



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Dizertační práce

**NUTRIČNÍ A TECHNOLOGICKÁ
CHARAKTERISTIKA SUŠENEK S OBSAHEM
NETRADIČNÍCH SUROVIN**

**NUTRITION AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF BISCUITS WITH NON-TRADITIONAL RAW
MATERIALS**

Autor: Ing. Kristýna Šťastná

Studijní program: P2901 Chemie a technologie potravin

Studijní obor: 2901V013 Technologie potravin

Školitel: doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.
Konzultant: doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.

Oponenti: prof. RNDr. Leona Buňková, Ph.D.
doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.
doc. Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

Zlín, září 2023

© Kristýna Šťastná

Klíčová slova: *sušenky, netradiční obiloviny, jedlé květy, polyfenoly, antioxidační aktivita, HPLC*

Key words: *biscuits, non-traditional cereals, edible flowers, phenolics, antioxidant activity, HPLC*

Práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

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

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě chci poděkovat doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení dizertační práce a řadu cenných rad. Dále chci poděkovat své konzultantce doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za odborné rady spojené s technologií výroby sušenek. Také děkuji Ing. Lence Fojtíkové a Renatě Zelinové za výpomoc během práce v laboratoři a v neposlední řadě kolegům za vytvoření skvělého pracovního prostředí.

Zvláštní poděkování pak patří zejména mamince, babince a partnerovi za trpělivost a neskutečnou podporu během celého doktorského studia.

ABSTRAKT

Sušenky jsou vhodnou matricí pro obohacování netradičními surovinami s vyšší biologickou hodnotou. V rámci experimentu byly analyzovány tři řady vzorků vykrajovaných máslových sušenek různého recepturního složení – řada sušenek s obsahem lepku, řada sušenek s přirozeně bezlepkovými surovinami a řada sušenek doplněná o mouky z necereálních surovin. Sušenky byly ve svém složení doplněny o ovoce, jedlé květy, případně o skořápkové plody. U vzorků sušenek bylo analyzováno základní nutriční složení, zastoupení minerálních a stopových prvků včetně toxických, *in vitro* stravitelnost, glykemický index. Dále byl stanovován profil polyfenolických látek a antioxidační aktivita. Základní receptury sušenek vykazují nejvyšší obsah škrobu, a to 42,6 % u pšeničných a 44,4 % u rýžových. Tyto základní sušenky mají i nízký obsah vlákniny a popela. Bezlepkové sušenky vykazují nižší obsah hrubé bílkoviny. Z minerálních prvků pak obsahují nejvyšší podíl v příjmu manganu, chromu, hořčíku a železa vztaženo k hodnotě referenčního příjmu. Hliník a rtuť nepřekračují hodnoty prozatímních tolerovatelných týdenních příjmů. Nejvyšší stravitelnosti dosahovaly sušenky základních receptur (99,6 % u sušenek rýžových a 99,4 % u sušenek pšeničných). Změny v recepturním složení snížily stravitelnost na 95,3 %, a to u sušenek špaldových. Dále byly sušenky testovány na hodnotu glykemického indexu, přičemž s hodnotou nad 82 se řadí mezi potraviny s vysokým glykemickým indexem a ani obohacení o celozrnné mouky nebo vysoký podíl ovoce tuto hodnotu významně nemění. Obsah polyfenolů se pohyboval od 113 mg GAE/100 g u pšeničných sušenek, resp. 132 mg GAE/100 g u rýžových sušenek až po 476 mg GAE/100 g u kamutových sušenek, kde se významnou měrou podílí na obsahu polyfenolů, ale i na antioxidační aktivitě zejména matcha čaj, který je jednou ze složek této receptury. Antioxidační aktivita měřená pomocí zhášení radikálů DPPH a ABTS sleduje stejné trendy jako obsah celkových polyfenolů. Nejnižší hodnoty hydrofilních (ACW) a lipofilních (ACL) frakcí antioxidantů vykazují pšeničné sušenky, naopak nejvyšší hodnoty ACW byly naměřeny u vzorku kamutových sušenek a ACL hodnoty u sušenek s ovesnými vločkami. Jednotlivé polyfenolické látky byly identifikovány pomocí HPLC-DAD. Jejich složení se liší v závislosti na použitých surovinách v receptuře, obecně nejčastěji jsou zastoupeny kyseliny gallová, vanilová, neochlorogenová, ferulová a ellagová a z flavonoidů epigalokatechin a rutin.

ABSTRACT

Due to easy production technology biscuits are a very convenient matrix to fortificate with ingredient rich in biologic compounds. As part of the experiment, three series of samples of cut-out butter cookies with different recipes were analyzed – a series of cookies containing gluten, a series of naturally gluten-free cookies and a series of cookies supplemented with flour from non-cereal ingredients. The cookies were supplemented with fruit, edible flowers, or nuts. The basic nutritional composition, representation of mineral substances, including contaminants, digestibility, glycemic index were analysed, as well as the content of polyphenolic substances and antioxidant activity. All monitored parameters also differ with the recipe composition. Standard cookie recipes show the highest starch content – 42.6% for wheat and 44.4% for rice sample – due to the absence of flavoring components. For the same reason, cookies are low in fiber and ash. From the basic nutrients, a trend in crude protein content is also evident, where gluten-free cookies generally provide a lower crude protein content than gluten samples. Of the minerals, they show the highest content of manganese, chromium, magnesium and iron. Aluminum and mercury are the most represented contaminating mineral elements but they are not exceeding the PTWI. Following the changes in the composition of basic nutrients, the digestibility and glycemic index were also monitored, for which the methodology according to Kahraman et al. (2019) was modified according to the capabilities of the UACHP laboratory. The highest digestibility was achieved by standard samples - 99.6% for rice and 99.4% for wheat cookies. However, changes in composition reduce the digestibility to only 95.3% for spelt cookies. Furthermore, the cookies were tested for the glycemic index and with value above 82, they belong to foods with a high glycemic index. Even enrichment with whole grain flour or a high proportion of fruit does not significantly change this value. An important parameter monitored in this work was the content of total polyphenols and antioxidant activity samples. The content of polyphenols ranged from 113 mg GAE/100 g in wheat cookies, or 132 GAE/100 g for rice sample up to 476 mg GAE/100 g for kamut sample, where matcha tea plays a large part in the content of polyphenols and in the antioxidant activity. The antioxidant activity measured by DPPH and ABTS follows the same trends as the content of total polyphenols. For some of the samples, the antioxidant capacity was also measured using photochemiluminescence, where the lowest values in the form of ACW and ACL are shown by wheat cookies, on the contrary, the highest values in ACW are observed in kamut cookies and in ACL in cookies with oat flakes flour. Individual polyphenolic substances were identified using HPLD-DAD. Their composition varies for each sample depending on the raw materials used, however, gallic, vanillic, neochlorogenic, ferulic and ellagic acids and the flavonoids epigallocatechin and rutin are most often represented.

OBSAH

1	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	9
1.1	OBECNÁ CHARAKTERISTIKA MÁSLOVÝCH SUŠENEK	10
1.2	VÝROBA MÁSLOVÝCH SUŠENEK	10
1.2.1	Příprava těsta	10
1.2.2	Tvarování	12
1.2.3	Pečení a chlazení	13
1.2.4	Balení	14
1.3	CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH SUROVIN PŘI VÝROBĚ SUŠENEK	14
1.3.1	Základní suroviny	14
1.3.2	Netradiční obiloviny a pseudoobiloviny	16
1.3.3	Sušené ovoce, skořápkové plody a listy rostlin	18
1.3.4	Jedlé květy	20
1.4	POLYFENOLICKÉ LÁTKY JAKO BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY MODELOVÝCH MÁSLOVÝCH SUŠENEK	21
2	CÍLE PRÁCE	25
3	ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ	26
3.1	MATERIÁL	26
3.2	PŘÍPRAVA VZORKŮ	26
3.3	VLASTNÍ METODY STANOVENÍ	30

3.3.1	Technologické vlastnosti (roztékavost, křehkost, tvrdost)	30
3.3.2	Stanovení vlhkosti	30
3.3.3	Stanovení popela	30
3.3.4	Stanovení celkových lipidů	31
3.3.5	Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou s přepočtem na obsah hrubé bílkoviny	31
3.3.6	Stanovení obsahu škrobu	31
3.3.7	Stanovení hrubé vlákniny	32
3.3.8	Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny	32
3.3.9	Výpočet obsahu sacharidů	32
3.3.10	Výpočet energie	32
3.3.11	Stanovení minerálních a stopových prvků	33
3.3.12	Příspěvky k referenčním hodnotám esenciálních minerálních a stopových prvků	34
3.3.13	Stanovení stravitelnosti <i>in vitro</i>	35
3.3.14	Stanovení glykemického indexu <i>in vitro</i> a výpočet glykemické zátěže	35
3.3.15	Stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity	37
3.3.15.1	Fotochemiluminiscence (PCL)	37
3.3.15.2	Extrakce volných a vázaných polyfenolů	37
3.3.15.3	Stanovení celkových polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuovy metody	39
3.3.15.4	Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS	39
3.3.15.5	Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH	39
3.3.15.6	Stanovení polyfenolického profilu pomocí HPLC-DAD	40
3.3.16	Statistické zpracování dat	41
4	VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUZE	42
4.1	VÝSLEDKY A DISKUZE PRO STANOVENÍ TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ	42
4.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ A DISKUZE OBSAHU ZÁKLADNÍCH NUTRIČNÍCH ZNAKŮ A STRAVITELNOSTI	43
4.2.1	Základní nutriční znaky	43
4.2.2	Výsledky stanovení obsahu minerálních a stopových prvků	50
4.2.3	Stravitelnost	61
4.2.4	Glykemický index	62
4.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ A DISKUZE K OBSAHU BIOAKTIVNÍCH LÁTEK A ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	65

4.3.1 Celkový obsah polyfenolů	65
4.3.2 Antioxidační aktivita (AOA) metodami se zhášením radikálů DPPH a ABTS	66
4.3.3 Výsledky stanovení AOA fotochemiluminiscencí	69
4.3.4 Polyfenolický profil pomocí HPLC-DAD	71
5 PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	82
ZÁVĚR	83
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	85
SEZNAM OBRÁZKŮ	101
SEZNAM TABULEK	102
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	104
PŘÍLOHA	106
PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI	113
ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA	114

1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Za předchůdce dnešních sušenek jsou považovány *panis biscoctus*, jakési dlouhotrvanlivé chlebové suchary vyrobené pečením krajíců chleba při nízké teplotě. Od té doby se povaha sušenek významně změnila a dnes tak může jít o základní potravinu stejně jako o luxusní výrobek určený k občasně konzumaci. Jejich obecnou charakteristikou je vysoký podíl cereálií (nejčastěji ve formě mouky), nízká vlhkost a dlouhá trvanlivost (Manley, 2011).

