
Protokatechinová	3,27±0,01 ^{a,-18 %}	3,02±0,06 ^{b,-17 %}	14,7±0,2 ^{c,-22 %}	17,1±0,12 ^{d,-23 %}
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,21±0,07 ^{a,-25 %}	1,07±0,04 ^{b,-25 %}	0,48±0,01 ^{c,-21 %}	2,47±0,01 ^{d,-21 %}
Kávová	3,74±0,08 ^{a,-23 %}	4,03±0,02 ^{b,-22 %}	2,47±0,04 ^{c,-30 %}	2,07±0,01 ^{d,-27 %}
<i>p</i> -Kumarová	0,21±0,04 ^{a,-28 %}	0,29±0,04 ^{a,-28 %}	0,14±0,01 ^{b,-30 %}	0,07±0,01 ^{c,-30 %}
Sinapová	4,87±0,11 ^{a,-15 %}	6,47±0,05 ^{b,-15 %}	4,02±0,01 ^{c,-20 %}	1,07±0,04 ^{d,-23 %}
Ellagová	1,74±0,02 ^{a,-21 %}	1,99±0,04 ^{b,-21 %}	0,47±0,08 ^{c,-25 %}	0,97±0,02 ^{d,-24 %}
Etylester protokatechinové	1,88±0,09 ^{a,-30 %}	6,89±0,10 ^{b,-15 %}	3,57±0,20 ^{c,-18 %}	4,62±0,01 ^{d,-22 %}
Celkové vázané	121±1 ^{a,-18 %}	155±1 ^{b,-16 %}	77,1±0,4 ^{c,-21 %}	122±2 ^{a,-17 %}

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 32: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích při skladování za přístupu světla

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	71,1±0,6 ^{a,-24} %	93,9±0,9 ^{b,-19} %	12,7±0,4 ^{c,-38} %	21,3±0,4 ^{d,-31} %
Katechin	4,75±0,04 ^{a,-27} %	5,50±0,10 ^{b,-20} %	8,87±0,1 ^{c,-22} %	7,82±0,2 ^{d,-25} %
Rutin	0,41±0,01 ^{a,-41} %	4,03±0,02 ^{b,-24} %	3,99±0,02 ^{b,-31} %	1,81±0,01 ^{c,-33} %
Kvercetin	0,68 ±0,02 ^{a,-38} %	0,89±0,01 ^{b,-32} %	0,28±0,02 ^{c,-43} %	0,87±0,05 ^{b,-36} %
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	19,3±0,2 ^{a,-27} %	20,1±0,3 ^{a,-29} %	18,3±0,2 ^{c,-30} %	48,9±0,2 ^{d,-23} %
Gallová	0,31±0,02 ^{a,-34} %	0,34±0,01 ^{a,-39} %	0,31±0,02 ^{a,-38} %	2,62±0,01 ^{b,-21} %
Protokatechinová	3,01±0,04 ^{a,-25} %	2,88±0,04 ^{b,-39} %	12,1±0,1 ^{c,-36} %	15,2±0,10 ^{d,-32} %
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,01±0,02 ^{a,-37} %	0,95±0,02 ^{a,-33} %	0,37±0,01 ^{b,-39} %	2,01±0,07 ^{c,-36} %
Kávová	3,57±0,08 ^{a,-20} %	3,82±0,04 ^{b,-26} %	2,34±0,04 ^{c,-33} %	1,91±0,02 ^{d,-33} %
<i>p</i> -Kumarová	0,17±0,02 ^{a,-41} %	0,27±0,01 ^{b,-25} %	0,11±0,01 ^{a,c,-45} %	0,06±0,01 ^{c,-40} %
Sinapová	4,78±0,10 ^{a,-16} %	6,34±0,02 ^{b,-16} %	3,91±0,01 ^{c,-22} %	0,99±0,02 ^{d,-29} %
Ellagová	1,67±0,04 ^{a,-24} %	1,81±0,05 ^{b,-28} %	0,38±0,01 ^{c,-40} %	0,98±0,04 ^{d,-23} %
Éylester protokatechinové	1,77±0,02 ^{a,-34} %	6,72±0,12 ^{b,-17} %	3,41±0,09 ^{c,-22} %	4,47±0,10 ^{d,-24} %
Celkové vázané	113±2 ^{a,-24} %	148±3 ^{b,-20} %	67,1±0,4 ^{c,-31} %	109±1 ^{a,-26} %

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 33: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích při skladování v termostatu (40 °C)

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Flavonoidy				
Epikatechin	72,1±0,8 ^{a,-23} %	95,1±1 ^{b,-18} %	14,2±0,4 ^{c,-30} %	22,7±0,5 ^{c,-26} %
Katechin	4,89±0,05 ^{a,-25} %	5,61±0,16 ^{b,-19} %	9,02±0,2 ^{c,-20} %	8,12±0,2 ^{d,-22} %
Rutin	0,44±0,02 ^{a,-37} %	4,20±0,05 ^{b,-21} %	4,07±0,04 ^{c,-30} %	1,87±0,02 ^{d,-31} %
Kvercetin	0,71 ±0,01 ^{a,-35} %	0,92±0,04 ^{b,-29} %	0,31±0,05 ^{c,-37} %	0,99±0,07 ^{b,-27} %
Polyfenolické kyseliny				
Neochlorogenová	20,2±0,5 ^{a,-23} %	21,3±0,2 ^{b,-24} %	19,9±0,4 ^{a,-23} %	50,3±0,5 ^{c,-20} %
Gallová	0,33±0,06 ^{a,-30} %	0,37±0,04 ^{a,-34} %	0,34±0,06 ^{a,-32} %	2,74±0,04 ^{b,-17} %
Protokatechinová	3,07±0,04 ^{a,-23} %	2,98±0,04 ^{a,-18} %	12,7±0,07 ^{b,-33} %	15,9±0,11 ^{c,-29} %
<i>p</i> -Hydroxybenzoová	1,07±0,09 ^{a,-34} %	0,95±0,07 ^{b,-33} %	0,42±0,04 ^{c,-31} %	2,12±0,04 ^{d,-32} %
Kávová	3,62±0,09 ^{a,-26} %	3,99±0,10 ^{b,-23} %	2,41 ±0,04 ^{c,-31} %	1,97±0,02 ^{d,-31} %
<i>p</i> -Kumarová	0,19±0,02 ^{a,-34} %	0,27±0,04 ^{b,-25} %	0,12±0,01 ^{a,c,-40} %	0,06±0,01 ^{c,-40} %
Sinapová	4,81±0,08 ^{a,-16} %	6,39±0,05 ^{b,-16} %	3,97±0,04 ^{c,-21} %	1,02±0,09 ^{d,-27} %
Ellagová	1,71±0,02 ^{a,-22} %	1,87±0,08 ^{b,-26} %	0,42±0,05 ^{c,-33} %	0,91±0,05 ^{d,-29} %
Etylester protokatechinové	1,81±0,05 ^{a,-32} %	6,81±0,07 ^{b,-16} %	3,49±0,08 ^{c,-20} %	4,52±0,09 ^{d,-23} %
Celkové vázané	115±2 ^{a,-22} %	151±3 ^{b,-18} %	71,4±0,5 ^{c,-27} %	113±1 ^{a,-23} %

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Hodnoty v rámci řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

4.13 Stanovení antioxidační aktivity za definovaných skladovacích podmínek

V Tabulce 34 jsou uvedeny hodnoty AOA stanovené metodami se zhášením radikálů ABTS a DPPH na začátku založení skladovacího pokusu. U směsí M3, M5 a M8 byly nejvyšší hodnoty AOA naměřeny ve volných frakcích, zatímco u směsi M1 byly nejvyšší hodnoty naměřeny v konjugovaných frakcích. Těchto výsledků bylo dosaženo jak u metody se zhášením radikálů ABTS, tak u metody, kde byl použit jako radikál DPPH. Celková antioxidační aktivita naměřená metodou s ABTS se pohybovala od 1630 do 1780 mmol TE.kg⁻¹. Všechny směsi mezi sebou vykazovaly statisticky významný rozdíl v hodnotách celkové AOA. Nejvyšší hodnota AOA byla naměřena u směsi M3. Podobně pomocí metody se zhášením syntetického radikálu DPPH byly naměřeny nejvyšší hodnoty celkové AOA u směsí M3 a M8. Také výsledky z první části

měření (experimentální část A) ukazují, že nejvyšší hodnoty AOA vykazují volné a konjugované frakce, a to u všech vzorků M1 až M8.

Celková AOA surovin a potravin může být ovlivněna mnoha faktory, například klimatickými podmínkami, odrůdou a aplikací hnojiv (Mareček et al., 2017). Technologickým opracováním mohou být ovlivněny i hodnoty AOA v jednotlivých frakcích obilných zrn (Pradeep a Sreerama, 2017). Existují studie, které poukazují na zvýšení AOA v průběhu skladování, ovšem čerstvého ovoce. Například studie Connor et al. (2002) uvádí zvýšení AOA aktivity v borůvkách při jejich skladování. Také uvádí, že na zvýšení AOA aktivity v průběhu skladování mohou mít vliv zralost ovoce a odrůda. Existují i studie potvrzující zvýšení hodnot AOA při skladování ovoce (jahod a malin) při 0 °C (Kalt et al., 1999).

U vzorků rýže s černými obalovými vrstvami studie udávají vyšší hodnoty AOA u volných nebo konjugovaných frakcí, zároveň studie na obilných zrnech potvrzují signifikantně vyšší naměřené hodnoty AOA u zrn s barevnými obalovými vrstvami (Shao et al., 2014; Wu et al., 2018; Van Hung a Morita, 2008; Abdel-Aal et al., 2018; Ti et al., 2014). Mimo jiné i z tohoto důvodu byly v naší studii použity vločky vyrobené z těchto zrn. Vysokou antioxidační aktivitu mohou mít také skořápkové plody (Taş a Gökmen, 2017). Pokud se podíváme na surovinovou skladbu müsli směsí, bohatým surovinným zdrojem s vyšší hodnotou AOA jsou určitě ovocné plody a jedlé květy (Kim, 2018; Chen et al., 2018). Z literárních údajů se zdá, že vyšší hodnoty AOA jsou dosahovány u jedlých květů ve volných polyfenolických frakcích (Kaisoon et al., 2011; Chen et al., 2018). Obsah polyfenolů v jednotlivých frakcích obvykle pozitivně koreluje s hodnotami AOA. Korelační koeficienty byly v rozmezí 0,7256 až 0,7936 (Wu et al., 2018; Van Hung et al., 2008; Abdel-Aal et al., 2018; Ti et al., 2014; Bueno-Herrera a Pérez-Magariño, 2020; Chen et al., 2018; Kim, 2018).

Tabulka 34: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH na počátku skladovacího pokusu

AOA (mmol TE.kg⁻¹)	Volné frakce (s ABTS)	Konjugované frakce (s ABTS)	Vázané frakce (s ABTS)	Celková AOA (s ABTS)	Volné frakce (s DPPH)	Konjugované frakce (s DPPH)	Vázané frakce (s DPPH)	Celková AOA (s DPPH)
M1	733±20 ^a	741±20 ^a	152±20 ^a	1630±20 ^a	5450±30 ^a	6080±20 ^a	670±10 ^a	12200±20 ^a
M3	838±20 ^b	743±10 ^b	219±10 ^b	1780±20 ^b	7330±30 ^b	5520±10 ^b	2490±40 ^b	15300±20 ^b
M5	772±10 ^c	742±10 ^a	136±10 ^c	1650±10 ^c	6820±40 ^c	6440±30 ^c	675±10 ^a	13900±20 ^c
M8	810±14 ^d	700±5 ^c	232±2 ^d	1740±10 ^d	6640±20 ^d	6060±40 ^d	2600±30 ^c	15300±30 ^b

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Výsledky stanovení AOA v rámci ročního skladovacího pokusu za definovaných podmínek jsou shrnuty v Tabulkách 35 a 36. Metody s DPPH a ABTS využívají rozdílného reakčního mechanismu. Metoda se zhášením radikálu DPPH je založena na rychlém přenosu atomu vodíku, metoda využívá schopnost redukovat předem vytvořený radikálový kation (Litwinienko a Ingold, 2004; Schleisier et al., 2002). Reakční mechanismus metody se zhášením ABTS je založen na potlačení tvorby ABTS radikálu kationtů antioxidantem ze vzorku (Gupta et al., 2009).

Zaměříme-li se na hodnoty AOA stanovené metodou s ABTS, bylo ve volných fracích naměřeno její snížení v rozsahu 6 až 17 % při skladování za nepřístupu denního světla. Při skladování za přístupu světla klesla hodnota AOA max. o 19 %, při podmínkách skladování v termostatu potom v rozmezí 3 až 12 %. U stanovení AOA v konjugovaných fracích byl naměřen vždy statisticky shodný výsledek v jejím úbytku při skladování ve tmě napříč všemi vzorky. Nízký úbytek AOA byl podobně jako u volných frací zaznamenán za podmínek skladování v termostatu. Naopak se zdá, že nejvyšší vliv na snížení hodnot AOA u konjugovaných frací má přístup denního světla, podobně jako u frací volných polyfenolů. Nejvyšší pokles v naměřených hodnotách AOA byl zaznamenán u frací vázaných polyfenolů. Konkrétněji u směsi M3 byl pokles při skladování v termostatu o téměř 50 %, podobně jako za podmínky přístupu světla. Statisticky významně nižší hodnoty poklesů AOA u vázaných frací byly naměřeny při skladování za tmy. Z dat prezentovaných v Tabulce 35 je vidět, že k vyššímu úbytku v hodnotách AOA docházelo při skladování za přístupu světla než při skladování v temnu. Grafické znázornění celkových úbytků v hodnotách antioxidační aktivity měřené pomocí zhášení radikálu ABTS za definovaných skladovacích podmínek je vidět v Příloze VI.

Co se týká stanovení AOA metodou využívající zhášení radikálu DPPH, nejvyšších úbytků v hodnotách AOA bylo naměřeno opět u vázaných frací polyfenolů. Tento výsledek kopíroval trend předchozího stanovení s využitím ABTS. Při metodě s DPPH byly naměřeny vyšší poklesy hodnot antioxidačních aktivit u frací konjugovaných v porovnání s metodou se zhášením ABTS. Na základě naměřených hodnot lze vyslovit hypotézu, že konjugované frakce polyfenolů vystavené přístupu denního světla byly pravděpodobně více degradovány, což se mohlo projevit i vyšším snížením jejich antioxidační aktivity.

Tabulka 35: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou s ABTS za definovaných skladovacích podmínek

AOA	Tma 23 °C				Termostat 40 °C				Světlo 23 °C			
	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celková AOA	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celková AOA	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celková AOA
M1	635±10 ^a (-13 %)	699±10 ^a (-6 %)	101±5 ^a (-34 %)	1440±10 ^a (-12 %)	659±10 ^a (-10 %)	710±10 ^a (-4 %)	84±5 ^a (-45 %)	1450±10 ^a (-11 %)	644±10 ^a (-12 %)	661±10 ^a (-11 %)	88±20 ^a (-42 %)	1390±10 ^a (-15 %)
M3	787±10 ^b (-6 %)	702±10 ^b (-6 %)	163±10 ^b (-26%)	1650±10 ^b (-7%)	797±20 ^b (-5 %)	722±20 ^b (-3 %)	153±10 ^b (-30 %)	1670±20 ^b (-6 %)	759±20 ^b (-9 %)	674±10 ^b (-9 %)	158±10 ^b (-28 %)	1590±20 ^b (-11 %)
M5	639±10 ^c (-17 %)	700±20 ^a (-6 %)	82±10 ^c (-40 %)	1420±10 ^c (-14 %)	681±10 ^c (-12 %)	718±10 ^a (-3 %)	69±10 ^c (-49 %)	1470±10 ^c (-11 %)	627±10 ^c (-19 %)	608±10 ^a (-18 %)	71±10 ^c (-48 %)	1310±10 ^c (-21 %)
M8	731±20 ^d (-10 %)	657±10 ^c (-6 %)	175±10 ^d (-25 %)	1560±20 ^d (-10 %)	788±10 ^d (-3 %)	664±10 ^c (-5 %)	162±10 ^d (-30 %)	1610±20 ^d (-7 %)	799±10 ^d (-1 %)	597±10 ^c (-15 %)	164±2 ^d (-29 %)	1560±10 ^d (-10 %)

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Hodnoty AOA prezentovány v mmol TE.kg⁻¹.

Tabulka 36: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH za definovaných skladovacích podmínek

AOA	Tma				Termostat				Světlo			
	23 °C				40 °C				23 °C			
	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celková AOA	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celková AOA	Volné frakce	Konjugované frakce	Vázané frakce	Celková AOA
M1	4460±10 ^a (-18 %)	5040±10 ^a (-17 %)	350±10 ^a (-48 %)	9850±10 ^a (-19 %)	5100±20 ^a (-6 %)	5290±10 ^a (-13 %)	390±10 ^a (-42 %)	10770±20 ^a (-12 %)	4940±10 ^a (-9 %)	5340±20 ^a (-12 %)	350±10 ^a (-48 %)	10640±30 ^a (-13 %)
M3	5100±20 ^b (-30 %)	4500±10 ^b (-18 %)	1440±20 ^b (-42 %)	11040±30 ^b (-28%)	5940±20 ^b (-19 %)	4740±20 ^b (-14 %)	1500±10 ^b (-40 %)	12180±20 ^b (-20 %)	5620±20 ^b (-23 %)	5140±10 ^b (-7 %)	1620±20 ^b (-35 %)	12380±20 ^b (-19 %)
M5	4630±10 ^c (-32 %)	5420±20 ^c (-16 %)	370±10 ^c (-45 %)	10410±30 ^c (-25 %)	5410±20 ^c (-21 %)	5640±20 ^c (-12 %)	400±10 ^c (-41 %)	11450±40 ^c (-18 %)	5350±10 ^c (-22 %)	5240±30 ^c (-19 %)	380±10 ^c (-44 %)	10960±40 ^c (-21 %)
M8	5280±30 ^d (-20 %)	5020±10 ^d (-17 %)	1390±10 ^d (-47 %)	11690±20 ^d (-24 %)	5400±20 ^d (-19 %)	5260±40 ^d (-13 %)	1370±20 ^d (-47 %)	12020±20 ^d (-22 %)	6270±30 ^d (-6 %)	3920±10 ^d (-35 %)	1800±20 ^d (-31 %)	11990±40 ^d (-22 %)

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n = 4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). Hodnoty AOA prezentovány v mmol TE.kg⁻¹.

4.14 Stanovení celkových antokyanových barviv za definovaných skladovacích podmínek

Celkový obsah antokyanů (TAC) byl stanoven spektrofotometricky a výsledky stanovení jsou uvedeny v Tabulce 37. Rozmezí hodnot naměřených v müsli směsích byl od 322 do 663 mg C3G.kg⁻¹. Nejvyšší obsah celkových antokyanů byl naměřen v müsli M3. Lze předpokládat, že zdrojem antokyanů v této směsi byly borůvky, jahody a dříví. Dalším zdrojem antokyanů v této směsi by mohly být i jedlé květy, a to květy růže a slézu.