Sušenky jsou tvořeny hlavními ingrediencemi, jako jsou mouka, tuk nebo olej, cukr, voda nebo kypřidla, která jsou případně doplněna o vejce, mléko, emulgátory, sušené mléko a ochucující složky (Arepally et al., 2020). K ochucení se běžně používá čokoláda, ořechy nebo sušené ovoce. Je ale také možné využít vedlejší produkty jiných potravinářských výrob (např. zbytek mleté kávy po její extrakci). Takové sušenky pak mají například vyšší obsah popela a celkových polyfenolů (Han et al., 2021).

Díky vysokému obsahu cukru a tuku nemusí být sušenky na první pohled vhodné jako součást zdravého životního stylu, ale jsou-li do jídelníčku zařazeny ve správné míře, mohou tam mít svůj význam. Pokud je časová pauza mezi dvěma hlavními denními jídly delší, mohou rychlým doplněním energie zabránit jejímu hlubokému poklesu a tím zlepšovat soustředění nebo předcházet následnému přejídání (Manley, 2011). Vzhledem k vyššímu podílu cukrů a tuků u sušenek může jejich nadměrná konzumace po delší časové období vést k projevům různých onemocnění. Škroby přítomné v pšeničné mouce a současná přítomnost vysokého obsahu jednoduchých cukrů v sušence má vliv na jejich vysoký glykemický index (GI). Častá konzumace potravin s vysokým GI pak může vést k rozvoji diabetu nebo jiných kardiovaskulárních onemocnění, ale také k dalším onemocněním jako je ateroskleróza nebo makulární degenerace (Chiu et al., 2011). Sušenky jsou tak vhodným výrobkem pro modifikaci receptur ve smyslu snížení hladiny jejich glykemického indexu (snížení v obsahu převážně volných cukrů), snížení obsahu tuků (převážně těch obsahujících nasycené mastné kyseliny) a zvýšení obsahu biologicky aktivních látek (nejčastěji fortifikací surovin s vyšším podílem antioxidantů nebo vlákniny). Té může být dosaženo pomocí výměny pšeničné mouky za mouky z jiných zdrojů obilovin či luštěnin, nebo nahrazením části mouky za ochucující složky s pozitivní podporou na zdraví konzumenta. Například přidavkem otrub se pak navíc zvyšuje obsah vlákniny (Manley, 2011; Baumgartner et al., 2018).

Dizertační práce si klade za cíl připravit vhodné receptury pro vykrajované sušenky s přidavkem méně obvyklých surovin, detekovat a kvantifikovat změny v koncentracích základních nutričních a biologicky aktivních látek, stanovit hodnoty stravitelnosti a glykemických indexů sušenek. Dále práce sleduje vliv

na změny obsahu látek s antioxidační aktivitou v závislosti na surovinách použitých k náhradě podílu základní mouky a ochucení sušenek.

1.1 Obecná charakteristika máslových sušenek

Vyhláška č. 18/2020 Sb. řadí sušenky mezi trvanlivé pečivo. Sušenky musí být celistvé, barvy odpovídající jejímu charakteru, struktura musí být křehká a pórovitá, vůně a chuť příjemná, typická a odpovídající použitým surovinám. Z legislativního hlediska jsou pak jako „máslové“ sušenky označeny pouze sušenky obsahující máslo nebo odpovídající množství máselného tuku nebo máselného koncentrátu (Vyhláška 18/2020 Sb.).

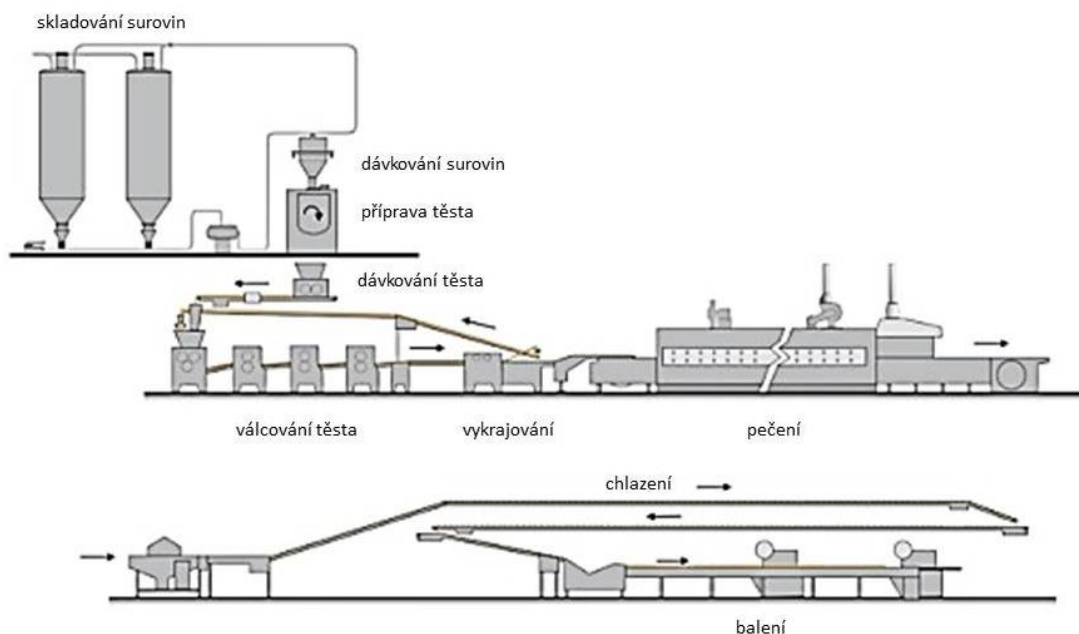
V základu jsou sušenky tvořeny pouze moukou, tukem a cukrem. Dnes je součástí recepturního složení také řada dalších surovin, které mají zejména technologický význam. Ještě větší význam má jejich použití u bezlepkových výrobků. Může jít například o nativní nebo modifikované škroby, izoláty proteinů, lecitin nebo gumy (xantanová, guarová, β -glukany nebo karboxymethylcelulóza). Použitím těchto surovin lze upravit řadu technologických a senzorických vlastností sušenek (Jingwen Xu et al., 2020).

Vztaženo na 100% podíl mouky obsahují máslové vykrajované sušenky cca 10–70 % cukru (sacharózy) a cca 10–50 % tuku a máslové tvarované cca 25–75 % cukru a 15–50 % tuku. Obsah tuku a cukru mění reologické vlastnosti zpracovávaného těsta a následné texturní vlastnosti výrobku. Možnosti přidavku dalších surovin jsou u takových sušenek téměř neomezené (Manley, 2011). Právě díky vysokému obsahu tuku a cukru se řadí mezi těsta postrádající elasticitu, jelikož tuk brání rozvoji lepkové sítě (Manley, 2011; Jacob et al., 2007). Takové těsto je plastické a konečný výrobek je směsí bílkovin, škrobu a podchlazeného rozpuštěného cukru, mezi nimiž jsou zachyceny tukové kuličky. Textura je vlivem koalescence vzduchových bublin vznikajících během pečení zpravidla hrubá. Chování těsta je dáno hlavně vlastnostmi mouky. Mouky s vysokým obsahem bílkovin obvykle absorbují vyšší množství vody a výsledná těsta jsou pevnější a méně lepkavá. Takové vlastnosti jsou žádoucí, pokud jsou následně sušenky tvarovány do forem (Manley, 2011).

1.2 Výroba máslových sušenek

1.2.1 Příprava těsta

Technologie výroby sušenek zahrnuje několik kroků, které jsou znázorněny na Obrázku 1.



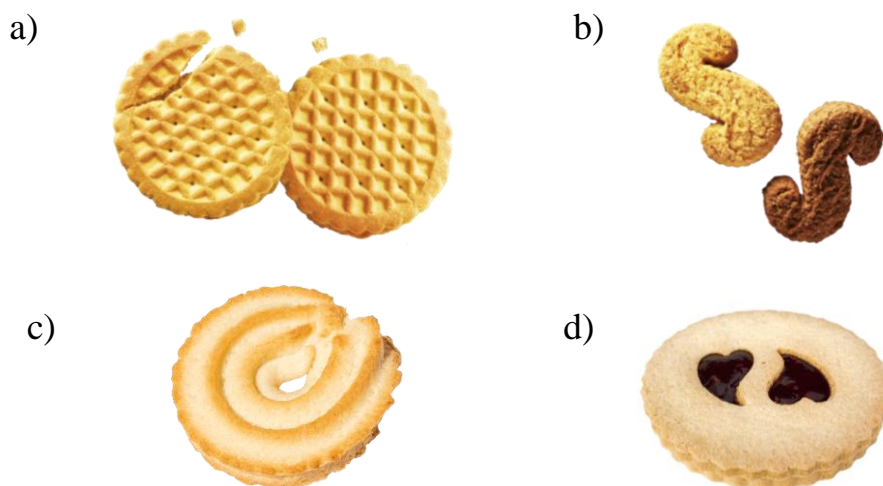
Obr. 1: Schéma výrobní linky
(Biscuit people, © 2021)

Samotná výroba sušenek začíná přípravou těsta, při kterém dochází k distribuci surovin, zejména cukru (sacharózy), soli nebo chemických kypřidel. Mixování musí být co nejkratší, a proto probíhá příprava zpravidla dvoustupňově. Prvním stupněm je tzv. krémování, při kterém dochází k vytvoření krému z tuku, vajec a cukru, případně dalších surovin s vyšším obsahem vody nebo reworku (přebytky těsta z minulé šarže nebo odpad z hotových sušenek). Dochází k rozpuštění co největšího podílu cukru, rovnoměrné dispergaci pevného podílu mléčného tuku, emulgaci tuku z vajec a másla v dostupné vodě a k aktivaci aromat. Ve druhém stupni vzniká samotné těsto. Do krému se při nízké rychlosti vmíchá mouka a těsto se hněte jen po dobu potřebnou pro její dostatečnou disperzi. Během toho dochází také ke zvyšování teploty těsta, mírnému rozvoji lepkové struktury a snížení hustoty vmíseným vzduchem. Pokud je spolu s moukou přidáváno například ovoce, musí být tento krok proveden opatrně, aby ovoce nebylo mícháním poškozeno. Takové ovoce pak během pečení způsobuje vady (Manley, 2011).