Jak již bylo uvedeno v kapitole 4.7, zdrojem antokyanů v müsli směsích může být ovoce jako borůvky, třešně, maliny, jahody, černý rybíz a červené odrůdy hroznů (Mazza, 2007). Dalším zdrojem jsou jedlé květy (Benvenuti et al., 2016) a obiloviny s barevnými obalovými vrstvami (Abdel-Aal et al., 2006).

Tabulka 37: Stanovení celkových antokyanů za definovaných skladovacích podmínek

TAC [mg C3G.kg ⁻¹]	Začátek	Tma 23 °C	Termostat 40 °C	Světlo 23 °C
M1	322 ± 2 ^a	208 ± 1 ^{a,-35 %}	198 ± 1 ^{a,-39 %}	187 ± 2 ^{a,-42 %}
M3	663 ± 2 ^b	487 ± 2 ^{b,-27 %}	472 ± 2 ^{b,-29 %}	465 ± 1 ^{b,-30 %}
M5	663 ± 2 ^b	174 ± 1 ^{c,-55 %}	161 ± 1 ^{c,-58 %}	146 ± 1 ^{c,-62 %}
M8	424 ± 2 ^d	231 ± 2 ^{d,-46 %}	219 ± 2 ^{d,-48 %}	212 ± 1 ^{d,-50 %}

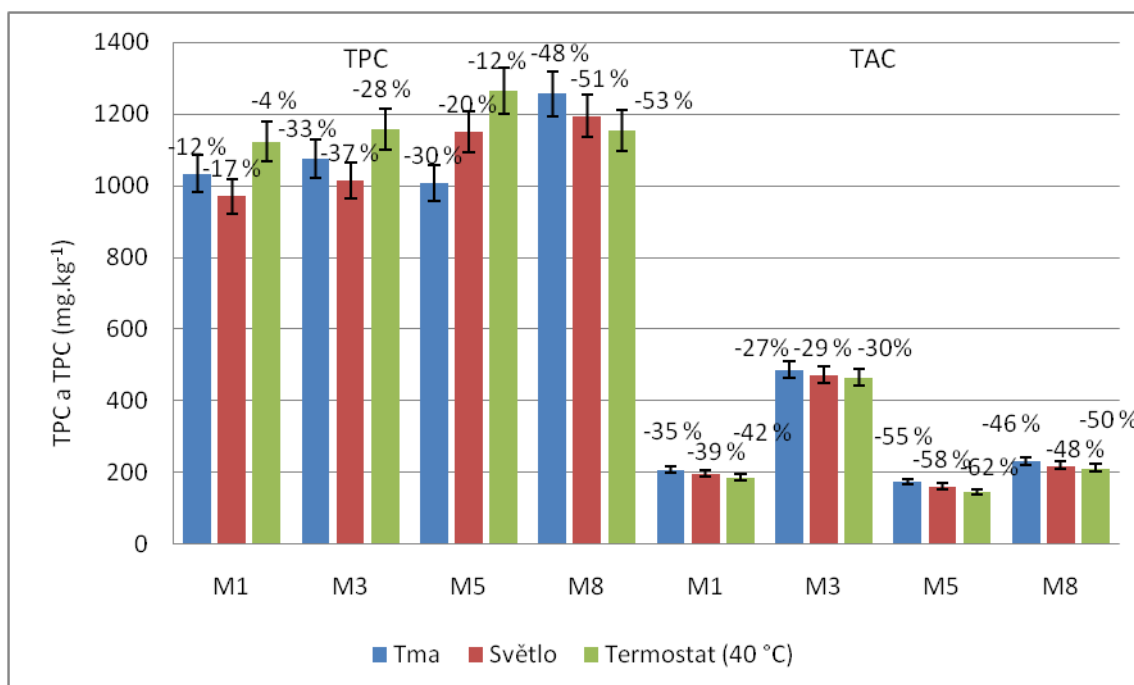
Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=4–8) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Z naměřených dat je patrné, že jednotlivá rozmezí úbytků koncentrací TAC jsou prakticky vyrovnaná, a to v rámci všech skladovacích podmínek. Za nepřístupu světla došlo k 27 až 55% úbytku v obsahu TAC, za přístupu světla to byl úbytek naměřený v rozsahu 30–62 % a při skladování v termostatu došlo ke snížení celkových antokyanů o 29 až 58 %. Vzhledem k tomu, že vzorky byly při procesu balení evakuovány, bude vliv oxidačních pochodů na degradaci antokyanových barviv na naše vzorky směsí pravděpodobně zanedbatelný. Z dosažených výsledků je patrné, že antokyanová barviva, jako zástupci flavonoidů, budou na skladovací podmínky citlivé. Pro jejich dlouhodobější stabilitu lze doporučit potenciálnímu výrobcí směsí pro jejich uchování tmavý, dennímu světlu nepropustný obal a skladování při pokojové teplotě. Dále by bylo vhodné zvážit, zda tyto směsi nebalit i do ochranné atmosféry. Data

prezentovaná v Tabulce 37 dále ukazují na směs M5, která dosahovala vždy nejvyšších úbytků v obsahu TAC, a to za všech parametrů zvolených pro skladování, ihned za ní potom směs M8. Obě tyto směsi jsou bezlepkové.

Literární údaje, zabývající se skladováním müsli směsí, nejsou v dostatečné míře pro diskusi dostupné. Stejně tak není moc údajů o stabilitě antokyanových barviv při skladování bezlepkových zrn a zrn obsahujících lepek. Lze využít studie na surovinách, které jsou součástí našich směsí. Typickým zdrojem antokyanových barviv jsou borůvky. Po třech dnech skladování tohoto lyofilizací upraveného ovoce při teplotě 80 °C byl zaznamenán úbytek TAC o 85 %, při teplotě 60 °C byla koncentrace TAC nižší o 60 %. Při teplotě 25 °C, kdy byly borůvky skladovány 2 týdny, se obsah TAC snížil jen o 3 % (Fracassetti et al., 2013). Podobně tomu bylo u vzorků jahodového pyré (Teribia et al., 2021). Naopak ke zvýšení obsahu antokyanových barviv může dojít při skladování čerstvých malin či borůvek cca při 0–5 °C, ovšem pouze po dobu 8 dnů až tří týdnů (Kalt et al., 1999; Connor et al., 2002). Antokyanová barviva jsou náchylná k chemické degradaci například v přítomnosti kyseliny askorbové (Chung et al., 2017). Ke zvýšení stability antokyanů při skladování se doporučují přídavky aminokyselin (fenylalaninu, tyrosinu, tryptofanu) nebo polypeptidu (ϵ -poly-L-lyzinu). Nejvýznamnější zlepšení bylo pozorováno při použití tryptofanu.

Pokud bychom se chtěli podívat na stabilitu celkových TPC v porovnání s celkovými TAC za definovaných skladovacích podmínek, lze tuto závislost vyjádřit i graficky.



Graf 4: Výsledky stanovení celkových TPC a TAC v rámci skladovacího pokusu za definovaných podmínek

Z Grafu 4 je patrné, že % úbytky celkových TPC jsou řádově nižší, než u TAC, s výjimkou vzorku M8, který byl již z hlediska surovinové skladby diskutován. Vzorek M8 měl vysoké úbytky jak v obsahu TPC, tak v obsahu TAC, což může být dáno právě výrobou vloček za laboratorních podmínek. Pravděpodobně to může být iniciační krok pro degradaci antokyanových barviv, navíc, obiloviny nejsou kyselými potravinami.

4.15 Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů po skladování za definovaných podmínek

V Tabulce 38 jsou uvedeny jednotlivé antokyaniny, které byly ve směsích stanovovány pomocí HPLC-VIS. Nejvyšší celkový obsah jednotlivých barviv byl naměřen ve směsi M3 (163 mg.kg^{-1}). U ostatních müsli směsí byl rozsah hodnot celkových antokyanů od $59,0$ do 122 mg.kg^{-1} . Nejvíce zastoupenými antokyaniny byly delfinidin-3-glukosid, kyanidin-3-glukosid a kyanidin-3-rutinosid. Nejvyšší koncentrace delfinidin-3-glukosidu byla naměřena ve směsi M3. Z antokyanidinů byl nejvíce zastoupený delfinidin. Vzhledem ke skladbě barviv byly jejich zdrojem u vzorku M3 určitě borůvky, jahoda a květ slézu.

Dominantními antokyanidiny borůvek jsou delfinidin, kyanidin a malvidin (Regue et al., 2014; Liu et al., 2019). V kapitole 4.8 je také uvedeno, že zdrojem kyanidin-3-glukosidu jsou jedlé květy a rýže s černými a červenými obalovými vrstvami (Abdel-Aal et al., 2006; Park et al., 2008; Abdel-Aal et al., 2018; Zheng et al., 2019). Rýže s fialovými obalovými vrstvami je zdrojem kyanidin-3-glukosidu a peonidin 3-glukosidu (Wongwichai et al., 2019).

Tabulka 38: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů na počátku skladování

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Antokyaniny				
Delfinidin-3-glukosid	5,35±0,25 ^a	69,4±1,2 ^b	8,27±0,32 ^c	47,6±1,3 ^d
Kyanidin-3-glukosid	43,8±0,8 ^a	0,19±0,03 ^b	18,2±0,3 ^c	23,2±1,1 ^d
Kyanidin-3-rutinosid	2,34±0,03 ^a	32,1±1,2 ^b	4,68±0,14 ^c	24,0±0,6 ^d
Pelargonidin-3-glukosid	1,18±0,02 ^a	18,0±0,5 ^b	17,9±0,6 ^c	0,19±0,03 ^d
Peonidin-3-glukosid	0,41±0,04 ^a	0,42 ±0,05 ^a	8,77±0,31 ^b	1,60±0,04 ^c
Antokyanidiny				
Delfinidin	1,04±0,05 ^a	38,2±1,5 ^b	24,7±1,5 ^c	19,4±0,5 ^d
Kyanidin	4,13±0,21 ^a	3,16±0,12 ^b	0,75±0,05 ^c	5,16±0,20 ^d
Pelargonidin	0,37±0,02 ^a	0,54±0,03 ^b	0,09±0,01 ^c	0,04±0,01 ^d
Peonidin	0,11±0,01 ^a	0,26±0,01 ^a	0,10±0,01 ^a	< 0,01 ^b
Malvidin	0,35±0,02 ^a	0,39±0,02 ^a	0,38±0,03 ^a	0,46±0,04 ^b
Celkem antokyaniny	59,0±0,7 ^a	163±1 ^b	83,8±1,0 ^c	122±1 ^d

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5). Hodnoty v řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Výsledky stanovení jednotlivých antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC v rámci ročního skladovacího pokusu jsou prezentovány v Tabulkách 39 až 41. Výsledky stanovení úbytků jednotlivých antokyanových barviv kopírují trend předchozího spektrofotometrického stanovení celkových TAC. Za podmínky ročního skladování bez přístupu denního světla se úbytky v koncentracích antokyanidinů pohybovaly v rozmezí od 17 do 58 %, v případě antokyanidinů potom od 21 do 59 %. Při skladování za denního světla (Tabulka 41) byly naměřeny vyšší úbytky v koncentracích v porovnání se skladováním za tmy. Koncentrace glykosylovaných antokyanových barviv klesla o 35–67 %, u antokyanidinů potom až o 78 %. Podobně tomu bylo u skladování v termostatu při 40 °C, kde koncentrace antokyaninů klesla o 26 až 63 %, u antokyanidinů dosáhl pokles až 67 %. Výsledky ukazují na vyšší stabilitu glykosylovaných forem antokyanových barviv. Napříč všemi skladovacími podmínkami nebyl u směsi M8 detekován peonidin. Data v Tabulkách 39–41 ukazují na další zajímavost, že jednotlivá antokyanová barviva byla méně stabilní vždy

u bezlepkových vzorků směsí, čímž se potvrdily výsledky spektrofotometrického stanovení.

Pokud se zaměříme na jednotlivá antokyaninová barviva, zdá se, že na skladovací podmínky za přístupu denního světla a vyšší teploty jsou shodně citlivé. Jejich číselné hodnoty koncentračních úbytků vyjádřených v % jsou velmi blízké. Stejně tak to platí pro jednotlivé antokyanidiny, s výjimkou již zmiňovaného peonidinu. Při skladování za nepřístupu denního světla nebyl ani u jednoho z barviv zaznamenán koncentrační pokles o více jak 60 %. Oproti tomu při skladování za přístupu denního světla byl koncentrační pokles o více jak 60 % zaznamenán u 8 barviv z 10 měřených, a to převážně u bezlepkových směsí. Podobně je tomu za podmínek skladování v termostatu. Mimo již zmiňovaný peonidin, byl zaznamenán nejvyšší úbytek v koncentraci pelargonidinu (o 78 a 75 % v případě bezlepkových vzorků směsí) při skladování za přístupu světla. Vzhledem k omezenému počtu literárních zdrojů, které by se zajímaly o problematiku stability antokyanových barviv u bezlepkových obilovin je velmi obtížné diskutovat tento trend.

V literárních zdrojích je popsán pokles jednotlivých antokyanů za různých podmínek skladování. Například Sui et al. (2014) ve své studii uvádí pokles u černé rýže antokyaninů kyanidinu-3-glukosidu a kyanidinu-3-rutinosidu se zvyšující se teplotou, a to v rozmezí od 100 do 165 °C. Také Rubinskiene et al. (2005) uvádí pokles antokyaninů kyanidinu-3-glukosidu a kyanidinu-3-rutinosidu u černého rybízu se zvyšující teplotou, kdy při působení teploty 95 °C po dobu 4 hodin, došlo k poklesu kyanidinu-3-glukosidu o 53 % a v případě kyanidinu-3-rutinosidu byl naměřen pokles o 35 %. Získané výsledky je těžké diskutovat, a to především z důvodu již zmíněné vysoké heterogenity připravených müsli směsí a nedostatečném počtu literárních zdrojů srovnávající stabilitu antokyanových barviv u surovin obsahující lepek a bezlepkových surovin. Mohl by to být námět na další studie.

Tabulka 39: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů při skladování za nepřístupu světla

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Antokyaniny				
Delfinidin-3-glukosid	3,68±0,01 ^{a,-31} %	51,8±0,1 ^{b,-18} %	3,46±0,02 ^{c,-58} %	24,7±0,9 ^{d,-48} %
Kyanidin-3-glukosid	27,8±0,2 ^{a,-37} %	0,12±0,01 ^{b,-37} %	8,11±0,02 ^{c,-55} %	11,4±0,09 ^{d,-51} %
Kyanidin-3-rutinosid	1,41±0,01 ^{a,-40} %	23,4±0,1 ^{b,-27} %	2,01±0,01 ^{c,-57} %	12,3±0,05 ^{d,-49} %
Pelargonidin-3-glukosid	0,58±0,01 ^{a,-51} %	13,4 ±0,01 ^{b,-26} %	7,63±0,03 ^{c,-57} %	0,09±0,01 ^{d,-53} %
Peonidin-3-glukosid	0,27±0,04 ^{a,-34} %	0,35 ±0,01 ^{b,-17} %	3,62±0,04 ^{c,-59} %	0,87±0,01 ^{d,-46} %
Antokyanidiny				
Delfinidin	0,69±0,01 ^{a,-34} %	28,6±0,8 ^{b,-25} %	10,2±1,4 ^{c,-59} %	8,78±0,9 ^{d,-55} %
Kyanidin	3,14±0,12 ^{a,-24} %	2,39±0,02 ^{b,-24} %	0,31±0,02 ^{c,-59} %	2,88±0,10 ^{d,-44} %
Pelargonidin	0,25±0,02 ^{a,-32} %	0,39±0,01 ^{b,-28} %	0,04±0,01 ^{c,-56} %	0,03±0,01 ^{c,-25} %
Peonidin	0,07±0,01 ^{a,-36} %	0,18±0,01 ^{a,-31} %	0,05±0,01 ^{a,-50} %	ND
Malvidin	0,24±0,01 ^{a,-31} %	0,31±0,01 ^{b,-21} %	0,17±0,02 ^{c,-53} %	0,24±0,04 ^{a,-48} %
Celkem antokyaniny	38,1±1,4 ^{a,-35} %	121±1 ^{b,-26} %	35,6±1,1 ^{c,-58} %	61,3±1,0 ^{d,-50} %

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5). Hodnoty v řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). LOQ: 0,01 mg.kg⁻¹ u všech analytů.

Tabulka 40: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů při skladování v termostatu (40 °C)

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Antokyaniny				
Delfinidin-3-glukosid	3,34±0,11 ^{a,-38} %	47,2±0,5 ^{b,-32} %	3,39±0,12 ^{c,-59} %	21,9±0,5 ^{d,-54} %
Kyanidin-3-glukosid	25,4±0,2 ^{a,-42} %	0,10±0,01 ^{b,-47} %	7,12±0,2 ^{c,-61} %	9,87±1,7 ^{d,-57} %
Kyanidin-3-rutinosid	1,32±0,04 ^{a,-44} %	21,7±1,0 ^{b,-32} %	1,75±0,11 ^{c,-63} %	11,7±0,5 ^{d,-51} %
Pelargonidin-3-glukosid	0,53±0,01 ^{a,-55} %	12,1±0,7 ^{b,-33} %	6,74 ±0,4 ^{c,-62} %	0,10±0,13 ^{d,-47} %
Peonidin-3-glukosid	0,23±0,02 ^{a,-44} %	0,31±0,01 ^{a,-26} %	3,41±0,21 ^{c,-61} %	0,74±0,34 ^{d,-54} %
Antokyanidiny				
Delfinidin	0,61±0,04 ^{a,-41} %	27,4±1,4 ^{b,-28} %	9,78±0,7 ^{c,-60} %	8,24±0,5 ^{d,-58} %
Kyanidin	3,02±0,11 ^{a,-27} %	2,21±0,10 ^{b,-30} %	0,36±0,01 ^{c,-52} %	2,61±0,02 ^{d,-49} %
Pelargonidin	0,21±0,01 ^{a,-43} %	0,36±0,03 ^{b,-33} %	0,03±0,01 ^{c,-67} %	0,02±0,01 ^{c,-50} %
Peonidin	0,06±0,01 ^{a,-45} %	0,16±0,01 ^{b,-38} %	0,06±0,01 ^{a,-40} %	ND
Malvidin	0,21±0,02 ^{a,-40} %	0,28±0,02 ^{b,-28} %	0,15±0,01 ^{c,-61} %	0,21±0,01 ^{a,-54} %
Celkem antokyaniny	34,9±0,9 ^{a,-41} %	112±1 ^{b,-31} %	32,8±0,7 ^{c,-61} %	55,4±0,4 ^{d,-55} %

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5). Hodnoty v řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). LOQ: 0,01 mg.kg⁻¹ u všech analytů.