Po vypracování je těsto příliš měkké a nechává se odpočívat. Dochází k hydrataci mouky, tj. k absorpci vody škrobem a proteiny, čímž se těsto stává pevnějším, méně lepkavým a rozvinutý lepek ztrácí svoje vlastnosti. U krátkých těst je tato změna patrná nejvíce, a proto se tato těsta nechávají odpočinout minimálně 30 minut, aby se jejich vlastnosti stabilizovaly. Změna v konzistenci je patrná ještě více, pokud jsou součástí receptury např. ovesné vločky (Manley, 2011).

1.2.2 Tvarování

Po přípravě těsta následuje tvarování založené na čtyřech principech: a) tvarování do forem, b) vytlačování těsta a jeho odtříznutí strunou, c) stříkání a d) vykrajování. Možný výsledný vzhled sušenek je na Obrázku 2.



*Obr. 2: Vzhled sušenek lišících se na základě použité technologie tvarování
a) tvarované do forem (Opavia, © 2020), b) vytlačované (Opavia, © 2020), c) stříkané (Royal Dansk, © 2023), d) vykrajované.*

První dva způsoby vyžadují těsto pevnější než sušenky stříkané. Velkou výhodou prvních tří metod je, že je těsto zpracováno téměř beze zbytku, případně je snadné jej využít jako rework. Pokud receptura zahrnuje i vyšší podíl ovoce, pak je nejvhodnější metodou tvarování vykrajování. U tvarování do formy je potřeba oddělit nožem nadbytek těsta, který kusové ovoce zpravidla poškodí a při pečení se pálí. Tento jev při vykrajování odpadá (Manley, 2011).

U vykrajovaných sušenek je těsto převedeno do dávkovače, ze kterého je postupně dávkováno na válec. Postupným zmenšováním mezery mezi válci se těsto postupně rozválí na požadovanou tloušťku. Než je těsto odvedeno k vykrajování, je na lince zařazeno krátké období jeho relaxace, kterým se předchází podélnému smršťování sušenky v průběhu pečení. Prakticky je relaxace prováděna zpomalením části linky, čímž se těsto mírně zvlíní. Pás, který vede plát těsta k samotnému vykrajování je opět rychlejší a zvlnění mizí. Po vykrojení tvaru na rotačních vykrajovačích je potřeba odstranit přebytky těsta pomocí zařízení, které navede přebývající těsto na druhý pás. Toto těsto je pak možné v omezené míře zpracovat jako surovinu do další dávky těsta (tzv. rework) (Manley, 2011).

Před pečením je možné sušenky sypat cukrem, ořechy nebo dalšími surovinami, přičemž pro jejich lepší přilnutí může být aplikován také nátěr nebo nástrík vajec či mléka. Sušenky se převádí na pás průběžné pece, který může být rychlejší než pás tvarovacího stroje, čímž vzniká dostatečný prostor mezi jednotlivými řadami sušenek pro případné roztékání během pečení (Manley, 2011).

1.2.3 Pečení a chlazení

Pečení probíhá v pecích, které mohou být šaržové nebo častěji průběžné, tvořené uzavřenou konstrukcí se vstupem na jedné straně, několika zónami s různými teplotami a výstupem na druhé. Teplo postupně působí kondukcí od pásu, konvekcí prouděním vzduchu a radiací z kovových částí pece (Manley, 2011).

Během pečení v těstě dochází ke třem hlavním změnám:

- a) snížení hustoty spojené s rozvojem otevřené pórovité struktury,
- b) snížení vlhkosti na hodnotu mezi 1 až 4 %,
- c) změny v povrchové zbarvení (Manley, 2011).

K vývoji struktury výrobku dochází v první části pečení v závislosti na teplotě. Jako první zahříváním tají tuky, nad 52 °C mazovatí škrob. Od 65 °C se z kypřících činidel uvolňují plyny, ty expandují, čímž narůstá tlak vodních par. Praskáním a koalescencí bublinek se tvoří otevřená pórovitá struktura výsledné sušenky. Nad 70 °C dále denaturují a koagulují bílkoviny, snižuje se vlhkost a zvyšuje se koncentrace rozpuštěných cukrů. Všechny tyto jevy vedou k tomu, že sušenka se stává nejdříve velmi měkkou a poté se opět zpevňuje (Manley, 2011).

Doprovodným jevem výše popsaných procesů během pečení je zvětšování průměru sušenky, tzv. roztékavost těsta. Samotné roztékání se pak dělí do tří fází. První fáze trávající i několik minut je pomalá. V druhé fázi jde o rychlé zvětšení průměru i tloušťky sušenky a po kolapsu struktury dochází opět k poklesu tloušťky a mírnému smrštění průměru. Míra projevu tohoto roztékání se může mezi jednotlivými moukami lišit (HadiNezhad a Butler, 2009). Obecně pak platí, že vyšší obsah bílkovin v mouce má za následek menší roztékavost sušenek (Xu et al., 2020).

Díky nízké vlhkosti těsta (kolem 2,5–3,0 %) je doba pečení relativně krátká a pohybuje se od 2,5 do 15 minut. Vlhkost může odcházet pouze z povrchu těsta. Pokud dojde k rychlému zvýšení teploty na povrchu, migrace vody zevnitř těsta je obtížná. Hlavním viditelným znakem při pečení je změna barvy. Její rozvoj je dán kombinací dextrinace škrobu, karamelizace cukrů a Maillardových reakcí, ke kterým dochází při teplotách okolo 150–160 °C za přítomnosti vlhkosti (Manley, 2011).

Po upečení sušenky mohou procházet dalším zpracováním jako je polévání čokoládou či slevování nebo jsou baleny přímo jako hotový výrobek. Jelikož sušenky mají na výstupu z pece okolo 100 °C a vlivem rozpuštěného cukru jsou velice křehké, předchází oběma procesům chlazení na pásu. Během něho teplota v průběhu několika minut klesá na 45 °C a po vychladnutí se sušenky stávají dostatečně pevnými pro další manipulaci (Manley, 2011).

1.2.4 Balení

Na konci linky jsou sušenky baleny. Z chladicí linky přechází na stohovací stroj, kde jsou rozděleny do řad. Následuje samotný balicí stroj, kde jsou odstraněna defektní balení. Obal poskytuje výrobku ochranu před vlhkostí, mechanickým poškozením, světlem, znečištěním apod. Sušenky jsou často křehké, proto vyžadují také ochranu před mechanickým poškozením v podobě tvarovaných vložek. Pokud sušenky obsahují vysoké množství tuku, balí se do obalu nepropouštějícího světlo (Manley, 2011).

1.3 Charakteristika použitých surovin při výrobě sušenek

V základu jsou sušenky tvořeny pouze moukou, tukem, cukrem, žloutkem a solí v různém poměru. Mouka má v sušenkách technologický význam – podílí se na tvaru, textuře a tvrdosti (Goesaert et al., 2005). Cukr spolu s tukem ovlivňují sušenku zejména z hlediska struktury a chuti (Arepally et al., 2020; Jacob et al., 2007). Pokud je u sušenek snížen obsah tuku, mohou být vnímány spotřebitelem jako méně sladké (Biguzzi et al., 2014). Vejce jsou komplexní surovinou a podílejí se na barvě, struktuře a zčásti také chuti (Caballero, 2003). Poslední nezbytnou surovinou je sůl (NaCl), která má vliv nejen na chuť, ale také na barvu a strukturu sušenky (Ayed et al., 2021). Dnes se součástí recepturního složení stává také řada dalších surovin, které mají zejména technologický vliv. Může jít například o použití částečně hydrolyzované guarové gummy, jejíž použití snižuje tvrdost sušenek a zároveň má vliv na obsah nerozpustné vlákniny (Mudgil et al., 2017).

1.3.1 Základní suroviny

Nezákladnější moukou je stále mouka z pšenice seté (*Triticum aestivum* L.), která je s výnosem asi 774 mil. tun v roce 2020 nejpoužívanější obilovinou na celém světě (Manley, 2011; FAO, © 2021; Arendt, 2013). Mouka se vymílá z endospermu, který tvoří 80 až 85 % obilky (Goesaert et al., 2005; Hung et al., 2014). Taková mouka obsahuje asi 70 až 75 % škrobu, cca 14 % vlhkosti a 10 až 12 % bílkovin, zbytek tvoří neškrobové polysacharidy a lipidy (Goesaert et al., 2005). Technologický význam mají v mouce zejména škrob a bílkoviny (Manley, 2011). U škrobu se sleduje míra poškození škrobových

granulí, které absorbují vodu během hnětení těsta, a u bílkovin jejich obsah (v případě sušenek ideálně 8–11 %), ale hlavně kvalita lepku, který se vytváří po vyhnětení těsta. Pro výrobu sušenek je vhodnější tzv. slabý lepek, který se snadno protahuje a nemá elastické vlastnosti. Společně pak mají obsah bílkovin a míra poškozených škrobových granulí vliv na schopnost mouky absorbovat vodu (Arepally et al., 2020; Manley, 2011).