Tabulka 41: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů při skladování za přístupu světla

[mg.kg ⁻¹]	M1	M3	M5	M8
Antokyaniny				
Delfinidin-3-glukosid	3,21±0,07 ^{a,-40} %	45,1±0,8 ^{b,-35} %	3,02±0,21 ^{c,-63} %	18,9±0,3 ^{d,-60} %
Kyanidin-3-glukosid	23,9±0,4 ^{a,-45} %	0,08±0,01 ^{b,-58} %	6,21±0,44 ^{c,-66} %	8,24±0,1 ^{d,-64} %
Kyanidin-3-rutinosid	1,05±0,02 ^{a,-55} %	19,8±0,2 ^{b,-38} %	1,59±0,10 ^{c,-66} %	10,7±0,6 ^{d,-55} %
Pelargonidin-3-glukosid	0,48±0,01 ^{a,-59} %	11,1±0,5 ^{b,-38} %	5,98±0,4 ^{c,-67} %	0,08±0,01 ^{d,-58} %
Peonidin-3-glukosid	0,19±0,01 ^{a,-54} %	0,27 ±0,04 ^{b,-36} %	3,21±0,01 ^{c,-63} %	0,67±0,02 ^{d,-58} %
Antokyanidiny				
Delfinidin	0,57±0,04 ^{a,-45} %	24,9±0,7 ^{b,-18} %	8,77±0,08 ^{c,-64} %	7,65±0,2 ^{d,-61} %
Kyanidin	2,87±0,12 ^{a,-31} %	2,12±0,02 ^{b,-33} %	0,32±0,04 ^{c,-57} %	2,47±0,10 ^{d,-52} %
Pelargonidin	0,19±0,01 ^{a,-49} %	0,32±0,01 ^{b,-41} %	0,02±0,01 ^{c,-78} %	0,01±0,01 ^{c,-75} %
Peonidin	0,05±0,01 ^{a,-55} %	0,12±0,02 ^{b,-54} %	0,05±0,01 ^{a,-50} %	ND
Malvidin	0,19±0,01 ^{a,-46} %	0,24±0,01 ^{b,-38} %	0,13±0,01 ^{c,-66} %	0,18±0,01 ^{c,-61} %
Celkem antokyaniny	32,7±0,7 ^{a,-45} %	104±1 ^{b,-36} %	29,3±0,9 ^{c,-65} %	48,9±0,8 ^{d,-60} %

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3–5). Hodnoty v řádku s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$). LOQ: 0,01 mg.kg⁻¹ u všech analytů.

5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

S nárůstem civilizačních chorob v současné době roste zájem o nutričně bohatší potraviny. Dochází k vyhledávání a aplikaci netradičních rostlinných surovin jako komponent, které obsahují biologicky aktivní látky s antioxidačními vlastnostmi. Müsli směsi s jedlými květy, jako jedna z možností aplikace netradičních komponent, by mohly být zdrojem těchto látek a příznivě podporovat lidské zdraví. Zařazení jedlých květů do pokrmů souvisí s jejich vysokou antioxidační aktivitou spojenou s vysokým obsahem biologicky aktivních látek, protizánětlivým a protinádorovým účinkem. V dizertační práci byly sledovány základní nutriční jakostní znaky jako obsah vlhkosti, popele, lipidů, hrubé bílkoviny, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny. Navíc, u vzorků byla stanovena hodnota stravitelnosti v podmínkách *in vitro*. Dále se práce zabývala stanovením celkového obsahu polyfenolů, polyfenolického profilu, antioxidační aktivity, profilu jednotlivých antokyaninů a antokyanidinů. Ve směsích byly stanovovány vitamíny skupiny B, vitamín C a obsah minerálních prvků. Součástí práce je také hodnocení vlivu různých podmínek skladování na vybrané jakostní parametry müsli směsí.

Dizertační práce přináší pro vědu a praxi tyto přínosy:

- a) Pro stanovení obsahu základních nutričních a biologicky aktivních látek byly zavedeny optimalizované a validované postupy (extrakce či jednotlivých stanovení) s ohledem na vysokou heterogenitu matrice vzorků.
- b) Nově byly vypracovány extrakční postupy a metody pro stanovení celkových antokyanů spektrofotometricky a pro stanovení profilu jednotlivých antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC s detekcí ve VIS oblasti spektra. Tyto optimalizované metody jsou na pracovišti ÚAČHP využívány a následně i validovány pro další matrice vzorků.
- c) Pro uvolnění polyfenolických látek z heterogenní matrice müsli směsí byla aplikována a nastavena metodika alkalické hydrolyzy v inertní atmosféře N₂.
Zavedení metodik napomohlo výrazným způsobem v rozvoji pracoviště UACHP v oblasti stanovení biologicky aktivních látek.
- d) Na základě chemických analýz byly vyselektovány čtyři směsi, které byly dále podrobeny skladovacím podmínkám. Na základě dosažených výsledků byly navrženy možnosti/doporučení pro balení či pro skladovací podmínky pro potenciální výrobce.

6. ZÁVĚR

Dizertační práce se zabývá charakteristikou müsli směsí a jednotlivých surovinových komponent, a to jak běžně používaných, tak i méně tradičních, které jsou součástí směsí. Důraz je kladen především na nutriční hodnoty surovin. Tato část se také věnuje charakteristice biologicky aktivních látek, zejména polyfenolickým látkám. Netradiční müsli směsi s jedlými květy by mohly být potenciálním zdrojem bioaktivních látek a mohly by přispět k nutričně vyvážené stravě. V připravených müsli směsích byly stanoveny základní nutriční znaky jako obsah vlhkosti, popele, lipidů, hrubé bílkoviny, stravitelnosti, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny.

Výsledky ukazují, že netradiční müsli směsi se vyznačují vyšším podílem vlákniny, která je důležitá pro prevenci mnoha civilizačních chorob. Ve směsích byl také stanoven vyšší obsah bílkovin, které zajišťují mnoho nepostradatelných funkcí v organismu. Problémem může být vyšší obsah lipidů, který by mohl negativně ovlivňovat oxidační změny v průběhu skladování, ale také může být významným zdrojem polynenasycených mastných kyselin.

Z hlediska biologicky aktivních látek byl v práci měřen celkový obsah polyfenolů, polyfenolický profil, celkový obsah antokyanů, profil jednotlivých antokyaninů a antokyanidinů a byla stanovována antioxidační aktivita. Dále byly ve směsích stanovovány vitamíny skupiny B a vitamín C. V práci bylo také provedeno stanovení obsahu minerálních prvků.

Polyfenolické látky se ve směsích vyskytují ponejvíce ve volných a konjugovaných frakcích, nejméně jsou ve formě vázané. Koncentrace TPC v jednotlivých frakcích pozitivně korelují s hodnotami AOA měřené se zhasením radikálů ABTS a DPPH. Ve volných, konjugovaných a vázaných polyfenolických frakcích byly nejvíce zastoupeny kyseliny protokatechinová, neochlorogenová, sinapová a gallová, z flavonoidů potom epikatechin, kvercetin a epigallokatechin. Nejvíce zastoupenými antokyaniny jsou kyanidin-3-glukosid, delphinidin-3-glukosid a pelargonidin-3-glukosid, z antokyanidinů potom delphinidin a kyanidin. Z B-komplexu vitamínů byly naměřeny nejvyšší koncentrace riboflavinu a kyseliny pantotenové. Stejně tak mohou müsli směsi poskytovat vitamín C. Z hlediska minerálních prvků směsi obsahují vyšší koncentrace draslíku, fosforu, vápníku, hořčíku, železa a zinku. Tyto směsi jsou dobrým přispěvatelem k RDA hodnotám riboflavinu, kyselin pantotenové a listové, tiaminu, manganu, mědi, hořčíku, zinku, železa a fosforu. Z hlediska příjmu toxických prvků jsou směsi bezpečné. Pro teoretický výpočet byla použita denní porce 50 g, věková kategorie mužů (80 kg) a žen (65 kg) ve věku 31–50 let.

V práci jsou dále prezentovány výsledky skladovacího pokusu. Připravené müsli směsi byly uchovány v klimatizované laboratoři v temnu při 23 °C, další část vzorků byla uchována také v klimatizované laboratoři při 23 °C, ale za přístupu denního světla a poslední část vzorků byla skladována v termostatu

při 40 °C, bez přístupu světla. Všechny vzorky byly plněny do obalu (sáčky PA/PE) a vakuovány, za daných podmínek byly skladovány po dobu jednoho roku. U skladovaných vzorků byly stanoveny vybrané parametry jako celkový obsah polyfenolů, polyfenolický profil, celkový obsah antokyanů a profil antokyanových barviv, hodnoty antioxidační aktivity.

U müsli směsí, které byly skladovány za přístupu denního světla byly naměřeny nejvyšší úbytky celkových antokyanů (u směsi M5 byl zaznamenán pokles až o 62 %). Dále byly u tohoto vzorku naměřeny nejvyšší úbytky jednotlivých celkových polyfenolů stanovených pomocí HPLC (a to o 31 %) a také byl zaznamenán nejvyšší pokles v hodnotě AOA stanovené zhášením radikálu ABTS (konkrétně o 21 %). Měření ukázalo, že procentuální úbytky v obsahu TPC či TAC při skladování byly vyšší, než s nimi související procentuální úbytky v hodnotách AOA, a to o desítky %. Co se týká stanovení celkových polyfenolů, můžeme směs M1 označit jako nejstabilnější, a to ve všech frakcích. Naopak, nejvyšší pokles TPC byl zaznamenán ve směsi M8, která byla skladována tentokrát v termostatu při 40 °C, kdy pokles TPC byl u této směsi 53 %. Pokud se podíváme na jednotlivé polyfenoly, nejméně byly při skladování za přístupu světla stabilní katechin a kvercetin, z polyfenolických kyselin byl nejvyšší úbytek zaznamenán u kyseliny ellagové. Dále byly naměřeny vyšší koncentrační úbytky u kyseliny protokatechinové, neochlorogenové, gallové a *p*-kumarové. Glykosylované formy antokyanových barviv byly v rámci skladovacích podmínek stabilnější, než volné antokyanidiny. Jako nejméně stálý byl vyhodnocen peonidin. Skladovací pokus dále ukázal, že stabilnější jsou biologicky aktivní látky na bázi polyfenolů u směsí obsahujících lepek a na degradaci polyfenolických látek se pravděpodobně nejvíce podílejí antokyanová barviva.

Dosažené výsledky mohou přispět k rozšíření doposud získaných znalostí o bioaktivních látkách a nutričních hodnotách nově navržených směsí. Budou sloužit jako podklad pro potenciálního výrobce směsí pro navržení vhodné obalové techniky a dalších podmínek uchovatelnosti. Do budoucna bude nutno provést také analýzu mastných kyselin a jejich změn v průběhu skladování a provést testy oxidační stability a to i přesto, že směsi je lépe balit do vakuovaných obalů nebo použít ochranné plyny (vzhledem ke koncentraci biologicky aktivních látek).

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABBAS, M., SAEED, F., ANJUM, F. M., AFZAAL, M., TUFAIL, T., BASHIR, M. S., ISHTIAQ, A., HUSSAIN, S., SULERIA, H. A. R. Natural polyphenols: An overview. *International Journal of Food Properties* [online]. 2017, vol. 20, iss. 8, s. 1689-1699. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1220393>.

ABDEL-AAL, E. S. M., HUCL, P. Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat. *Journal of Agricultural and food Chemistry* [online]. 2003, vol. 51, iss. 8, s. 2174-2180. ISSN 1520-5118. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf021043x>.

ABDEL-AAL, E. S. M., HUCL, P., RABALSKI, I. Compositional and antioxidant properties of anthocyanin-rich products prepared from purple wheat. *Food chemistry* [online]. 2018, vol. 254, s. 13-19. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.170>.

ABDEL-AAL, E. S. M., YOUNG, J. CH., RABALSKI, I. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal of agricultural and food chemistry* [online]. 2006, vol. 54, iss. 13, s. 4696-4704. ISSN 1520-8118. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf0606609>.

AGHBASHLO, M., KIANMEHR, M. H., SAMIMI-AKHIJAHANI, H. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of barberries (*Barberries Vulgaris*). *Journal of food process engineering* [online]. 2009, vol. 32, iss. 2, s. 278-293. ISSN 0145-8876. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00216.x>.

ALI, B. H., WABEL, N. A., BLUNDEN, G. Phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Hibiscus sabdariffa* L.: a review. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives* [online]. 2005, vol. 19, iss. 5, s. 369-375. ISSN 0951-418X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ptr.1628>.

ALEXANDER, J., NEBFORD, D., BOOBIS, A., CECCATELLI, S., CRAVEDI, J. P., DOMENICI, A. D., DOERGE, D., DOGLIOTTI, E., EDLER, L., FARMER, P., FILIPIČ, M., FINK-GREMMELS, J., FÜRST, P., GUERIN, T., KNUTSEN, H. K., MACHALA, M., MUTTI, A., SCHLATTER, J., LEEUWEN, R., VERGER, P. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *Scientific Opinion on Arsenic in Food EFSA Journal* [online]. 2009, vol. 7, s. 1351-1355. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1351>.

ARENDDT, E. K., ZANNINI, E. Buckwheat. *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* [online]. United Kingdom: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2006, [cit. 2021-06-19]. 369-408. ISBN 978-0-85-709413-1 (elektronická verze). Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=j_9DAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Buckwheat.+Cereal+Grains+for+the+Food+an+Beverage+Industries

ARENDDT, E. K., ZANNINI, E. Cereal grains for the food and beverage industries. In: *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* [online]. United Kingdom, Elsevier Science & Technology, 2013, vol. 248, s. 519 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-85709-413-1. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=j_9DAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Cereal+grains+for+the+food+and+beverage+industries.+Woodhead+Publishing+Series+in+Food+Science,+Technology+and+Nutrition=false

ARRIGONI, O., DE TULLIO, M. C. Ascorbic acid: much more than just an antioxidant. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects* [online]. 2002, vol. 1569, iss.1-3, s. 1-9. ISSN 0304-4165. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(01\)00235-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(01)00235-5).

BABAAHMADIFOOLADI, M., JACXSENS, L., VAN DE WIELE, T. CARLOS DA SILVA JÚNIOR, E., DU LAING, G. Assessment of bioaccessible and dialyzable fractions of nickel in food products and their impact on the chronic exposure of Belgian population to nickel. *Food Chemistry* [online]. 2021, vol. 342, s. 128210. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128210>.

BAI, Y. P., ZHOU, H. M., ZHU, K. R., LI, Q. Effect of thermal treatment on the physicochemical, ultrastructural and nutritional characteristics of whole grain highland barley. *Food Chemistry* [online]. 2021, vol. 346, s. 128657. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128657>.

BALAKRISHNAN, G., SCHNEIDER, R. G. Quinoa flavonoids and their bioaccessibility during in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Cereal Science* [online]. 2020, vol. 95, s. 103070. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103070>.

BARNES, J. S., NGUYEN, H. P., SHEN, S., SCHUG, K. A. 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* [online]. 2009, vol. 1216, iss. 23, s. 4728-4735. ISSN 4728-4735. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.04.032>.

BENTO-SILVA, A., KOISTINEN, V. M., MENA, P., BRONZE, M. R., HANHINEVA, K., SAHLSTRÖM, S., KITRYTĚ, V., MOCO, S., AURA, A. M. Factors affecting intake, metabolism and health benefits of phenolic acids: do we understand individual variability?. *European journal of nutrition* [online]. 2020, vol. 59, iss. 4, s. 1275-1293. ISSN 1436-6207. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00394-019-01987-6>.

BENVENUTI, S., BORTOLOTTI, E., MAGGINI, R. Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers. *Scientia Horticulturae* [online]. 2016, vol. 199, s. 170-177. ISSN 0304-4238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.052>.

BUENO-HERRERA, M., PÉREZ-MAGARIÑO, S. Validation of an extraction method for the quantification of soluble free and insoluble bound phenolic compounds in wheat by HPLC-DAD. *Journal of Cereal Science* [online]. 2020, vol. 93, s. 102984. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102984>.

BUENO, J. M., SÁEZ-PLAZA, P., RAMOS-ESCUADERO, F., JIMÉNEZ, A. M., FETT, R., ASUERO, A. G. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: chemical structure, color, and intake of anthocyanins. *Critical Reviews in Analytical Chemistry* [online]. 2012, vol. 42, iss. 2, s. 126-151. ISSN 1040-8347. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408347.2011.632314>.

BUŇKA, F., KŘÍŽ, O., HRABĚ, J. Program pro statistické vyhodnocování dat *Stadvyd*, verze 2.0 beta.

BUREŠOVÁ, I., LORENCOVÁ, E. *Výroba potravin rostlinného původu, Zpracování obilovin*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-278-7.

CAO, G., ALESSIO, H. M., CUTLER, R. G. Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free radical biology and medicine* [online].

1993, vol. 14, iss. 3, s. 303-311. ISSN 0891-5849.
Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(93\)90027-R](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90027-R).

CALDWELL, E. F., KADAN, R. S. Breakfast cereal Improving the protein content reals. In: WRIGLEY, C., CORKE, H., WALKER, C. *Encyclopedia of Grain Science*, Academic Press [online]. Elsevier. United Kingdom. 2004, s. 201-206 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-12-765490-4.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B0-12-765490-9/00021-5>.

CALLAWAY, J. C. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica* [online]. 2004, vol. 140, iss, 1, s. 65-72. ISSN 0014-2336.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>.

CLARKE, B. L. Strontium. In: Zaidi, M. *Encyclopedia of Bone Biology*. Academic Press. [online]. 2020, s. 652-665 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-12-814082-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.62271-7>.

CONNOR, A. M., LUBY, J. J., HANCOCK, J. F., BERHEIMER, S., HANSON, E. J. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Agricultural and food chemistry* [online]. 2002, vol. 50, iss. 4, s. 893-898. ISSN 1520-5118.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf011212y>.

CONTE, P. Technological and nutritional challenges, and novelty in gluten-free breadmaking: A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* [online]. 2019, vol. 69, iss. 1. ISSN 1230-0322.
Dostupné z: <https://doi.org/10.31883/pjfns-2019-0005>.

CICCO, N., LANORTE, M. T., PARAGGIO, M., VIGGIANO, M., LATTANZIO, V. Lanorte M, Paraggio M, Viggiano M and Lattanzio V. A reproducible, rapid and inexpensive folin-ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal* [online]. 2009, vol. 91, iss. 1, s. 107-110. ISSN 0026-265X.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.08.011>.

CIULU, M., SOLINAS, S., FLORIS, I., PANZANELLI, A., PILO, M. I., PIU, P. C., SPANO, N., SANNA, G. RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta* [online]. 2011, vol. 83, iss. 3, s. 924-929. ISSN 0039-9140. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.10.059>.

ČSN ISO 2171 (461019): *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich – Stanovení obsahu popela spalováním* (2008) Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-iso-2171-461019-206274.html>

ČSN EN ISO 712 (461014): *Obiloviny a výrobky z nich - Stanovení vlhkosti - Praktická referenční metoda* (2010) Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-iso-712-461014-206263.html>

DAKHILI, S., ABDOLALIZADEH, L., HOSSEINI, S. M., SHOJAEI-ALIBADI, S., MIROMOGHTADAIE, L. Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food chemistry* [online]. 2019, vol. 299, s. 125161. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125161>.

DAME, Z.T. Analysis of major and trace elements in teff (*Eragrostis tef*). *Journal of King Saud University-Science* [online]. 2020, vol. 32, iss. 1, s. 145-148. ISSN 1018-3647. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.03.020>.

DA SILVA, B. P., ANUNCIACÃO, P. C., MATYELKA, J. C., DEELA LUCIA, C. M., MARTINO, H. S. D., PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. *Food chemistry* [online]. 2017, vol. 221, s. 1709-1716. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.115>.