Další surovinou je použitý tuk, který je zpravidla přítomen ve vysokém množství. Typ a množství tuku má vliv na viskoelastické vlastnosti těsta (Jacob et al., 2007). Během mísení těsta obalí částice mouky, čímž omezuje přístup vody a tvorbu lepkové sítě (Manley, 2011). Tuk dává sušence drobnou texturu a typickou plnou chuť, přičemž tyto vlastnosti se mění s množstvím a druhem použitého tuku (Arepally et al., 2020). V praxi se využívá máslo, rostlinné tuky a oleje (palmový olej, slunečnicový olej atd.) a v omezené míře živočišné tuky (sádlo). Tuky pro výrobu sušenek bývají nejčastěji v tuhé formě, hydrogenované. Máslo se kvůli vyšší ceně používá u prémiových výrobků, kterým dodává nezaměnitelnou chuť (Manley, 2011). Jeho nevýhodou je, že při běžné pracovní teplotě je těsto mnohem jemnější než při použití shorteningu, což je tuk zpravidla plastický vlivem vysoké koncentrace nasycených mastných kyselin (Manley, 2011; Nguyen et al., 2021). Máslo obsahuje nízké množství bílkovin a laktózu, která se účastní Maillardových reakcí, díky čemuž mají výrobky zlatavě hnědou barvu (Manley, 2011).

Cukry se používají ve formě sacharózy, redukujících cukrů a sirupů. Sacharóza se částečně nebo zcela rozpouští v závislosti na obsahu vody a po upečení opět rekrystalizuje nebo vytváří tzv. amorfní sklo. Velikost krystalků sacharózy ovlivňuje míru roztékání těsta během pečení a křupavost sušenek (Manley, 2011). V případě použití cukru s většími krystaly se těsto během pečení méně roztéká a povrch je více popraskaný. Množství použitého cukru má také vliv na organoleptické vlastnosti výrobku, kdy jsou sušenky s vyšším obsahem cukru tvrdší (Arepally et al., 2020). Sacharóza může být použita ve formě rafinovaného bílého cukru nebo nerafinovaného hnědého třtinového cukru, který je oblíbený zejména díky velmi sladké chuti a svému aroma, které bývá popisováno jako karamelové s lehce ovocnými tóny (Manley, 2011; Liu et al., 2021). Redukující cukry – monosacharidy (glukóza a fruktóza) spolu s maltózou a laktózou – se využívají jako doplňkové a tvoří 10 až 20 hm. % těsta. Tyto cukry se pak reakcí s aminokyselinami podílejí na vzniku hnědého zbarvení sušenek (Manley, 2011; Arepally et al., 2020).

Vejsce mohou být v sušenkách použita celá v tekuté, mražené nebo sušené formě (Caballero, 2003). Sušenkám dávají zejména chuť, ale také je zjemňují díky tuku a fosfolipidům obsaženým ve žloutku (Manley, 2011).

1.3.2 Netradiční obiloviny a pseudoobiloviny

V současné době stoupá zájem po alternativních surovinách s vyšší nutriční hodnotou (Frakolaki et al., 2018). Máslové sušenky jsou vhodnou matricí pro jejich použití. Pšeničná mouka může být v receptuře jednoduše nahrazena zcela nebo částečně moukami z jiných plodin. Celozrnné mouky jsou navíc zdrojem vlákniny, minerálních prvků nebo fenolických látek a zájem o ně se neustále zvyšuje. Epidemiologické studie potvrzují, že vyšší konzumace obilných zrn s obalovými vrstvami může chránit před vznikem rakoviny, kardiovaskulárními chorobami, diabetem a obezitou (Valli et al., 2016).

První skupinu mouk, které je možné pro náhradu použít, jsou mouky obilovin z čeledi lipnicovité. Mezi ně se kromě pšenice seté řadí tradiční pšenice špalda (*Triticum spelta* L.), ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.), žito seté (*Secale cereale* L.) nebo oves setý (*Avena sativa* L.), dále méně používaná pšenice khorasan (*Triticum turgidum* var. *turanicum*), známá jako kamut (Britannica, © 2021; Arendt, 2013; Valli et al., 2016). Do stejné čeledi náleží také bezlepková rýže setá (*Oryza sativa* L.) (Arendt, 2013).

Pšenice špalda je původním druhem, který neprošel dlouholetým šlechtěním. Díky tomu je vmínána jako „zdravější“ alternativa pšenice seté (Wang et al., 2020). Špalda je využívána v řadě potravinářských výrobků, ať už jde o chléb, těstoviny, snídaňové cereálie nebo sušenky. Navíc jsou výrobky z ní jednoduše stravitelné (Abdel-Aal et al., 2008; Frakolaki et al., 2018). Díky lišícímu se obsahu prolaminů v porovnání s pšenicí setou, jsou některé osoby s nesnášenlivostí lepku schopné špaldové výrobky tolerovat (Frakolaki et al., 2018). Obecně má špalda vyšší obsah proteinů (9–16 %), lipidů, minerálních prvků (zinku, železa, manganu, mědi, fosforu a draslíku) a polyfenolických látek. Těsto ze špaldové mouky je v porovnání s pšeničnou moukou lepivější a měkčí (Geisslitz et al., 2019; Wang et al., 2020; Arendt, 2013).

Kamut je starou odrůdou pšenice (Shewry et al., 2015). Obsahuje 12 až 18 % bílkovin a 0,4 až 1,0 mg/kg selenu, čehož je možné dosáhnout pěstováním pouze v Severní Americe, kde je půda na selen bohatá (Valli et al., 2016). Oproti běžné pšenici obsahuje asi 3× více karotenoidů, které zrna i mouce dávají jemně žluté zbarvení. V případě kamutu je zastoupen z karotenoidů zejména lutein (5,77 µg/g) (Shewry et al., 2015).

Ovesná mouka obsahuje asi 63 % škrobu, 14 % bílkovin a 9 % vlákniny, přičemž asi 2/3 jsou tvořené nerozpustnou vlákninou (Gu et al., 2022). Je dobrým zdrojem esenciálních aminokyselin, nenasycených mastných kyselin (olejové, linolové a linolenové), vitamínů B₁ a E, fosforu, železa, draslíku a hořčíku (Arendt, 2013; Alemayehu et al., 2021). Vlastnosti bílkovin se od těch pšeničných liší, protože tvoří lepek (Manley, 2011). Oves obsahuje vysoce viskózní β-glukany uložené v buněčné stěně, které mají schopnost snižovat hladinu cholesterolu v krvi a absorpci glukózy střevní stěnou. Oves obsahuje

avenantramidy, nízkomolekulární rozpustné fenolické látky, vykazující antioxidační aktivitu *in vitro* i *in vivo* (Sun et al., 2020; Arendt, 2013). Oves se v sušenkách používá jako ovesná mouka nebo ovesné vločky. Sušenkám dávají typickou chuť a mění jejich texturu – jsou hutnější, křehké a více se drobí. Ačkoli je možné pšeničnou mouku nahradit ovesnou zcela, prakticky se míchá v poměru přibližně 1:1. Sušenky pouze z ovesné mouky jsou velmi křehké a při dlouhém pečení se rychle rozvíjí hořká chuť (Manley, 2011).

Výše zmíněné obiloviny ale nemohou být konzumovány asi 1 % světové populace z důvodu celiakie nebo jí podobných onemocnění, které jsou způsobeny imunitní reakcí na prolaminu (Cairano et al., 2018). U sušenek je substituce pšeničné mouky na bezlepkové varianty jednoduchá a ekonomicky nejlepší variantou je nahrazení moukou rýžovou. FAO/WHO upozorňuje, že bezlepkové náhrady by měly poskytovat přibližně stejné množství vitamínů a minerálních látek jako původní potravina, aby se předcházelo jejich nedostatečnému přijímání ze stravy (Rico et al., 2019) Substituce samotnou rýžovou moukou tak není z výživového hlediska dostatečná a je potřeba ji doplnit i jinými bezlepkovými surovinami, které jsou obecně dobrým zdrojem nutrientů, ale také bioaktivních látek (např. polyfenolů) (Ballester-Sánchez et al., 2020). Jde o substituci řadou obilovin, jako je kukuřice, rýže nebo čirok, nebo pseudocereálií, např. amarant, pohanka nebo quinoa. U bezlepkových výrobků se používá také řada luštěnin nebo bramborový škrob (Jingwen Xu et al., 2020).

Rýžová mouka se získává z obilok rýže seté (Manley, 2011), která je s produkcí 513 milionů tun v roce 2020 jednou z hlavních pěstovaných obilovin (FAO, © 2021; Zhu et al., 2020). Mouka obsahuje asi 79 % škrobu, 8 % bílkovin a jen zanedbatelné množství tuků (0,2 %) (Park et al., 2020). Rýžová mouka se vyrábí z obilok bez obalových vrstev, je chudá na obsah vlákniny, vitamíny a minerální látky. Rýžový protein má příznivé aminokyselinové složení díky jednomu z nejvyšších obsahů lyzinu mezi obilovinami (3,8 g/16 g dusíku) (Manley, 2011; Arendt, 2013). Samotná není v sušenkách běžně používána, ale spíše se míchá s pšeničnou nebo pohankovou moukou nebo s jinými druhy bezlepkových cereálií a pseudocereálií za účelem vyrobit bezlepkový výrobek (Manley, 2011; Xu et al., 2020). Sušenkám dávají jemnější texturu, během pečení se nezvedají, mají nižší aktivitu vody a menší specifický objem (Manley, 2011; Cairano et al., 2018). Dnes na trhu také najdeme i zrna rýže s barevnými obalovými vrstvami (od červené, přes hnědou po černou), které se liší svým nutričním složením, chutí i fyzikálně-chemickými vlastnostmi (Nayeem et al., 2021). Jsou ceněné pro zvýšený obsah fenolických látek jako antokyany nebo fenolické kyseliny (Bagchi et al., 2021). V porovnání s bílou rýží mají také vyšší obsah popela a vlákniny, obsah bílkovin a tuků se výrazně neliší, obsah škrobu může být nižší (Kraithong et al., 2018).

Tef (*Eragrostis tef* L.) je přirozeně bezlepkovou obilovinou s velmi malou obilkou pěstovanou zejména v Etiopii a Eritrei (Rico et al., 2019; Arendt, 2013). Mouka je připravována z celého zrna, a proto má dobré výživové hodnoty (13,3 % bílkovin, 73,0 % škrobu, 1,2 % minerálních látek, cca 8,0 % vlákniny a pouze 2,0 % lipidů). Z minerálních prvků obsahuje hořčík, draslík, vápník, železo (Zhu et al., 2018). Tef obsahuje všechny základní aminokyseliny, včetně vysokého množství lyzinu (Rico et al., 2019). Je dobrým zdrojem mnoha vitamínů – C, B₃, B₂ a B₁ (Arendt, 2013).

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) je bezlepková pseudocereálie původem z pohoří And (Pellegrini et al., 2018). Semena se mohou vyskytovat v bílé, žluté, červené až téměř černé variantě (Arendt, 2013). Má méně škrobu (64 %), ale více bílkovin (15 %), tuků (6,8 %) a minerálních látek (2,2 %). Obsahuje asi 2,2 % vlákniny v sušině, přičemž většina je tvořena nerozpustným podílem (Ballester-Sánchez et al., 2020). Quinoa je bohatá na limitující lyzin a metionin, má více vápníku, zinku a dobře dostupného železa. Také obsahuje řadu vitamínů a díky velkému podílu klíčku v semenu má hodně vitamínu E. U sušenek musí být její použití opatrné, protože náhradou mouky do 20 % získávají oříškovou chuť, ale nad 30 % mohou být výsledné sušenky hořké (Arendt, 2013).

Třetí skupinou jsou mouky z necereálních surovin. Může jít o luštěniny, olejnatá semena, zeleninu nebo ovoce. V rámci této práce je zapracována mouka z konopí setého (*Cannabis sativa* L.) a ostropestřce mariánského (*Silybum marianum* L.). Konopná mouka je nejčastěji získávána jako vedlejší produkt výroby konopného oleje lisovaného ze semen konopí. Semena jsou ceněna pro vysoký obsah bílkovin (20–25 %), které se svým aminokyselinovým složením blíží složení vaječného bílku s vysokým obsahem argininu. Obsahují 25–35 % tuku skládajícího se zejména z PUFA, jsou významným zdrojem nerozpustné vlákniny (10–15 %) a minerálních prvků jako jsou fosfor, draslík, hořčík, vápník, železo nebo mangan (Mikulec et al., 2019; Korus et al., 2017; Babiker et al., 2021). Dále obsahují řadu fenolických látek a vitamín E. Ostropestřec je medicínální rostlinou s pozitivním vlivem na játra, ledviny, revmatismus a srdce (Marmouzi et al., 2021). Ostropestřcová mouka se získává jako vedlejší produkt výroby oleje z jeho semen, která obsahují asi 22 % bílkovin a 4 % hrubé vlákniny (Grela et al., 2020).

1.3.3 Sušené ovoce, skořápkové plody a listy rostlin

Ovoce a skořápkové plody ovlivňují zejména chuť sušenky a přispívají ke „zdravotním“ benefitům výrobku. Kromě běžně používaného ovoce k tomu mohou pomoci například méně běžné druhy jako goji (*Lycium barbarum* L.) nebo karob (*Ceratonia siliqua* L.). Kvůli technologii tvarování sušenek musí být tyto komponenty nakrájeny na menší kousky (Manley, 2011).

Ovocnými surovinami, v této práci zastoupenými, jsou meruňky (*Prunus armeniaca* L.), třešně (*Prunus avium* L.), rybíz černý (*Ribes nigrum* L.), maliny (*Rubus idaeus* L.) nebo jahody (*Fragaria ananassa* L.), druhy exotickými jsou pak mango (*Mangifera indica* L.) nebo banán (*Musa* spp.). Ovoce se používá ve formě sušené nebo lyofilizované, jako kusové nebo ve formě prášku (Ozdemir et al., 2018). Meruňky jsou ceněným zdrojem draslíku, obsahují hořčík, vápník, fosfor, železo, zinek, mangan nebo selen (Akin et al., 2008). Třešně jsou díky jejich chuti, barvě a obsahu bioaktivních látek velmi atraktivním ovocem (Serra et al., 2011). Jsou bohaté na vlákninu, vitamíny, obsah karotenoidů a minerálních prvků jako je vápník, hořčík, fosfor a draslík (Leo et al., 2021). Rybíz, jahody a maliny se v poslední době zpracovávají lyofilizací (Lammerskitten et al., 2020). Všechny se vyznačují vysokým obsahem vlákniny, zejména maliny dosahují hodnoty až 50 % vlákniny v sušině (de Souza et al., 2014). Sušené plody rybízu obsahují vyšší množství vlákniny (asi 42 %) s převahou vlákniny rozpustné, obsahují polyfenoly jako antokyaniny, fenolické kyseliny a flavanoly (Hui et al., 2021). Lyofilizované jahody jsou také dobrým zdrojem vlákniny (v sušině tvoří asi 22 %) a minerálních prvků (Giampieri et al., 2012; Hossain et al., 2016). V tomto případě je významný zejména obsah manganu. Obecně jsou ovocné plody bohaté na vitamín C (Giampieri et al., 2012). Mango je tropické ovoce, které v sušené formě vyniká svojí bohatou chutí, vysokou antioxidační kapacitou a obsahem polyfenolických látek a karotenoidů (Nyangena et al., 2019). Banány obsahují asi 4 % bílkovin v sušině a 7 % vlákniny (Nadeeshani et al., 2021). Jsou bohatým zdrojem draslíku (Pereira et al., 2015). V sušenkách jsou použity ve formě banánového prášku, který je získáván drcením lyofilizovaných plodů. Plody goji obsahují asi 9,6 % bílkovin a 11,3 % vlákniny s převahou vlákniny nerozpustné. Z minerálních prvků obsahují vysoké množství mědi, železa nebo manganu (Pedro et al., 2021).

Skořápkové plody jsou bohaté na bílkoviny, sacharidy, tuky, minerální látky, vlákninu a vitamíny E a C. Celosvětově mezi nejoblíbenější druhy se řadí mandle, para ořechy, kešu, ořechy lískové, makadamové, pekanové, piniové, vlašské nebo pistácie (Gama et al., 2018). Ořechy se v sušenkách využívají nejčastěji jako drcené plody, ale v dnešní době se rozšiřuje jejich použití ve formě mouky nebo pasty. V této práci jsou zastoupeny drcené plody pistácií (*Pistacia vera* L.) nebo kešu (*Anacardium occidentale* L.). Pistácie jsou bohaté na obsah tuků, který se může pohybovat od 35 po 57 % v sušině v závislosti na odrůdě (Acar et al., 2008; Tsantili et al., 2010). Obsah proteinů se pohybuje okolo 20 % v sušině a popela okolo 3,2 %, přičemž jsou významným zdrojem draslíku a hořčíku (Tsantili et al., 2010; Venkatachalam et al., 2006; Wojdylo, 2022). Pistácie mají také vysoký obsah antioxidantů (Gama et al., 2018). Kešu obsahují asi 48 % lipidů s převahou nenasycených MK, 21 % bílkovin a 20 % sacharidů (Rico et al., 2015). Dále obsahují asi 2,7 % popela, přičemž obsahují vysoké množství draslíku (6,2 g/kg) a hořčíku, ale mají také vyšší obsah železa,

zinku a mědi, než jiné druhy ořechů (Venkatachalam, 2006; Rico, 2016; Wojdylo, 2022). Jsou také zdrojem vitamínu E, β -karotenu, luteinu nebo zeaxantinu (Rico et al., 2015).

Pro ochucení mohou být použity také části rostlin, které nejsou přímo jejich plody. V případě testovaných sušenek jde například o matcha prášek (*Camellia sinensis* L.) nebo prášek z lusků karobu. Čajové listy jsou surovinou pro výrobu prášku matcha, který obsahuje v sušině 20 až 35 % bílkovin, 4,1 až 8,2 % tuků, 10,7 až 17,5 % hrubé vlákniny, 30,7 až 42,8 % neutrálně-detergentní vlákniny a asi 5,2 až 8,7 % popela, přičemž obsahuje vysoké množství draslíku, hořčíku nebo manganu (Topuz et al., 2014; Koláčková et al., 2020; Koláčková, 2021). Díky zastínění během pěstování má vysoký obsah polyfenolů, zejména flavonoidů, také alkaloidu kofeinu a zeleného barviva chlorofylu (Koláčková et al., 2020). Karobový prášek se připravuje z lusku po odstranění semen hrubou dezintegrací, pražením a finálním mletím (Yousif et al., 2000). Získaná mouka je významným zdrojem vlákniny (11,7 až 47 %), obsahuje asi 1,7 až 5,9 % bílkovin, 2,3 až 3,2 % popela, 0,2 až 4,4 % tuků a 42 až 86 % celkových sacharidů. Mimo jiné obsahuje také draslík, fosfor, vápník nebo sodík. Výhodou karobu je, že si i po zpracování zachovává silné aroma (Brassesco et al., 2021).

1.3.4 Jedlé květy

Jedlé květy mají kvůli vysokému obsahu vody krátkou údržnost, a proto se nejběžněji setkáváme s květy sušenými jako dekorace jídel, salátů a dezertů, pro přípravu zmrzliny, nápojů nebo čajových směsí (Matyjaszczyk et al., 2019; Purohit et al., 2021). Jejich použití v potravinách dodává jídlu atraktivní vzhled a jejich trávením se generují nové zdroje příjmu nutrientů a bioaktivních látek (Kumari et al., 2021).