DINI, I., TENORE, G. C., DINI, A. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT-Food Science and Technology* [online]. 2010, vol. 43, iss. 3, s. 447-451. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.09.010>.

DE MIRA, N. V. M., MASSARETTO, I. L., PASCUAL, C. S. C. I., LANFER, M. U. M. Comparative study of phenolic compounds in different Brazilian rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2009, vol. 22, iss. 5, s. 405-409. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.06.012>.

DE QUIRÓS, A. R. B., FERNÁNDEZ-ARIAS, M., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. A screening method for the determination of ascorbic acid in fruit juices and soft drinks. *Food chemistry* [online]. 2009, vol. 116, iss. 2, s. 509-512. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.013>.

DUODU, K. G. Effects of processing on antioxidant phenolics of cereal and legume grains. In: AWIKA, J. M., PIIRONEN, V., BEAN, S. *Advances in Cereal Science: Implications to Food Processing and Health Promotion*. American Chemical Society [online]. 2011. s. 31-54 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-84-122636-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/bk-2011-1089.ch003>.

EL-SEEDI, H. R., EL-SAID, A. M. A., KHALIFA, S. A. M., GÖRANSON, U., BOHLIN, L., BORG-KARLSON, A. K., VERPOORTE, R. Biosynthesis, natural sources, dietary intake, pharmacokinetic properties, and biological activities of hydroxycinnamic acids. *Journal of agricultural and food chemistry* [online]. 2012, vol. 60, iss. 44, s. 10877-10895. ISSN 1520-5118. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf301807g>.

ERLAND, L. A. E., MAHMOUD, S. S. Lavender (*Lavandula angustifolia*) oils. In: PREEDY, V. R. *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Academic Press [online]. London. Elsevier. 2016. s. 501-508 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-12-416641-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00057-2>.

FERGUSON, L. R. Role of plant polyphenols in genomic stability. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* [online]. 2001, vol. 475, iss.1-2, s. 89-111. ISSN 0027-5107. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(01\)00073-2](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(01)00073-2).

FERRI, M., GIANOTTI, A., TASSONI, A. Optimisation of assay conditions for the determination of antioxidant capacity and polyphenols in cereal food components. *Journal of food composition and analysis* [online]. 2013, vol. 30, iss. 2, s. 94-101. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.004>.

FLETCHER, R. J. Pseudocereals: Overview. In: Wrigley, C., Seetharaman, K., Corke, H., Faubion, J. *Encyclopedia of Food Grains: Second Edition*, Elsevier. [online]. United Kingdom, 2015, s. 274-279 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-12-394786-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00039-5>.

FRACASSETTI, D., DEL BO, C., SIMONETTI, P., GARDANA, C., KLIMIS-ZACAS, D., CIAPPELLANO, S. Effect of time and storage temperature on anthocyanin decay and antioxidant activity in wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) powder. *Journal of agricultural and food chemistry* [online].

2013, vol. 61, iss. 12, s. 2999-3005. ISSN 1520-5118.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf3048884>.

FU, L., XU, B. T., XU, X. R., GAN, R. Y., ZHANG, Y., XIA, E. Q., LI, H. B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food chemistry* [online]. 2011, vol. 129, iss. 2, s. 345-350. ISSN 0308-8146.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.079>.

GALLAGHER, E., MCCARTHY, D., GORMLEY, R. T., ARENDT, E. *Improving the quality of gluten-free breads* [online]. Dublin: Teagasc, 2004 [cit. 2021-05-17]. ISBN 1841703680. Dostupné z: <https://stor.teagasc.ie/handle/11019/151>

GARZÓN, G. A., WROLSTAD, R. E. Major anthocyanins and antioxidant activity of Nasturtium flowers (*Tropaeolum majus*). *Food Chemistry* [online]. 2009, vol. 114, iss. 1, s. 44-49. ISSN 0308-8146.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.013>.

GE, Q., MA, X. Composition and antioxidant activity of anthocyanins isolated from Yunnan edible rose (*An ning*). *Food Science and Human Wellness* [online]. 2013, vol. 2, iss. 2, s. 68-74. ISSN 2213-4530.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2013.04.001>.

GEBREMARIAM, M. M., ZARNKOW, M., BECKER, T. Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2014, vol. 51, iss. 11, s. 2881-2895. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0745-5>.

GIOVANNINI, M., VERDUCI, E., SCAGLIONI, S., SALVATICI, E., BONZA, M., RIVA, E., AGOSTANI, C. Breakfast: a good habit, not a repetitive custom. *Journal of International Medical Research* [online]. 2007, vol 36, iss. 4, s. 613-624. ISSN 0300-0605. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/147323000803600401>.

GRIJÓ, D. R., PIVA, G. K., OSORIO, I. V., CARDOZO-FILHO, L. Hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil extraction with pressurized n-propane and supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids* [online]. 2019, vol. 143, s. 268-274. ISSN 0896-5446. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.09.004>.

GÓMEZ, M. J. R., PRIETO, M. J., SOBRADO, C. V., MAGRO, C. P. Nutritional characterization of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) varieties cultivated in Southern Europe. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2021, vol. 99, s. 103876. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103876>.

GORZYNIK-DEBICKA, M., PRZYCHODZEN, P., CAPPELLO, F., KUBAN-JANKOWSKA, A., GAMMAZZA, A., KNAP, N., WOZNIAK, M., GORSKA-PONIKOWSKA, M. Potential health benefits of olive oil and plant polyphenols. *International journal of molecular sciences* [online]. 2018, vol. 19, iss. 3, s. 686. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms19030686>.

GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A., SIDOR, A. Czarny bez *Sambucus nigra* w dietoterapii chorób cywilizacyjnych. *Przemysł Spożywczy* [online]. 2015, vol. 69, iss., 1, s. 38-41. ISSN 0033-250X. Dostupné z: <https://doi.org/10.15199/65.2015.1.9>.

GRAULET, B., GIRARD, CH. L. B vitamins in cow milk: their relevance to human health. In: WATSON, R. R., PREEDY, V. R., COLLIER, R. J. *Dairy in human health and disease across the lifespan*. Academic Press [online]. Elsevier Inc. All rights reserved, 2017, s. 211-224 [cit. 2021-06-19]. ISBN 978-0-12-809868-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809868-4.00015-7>.

GROSSO, G., ESTRUCH, R. Nut consumption and age-related disease. *Maturitas* [online]. 2016, vol. 84, s. 11-16. ISSN 0378-5122. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.10.014>.

GRUNDY, M. M. L., MOMANYI, D. K., HOLLAND, C., KAWAKA, F., TAN, S., SALIM, M., BOYD, B. J., BAJKA, B., MULET-CABERO, A. I., BISHOP, J., OWINO, W. O. Effects of grain source and processing methods on the nutritional profile and digestibility of grain amaranth. *Journal of Functional Foods* [online]. 2020, vol. 72, s. 104065. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104065>.

GU, S. Y., SHIN, H. CH., KIM, D. J., PARK, S. U., KIM, Y. K. The content and health risk assessment of micro and toxic elements in cereals (oat and quinoa), legumes (lentil and chick pea), and seeds (chia, hemp, and flax). *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2021, vol. 99, s. 103881. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103881>.

GUO, W., BETA, T. Phenolic acid composition and antioxidant potential of insoluble and soluble dietary fibre extracts derived from select whole-grain cereals. *Food Research International* [online]. 2013, vol. 51, iss. 2, s. 518-525. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.008>.

GUPT, R., SHARMA, M., LAKSHMY, R., PRABHAKARAN, D., REDDY, K. S. Improved method of total antioxidant assay. *CSIR* [online]. 2009, vol. 46, iss. 1, s. 126-129. ISSN 0301-1208. Dostupné z: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/3333>.

HANACHI, P., GOLKHO, S. H. Using HPLC to determination the composition and antioxidant activity of *Berberis vulgaris*. *European Journal of Scientific Research* [online]. 2009, vol. 29, iss. 1, s. 47-54. ISSN 1450-216X. Dostupné z: <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>

HE, J., YIN, T., CHEN, Y., CAI, L., TAI, Z., LI, Z., LIU, CH., WANG, Y., DING, Z. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers of *Pyrus pashia*. *Journal of Functional Foods* [online]. 2015, vol. 17, s. 371-379. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.045>.

HEGEDÜS, M., PEDERSEN, B., EGGUM, B. O. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 7. Vitamins and tryptophan. *Plant Foods for Human Nutrition* [online]. 1985, vol. 35, iss. 2, s. 175-180. ISSN 1573-9104. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF01092134>.

HERBIG, A. L., MOUSTIES, C., RENARD, C. M. G. C. Impact of three warming-up methods on the stability of vitamin C and 5-methyltetrahydrofolate supplemented to apple and carrot purée. *LWT* [online]. 2017, vol. 84, s. 668-673. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.031>.

HERBISON, C. E., HICKLING, S., ALLEN, K. L., O'SULLIVAN, T. A., ROBINSON, M., BREMNER, A. P., HUANG, R. CH., BEILIN, L. J., MORI, T. A., ODDY, W. H. Low intake of B-vitamins is associated with poor adolescent mental health and behaviour. *Preventive medicine* [online]. 2012, vol. 55, iss. 6, s. 634-638. ISSN 0091-7435. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2012.09.014>.

HERRMANN, K., NAGEL, CH. W. Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Critical*

reviews in food science & nutrition [online]. 1989, vol. 28, iss. 4, s. 315-347. ISSN 0731-7085. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398909527504>.

HIDALGO, A., FERRARETTO, A., DE NONI, I., BOTTANI, M., CATTANEO, S., GALLI, S., BRANDOLINI, A. Bioactive compounds and antioxidant properties of pseudocereals-enriched water biscuits and their in vitro digestates. *Food Chemistry* [online]. 2018, vol. 240, s. 799-807. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.014>.

HOSSAIN, A., BEGUM, P., SALMA, Z. M., HAFIZUR, R., M., AHSAN, M., ISLAM, S. N. Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in a horticulture farm. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 199, s. 648-652. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.056>.

HRITCU, L., CIOANCA, O., HANCIANU, M. Effects of lavender oil inhalation on improving scopolamine-induced spatial memory impairment in laboratory rats. *Phytomedicine* [online]. 2012, vol. 19, iss. 6, s. 529-534. ISSN 0944-7113. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.02.002>.

HUANG, W. Y., ZHANG, H. CH., LOU, W. X., LI, CH. Y. Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry, and strawberry in Nanjing. *Journal of Zhejiang University Science B* [online]. 2012, vol. 13, iss. 2, s. 94-102. ISSN 1673-1581. Dostupné z: <https://doi.org/10.1631/jzus.B1100137>.

HUDA, M. N., LU, S., JAHAN, T., DING, M., JHA, R., ZHANG, K., ZHANG, W., GEORGIEV, M., PARK, S. U., ZHOU, M. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat. *Food Chemistry* [online]. 2020, vol. 335, s. 127653. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127653>.

HYSON, D. A., SCHNEEMAN, B. O., DAVIS, P. A. Almonds and almond oil have similar effects on plasma lipids and LDL oxidation in healthy men and women. *The Journal of nutrition* [online]. 2002, vol. 132, iss. 4, s. 703-707. ISSN 0022-3166. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jn/132.4.703>.

CHALKER-SCOTT, L. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemistry and photobiology* [online]. 1999, vol. 70, iss. 1, s. 1-9. ISSN 0031-8655. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1999.tb01944.x>.

CHANDRASEKARA, A., SHAHIDI, F. Determination of antioxidant activity in free and hydrolysed fractions of millet grains and characterization of their

phenolic profiles by HPLC-DAD-ESI-MS. *Journal of functional foods* [online]. 2011, vol. 3, iss. 3, s. 144–158. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.03.007>.

CHATTHONGPISUT, R., SCHWARTZ, S. J., YONGSAWATDIGUL, J. Antioxidant activities and antiproliferative activity of Thai purple rice cooked by various methods on human colon cancer cells. *Food chemistry* [online]. 2015, vol. 188, s. 99-105. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.074>.

CHAVES, V. C., CALVETE, E., REGINATTO, F. H. Quality properties and antioxidant activity of seven strawberry (*Fragaria x ananassa* duch) cultivars. *Scientia horticulturae* [online]. 2017, vol. 225, s. 293-298. ISSN 0304-4238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.013>.

CHEN, G. L., CHEN, S. G., XIAO, Y., FU, N. L. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 30 flowers. *Industrial Crops and Products* [online]. 2018, vol. 111, s. 430-445. ISSN 0926-6690. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.051>.

CHEN, G. L., CHEN, S. G., XIE, Y. Q., CHEN, F., ZHAO, Y. Y., LUO, CH. X., GAO, Y. Q. Total phenolic, flavonoid and antioxidant activity of 23 edible flowers subjected to *in vitro* digestion. *Journal of Functional Foods* [online]. 2015, vol. 17, s. 243-259. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.028>.

CHEN, CH. Y., LAPSLEY, K., BLUMBERG, J. A nutrition and health perspective on almonds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2006, vol. 86, iss. 14, s. 2245-2250. ISSN 022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2659>.

CHEN, Q., XU, B., HUANG, W., AMROUCHE, A. T., MAURIZIO, B., SIMAL-GANDARA, J., TUNDIS, R., XIAO, J., ZOU, L., LU, B. Edible flowers as functional raw materials: A review on anti-aging properties. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2020, vol. 106, s. 30-47. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.023>.

CHITGAR, M. F., AALAMI, M., KADKHODAEI, R., MAGHSOUDLOU, Y., MILANI, E. Effect of thermosonication and thermal treatments on phytochemical stability of barberry juice copigmented with ferulic acid and licorice extract. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online].

2018, vol. 50, s. 102-111. ISSN 1466-8564. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.09.004>.

CHITRAKAR, B., ZHANG, M., BHANDARI, B. Edible flowers with the common name “marigold”: Their therapeutic values and processing. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2019, vol. 89, s. 76-87. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.008>.

CHUNG, CH., ROJANASASITHARA, T., MUTILANGI, W., MCCLEMENTS, D. J. Stability improvement of natural food colors: Impact of amino acid and peptide addition on anthocyanin stability in model beverages. *Food chemistry* [online]. 2017, vol. 218, s. 277-284. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.087>.

IKANOVIĆ, J., POPOVIC., V., JANKOVIC, S., ZIVANOVIC, L., RAKIC, S., DONCIC, D. Khorasan wheat population researching (*Triticum turgidum*, ssp. *Turanicum* (McKey) in the minimum tillage conditions. *Genetika* [online]. 2014, vol. 46, iss. 1, s. 105-115. ISSN 0534-0012. Dostupné z: <https://doi.org/10.2298/GENSR1401105I>.

IMANSHAHIDI, M., HOSSEINZADEH, H. Pharmacological and therapeutic effects of *Berberis vulgaris* and its active constituent, berberine. *Phytotherapy research* [online]. 2008, vol, 22. iss. 8, s. 999-1012. ISSN 0951-418X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ptr.2399>.

JABEUR, I., PEREIRA, E., BARROSM L., CALHELHA, R. C., SOKOVIĆ, M., OLIVEIRA, M. B. P. P., FERREIRA, I. C. F. R. Hibiscus sabdariffa L. as a source of nutrients, bioactive compounds and colouring agents. *Food Research International* [online]. 2017, vol. 100, s. 717-723. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.073>.

JACOBSEN, S. E. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food reviews international* [online]. 2003, vol. 19, iss. 1-2, s 167-177. ISSN 8755-9129. Dostupné z: <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>.

JAMES, L. E. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. In: Taylor, S.L. *Advances in food and nutrition research*. Elsevier. [online]. 2009, s. 1-31 [cit. 2021-05-17]. ISSN 1043-4526. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1).

JAVID, A. Z., HORMOZNEJAD, R., ALLAH YOUSEFIMANESH, H., HAGHIGHI-ZADEH, M. H., ZEKERKISH, M. Impact of resveratrol supplementation on inflammatory, antioxidant, and periodontal markers in type

2 diabetic patients with chronic periodontitis. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* [online]. 2019, vol. 13, iss.4, s. 2769-2774. ISSN 1871-4021. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.07.042>.

JENSEN, P. N., DANIELSEN, B., BERTELSEN, G., SKIBSTED, L.H., ANDERSEN, M.L. Storage stabilities of pork scratchings, peanuts, oatmeal and muesli: Comparison of ESR spectroscopy, headspace-GC and sensory evaluation for detection of oxidation in dry foods. *Food Chemistry* [online]. 2005, vol. 91, s. 25–38. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.043>.

JENSEN, P. N., CHRISTENSEN, J., ENGELSEN, S. B. Oxidative changes in pork scratchings, peanuts, oatmeal and muesli viewed by fluorescence, near-infrared and infrared spectroscopy. *European Food Research and Technology* [online]. 2004, vol. 219, s. 294–304. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0954-x>.

JOHN, J. A., SHAHIDI, F. Phenolic compounds and antioxidant activity of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). *Journal of Functional Foods* [online]. 2010, vol. 2, iss. 3, s. 196-209. ISSN 1756-466. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2010.04.008>.

JOTHITYANGKON, CH., SIVAPALAN, M. Framework for exploration of climatic and landscape controls on catchment water balance, with emphasis on inter-annual variability. *Journal of Hydrology* [online]. 2009, vol. 371, iss. 1-4, s. 154-168. ISSN 0022-1694. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.03.030>.

JUHÁSZ, M., KITAHARA, Y., TAKAHASHI, S., FUJII, T. Thermal stability of vitamin C: Thermogravimetric analysis and use of total ion monitoring chromatograms. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* [online]. 2012, vol. 59, s. 190-193. ISSN 0731-7085. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.10.011>.

KABATA-PENDIAS, A. *Trace Elements in Soils and Plants* [online]. New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2011[cit. 2016-08-22]. ISBN 978-1-4200-9368-1. (elektronická verze). Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/9781420039900>.

KAISOON, O., SIRIAMORNPUN, S., WEERAPREEYAKUL, N., MEESO, N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. *Journal of functional foods* [online]. 2011, vol. 3, iss. 2, s. 88-99. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.03.002>.

KALT, W., FORNEY, CH. F., MARTIN, A., PRIOR, R. L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of agricultural and food chemistry* [online]. 1999, vol. 47, iss. 11, s. 4638-4644. ISSN 1520-5118. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf990266t>.

KAMIL, A., CHEN, C. Y. O. Health benefits of almonds beyond cholesterol reduction. *Journal of agricultural and food chemistry* [online]. 2012, vol. 60, iss. 27, s. 6694-6702. ISSN 6694-6702. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf2044795>.

KAUR, P., PUREWAL, S. S., SANDHU, K. S., KAUR, M., SALAR, R. K. Millets: A cereal grain with potent antioxidants and health benefits. *Journal of Food Measurement and Characterization* [online]. 2019, vol. 13, iss. 1, s. 793-806. ISSN 2193-4134. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9992-0>.

KHATUN, A., WATERS, D. L. E., LIU, L. The impact of rice protein on in vitro rice starch digestibility. *Food Hydrocolloids* [online]. 2020, vol. 109, s. 106072. ISSN 0268-005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106072>.

KHOO, H. E., AZLAN, A., TANG, S. T., LIM, S. M. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & nutrition research* [online]. 2017, vol. 61, iss. 1, s. 1361779. ISSN 1654-6628. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>.

KIM, J. S. Antioxidant activities of selected berries and their free, esterified, and insoluble-bound phenolic acid contents. *Preventive nutrition and food science* [online]. 2018, vol. 23, iss. 1, s. 35. PMID 29662846. Dostupné z: <https://doi.org/110.3746/pnf.2018.23.1.35>.

KLIMCZAK, I., MALECKA, M., SZLACHTA, M., GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2007, vol. 20, iss. 3-4m s. 313-322. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.02.012>.

KOBUS-CISOWSKA, J., GRAMZA-MICHALOWSKA, A., KMIĘCIK, D., FLACZYK, E., KORCZAK., J. Mulberry fruit as an antioxidant component in muesli. *Agricultural Sciences* [online]. 2013, vol. 4, iss. 05, s. 130. ISSN 2156-8561. Dostupné z: <https://doi:10.4236/as.2013.45B024>.

KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. [online]. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2007 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-80-7271-184-0. Dostupné z: https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kopov_Cerelie%20web.pdf

KORKUNC, M. Research of Lavender Plant Propagation in the Province of Diyarbakir. *Middle East Journal of Science* 2018, vol. 4, s. 58-65. Dostupné z: <https://doi.org/10.23884/mejs.2018.4.2.01>.

KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. ISBN 8071578118.

KUMARI, P., UJALA, B. B. Phytochemicals from edible flowers: Opening a new arena for healthy lifestyle. *Journal of Functional Foods* [online]. 2021, vol. 78, s. 104375. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104375>.

KYRITSI, A., TZIA, C., KARATHANOS, V. T. Vitamin fortified rice grain using spraying and soaking methods. *LWT-Food Science and Technology* [online]. 2011, vol. 44, iss. 1, s. 312-320. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.001>.

LEBIEDZIŃSKA, A., SZEFER, P. Vitamins B in grain and cereal–grain food, soy-products and seeds. *Food Chemistry* [online]. 2006, vol. 95, iss. 1, s. 116-122. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.024>.

LEE, H. S., COATES, G. A. Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled orange juice: a storage study. *Food Chemistry* [online]. 1999, vol. 65, iss. 2, s. 165-168. ISSN 0308-8146. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00180-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00180-0).

LEE, J., CHAN, B. L. S., MITCHELL, A. E. Identification/quantification of free and bound phenolic acids in peel and pulp of apples (*Malus domestica*) using high resolution mass spectrometry (HRMS). *Food chemistry* [online]. 2017, vol.

215, s. 301-310. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.166>.

LEE, Y., HOWARD, L. R., VILLALON, B. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *Journal of Food Science* [online]. 1995, vol. 60, iss. 3, s. 473-476. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb09806.x>.

LI, A. N., LI, S., LI, H. B., XU, D. P., XU, X. R., CHEN, F. Total phenolic contents and antioxidant capacities of 51 edible and wild flowers. *Journal of functional foods* [online]. 2014, vol. 6, s. 319-330. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.10.022>.

LIN, Y., WANG, Y., LI, B., TAN, H., LI, D., LI, L., LIU, X., HAN, J., MENG, X. Comparative transcriptome analysis of genes involved in anthocyanin synthesis in blueberry. *Plant Physiology and Biochemistry* [online]. 2018, vol. 127, s. 561-572. ISSN 0981-9428. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.04.034>.

LITWINIENKO, G., INGOLD, K. U. Abnormal solvent effects on hydrogen atom abstraction. 2. Resolution of the curcumin antioxidant controversy. The role of sequential proton loss electron transfer. *The Journal of organic chemistry* [online]. 2004, vol. 69, iss. 18, s. 5888-5896. ISSN 1520-6904. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jo035758q>.

LIU, CH., XUE, H., SHEN, L., LIU, CH., ZHENG, X., SHI, J., XUE, S. Improvement of anthocyanins rate of blueberry powder under variable power of microwave extraction. *Separation and Purification Technology* [online]. 2019, vol. 226, s. 286-298. ISSN 1383-5866. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.05.096>.

LIU, R. H. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American journal of clinical nutrition* [online]. 2003, vol. 78, iss. 3, s. 517S-520S. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.517S>.

LOCKOWANDT, L., PINELA, J., RORIZ, C. L., PEREIRA, C, ABREU, R. M. V., CALHELHA, R. C., ALVES, M. J., BARROS, L., BREDOL, M., FERREIRA, I. C. F. R. Chemical features and bioactivities of cornflower (*Centaurea cyanus* L.) capitula: The blue flowers and the unexplored non-edible

part. *Industrial crops and products* [online]. 2019, vol. 128, s. 496-503. ISSN 0926-6690. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.059>.

LOHACHOOMPOL, V., SRZEDNICKI, G., CRASKE, J. The change of total anthocyanins in blueberries and their antioxidant effect after drying and freezing. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* [online]. 2004, vol. 5, s. 248. ISSN 1110-7243. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/S1110724304406123>.

MA, Y., ZHANG, W., PAN, Y., ALI, B., XU, D., XU, X. Physicochemical, crystalline characterization and digestibility of wheat starch under superheated steam treatment. *Food Hydrocolloids* [online]. 2021, vol. 118, s. 106720. ISSN 0268-005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106720>.

MACIEL, L. G., DO CARMO, M. A. V., AZEVEDO, L. D. H., MOLOGNONI, L., DE ALMEIDA, M. M., GRANATO, D., ROSSO, N. D. Hibiscus sabdariffa anthocyanins-rich extract: Chemical stability, in vitro antioxidant and antiproliferative activities. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2018, vol. 113, s. 187-197. ISSN 0278-6915. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.053>.

MAJERSKA, J., MICHALSKA, A., FIGIEL, A. A review of new directions in managing fruit and vegetable processing by-products. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2019, vol. 88, s. 207-219. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.021>.

MALLESHI, N. G., AGARWAL, A., TIWARI, A., SOOD, S. Nutritional quality and health benefits. In: SINGH, M., SOOD, S. *Millets and Pseudo Cereals*. Woodhead Publishing [online]. Elsevier Inc. All rights reserved. 2021, s. 159-168 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-12-820089-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820089-6.00009-4>.

manuál ANKOM220 Fiber Analyser

MAREČEK, V., MIKYŠKA, A., HAMPEL, D., ČEJKA, P., NEUWIRTHOVÁ, J., MALACHOVÁ, A., CERKAL, R. ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. *Journal of cereal science* [online]. 2017, vol. 73, s. 40-45. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.11.004>.

MARTINSEN, B. K., AABY, K., SKREDE, G. Effect of temperature on stability of anthocyanins, ascorbic acid and color in strawberry and raspberry jams. *Food chemistry* [online]. 2020, vol. 316, s. 126297. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126297>.

MASSARETTO, I. L., MADUREIRA ALVES, M. F., MUSSEI DE MIRA, N. V., CARMONA, A. K., LANFER MARQUZ, U. M. Phenolic compounds in raw and cooked rice (*Oryza sativa* L.) and their inhibitory effect on the activity of angiotensin I-converting enzyme. *Journal of cereal science* [online]. 2011, vol. 54, iss. 2, s. 236-240. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.06.006>.

MAZZA, G. J. Anthocyanins and heart health. *Annali-Istituto Superiore Di Sanita* [online]. 2007, vol. 43, iss. 4, s. 369. ISSN 0021-2571. Dostupné z: <https://resolver.ebscohost.com/openurl?sid=google&auinit=G&aulast=Mazza&title=Anthocyanins+and+heart+health&title=Annali+dell%27Istituto+Superiore+di+Sanit&volume=43&issue=4&date=2007&spage=369&issn=0021-2571>

MENG, L., ZHU, J., MA, Y., SUN, X., LI, D., LI, L., BAI, H., XIN, G., MENG, X. Composition and antioxidant activity of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* cultivated in Haicheng, Liaoning, China. *Food Bioscience* [online]. 2019, vol. 30, s. 100413. ISSN 2212-4292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100413>.

MIKKELSEN, K., STOJANOVSKA, L., APOSTOLOPOULOS, V. The effects of vitamin B in mental health and cognition. *Maturitas* [online]. 2017, vol. 100 s. 188-189. ISSN 0378-5122. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.03.230>.

MIN, B., GU, L., MCCLUNG, A. M., BERGMAN, CH. J., CHEN, M. H. Free and bound total phenolic concentrations, antioxidant capacities, and profiles of proanthocyanidins and anthocyanins in whole grain rice (*Oryza sativa* L.) of different bran colours. *Food Chemistry* [online]. 2012, vol. 133, iss. 3, s. 715-722. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.079>.

MIRANDA, J., LASA, A., BUSTAMANTE, M. A., CHERRUCA, I., SIMON, E. Nutritional differences between a gluten-free diet and a diet containing equivalent products with gluten. *Plant foods for human nutrition* [online]. 2014, vol. 69, iss. 2, s. 182-187. ISSN 1573-9104. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0410-4>.

MOKHTAR, S. M., SWAILAM, H. M., EMBABY, H. E. S. Physicochemical properties, nutritional value and techno-functional properties of goldenberry (*Physalis peruviana*) waste powder concise title: Composition of goldenberry juice waste. *Food chemistry* [online]. 2018, vol. 248, s. 1-7. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.117>.

MORONI, A. V., ARENDT, E. K., MORRISSEY, J. P., BELLO, F. D. Development of buckwheat and teff sourdoughs with the use of commercial starters. *International journal of food microbiology* [online]. 2010, vol. 142, iss. 1-2, s. 142-148. ISSN 0168-1605. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.06.014>.

MORRIS, C. F. Grain Quality Attributes for Cereals Other than Wheat. In: WRIGLEY, C., CORKE, H., SEETHARAMAN, K., FAUBION J. *Encyclopedia of Food Grains*. Academic press [online]. 2016, s. 257-261. [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-12-394786-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394437-5.00248-5>.

MOTA, C., SANTOS, M., MAURO, R., SAMMAN, N., MATOS, A. S., TORRES, D., CASTANHEIRA, I. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry* [online]. 2016, vol. 193, s. 55-61. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043>.

MUÑOZ, L. A., COBOS, A., DIAZ, O., AGUILERA, J. M. Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. *Food reviews international* [online]. 2013, vol. 29, iss. 4, s. 394-408. ISSN 8755-9129. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/87559129.2013.818014>.

MUSTAČ, N. Č., NOVOTNI, D., HABUŠ, M., DRAKULA, S., NANJARA, L., VOUČKO, B., NENKOVIĆ, M., ČURIĆ, D. Storage stability, micronisation, and application of nutrient-dense fraction of proso millet bran in gluten-free bread. *Journal of Cereal Science* [online]. 2020, vol. 91, s. 102864. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102864>.

NAIDU, K. A. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition journal* [online]. 2003, vol. 2, iss. 1, s 1-10. ISSN 1475-2891. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-2-7>.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32011R1169>

Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, v platném znění. Dostupné z: <https://openlaws.com/detail/b61d36b4-4f02-4383-b65f-d0438b9ddd96/en/SINGLE>

NASCIMENTO, A. C., MOTA, C., COELHO, I., GUEIFAO, S., SANTOS, M., MATOS, A. S., GIMENEZ, A., LOBO, M., SAMMAN, N., CASTANHEIRA, I. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food chemistry* [online]. 2014, vol. 148, s. 420-426. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155>.

NAVRUZ-VARLI, S., SANLIER, N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science* [online]. 2016, vol. 69, s. 371-376. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>.

NICKLAS, T. A., O'NEIL, C., FULGONI, V. L. Almond Consumption Is Associated with Better Nutrient Intake, Nutrient Adequacy, and Diet Quality in Adults: National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2010. *Food and Nutrition Sciences* [online]. 2016, vol. 7, iss.7, s. 504-515. ISSN 1654-6628. Dostupné z: <https://doi.org/10.4236/fns.2016.77052>.

NICOLAU, A. I., GOSTIN, A. I. Safety of Edible Flowers. In: Prakash, V., Martín-Belloso, O., Keener, L., Astley, S., Braun, S., McMahon, H., Lelieveld, H. *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*. Academic press [online]. Elsevier, 2016. s. 395–419 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-12-800605-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800605-4.00021-9>.

Norma ČSN EN ISO 20483 (461401): *Obiloviny a luštěniny - Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda* (2014) Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-iso-20483-461401-206421.html>

NUUTINEN, T. Medicinal properties of terpenes found in *Cannabis sativa* and *Humulus lupulus*. *European journal of medicinal chemistry* [online]. 2018, vol. 157, s. 198-228. ISSN 0223-5234. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2018.07.076>.

OANCEA, S., OPREAN, L. Anthocyanins, from biosynthesis in plants to human health benefits. *Acta Universitatis Cibinensis, Series E: Food Technology*

[online]. 2011, vol. 15, iss 1. ISSN 2344-150X. Dostupné z: https://saiapm.ulbsibiu.ro/cercetare/ACTA_E/AUCFT_2011_I_3_16.pdf

OGAWA, S., TAKAFUJI, K., TSUBUKU, S., HORIE, Y., IKEGUAWA, S., HIGASHI, T. Isotope-coded derivatization based LC/ESI-MS/MS methods using a pair of novel reagents for quantification of hydroxycinnamic acids and hydroxybenzoic acids in fermented brown rice product. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* [online]. 2017, vol. 142, s. 162-170. ISSN 0731-785 Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.04.035>.

OMARY, M. B., FONG, CH., ROTHSCCHILD, J., FINNEY, P. Effects of germination on the nutritional profile of gluten-free cereals and pseudocereals: a review. *Cereal Chemistry* [online]. 2012, vol. 89, iss.1, s. 1-14. ISSN 0009-0352. Dostupné z: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-01-11-0008>.

OSZMIAŃSKI, J., WOLNIAK, M., WOJDY Ł O, A., WAWER, I. Influence of apple purée preparation and storage on polyphenol contents and antioxidant activity. *Food Chemistry* [online]. 2008, vol. 107, iss. 4, s. 1473-1484. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.003>.

OTTAWAY, P. B. Stability of vitamins during food processing and storage. In: RISBO JENS, A. M. L., SKIBSTED, L. H. *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages*. Woodhead Publishing [online]. Woodhead Publishing Limited. All rights reserved, 2010, s. 539-560 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-1-84569-495-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9781845699260.3.539>.

PANDEY, K. B., RIZVI, S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity* [online]. 2009, vol. 2, iss. 5, s. 270–278. ISSN 1942-0900. Dostupné z: <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>.

PAPAGEORGIU, M., SKENDI, A. Introduction to cereal processing and by-products. In: ANAL, A. K. *Sustainable Recovery and Reutilization of Cereal Processing By-Products*. Woodhead Publishing [online]. John Wiley & Sons, Incorporated, 2018, s. 1-25 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-08-102162-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102162-0.00001-0>.

PARK, Y. S., KIM, S. J., CHANG, H. I. Isolation of anthocyanin from black rice (Heugjinjubyeo) and screening of its antioxidant activities. *Microbiology and Biotechnology Letters* [online]. 2008, vol. 36, iss. 1, s 55-60. ISSN 2234-

<https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200832642387950.page>

PAŠKO, P., SAJEWICZ, M., GORINSTEIN, S., ZACHWIEJA, Z. Analysis of selected phenolic acids and flavonoids in *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* seeds and sprouts by HPLC. *Acta chromatographica* [online]. 2008, 20.4: 661-672. ISSN 2083-5736. Dostupné z: <https://doi.org/10.1556/achrom.20.2008.4.11>.

PATRAS, A., BRUNTON, N. P., O'DONNELL, C., TIWARI, B. K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2010, vol. 21, iss. 1, s. 3-11. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.004>.

PEANPARKDEE, M., PATRAWART, J., IWAMOTO, S. Physicochemical stability and in vitro bioaccessibility of phenolic compounds and anthocyanins from Thai rice bran extracts. *Food Chemistry* [online]. 2020, vol. 329, s. 127157. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127157>.

PEREIRA, C. C., DA SILVA, E. D. N., DE SOUZA, A. O., VIEIRA, M. A., RIBEIRO, A. S., CADORE, S. Evaluation of the bioaccessibility of minerals from blackberries, raspberries, blueberries and strawberries. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2018, vol. 68, s. 73-78. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.12.001>.

PEREZ-REA, D., ANTEZANA-GOMEZ, R. The functionality of pseudocereal starches. In: Sjöö, M., Nilsson, L. *Starch in Food. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* [online]. Elsevier, 2018, s. 509-542 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-08-100868-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00012-3>.

PETERSON, D. M. Composition and nutritional characteristics of oat grain and products. In: MARSHALL, H. G., SORRELLS, M. E. *Oat science and technology. American Society of Agronomy* [online]. 1992, vol. 33, s. 265-292 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-89-118225-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr33.c10>.

PETROVA, P., PETROV, K. Lactic acid fermentation of cereals and pseudocereals: Ancient nutritional biotechnologies with modern

applications. *Nutrients* [online]. 2020, vol, 12, iss. 4, s. 1118. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu12041118>.

PHILLIPS, K. M., COUNCIL-TROCHE, M., MCGINTY, R. C., RASOR, A. S., TARRAGO-TRANI, M. T. Stability of vitamin C in fruit and vegetable homogenates stored at different temperatures. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2016, vol. 45, s. 147-162. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.09.008>.

PILJAC-ŽEGARAC, J., VALEK, L., MARTINEZ, S., BELŠČAK, A. Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage. *Food Chemistry* [online]. 2009, vol. 113, iss. 2, s. 394-400. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.048>.

PRADEEP, P. M., SREERAMA, Y. N. Impact of processing on the phenolic profiles of small millets: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia. *Food chemistry* [online]. 2015, vol. 169, s. 455-463. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.010>.

PRADEEP, P. M., SREERAMA, Y. N. Soluble and bound phenolics of two different millet genera and their milled fractions: Comparative evaluation of antioxidant properties and inhibitory effects on starch hydrolysing enzyme activities. *Journal of Functional Foods* [online]. 2017, vol. 35, s. 682-693. ISSN 1756-4646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.033>.

PRÉSTAMO, G., PEDRAZUELA, A., PEÑAS, E., LASUNCIÓN, M. A., ARROYO, G. Role of buckwheat diet on rats as prebiotic and healthy food. *Nutrition Research* [online]. 2003, vol. 23, iss. 6, s. 803-814. ISSN 0271-5317. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(03\)00074-5](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(03)00074-5).

PRUSINOWSKA, R., ŚMIGIELSKI, K. B. Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula angustifolia* L). A review. *Herba polonica* [online]. 2014, vol. 60, iss. 2, s. 56-66. ISSN 2449-8343. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/hepo-2014-0010>.

QIN, Z., LIU, H. M., CHENG, X. CH., WANG, X. D. Effect of drying pretreatment methods on structure and properties of pectins extracted from Chinese quince fruit. *International journal of biological macromolecules*

[online]. 2019, Vol. 137, s. 801-808. ISSN 0141-8130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.209>.

QIU, Y., LIU, Q., BETA, T. Antioxidant properties of commercial wild rice and analysis of soluble and insoluble phenolic acids. *Food Chemistry* [online]. 2010, vol. 121, iss. 1, s. 140-147. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.021>.

QUATELA, A., CALLISTER, R., PATTERSON, A. J., MCEVOY, M., MACDONALD-WICKS, L. K. The protective effect of muesli consumption on diabetes risk: Results from 12 years of follow-up in the Australian Longitudinal Study on Women's Health. *Nutrition Research* [online]. 2018, vol. 51, s. 12-20. ISSN 0271-5317. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2017.12.007>.