Celosvětově se mezi jedlé květy řadí asi 180 druhů. Může jít například o květy bezu černého, fialky zahradní, chrpy, růže, lichořeřišnice nebo exotičtějších druhů jako jsou denivky, bougenvily nebo krásenky (Fernandes et al., 2017). Konzumenti u jedlých květin oceňují jejich kořenitou, sladkou, jemnou nebo nahořklou chuť. Jednou z nejdůležitějších vlastností, kterou konzument vnímá, je ale jejich aroma, které je pro každý druh typické (Matyjaszczyk et al., 2019).

V čerstvém stavu jsou tvořeny ze 70 až 90 % vodou a sacharidy, které v sušině zaujímají 75 až 90 g/100 g. Obsahují vlákninu v různém množství v závislosti na druhu květu, naopak obsah bílkovin nebo tuků je zanedbatelný. Květy jsou ceněné také pro vysoký obsah minerálních prvků, zejména fosforu a draslíku (Rivas-García et al., 2021). Pro představu květy růže, obsahují asi 86 % sacharidů, ze kterých asi 1/3 tvoří vláknina, 7,6 % bílkovin, 4,3 % popela nebo 2,0 % tuků v sušině (Kumari et al., 2021; Pires et al., 2017).

Pro ochucení sušenek byly použity květy levandule (*Lavandula angustifolia* Mill), růže (*Rosa damascena* Mill) a jasmínu (*Jasminum sambac* L.) (Dušková et al., 2016; Pires et al., 2017; Chen et al., 2021). Květy obsahují esenciální oleje, které jim díky přítomnosti vonných látek dávají mimo jiné i chuť a například levandule se právě díky nim vyznačuje vysokou aromaticností (Chen et al., 2021; Dušková et al., 2016). Proto jsou v potravinářství používány do nápojů, zmrzlin, cukrovinek nebo pekařských výrobků (Dušková et al., 2016).

1.4 Polyfenolické látky jako biologicky aktivní látky modelových máslových sušenek

Fenolické látky jsou sekundárními metabolity syntetizovanými v rostlině jako odpověď na stresové podmínky během jejího růstu. Díky jejich antioxidační aktivitě mají protizánětlivé nebo antimikrobiální účinky. Působí vasodilatačně a proti vzniku krevních sraženin (Brandolini et al., 2013). V praxi vede příjem fenolických látek ve stravě například ke snižování rizika vzniku kardiovaskulárních onemocnění a rakoviny (Iguar et al., 2012).

Z chemického hlediska jde o velmi variabilní látky, které mohou být tvořeny jednoduchými molekulami, ale které mohou být dále spojeny v polymery. Jejich molekula je vždy tvořena jedním nebo dvěma aromatickými kruhy s jednou nebo více hydroxylovými skupinami (Brandolini et al., 2013). Běžně se dělí na fenolické kyseliny, flavonoidy, kumariny a taniny (Hung et al., 2014). Stavba molekuly má vliv na jejich biodostupnost, jelikož jednoduché fenolické kyseliny přechází přes střevní stěnu snadněji než například složité molekuly proantokyaninů. V matricích jsou pak přítomny v rozpustné volné nebo konjugované formě, ale také jako nerozpustné vázané estery polysacharidů, bílkovin či ligninu (Brandolini et al., 2013). Je známo, že fenolické kyseliny pšenice jsou přítomny zejména ve vázané formě na složky buněčné stěny (Hung et al., 2014; Liyana-Pathirana et al., 2006). Tyto mají větší zdravotní benefit, protože nejsou zpracovány v předních částech trávicího traktu, ale projdou až do zadní části tenkého střeva, kde se uvolní pomocí enzymů střevní mikroflóry a následně buď přechází do krevní plazmy, nebo jsou využity mikroorganismy tlustého střeva (Hung et al., 2014). Polyfenolické látky jsou termolabilní, což potvrzuje i výzkum Méndez-Lagunas et al. (2017), který u sušení jahod při 60 °C po dobu 300 minut pozoruje až 78% pokles v obsahu polyfenolů. Například studie na barevných vzorcích quinoi ukazuje, že ačkoli suma celkových polyfenolů mírně klesá nebo zůstává relativně stejná, mění se jejich podíly volné a vázané frakce (Gu et al., 2021). Stabilita jednotlivých katechinů u sušenek s extraktem zeleného čaje je různá a klesá v pořadí katechin gallát, gallokatechin gallát, epikatechin gallát a epigallokatechin gallát (Sharma a Zhou, 2011).

Obiloviny mohou být významným zdrojem polyfenolů, ačkoli se jejich zastoupení v jednotlivých zrnech liší (Brandolini et al., 2013). Většina polyfenolů je soustředěna v obalových vrstvách zrn, v aleuronové vrstvě a potom v klíčku (Hung et al., 2014). Významnými fenolickými kyselinami pšenice jsou kyseliny ferulová, vanilová, syringová nebo *p*-kumarová, nicméně v komerčních nízkovymletých moukách je jejich obsah nízký (Brandolini et al., 2013). Pro porovnání u špaldy je obsah kyseliny ferulové a sinapové v celozrnné mouce asi čtyřikrát vyšší (Wang et al., 2020). Ačkoli je kamut vnímán jako zdravější alternativa běžné pšenice seté, obsah celkových polyfenolů i samotné kyseliny ferulové může být u kamutové mouky dokonce nižší (Shewry et al., 2015). Stejně jako pšeničná mouka, obsahuje i kamutová dále kyselinu vanilovou, syringovou a *p*-kumarovou (Brandolini et al., 2013). Složení dalších obilovin je ale rozmanitější. Oves je například bohatý na obsah kyseliny *p*-hydroxybenzoové, vanilové, kávové, *p*-kumarové nebo ferulové, rýže pak obsahuje zejména kyselinu ferulovou a *p*-kumarovou s menším zastoupením kyseliny gallové, vanilové nebo protokatechinové a z flavonoidů myricetin, kaempferol nebo katechin (Hung et al., 2014; Bagchi et al., 2021). Bílá rýže v porovnání s barevnými obsahuje nižší množství fenolických látek (Nayeem et al., 2021; Bagchi et al., 2021).

Pokud jde o pseudocereálie, hlavní kyselinou je opět kyselina ferulová (Rocchetti et al., 2019). Mouka z teffu světlého obsahuje až 286 µg/g kyseliny ferulové, dále se zde vyskytují kyseliny vanilová, skořicová, kumarová, protokatechinová nebo syringová (Arendt, 2013). Z flavonoidů obsahuje vysoké množství rutinu a katechinu, dále také kvercetin nebo stilben resveratrol (Kotásková et al., 2016). Složení quinoové mouky je podobné, zastoupena je kyselina 4-hydroxybenzoová, syringová, vanilová, gallová, ferulová, *o*-kumarová nebo *p*-kumarová, z flavonoidů pak rutin, kvercetin, epikatechin, katechin nebo kaempferol (Pellegrini et al., 2018; Song et al., 2020). Většina sloučenin je přitom jak u tefu, tak u quinoi přítomna ve vázané formě (Song et al., 2020; Kotásková et al., 2016).

Konopná mouka obsahuje široké spektrum fenolických kyselin a flavonoidů (Babiker et al., 2021). Obsahuje vysoké množství epikatechinu, kyselin ferulové nebo protokatechinové, dále obsahuje kyseliny gallovou, syringovou, 3,4-dihydroxybenzoovou nebo kávovou. Z flavonoidů je to pak katechin nebo kvercetin. Kaempferol se u konopné mouky nevyskytuje (Mikulec et al., 2019; Babiker et al., 2021). Ostropestřcová mouka obsahuje významné množství silybinu a kyseliny chlorogenové a menší množství kyselin ferulové nebo kávové (Lucini et al., 2016).

U ovoce je situace složitější, protože obsah polyfenolů se může výrazně lišit i u odrůd jednoho druhu ovoce (Fu et al., 2011; Nyangena et al., 2019; Borges et al., 2020). Meruňky jsou vnímány jako dobrý zdroj polyfenolů a v sušeném stavu obsahují zejména kyseliny chlorogenovou a neochlorogenovou, ale také

kávovou, *p*-kumarovou, ferulovou a jejich estery (Akin et al., 2008; Gómez-Martínez et al., 2021). Dále se zde vyskytují katechin, epikatechin, kvercetin nebo rutin (Igual et al., 2012; Gómez-Martínez et al., 2021). Fenolické kyseliny zastoupené v třešních se neliší od meruněk, jen se liší v jejich poměrech a dominantní jsou tak kyseliny kávová a *p*-kumarová, z flavonoidů obsahují katechin, epikatechin, rutin nebo kvercetin (Leo et al., 2021; Fu et al., 2011). Plody černého rybízu naopak obsahují vyšší množství kyselin gallové nebo syringové a nižší množství kyseliny kávové, protokatechinové nebo hydroxybenzoové. Z flavonoidů jde o katechin, epikatechin nebo kvercetin (Hui et al., 2021). Jahody a maliny mají podobné charakteristiky. Obecně jsou zdrojem řady fenolických látek, a to zejména antokyanů, které jim dávají červené zbarvení (Giampieri et al., 2012, Kula et al., 2016). Lyofilizované jahody dále obsahují deriváty kyseliny *p*-kumarové, katechin a deriváty kaempferolu a kvercetinu, maliny kyseliny gallovou, protokatechinovou, kávovou a z flavonoidů kaempferol (Seeram et al., 2012; Kula et al., 2016). U manga byl naměřen vysoký obsah kyselin ellagové, gallové, chlorogenové a vanilové (Fu et al., 2011; Vithana et al., 2019). Stejně jako u obilovin nicméně platí, že vyšší obsah fenolických kyselin je přítomný ve slupce (Vithana et al., 2019). Banán je také surovinou velmi bohatou na fenolické látky, přičemž významný je obsah kyseliny gallové, kaempferolu, ale také katechinu, kvercetinu nebo epigallokatechinu (Qamar et al., 2018; Fu et al., 2011; Borges et al., 2020). Sušené plody goji obsahují asi 0,03 až 0,50 % karotenoidů, které jim dávají jejich typické červenooranžové zbarvení. Kromě nich ale obsahuje taky kyselinu *p*-kumarovou, chlorogenovou, kávovou nebo vanilovou a z flavonoidů zejména deriváty kvercetinu a kaempferolu (Amagase et al., 2011).