RABABAH, T. M., AL-MAHASNEH, M. A., KILANI, I., YANG, W., ALHAMAD, M. N., EREIFEJ, K., AL-U'DATT, M. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2011, vol. 91, iss. 6, s. 1096-1102. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4289>.

RADZIEJEWSKA-KUBZDELA, E., SZWENGIEL, A., RATAJKIEWICZ, H., NOWAK, K. Effect of ultrasound, heating and enzymatic pre-treatment on bioactive compounds in juice from *Berberis amurensis* Rupr. *Ultrasonics sonochemistry* [online]. 2020, vol. 63, s. 104971. ISSN 1350-4177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.104971>.

RAGAEI, S., ABDEL-AAL, E. S. M., NOAMAN, M. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food chemistry*, 2006, vol. 98, iss. 1, s. 32-38. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.039>.

RAMADAN, M. F. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Research International* [online]. 2011, vol. 44, iss. 7, s. 1830-1836. ISSN 0963-1836. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.042>.

RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine* [online]. 1999,

vol. 2, iss. 9-10, s. 1231-1237. ISSN 0891-5849. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).

REBELLATO, A. P., SILVA, J. G. S., DE PAIVA, E. L., ARISSETO-BRAGOTTO, A. P., PALLONE, J. A. L. Aluminium in infant foods: toxicology, total content and bioaccessibility. *Current Opinion in Food Science* [online]. 2021, vol. 368, s. 130731. ISSN 2214-7993. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.03.016>.

REQUE, P. M., STEFFENS, R. S., JABLONSKI, A., FLÔRES, S. H., RIOS, A. O., DE JONG, E. V. Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits and juice: Anthocyanin stability and antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2014, vol. 33, iss. 1, s. 111-116. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.11.007>.

REPO-CARRASCO, R., ESPINOZA, C., JACOBSEN, S. E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international* [online]. 2003, vol. 19, iss. 1-2, s. 179-189. ISSN 8755-9129. Dostupné z: <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>.

RICHARDSON, D. G. The health benefits of eating hazelnuts: implications for blood lipid profiles, coronary heart disease, and cancer risks. In: *IV International Symposium on Hazelnut 445* [online]. 1996, s. 295-300. ISSN 2406-6168. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.445.39>.

RIOS DE SOUZA, V., PIMENTA PEREIRA, P. A., TEODORO DA SILVA, T. L., CARLOS DE OLIVEIRA, L. L., PIO, R., QUEIROZ, F. Teodoro da Silva TL de Oliveira Lima LC, Pio R, Queiroz F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry* [online]. 2014, vol. 156, s. 362-368. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125>.

ROCHA-VILLARREAL, V., HOFFMANN, J. F., VANIER, N. L., SERNA-ALDIVAR, S. O., GARCÍA-LARA, S. Hydrothermal treatment of maize: Changes in physical, chemical, and functional properties. *Food chemistry* [online]. 2018, vol. 263, s. 225-231. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.003>.

ROS, E. Health benefits of nut consumption. *Nutrients* [online]. 2010, vol. 2, iss. 7, s. 652-682. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu2070652>.

ROUTRAY, W., ORSAT, V. Blueberries and their anthocyanins: factors affecting biosynthesis and properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2011, vol. 10., iss. 6, s. 303-320. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00164.x>.

RUBINSKIENE, M., JASUTIENE, I., VENSKUTONIS, P. R., VISKELIS, P. HPLC determination of the composition and stability of blackcurrant anthocyanins. *Journal of chromatographic science* [online]. 2005, vol. 43, iss. 9, s. 478-482. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/chromsci/43.9.478>.

RUSSELL, W. R., LABAT, A., SCOBBIIE, L., DUNCAN, G. J., DUTHIE, G. G. Phenolic acid content of fruits commonly consumed and locally produced in Scotland. *Food Chemistry* [online]. 2009, vol. 115, iss. 1, s. 100-104. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.086>.

RYBICKA, I., GLISZCZYNSKA-SWIGLO, A. Gluten-Free flours from different raw materials as the source of vitamin B1, B2, B3 and B6. *Journal of nutritional science and vitaminology* [online]. 2017, vol. 63, iss. 2, s. 125-132. ISSN 1881-7742. Dostupné z: <https://doi.org/10.3177/jnsv.63.125>.

SALDIVAR, S. O. S. *Encyclopedia of Food and Health. Cereals: dietary importance* [online]. Elsevier Inc. All rights reserved, 2016, s. 703–711 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-0-12-384947-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00130-6>.

SANG, S., LAPSLEY, K., JEONG, W. S., LACHANCE, P. A., HO, CH. T., ROSEN, R. T. Antioxidative phenolic compounds isolated from almond skins (*Prunus amygdalus* Batsch). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2002, vol. 50, iss. 8, s. 2459-2463. ISSN 1520-5118. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf011533+>.

SAPEI, L. HWA, L. Study on the kinetics of vitamin C degradation in fresh strawberry juices. *Procedia Chemistry* [online]. 2014, vol. 9, s. 62-68. ISSN 1876-6196. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proche.2014.05.008>.

SCAGLIONI, P. T., DE SOUZA, T. D., SCHMIDT, C. G., BADIALE-FURLONG, E. Availability of free and bound phenolic compounds in rice after hydrothermal treatment. *Journal of Cereal Science* [online]. 2014, vol, 60, iss. 3, s. 526-532. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.08.005>.

SCARIOT, M. A., KARLINSKI, L., DIONELLO, R. G., RADÜNZ, A. L., RADÜNZ, L. L. Effect of drying air temperature and storage on industrial and chemical quality of rice grains. *Journal of Stored Products Research* [online]. 2020, vol. 89, s. 101717. ISSN 0022-474X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101717>.

SENHOFA, S., STRAUMITE, E., SABOVICS, M., KLAVA, D., GALOBURDA, R., RAKCEJEVA, T. The effect of packaging type on quality of cereal muesli during storage. *Agronomy Research* [online]. 2015, vol. 13, iss. 4, s. 1064-1073. Dostupné z: https://agronomy.emu.ee/vol134/13_4_20_B5.pdf.

SHAHIDI, F., JOHN, J. A. Oxidation and protection of nuts and nut oils. *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications. Volume 2: Management in different industry sectors. Woodhead Publishing* [online]. 2010, s. 274-305 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-1-84569-983-3. Dostupné z: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113026191>

SHAO, Y., HU, Z., YU, Y., MOU, R., ZHU, Z., BETA, T. Phenolic acids, anthocyanins, proanthocyanidins, antioxidant activity, minerals and their correlations in non-pigmented, red, and black rice. *Food Chemistry* [online]. 2018, vol. 239, s. 733-741. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.009>.

SHAO, Y., XU, F., SUN, X., BAO, J., BETA, T. Phenolic acids, anthocyanins, and antioxidant capacity in rice (*Oryza sativa* L.) grains at four stages of development after flowering. *Food chemistry* [online]. 2014, vol, 143, s. 90-96. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.042>.

SHEWRY, P. R. Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of cereal science* [online]. 2007, vol. 46, iss 3, s. 239-250. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.06.006>.

SHI, J., WU, M., QUAN, M. Effects of protein oxidation on gelatinization characteristics during rice storage. *Journal of Cereal Science* [online]. 2017, vol. 75, s. 228-233. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.04.013>.

SCHLEISIERS, K. H., HARWART, M., BOHM, V., BITSCH, R. Assessment of Antioxidant Activity by Using Different In Vitro Methods. *Free Radical Research* [online]. 2002. vol. 36, s. 177. ISSN 1029-2470. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10715760290006411>.

SCHRÖDTER, R. Influence of harvest and storage conditions on trichothecenes levels in various cereals. *Toxicology letters* [online]. 2004, vol. 153, iss. 1, s. 47-49. ISSN 0378-4574. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2004.04.043>.

SINELLI, N., SPINARDI, A., DI EGIDIO, V., MIGNANI, I., CASURAGHI, E. MIGNANI, I., CASIRAHGI, E. Evaluation of quality and nutraceutical content of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by near and mid-infrared spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol* [online]. 2008, vol. 50, iss. 1, s. 31-36. ISSN 0925-5124. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.013>.

SKRAJDA-BRDAK, M., DAJBROWSKI, G., KONOPKA, I. Edible flowers, a source of valuable phytonutrients and their pro-healthy effects—A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2020, s. 179-199. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.016>.

SLAVIN, J. L., LLOYD, B. Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition* [online]. 2012, vol. 3, iss. 4, s. 506-516. ISSN 2161-8813. Dostupné z: <https://doi.org/10.3945/an.112.002154>.

SQUADRONE, S., BRIZIO, P., STELLA, C., MANTIA, M., PEDERIVAM S., GIORDANENGO, G., PISTONE, G., ABETE, M. C. Distribution and bioaccumulation of trace elements and lanthanides in apples from Northwestern Italy. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* [online]. 2020, vol. 62, s. 126646. ISSN 0946-672 X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126646>.

SRIKUMAR, T. S. The mineral and trace element composition of vegetables, pulses and cereals of southern India. *Food chemistry* [online]. 1993, vol. 46, iss. 2, s. 163-167. ISSN 0308-8146. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90031-A](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90031-A).

STANISAVLJEVIĆ, N., JOVANOVIĆ, Ž., ČUPIĆ, T., LUKIĆ, J., ĐUKIĆ, J. M., RADOVIĆ, S., MIKIĆ, A. Extractability of antioxidants from legume seed flour after cooking and *in vitro* gastrointestinal digestion in comparison with methanolic extraction of the unprocessed flour. *International journal of food science & technology* [online]. 2013, vol. 48, iss. 10, s. 2096-2104. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12191>.

SUI, X., DONG, X., ZHOU, W. Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution. *Food Chemistry* [online]. 2014, vol. 163, s. 163-170. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.075>.

SUMCZYNSKI, D., BUBELOVÁ, Z., FIŠERA, M. Determination of chemical, insoluble dietary fibre, neutral-detergent fibre and *in vitro* digestibility in rice types commercialized in Czech markets. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2015b, vol. 40, s. 8-13. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.007>.

SUMCZYNSKI, D., BUBELOVA, Z., SNEYD, J., ERB-WEBER, S., MLČEK, J. Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. *Food chemistry* [online]. 2015a, vol. 174, s. 319-325. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.065>.

SUMCZYNSKI, D., KOUBOVÁ, R., ŠENKÁROVÁ, L., ORSAVOVÁ, J. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food chemistry* [online]. 2018, vol. 264, s. 386-392. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.061>.

SURIANO, S., IANNUCCI, A., CODIANNI, P., FARES, C., RUSSO, M., PECCHIONI, N., MARCIELLO, U., SAVINO, M. Phenolic acids profile, nutritional and phytochemical compounds, antioxidant properties in colored barley grown in southern Italy. *Food Research International* [online]. 2018, vol. 113, s. 221-233. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.072>.

SZOPA, A., STARZEC, A., EKIERT, H. The importance of monochromatic lights in the production of phenolic acids and flavonoids in shoot cultures of *Aronia melanocarpa*, *Aronia arbutifolia* and *Aronia* × *prunifolia*. *Journal of*

Photochemistry and Photobiology B: Biology [online]. 2018, vol. 179, s. 91-97. ISSN 1011-1344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.01.005>.

SZSO: Český statistický úřad [online]. ©2020 [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2019>

TADDESE, M., DIBABA, K., BAYISSA, W., HUNDE, D., MENDESIL, E., KASSIE, M., MUTUNGI, CH., TEFERA, T. Assessment of quantitative and qualitative losses of stored grains due to insect infestation in Ethiopia. *Journal of Stored Products Research* [online]. 2020, vol. 89, s. 101689. ISSN 0022-474X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101689>.

TAETZSCH, A., DAS, S. K., BROWN, C., KRAUSS, A., SILVER, R. E., ROBERTS, S. B. Are gluten-free diets more nutritious? An evaluation of self-selected and recommended gluten-free and gluten-containing dietary patterns. *Nutrients* [online]. 2018, vol. 10, iss. 12, s. 1881. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu10121881>.

TAKAHASHI, J. A., Rezenda, F. A. G. G., Moura, M. A. F., Dominguet, L. C. B., Sande, D. Edible flowers: Bioactive profile and its potential to be used in food development. *Food Research International* [online]. 2020, vol. 129, s. 108868. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108868>.

TAŞ, N. G., GÖKMEN, V. Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: a brief review. *Current Opinion in Food Science* [online]. 2017, vol. 14, s. 103-109. ISSN 2214-7993. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.03.001>.

TENG, H., FANG, T., LIN, Q., SONG, H., LIU, B., CHEN, L. Red raspberry and its anthocyanins: Bioactivity beyond antioxidant capacity. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2017, vol. 66, s. 153-165. ISSN 0924-2244. Dstupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.015>.

TERIBIA, N., BUVÉ, C., BONERZ, D., ASCHOFF, J., GOOS, P., HENDRICKX, M., VAN LOEY, A. The effect of thermal processing and storage on the color stability of strawberry puree originating from different cultivars. *LWT* [online]. 2021, vol. 145, s. 111270. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111270>.

THEETHIRA, T. G., DENNIS, M., LEFFLER, D. A. Nutritional consequences of celiac disease and the gluten-free diet. *Expert review of gastroenterology & hepatology* [online]. 2014, vol. 8, iss. 2, s. 123-129. ISSN 1747-4124. Dostupné z: <https://doi.org/10.1586/17474124.2014.876360>.

TI, H., LI, Q., ZHANG, R., ZHANG, M., DENG, Y., WEI, Z., CHI, J., ZHANG, Y. Free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of milled fractions of different indica rice varieties cultivated in southern China. *Food chemistry* [online]. 2014, vol. 159, s. 166-174. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.029>.

TONG, Y., DENG, H., KONG, Y., TAN, CH., CHEN, J., WAN, M., YAN, T., MENG, X., LI, L. Stability and structural characteristics of amylopectin nanoparticle-binding anthocyanins in *Aronia melanocarpa*. *Food chemistry* [online]. 2020, vol. 311, s. 125687. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125687>.

TORSKANGERPOLL, K., ANDERSEN, Ø.M. Colour stability of anthocyanins in aqueous solutions at various pH values. *Food chemistry* [online]. 2005, vol. 89, iss. 3, s. 427-440. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.002>.

TSIACHRISTAS, A., SMITH, A. D. B-vitamins are potentially a cost-effective population health strategy to tackle dementia: Too good to be true?. *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions* [online]. 2016, vol. 2, iss. 3, s. 156-161. ISSN 2352-8737. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trci.2016.07.002>.

TUOHETI, Y., ITOI, E., PRADHAN, R. L., WAKABAYASHI, I., TAKAHASHI, S., MINAGAWA, H., KOBAYASHI, M., OKADA, K., SHIMADA, Y. Apoptosis in the supraspinatus tendon with stage II subacromial impingement. *Journal of shoulder and elbow surgery* [online]. 2005, vol. 14, iss. 5, s. 535-541. ISSN 1058-2746. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2005.01.001>.

VAKNIN, H., BAR-AKIVA, A., OVADIA, R., NISSIM-LEVI, A., FORER, I., WEISS, D., OREN-SHAMIR, M. Active anthocyanin degradation in *Brunfelsia calycina* (yesterday–today–tomorrow) flowers. *Planta* [online]. 2005, vol. 222, iss. 1, s. 19-26. ISSN 0032-0935. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00425-005-1509-5>.

VALCHEVA-KUZMANOVA, S., DENEV, P., EFTIMOV, M., GEORGIEVA, A., KUZMANOVA, V., KUZMANOV, A., KUZMANOV, K., TZANEVA, M. Protective effects of Aronia melanocarpa juices either alone or combined with extracts from Rosa canina or Alchemilla vulgaris in a rat model of indomethacin-induced gastric ulcers. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2019, vol. 132, s. 110739. ISSN 0278-6915. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110739>.

VAN HUNG, P., MORITA, N. Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities. *Food chemistry* [online]. 2008, vol. 109, iss. 2, s. 325-331. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.060>.

VELASCO, J., DOBARGANES, C., MÁRQUEZ-RUIZ, G. Oxidative rancidity in foods and food quality. In: RISBO, J., ANDERSEN, M. L., SKIBSTED, L. H. *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages*. Woodhead Publishing [online]. 2010, s. 3-32 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-1-84569-495-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9781845699260.1.3>.

VERMA, R., RAHMAN, L., CHANOTIYA, CH., VERMA, R., CHAUHAN, A., YADAV, A., SINGH, A., YADAV, A. Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* Mill. cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India. *Journal of the serbian chemical society* [online]. 2010, vol. 75, iss. 3, s. 343-348. ISSN 0352-5139. Dostupné z: <https://doi.org/10.2298/JSC090616015V>.

VICHAPONG, J., SOOKSERM, M., SRIJESDARUK, V., SWATSITANG, P., SRIJARANAI, S. High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties. *LWT-Food Science and Technology* [online]. 2010, vol. 43, iss. 9, s. 1325-1330. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.007>.

Vyhláška č. 18/2020 Sb. Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta

Vyhláška č. 18/2020 Sb. Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-18>

WALL, M. M. Functional lipid characteristics, oxidative stability, and antioxidant activity of macadamia nut (*Macadamia integrifolia*) cultivars. *Food Chemistry* [online]. 2010, vol. 121, iss. 4, s. 1103-1108. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.057>.

WANG, H., WANG, J., QIU, C., YE, Y., GUO, X., CHEN, G., LI, T., WANG, Y., FU, X., LIU, R. H. Comparison of phytochemical profiles and health benefits in fiber and oil flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.). *Food chemistry* [online]. 2017, vol. 214, s. 227-233. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.075>.

WANG, L., LI, Y. M., LEI, L., LIU, Y., WANG, X., MA, K. Y., CHEN, Z. Y. Cranberry anthocyanin extract prolongs lifespan of fruit flies. *Experimental gerontology* [online]. 2015, vol. 69, s. 189-195. ISSN 0531-5565. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2015.06.021>.

WANG, X., CUI, W., WANG, M., LIANG, Y., ZHU, G., JIN, T., CHEN, X. The association between life-time dietary cadmium intake from rice and chronic kidney disease. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [online]. 2021, vol. 211, s. 111933. ISSN 0147-6513. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111933>.

WHITTAKER, A., SOFI, F., LUISI, M. E., RAFANELLI, E., FIORILLO, C., BECATTI, M., ABBATE, R., CASINI, A., GENSINI, G. F., BENEDETTELLI, S. An organic khorasan wheat-based replacement diet improves risk profile of patients with acute coronary syndrome: a randomized crossover trial. *Nutrients* [online]. 2015, vol. 7, iss.5, s. 3401-3415. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu7053401>.

WONGWICHAI, T., TEEYAKASEM, P., PRUKSAKORN, D., KONGTAWELERT, P., POTHACHAROEN, P. Anthocyanins and metabolites from purple rice inhibit IL-1 β -induced matrix metalloproteinases expression in human articular chondrocytes through the NF- κ B and ERK/MAPK pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy* [online]. 2019, vol. 112, s. 108610 ISSN 0753-3322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108610>.

WRIGLEY, C. W., BATEY, I. L. *Cereals grains* [online]. United Kingdom: Woodhead Publishing, 2019 [cit. 2021-05-17]. ISBN 978-1-84569-952-9 (elektronická verze). Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=uZFwAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=WRIGLEY,++Cereals&ots=DLNVA7yA&sig=2e4Rs7GgHVNJ_EFbsaLkfO-Bcxg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

WROLSTAD, R. E., Anthocyanin Pigments-Bioactivity and Coloring Properties. *Journal of Food Science* [online]. 2004, vol. 69, iss. 5, s. C419-C425. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10709.x>.

WU, S. B., LONG, CH., KENNELLY, E. J. Phytochemistry and health benefits of jaboticaba, an emerging fruit crop from Brazil. *Food Research International* [online]. 2013, vol. 54, iss. 1, s. 148-159. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.021>.

WU, N. N., LI, H. H., TAN, B., ZHANG, M., XIAO, Z. G., TIAN, X. H., ZHAI, X. T., LIU, M., LIU, Y. X., WANG, L. P., GAO, K. Free and bound phenolic profiles of the bran from different rice varieties and their antioxidant activity and inhibitory effects on α -amylase and α -glucosidase. *Journal of Cereal Science* [online]. 2018, vol. 82, s. 206-212. ISSN 0733-5210. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.06.013>.

WU, S. J., NG, L. T., HUANG, Y. M., LIN, D. L., WANG, S. S., HUANG, S. N., LIN, CH. CH. Antioxidant activities of *Physalis peruviana*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* [online]. 2005, vol. 28, iss. 6, s. 63-966. ISSN 1347-5215. Dostupné z: <https://doi.org/10.1248/bpb.28.963>.

WU, S., SHEN, D., WANG, R., LI, Q., MO, R., ZHENG, Y., ZHOU, Y., LIU, Y. Phenolic profiles and antioxidant activities of free, esterified and bound phenolic compounds in walnut kernel. *Food Chemistry* [online]. 2021, vol. 350, s. 129217. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129217>.

YAMAN, M., ÇATAK, J., UĞUR, H., GÜRBÜZ, M., BELLİ, I., TANYILDIZ, S. N. Y. H., CENGİZ, S. Y. B. B., KIŞMIROĞLU, C., ÖZÜR, B., YALDIZ, M. C. The bioaccessibility of water-soluble vitamins: A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2021, vol. 109, s. 552-563. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.056>.

YAO, J., CHEN, J., YANG, J., HAO, Y., FAN., Y., WANG., CH., LI, N. Free, soluble-bound and insoluble-bound phenolics and their bioactivity in raspberry pomace. *LWT* [online]. 2021, vol. 135, s. 109995. ISSN 0023-6438. Dostupné z: [0.1 https://doi.org/1016/j.lwt.2020.109995](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109995).

YASSA, H. A. Autism: a form of lead and mercury toxicity. *Environmental toxicology and pharmacology* [online]. 2014, vol. 38, iss. 3, s. 1016-1024. ISSN 1382-6689. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2014.10.005>.

YIGZAW, Y., GORTON, L., AKALU, G., SOLMON, T. Fermentation of teff (*Eragrostis tef*), grass-pea (*Lathyrus sativus*), and their mixtures: Aspects of nutrition and food safety. *Lathyrus lathyrism newsletter* [online]. 2001, vol. 2, s. 8-10. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Isaura-Martin-2/publication/242166717_Morphological_characterisation_of_Spanish_genetic_resources_of_Lathyrus_sativus_L/links/541dc92b0cf2218008d1d698/Morphological-characterisation-of-Spanish-genetic-resources-of-Lathyrus-sativus-L.pdf#page=11

YOU, Q., WANG, B., CHEN, F., HUANG, Z., WANG, X., LUO, P. G. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. *Food Chemistry* [online]. 2011, vol. 125, iss. 1, s. 201-208. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.063>.

YOUSAF, L., HOU, D., LIAQAT, H., SHEN, Q. Millet: a review of its nutritional and functional changes during processing. *Food Research International* [online]. 2021, vol. 142, s. 110197. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110197>.

ZENG, Z., HU, X., MCCLEMENTS, D. J., LUO, S., LIU, CH., GONG, E., HUANG, K. Hydrothermal stability of phenolic extracts of brown rice. *Food chemistry* [online]. 2019, vol. 271, s. 114-121. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.180>.

ZHANG, W., SHEN, Y., PAN, H., LIN, K., LIU, X., DARVELL, B. W., LU, W. W., CHANG, J., DENG, L., WANG, D., HUANG, W. Effects of strontium in modified biomaterials. *Acta Biomaterialia* [online]. 2011, vol. 7, iss. 2, s. 800-808. ISSN 1742-7061. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2010.08.031>.

ZHANG, Y., LIN, Y., HUANG, L., TEKLIYE, M., RASHEED, H. A., DONG, M. Composition, antioxidant, and anti-biofilm activity of anthocyanin-rich aqueous extract from purple highland barley bran. *LWT* [online]. 2020, vol. 125, s. 109181. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109181>.

ZHAO, L., FAN, H., ZHANG, M., CHITRAKAR, B., BHANDARI, B., WANG, B. Edible flowers: Review of flower processing and extraction of bioactive compounds by novel technologies. *Food Research International* [online]. 2019, vol. 126, s. 108660. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108660>.

ZHAO, Q., LIN, J., WANG, CH., YOUSAF, L., XUE, Y., SHEN, Q. Protein structural properties and proteomic analysis of rice during storage at different temperatures. *Food Chemistry* [online]. 2021, vol. 361, s. 130028. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130028>.

ZHENG, J., MEENU, M., XU, B. A systematic investigation on free phenolic acids and flavonoids profiles of commonly consumed edible flowers in China. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* [online]. 2019, vol. 172, s. 268-277. ISSN 0731-7085. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.05.007>.

ZIELINSKI, H., KOZLOWSKA, H., LEWCZUK, B. Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2001, vol. 2, iss. 3, s. 159-169. ISSN 1466-8564. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(01\)00040-6](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(01)00040-6).

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Müsli směs č. 1

Obr. 2 Müsli směs č. 2

Obr. 3 Müsli směs č. 3

Obr. 4 Müsli směs č. 4

Obr. 5 Müsli směs č. 5

Obr. 6 Müsli směs č. 6

Obr. 7 Müsli směs č. 7

Obr. 8 Müsli směs č. 8

9. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Složení müsli směsí s obsahem lepku

Tabulka 2: Složení müsli směsí bez lepku

Tabulka 3: Výsledky stanovení obsahu základních nutričních znaků a stanovení *in vitro* stravitelnosti

Tabulka 4: Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů (TPC)

Tabulka 5: Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů v rámci pilotního ročního skladování

Tabulka 6: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích

Tabulka 7: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích

Tabulka 8: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích

Tabulka 9: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích v rámci pilotního skladování

Tabulka 10: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích v rámci pilotního skladování

Tabulka 11: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích v rámci pilotního skladování

Tabulka 12: Výsledky stanovení obsahu vitamínů B-komplexu pomocí HPLC

Tabulka 13: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH

Tabulka 14: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH v rámci ročního skladovacího pokusu

Tabulka 15: Stanovení antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC

Tabulka 16: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů pomocí HPLC v rámci ročního skladování

Tabulka 17: Obsah vybraných prvků v müsli směsích v mg.kg^{-1}

Tabulka 18a: Obsah vybraných prvků v müsli směsích v $\mu\text{g.kg}^{-1}$

Tabulka 18b: Obsah vybraných prvků v müsli směsích v $\mu\text{g.kg}^{-1}$

Tabulka 19: Výsledky stanovení obsahu základních nutričních znaků

Tabulka 20: Výsledky stanovení obsahu sušiny a hrubé bílkoviny v rámci definovaných skladovacích podmínek

Tabulka 21: Výsledky stanovení celkového obsahu TPC v rámci skladovacího pokusu za definovaných podmínek

Tabulka 22: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích na počátku skladování

Tabulka 23: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích na počátku skladování

Tabulka 24: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích na počátku skladování

Tabulka 25: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích za nepřístupu světla

Tabulka 26: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích při skladování za přístupu světla

Tabulka 27: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve volných frakcích při skladování v termostatu ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Tabulka 28: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích při skladování za nepřístupu světla

Tabulka 29: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích při skladování za přístupu světla

Tabulka 30: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů v konjugovaných frakcích při skladování v termostatu ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Tabulka 31: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích při skladování za nepřístupu světla

Tabulka 32: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích při skladování za přístupu světla

Tabulka 33: Výsledky stanovení vybraných polyfenolů ve vázaných frakcích při skladování v termostatu (40 °C)

Tabulka 34: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH na počátku skladovacího pokusu

Tabulka 35: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou s ABTS za definovaných skladovacích podmínek

Tabulka 36: Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH za definovaných skladovacích podmínek

Tabulka 37: Stanovení celkových antokyanů za definovaných skladovacích podmínek

Tabulka 38: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů na počátku skladování

Tabulka 39: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů při skladování za nepřístupu světla

Tabulka 40: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů při skladování v termostatu (40 °C)

Tabulka 41: Výsledky stanovení antokyaninů a antokyanidinů při skladování za přístupu světla

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ABTS – 2,2'-azinobis (3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát)

AI – Adequate intake (adekvátní denní příjem)

AOA – antioxidační aktivita

CCT – Collision Cell Technology

CF – Crude Fiber (hrubá vláknina)

ČR – Česká republika

DAD – Diode-Array Detector (detektor diodového pole)

DPPH – (1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl) hydrazyl

DMD – Dry Matter Digestibility (stravitelnost sušiny vzorku)

EFA – Essential Fatty Acids (esenciální mastné kyseliny)

EFSA – European Food Safety Authority

EU – Evropská unie

GIT – gastrointestinální systém

HPLC – High Performance Liquid Chromatography (vysokoúčinná kapalinová chromatografie)

ICP-MS – Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem)

MUFA – Monounsaturated fatty acids (mononenasyčené mastné kyseliny)

NDČ – neutrálně-detergentní činidlo

NDF – Neutral-Detergent Fiber (neutrálně-detergentní vláknina)

NDR – neutrálně-detergentní roztok

OMD – Organic Matter Digestibility (stravitelnost organické hmoty vzorku)

PUFA – Polyunsaturated Fatty Acids (polynenasycené mastné kyseliny)

RDA – Recommended Dietary Allowance (referenční hodnota příjmu)

RTE – ready-to-eat-cereals

SFA – Saturated Fatty Acids (nasycené mastné kyseliny)

TAC – Total Anthocyanin Content (celkový obsah antokyanů)

TPC – Total Phenolic Content (celkový obsah polyfenolů)