Matcha je dnes obecně považována za jednu ze surovin s nejvyšší antioxidantní aktivitou vůbec. Může za to fakt, že vlivem pěstování technikou zastíňování čajovníkové listy syntetizují vysoký obsah polyfenolů (64,4 až 93,9 mg/GAE g) a flavonoidů (53,9 až 83,1 mg/GAE g) (Koláčková et al., 2020). Typickými zástupci flavonoidů jsou u matcha prášku katechiny, a to zejména katechin, epigallokatechin a epikatechin a jejich galláty, ale třeba také rutin (Weiss et al., 2003; Koláčková et al., 2020). Prášek z mletých lusků karobu obsahuje kyselinu gallovou, chlorogenovou, katechin nebo rutin (Brassesso et al., 2021).

U skořápkových plodů nejnižších hodnot obecně nabývají para ořechy nebo piniové ořechy, naopak asi 10× vyšší obsah polyfenolů je znám u pekanových nebo vlašských ořechů, přičemž většina je přítomna ve vázané formě (Yang et al., 2009). Skořápkové plody obsahují spíše flavonoidy (katechin nebo kvercetin) než fenolické kyseliny. Pistácie se řadí s obsahem 571 mg/100 g mezi ořechy se středním obsahem fenolických látek, přičemž většina flavonoidů nebo antokyanů je obsažena ve slupce samotných semen (Bolling et al., 2011; Tomaino et al., 2010). Samotná semena pistácií navíc obsahují chlorofyly (až

11 mg/100 g), které jim dávají jejich typické zelené zbarvení (Bolling et al., 2011). Kešu naopak patří mezi ořechy spíše s nižším obsahem fenolických látek (Yang et al., 2009).

Jedlé květy jsou z použitých surovin nejbohatším zdrojem fenolických látek, přičemž významný podíl tvoří flavonoidy (Rivas-García et al., 2021). Největší podíl mezi jednotlivými frakcemi je u květů obecně pozorován u volných polyfenolů (Chen et al., 2018). Jasmín obsahuje asi 43,6 mg GAE/g sušiny, z toho 6,6 mg/g sušiny tvoří flavonoidy a to rutin a kvercetin (Janarny et al., 2021, Chen et al., 2018). Z kyselin jsou přítomny kyseliny syringová nebo *p*-kumarová (Zheng et al., 2019). U květů růží se obsah celkových polyfenolů pohybuje v rozmezí 64,9 až 165 mg GAE/g sušiny s významným podílem kyseliny gallové ve vázané nerozpustné frakci, ale obsahují také antokyaniny, které dávají květům zbarvení (Alizadeh et al., 2021, Chen et al., 2018). Květy levandule obsahují asi jen 32,4 mg GAE/g polyfenolů (Chen et al., 2018). Mezi kyselinami jsou přítomny ve významném množství sinapová, v menším pak *p*-hydroxybenzoová nebo syringová (Zheng et al., 2019).

2 CÍLE PRÁCE

Cílem dizertační práce je navržení inovovaných receptur pro výrobu vypichovaných máslových sušenek s využitím méně obvyklých surovin s cílem zvýšit podíl nutričních látek, např. bílkovin, minerálních prvků, vlákniny a biologicky aktivních látek jako jsou například polyfenoly. Dále je u máslových sušenek stanoven glykemický index.

Dílčí cíle:

- a) Výběr vhodné základní receptury máslových sušenek.
- b) Příprava ochucených máslových sušenek s podílem netradičních mouk v lepkové i bezlepkové variantě doplněné o jedlé květy, sušené ovoce nebo jiné suroviny rostlinného původu.
- c) Stanovení technologických vlastností sušenek jako je roztékavost během pečení.
- d) Analýza texturních vlastností ochucených máslových sušenek.
- e) Analýza vybraných jakostních znaků:
 - základní nutriční znaky – stanovení vlhkosti, popele, lipidů, hrubých bílkovin, škrobu, vlákniny, *in vitro* stravitelnosti a glykemického indexu,
 - stanovení minerálních a stopových prvků pomocí ICP-MS,
 - biologicky aktivní látky – extrakce volných a vázaných frakcí polyfenolů s následným stanovením obsahu celkových polyfenolů spektrofotometricky, polyfenolického profilu pomocí HPLC a antioxidační aktivity spektrofotometricky.

3 ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

3.1 Materiál

Pro výrobu sušenek byla použita základní receptura skládající se z pšeničné mouky hladké (T530), cukru moučky, másla, žloutku, vanilinového cukru a soli. Ochucené alternativy obsahovaly substituční mouky – špaldovou hladkou, rýžovou hladkou, quinoovou hladkou, mouku z teffu světlého, quinoi červené, konopnou a ostropestřcovou, které byly zakoupeny v tržní síti jako hotový výrobek. Dále byly použity mouky, které byly připraveny režimem mikromletí na Combi Star mlýnu (Waldner Biotech, Linec, Rakousko). Šlo o mouku z ovesných vloček jemných s klíčkem a mouku z kamutového zrna. K ochucení sušenek bylo použito sušené ovoce (meruňky, mango, goji, černý rybíz, třešeň), lyofilizované ovoce (malina, jahoda), skořápkové plody (kešu, pistácie), matcha, karobová mouka, banánový prášek a jedlé květy (levandule, růže, jasmín). Všechny použité suroviny byly zakoupeny v tržní síti nebo specializovaných obchodech.

3.2 Příprava vzorků

Pro výrobu ochucených máslových sušenek byla použita základní receptura obsahující na 100 g hladké pšeničné mouky 61 g másla, 32,6 g cukru moučka, 17,5 g žloutku, 6,5 g vanilinového cukru a 0,1 g soli (NaCl).

a) Tato základní receptura byla v případě lepkových receptur upravena náhradou pšeničné mouky za mouku jiných obilovin, kousky ovoce, skořápkových plodů a jedlých květů. Složení vybraných receptur je uvedeno v Tabulce 1.

b) Podobně byla vypracována sada máslových sušenek v bezlepkové verzi, jejichž složení je uvedeno v Tabulce 2,

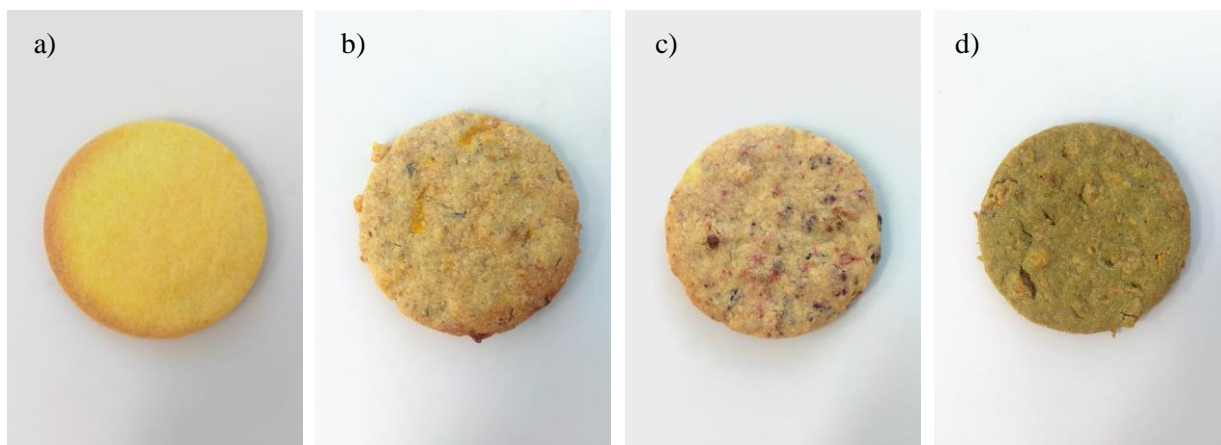
c) a sušenky s použitím necereálních mouk, jejichž složení je uvedeno v Tabulce 3.

Obrázky 3 až 5 ukazují vzhled jednotlivých vzorků sušenek.