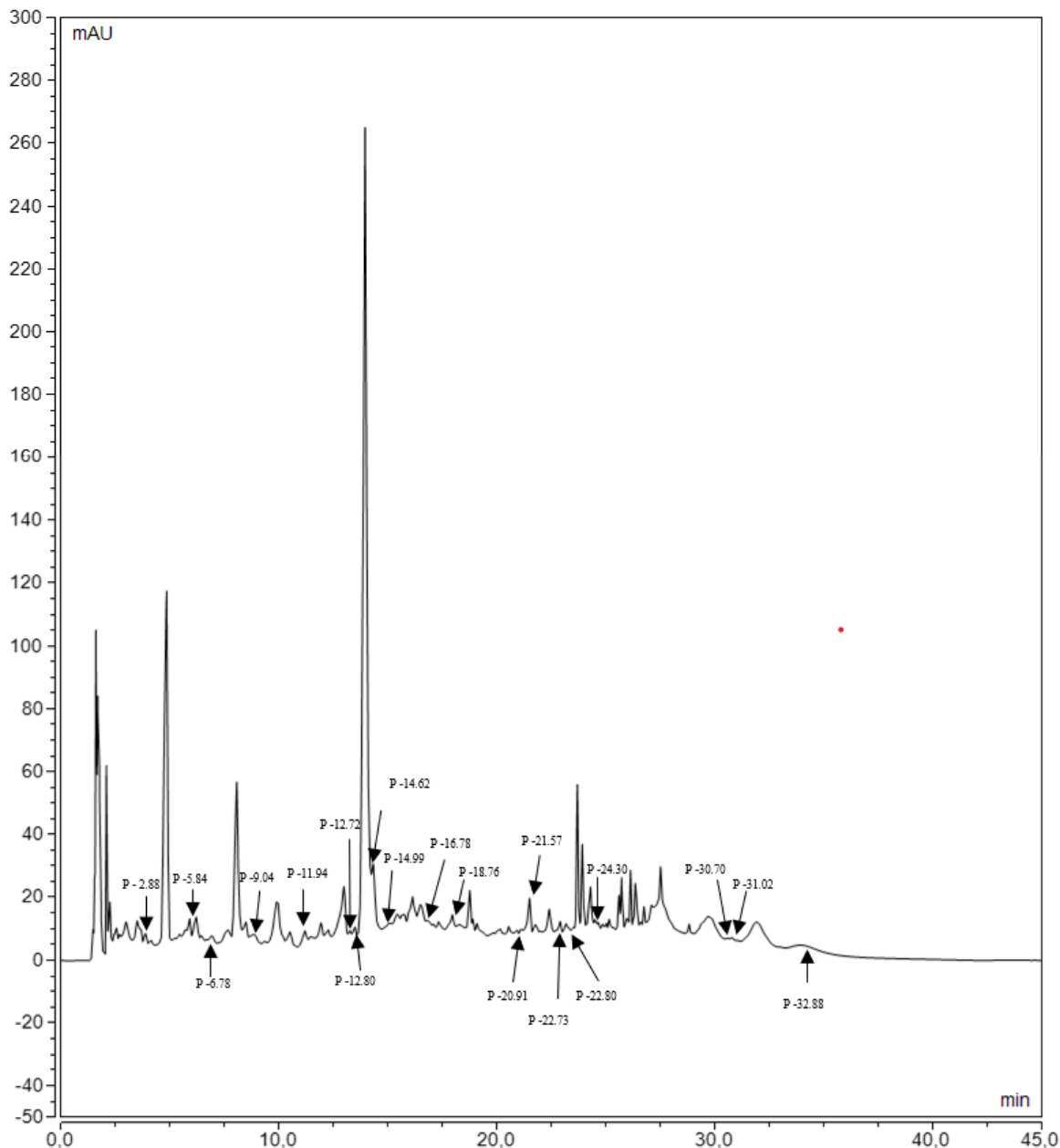
UACHP – Ústav analýzy a chemie potravin

UK – United Kingdom

UV – ultrafialové záření

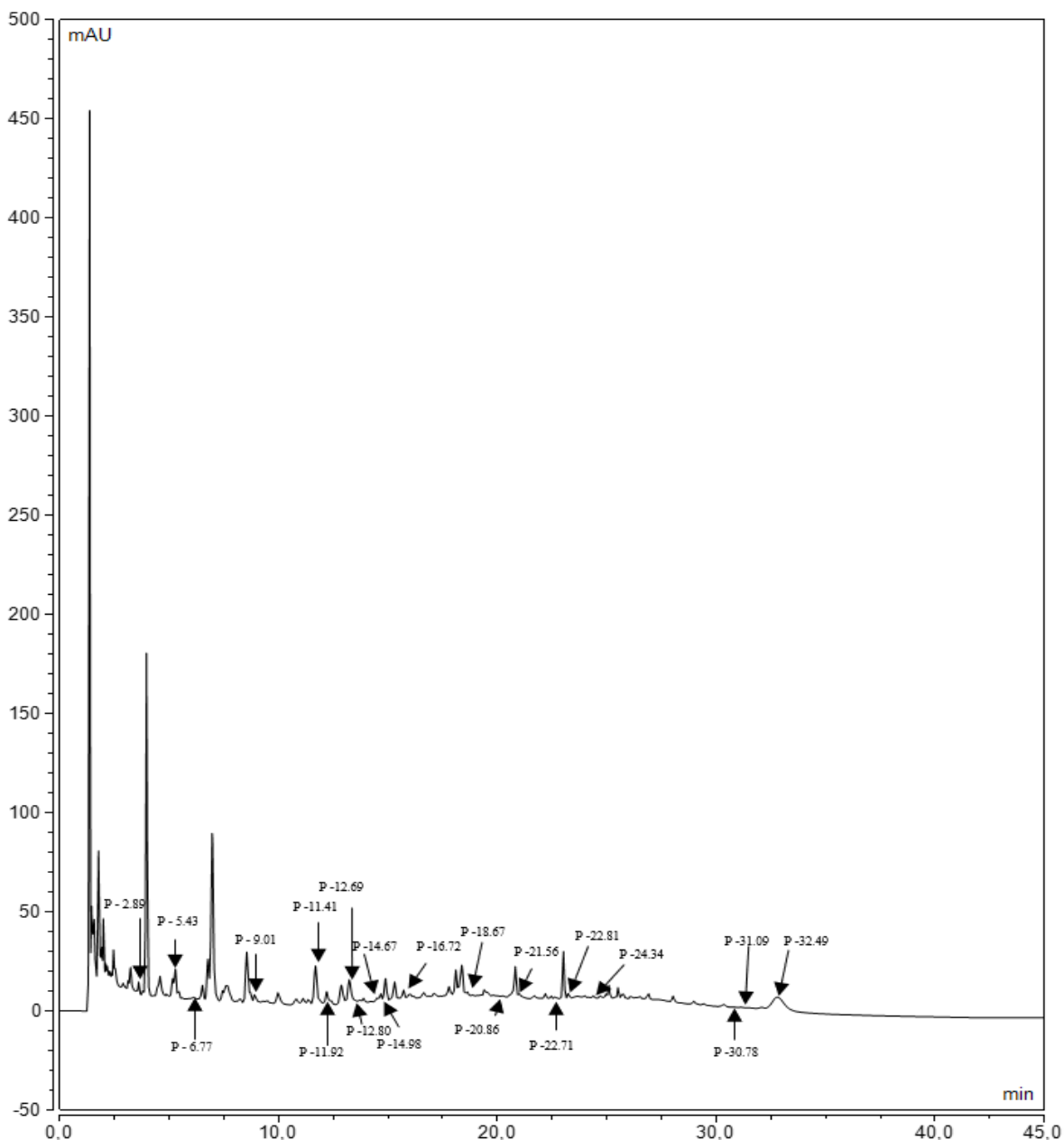
USA – *United States* of America

11. PŘÍLOHA I



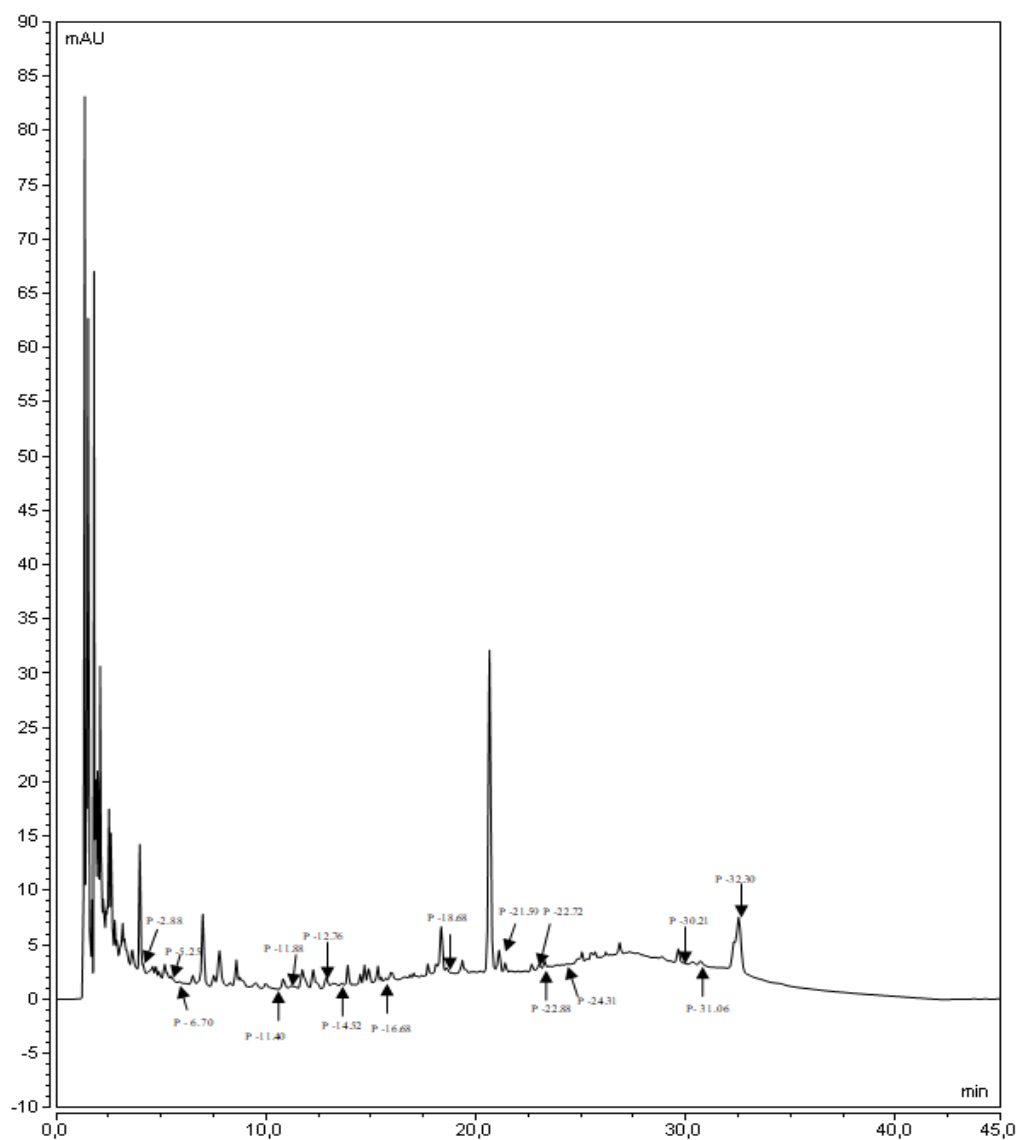
Obrázek 1: HPLC chromatogram volných polyfenolických látek v mšiši směsi M1; detekce při vlnové délce 275 nm.

(A) P-2,88 (kyselina gallová), P-5,84 (kyselina protokatechinová), P-9,04 (kyselina *p*-Hydroxybenzoová), P-11,94 (katechin), P-12,72 (kyselina chlorogenová), P-12,80 (kyselina vanilová), P-14,62 (kyselina kávová), P-14,99 (kyselina syringová), P- 16,78 (epikatechin), P-18,76 (kyselina *p*-kumarová), P-20,91 (kyselina ferulová), P-21,57 (kyselina sinapová), P-22,73 (kyselina ellagová), P-22,80 (rutin), P-24,30 (kyselina *o*-kumarová), P-30,70 (kyselina skořicová), P-31,02 (kaempferol), P- 32,88 (kvercetin)



Obrázek 2: HPLC chromatogram konjugovaných polyfenolických látek v müsli směsi M1; detekce při vlnové délce 275 nm.

(B) P-2,89 (kyselina gallová), P-5,43 (kyselina protokatechinová), P-6,77 (kyselina neochlorogenová), P-9,01 (kyselina *p*-Hydroxybenzoová), P-11,41 (epigallokatechin) P-11,92 (katechin), P-12,69 (kyselina vanilová), P-12,80 (kyselina chlorogenová), P-14,67 (kyselina kávová), P-14,98 (kyselina syringová), P-16,72 (epikatechin), P-18,67 (kyselina *p*-kumarová), P-20,86 (kyselina ferulová), P-21,56 (kyselina sinapová), P-22,71 (kyselina ellagová), P-22,81 (rutin), P-24,34 (kyselina *o*-kumarová), P-30,78 (kyselina skořicová), P-31,09 (kaempferol), P-32,49 (kvercetin)



Obrázek 3: HPLC chromatogram vázaných polyfenolických látek v müsli směsi M1; detekce při vlnové délce 275 nm.

(C) P-2,89 (kyselina gallová), P-5,25 (kyselina protokatechinová), P-6,70 (kyselina neochlorogenová), P-11,40 (epigallokatechin) P-11,88 (katechin), P-12,76 (kyselina chlorogenová), P-14,52 (kyselina kávová), P-16,68 (epikatechin), P-18,68 (kyselina *p*-kumarová), P-21,59 (kyselina sinapová), P-22,72 (kyselina ellagová), P-22,88 (rutin), P-24,31 (kyselina *o*-kumarová), P-30,21 (kyselina skořicová), P-31,06 (kaempferol), P-32,30 (kvercetin)

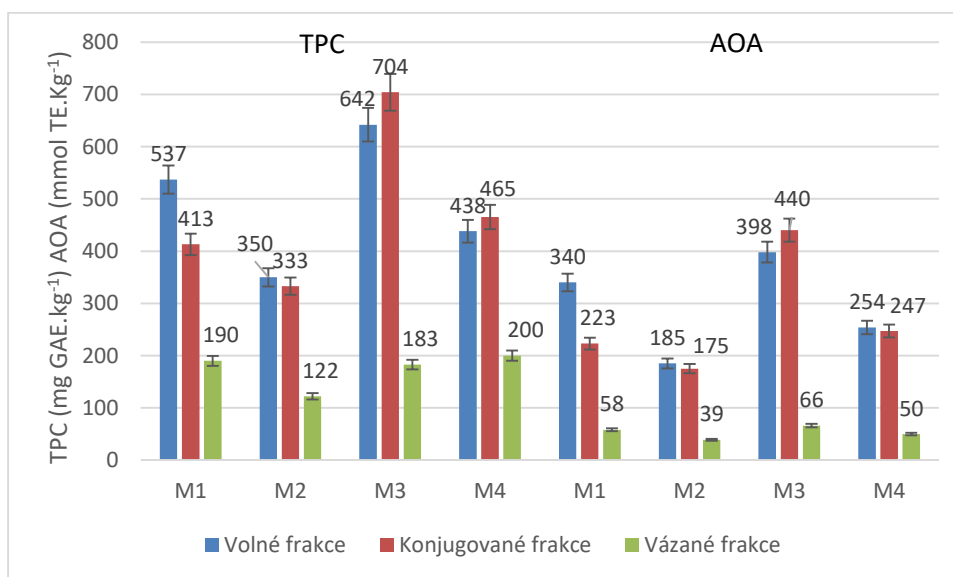
12. PŘÍLOHA II

Denní příjem vitamínů skupiny B z müsli směsí a příspěvek směsi k jednotlivým hodnotám RDA nebo AI

Vitamín	Denní příjem (mg/den)	RDA, AI* (Ž) (mg/den)	RDA, AI* (M) (mg/den)	RDA, AI* (Ž) (%)	RDA, AI* (M) (%)
Tiamin	0,70–1,66	1,1	1,2	64–151	58–138
Riboflavin	2,55–4,86	1,1	1,3	232–442	196–374
Niacin	0,11–0,74	14	16	0,8–5,3	0,7–4,6
Kyselina pantotenová	6,2–12,3	5*	5*	124–246	124–246
Pyridoxin	0,04–0,70	1,3	1,3	3–54	3–54
Kyselina listová	0,10–0,62	0,4	0,4	25–155	25–155

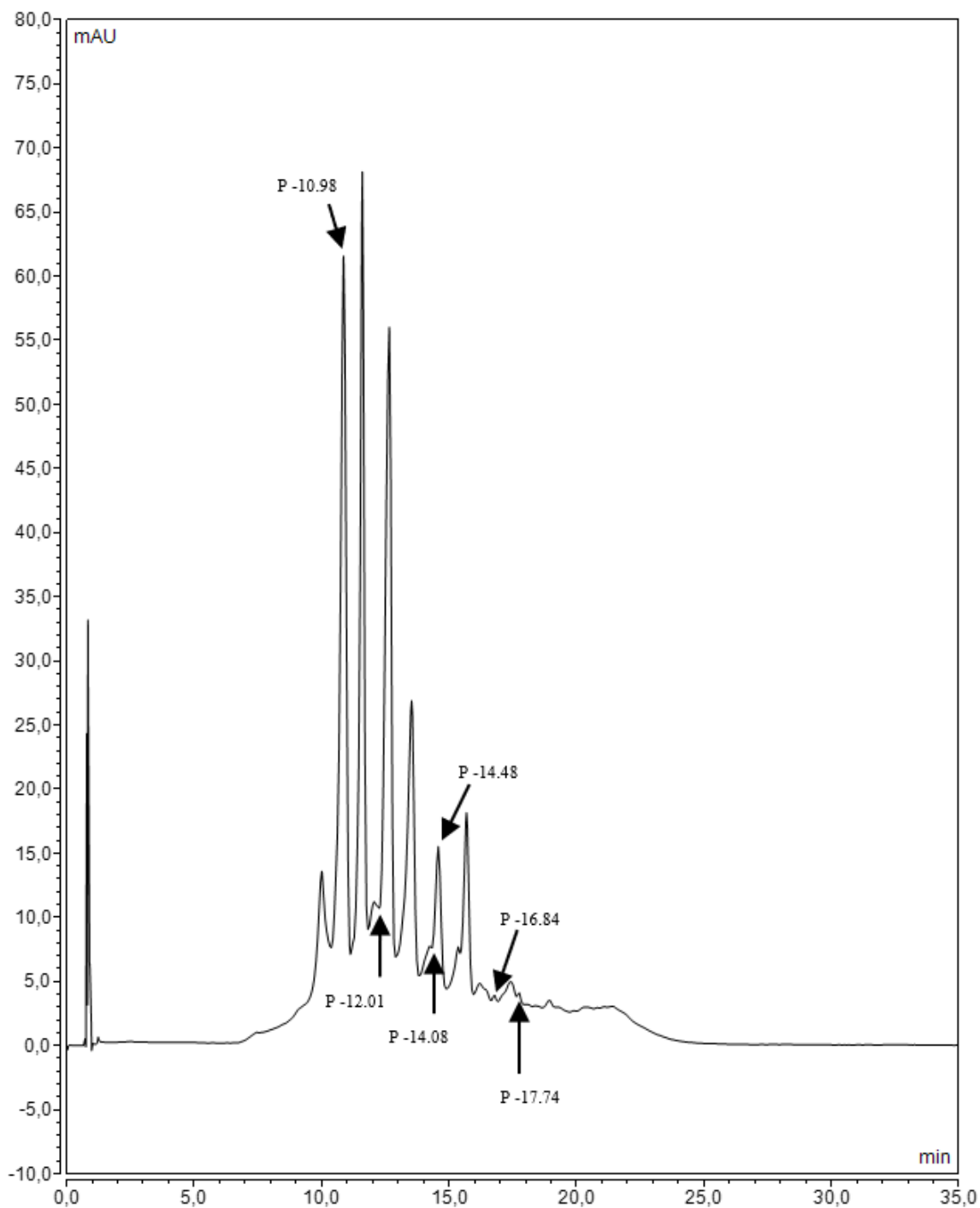
AI*: Adekvátní denní příjem (*). RDA: Referenční hodnota příjmu. M: muž 31–50 let; F: žena ve věku 31–50 let. Velikost porce müsli směsi byla stanovena na 50 g.

13. PŘÍLOHA III



Graf 1: Výsledky celkových TPC a AOA metodou s ABTS

14. PŘÍLOHA IV



Obrázek 4: HPLC chromatogram antokyanů a antokyanidinů v müsli směsi M6; detekce při vlnové délce 520 nm.

(10) P-10,98 (kyanidin-3-glukosid), P-12,01 (kyanidin-3-rutinosid), P-14,08 (delfinidin), P-14,48 (peonidin-3-glukosid), P-16,84 (pelargonidin), P-17,74 (peonidin)

15. PŘÍLOHA V

Denní příjem minerálních prvků z müsli směsí a příspěvek směsi k jednotlivým hodnotám RDA nebo AI

Prvky	Rozmezí (mg.kg ¹⁾)	Denní příjem (mg/den)	RDA, AI* (Ž) (mg/den)	RDA, AI* (M) (mg/den)	RDA, AI* (Ž) (%)	RDA, AI* (M) (%)
Mg	1760–2530	88–127	320	420	28–40	21–30
P	3740–4180	187–209	700	700	27–30	27–30
K	2750–4730	138–237	4700*	4700*	3–5*	3–5*
Ca	1640–2650	82–133	1000	1000	8–13	8–13
Na	124–160	6,2–8,0	1500*	1500*	< 0,5	< 0,5
Mn	17,4–59,7	0,9–3,0	1,8*	2,3*	50–167	39–130
Fe	87,5–152	4,4–7,6	18	8	24–42	55–95
Cu	5,30–23,7	0,27–1,20	0,9	0,9	30–133	30–133
Zn	21,5–74,2	1,08–3,71	8	11	14–46	10–34
Cr	0,0021–0,0211	0,0001–0,0011	0,025*	0,035*	0,4–4,0	0,3–3,0
Se	0,00781–0,01760	0,0004–0,0009	0,055	0,055	0,7–2,0	0,7–2,0

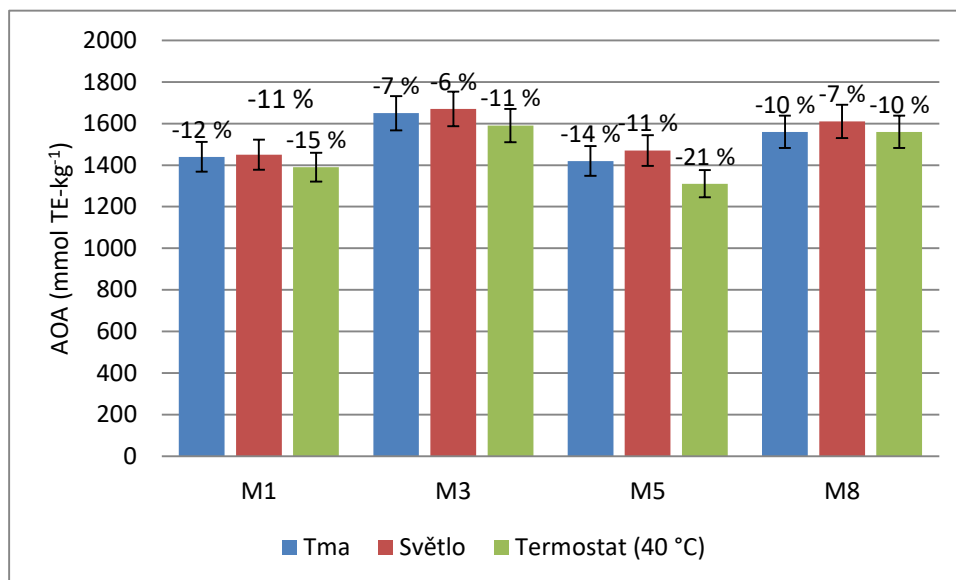
AI*: Adekvátní denní příjem (*). RDA: Referenční hodnota příjmu. M: muž 31–50 let; F: žena ve věku 31–50 let. Velikost porce müsli směsi byla stanovena na 50 g.

Příjem toxických prvků z müsli směsí a příspěvek směsí k jejich toxickým hodnotám

Prvky	Rozmezí ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Denní příjem (μg)	Týdenní/Měsíční* příjem (μg)	PTWI, PTMI* ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	PTWI/PTMI* (Ž, 65 kg), (%)	PTWI/PTMI* (M, 80 kg), (%)
Al	5410–13400	271–670	1900–4690	2000	2–4	1–3
Cd	1,05–1,83	0,05–0,09	1,5–2,7	25*	< 0,1*	< 0,1*
Sn	0,43–1,12	0,02–0,06	0,14–0,42	14000	< 0,001	< 0,001
Hg	1,43–2,88	0,07–0,14	0,49–0,98	4	< 0,4	< 0,3

PTWI: Přechodný tolerovatelný týdenní příjem. PTMI: Přechodný tolerovatelný měsíční příjem. Týden 7 dní, měsíc 30 dní. M muž, 80 kg; Ž: žena 65 kg. Velikost porce müsli směsí byla stanovena na 50 g.

16. PŘÍLOHA VI



Graf 2: Výsledky stanovení AOA metodou s ABTS za definovaných podmínek

17. PUBLIKAČNÍ AKTIVITY AUTORA

- 1) KOUBOVÁ, E., MRÁZKOVÁ, M., SUMCZYNSKI, D., ORSAVOVÁ, J. *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* [online]. 2018, vol. 98, iss. 9, s. 3014-3021. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8800>.
- 2) MRÁZKOVÁ, M., SUMCZYNSKI, D., ORSAVOVÁ, J. Non-traditional muesli mixtures supplemented by edible flowers: Analysis of nutritional composition, phenolic acids, flavonoids and anthocyanins. *Plant Foods for Human Nutrition* [online]. 2021, vol. 76, iss. 3, s. 371-376. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00918-3>.
- 3) ŠŤASTNÁ, K., MRÁZKOVÁ, M., SUMCZYNSKI, D., CINDIK, B., YAIÇIN, E. The nutritional value of non-traditional gluten-free flakes and their antioxidant activity. *Antioxidants* [online]. 2019, vol. 8, iss. 11, s. 565. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox8110565>.

18. ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA

OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Ing. Martina Mrázková
Datum narození: 19. 11. 1990
Adresa: Dobrkovice 89, 763 07
Telefon: 728 547 288
E-mail: mmrazkova@utb.cz
Státní příslušnost: ČR
Národnost: česká

VZDĚLÁNÍ

2016 – dosud Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Technologická fakulta, doktorský studijní program Chemie a technologie potravin, obor Technologie potravin
2014 – 2016 Mendlova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, obor Ekotrofologie
2011 – 2014 Mendlova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, obor Chemie a technologie potravin
2007 – 2011 Tauferova SOŠ veterinární, Kroměříž

ÚČAST NA PROJEKTECH

2020 IGA/FT/2020/010
Nutriční znaky netradičních surovinových komponent
(člen řešitelského týmu)

2019 IGA /FT/2019/004
Analýza nutričních hodnot a bioaktivních látek v netradičních surovinových komponentech a výrobcích z nich
(hlavní řešitel)

2018 IGA/FT/2018/006
Stanovení nutričních znaků rostlinných surovinových komponent
(člen řešitelského týmu)

2107 IGA/FT/2017/006
Stanovení obsahů biologicky aktivních látek v rostlinných produktech a sledování jejich změn vlivem technologického zpracování
(člen řešitelského týmu)