Tab. 1: Složení máslových sušenek s obsahem lepku

[g/100 g mouky]	Pšeničné (P)	Špaldové (Š/P)	Ovesné (OV/P)	Kamutové (K/P)
Pšeničná mouka hladká	100	18,1	42,9	42,9
Substituční mouka		špaldová: 81,9	ovesná: 57,1	kamutová: 57,1
Máslo	61,0	62,2	69,5	69,8
Cukr moučka	32,6	33,4	37,3	37,2
Žloutek	17,5	17,8	20,0	19,9
Vanilinový cukr	6,5	6,7	7,5	7,4
Sůl	0,1	0,1	0,1	0,1
Ochucující suroviny		meruňky: 44,5	malina: 3,3 jahoda: 5,5 kešu: 18,2	mango: 43,0 matcha: 5,8
Jedlé květy		levandule: 0,8	růže: 3,6	jasmín: 4,1

pozn.: u ovesných vloček nebylo výrobcem deklarováno, že tyto jsou bezlepkové

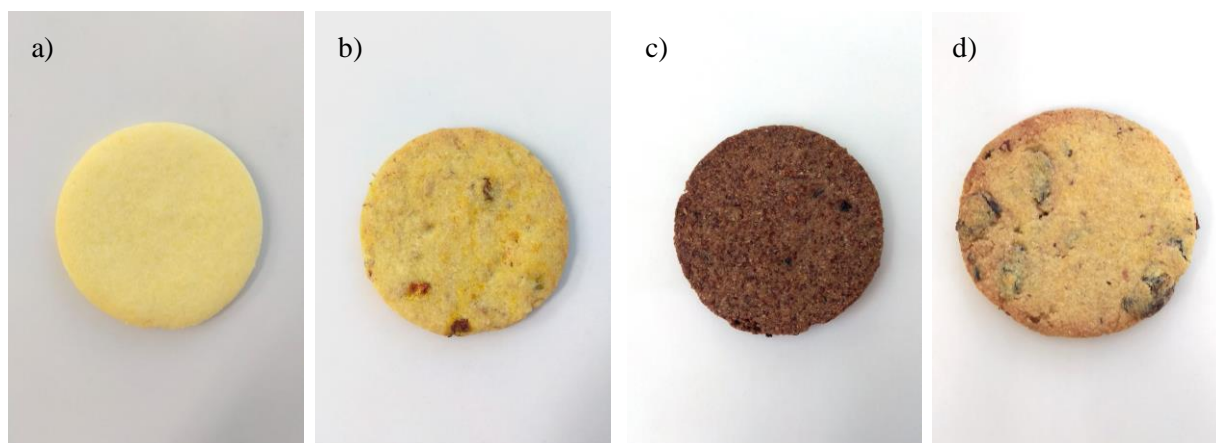


Obr. 3: Máslové sušenky s obsahem lepku

a) P – pšeničná mouka hladká (standard), b) Š/P – špaldová mouka celozrnná, pšeničná mouka hladká, sušené meruňky, levandule, c) OV/P – mouka z ovesných vloček s kličkem, pšeničná mouka hladká, jahody, maliny, kešu, růže, d) K/P – kamutová mouka, pšeničná mouka hladká, matcha, sušené mango, jasmín

Tab. 2: Složení máslových sušenek bez obsahu lepku

[g/100 g mouky]	Rýžové (R)	Teff světlý – rýže (TS/R)	Červená quinoa – rýže (ČQ/R)	Quinoa – rýže (Q/R)
Rýžová mouka	100	70	10	10
Substituční mouka		teff světlý: 30	červená quinoa: 90	bílá quinoa: 90
Máslo	62,2	61,8	61,8	63,7
Cukr moučka	31,7	33,1	33,2	34,1
Žloutek	16,6	16,5	16,5	17,0
Vanilinový cukr	5,6	6,4	6,3	6,5
Sůl	0,1	0,1	0,1	0,1
Ochucující suroviny		goji: 2,0 pistácie: 5,0	karobová mouka: 4,3 rybíz: 11,6	banánová mouka: 8,2 třešeň: 23,5
Jedlé květy		jasmín: 4,0	levandule: 0,6	růže: 1,9

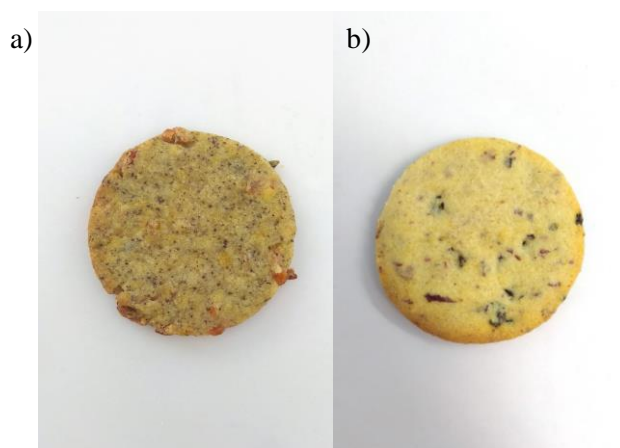


Obr. 4: Máslové sušenky bez obsahu lepku

a) R – rýžová mouka hladká (bezlepkový standard), b) TS/R – mouka z teffu světlého, rýže, goji, pistácie, jasmín, c) ČQ/R – mouka z červené quinoi, rýžová mouka hladká, karobová mouka, sušený rybíz, levandule, d) Q/R – mouka z quinoi bílé, rýžová mouka hladká, banánový prášek, sušené třešně, růže

Tab. 3: Složení máslových sušenek s necereálními moukami

[g/100 g mouky]	Konopno – pšeničné (Kon/P)	Ostropestřcovo – rýžové (Ostr/R)
Mouka A	pšeničná: 90	rýžová: 95
Mouka B	konopná: 10	ostropestřcová: 5
Máslo	62,3	62,0
Cukr moučka	33,5	31,6
Žloutek	17,9	16,6
Vanilinový cukr	6,6	5,8
Sůl	0,1	0,1
Ochucující suroviny	meruňky: 44,9	rybíz: 2,5
Jedlé květy	levandule: 0,8	růže: 2,5



Obr. 5: Máslové sušenky s přidavkem necereálních mouk
 a) Kon/P – konopná mouka, pšeničná mouka hladká, sušené meruňky, levandule,
 b) Ostr/R – ostropestřcová mouka, rýžová mouka hladká, sušený rybíz, růže

Pro analýzy byla vždy připravena příslušná série vzorků o hmotnosti 1000 g těsta. Máslo bylo utřeno s cukrem a žloutky. Ovoce bylo nakrájeno na kousky nožem o velikosti hrany max. 2 mm, skořápkové plody byly podrceny v kuchyňském robotu a jedlé květy byly ručně rozdrobeny nebo nasekány nožem. Všechny zbylé sypké suroviny byly smíchány a následně přimíchány do krému z másla, cukru a vajec. Vypracované těsto bylo zabaleno do potravinové folie a na 24 hodin uloženo do lednice při 8 °C. Poté bylo vyváleno na plát o tloušťce 3 mm a z něj byly vypichovány kulaté sušenky o průměru 5 cm. Tyto polotovary byly uloženy na 10 minut do lednice při 8 °C a následně byly pečeny při teplotě 175 °C po dobu 7 minut. Po vychladnutí byly sušenky uloženy do

PA/PE sáčku, zavakuovány a uzavřeny svárem za pomoci vakuové svářečky folií Food Saver FFS015X (Food Saver, Oklahoma, USA). Takto uzavřené sušenky byly uloženy do tmavých PET lahví při laboratorní teplotě (23±2 °C) se zátkou proti přístupu vlhkosti a do týdne analyzovány. Pro analýzy následně bylo homogenizováno vždy po 200 g sušenek tyčovým mixerem.

3.3 Vlastní metody stanovení

3.3.1 Technologické vlastnosti (roztékavost, křehkost, tvrdost)

Roztékavost sušenek

Roztékavost sušenek byla stanovena jako poměr průměru a tloušťky sušenky. U deseti kusů náhodně vybraných sušenek byl pomocí digitálního posuvného měřidla (150/0,01 mm, Festa, Levior, Přerov, ČR) změřen průměr a výška sušenek. Z těchto hodnot byla dle rovnice (1) vypočtena roztékavost sušenek (Falsafi et al., 2022).

$$SR = \frac{d}{h} \quad (1)$$

kde SR - roztékavost [-], d - průměr sušenky [mm] a h - výška [mm].

Texturometrické stanovení

Texturometrické stanovení bylo provedeno na analyzátoru TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK) za pomoci penetrační metody sondou P/2 pro stanovení tvrdosti a křehkosti sušenek dle referenční metody BIS1/P2, která je součástí knihovny metod přístroje. Samotné měření bylo provedeno vždy na 10 kusech sušenek, přičemž každá sušenka byla proměřena čtyřikrát, tj. jednou poblíž středu a třikrát mimo něj.

3.3.2 Stanovení vlhkosti

Pro stanovení vlhkosti byla použita metoda dle normy ČSN EN ISO 712. Do misek byl navážen 1 g homogenizovaného vzorku a tento byl sušen při teplotě 130±3 °C po dobu 120 minut. Obsah vlhkosti byl vyjádřen v %.

3.3.3 Stanovení popela

Pro stanovení obsahu popela byla použita norma ČSN ISO 2171. Do porcelánových kelímků byl navážen 1 g vzorku a tento byl spalován v muflové

peci při teplotě 550 ± 20 °C po dobu 5,5 hodiny. Obsah popela byl vyjádřen v % na sušinu vzorku.

3.3.4 Stanovení celkových lipidů

Pro stanovení obsahu celkových lipidů byla provedena extrakce na principu Soxhletovy metody s využitím zařízení Soxtherm (Gerhardt, Königswinter, Německo). Do patrony byly naváženy 2 g homogenizovaného vzorku, přelity 100 ml hexanu a extrahovány po dobu 2,5 hodiny. Obsah celkových lipidů byl vyjádřen v % na sušinu vzorku (Sumczynski et al., 2015).

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

Pro stanovení byla použita metoda dle normy ČSN EN ISO 20483. Do mineralizační baňky bylo naváženo 0,25 g vzorku, ke kterému bylo přidáno 10 ml 98% H_2SO_4 , 0,5 ml 30% H_2O_2 a lžička katalyzátoru (Na_2SO_4 a $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 10:1). Mineralizace probíhala po dobu 1 hodiny při teplotě 400 °C. Z mineralizátu byl po přidavku nadbytku 30 hm.% NaOH destilován uvolněný NH_3 (Behr 2, Behr Labor-Technik, Düsseldorf, Německo), následně vzniklý NH_4BO_3 byl titrován H_2SO_4 (0,025 mol/l). Ze spotřeby byl vypočten obsah dusíku a s pomocí přepočítávacího faktoru 6,25 byl vypočten obsah hrubé bílkoviny. Výsledky byly vyjádřeny v % na sušinu vzorku.

3.3.6 Stanovení obsahu škrobu

Obsah škrobu byl stanoven polarimetricky dle normy ISO 10520. Do 100 ml odměrné baňky bylo naváženo 5 g homogenizovaného vzorku, které byly doplněny 25 ml 1,124 hm.% HCl. Tato směs byla promíchána a stěny baňky byly omyty dalšími 25 ml stejného roztoku. Baňka byla umístěna do vroucí vodní lázně na 30 minut, během kterých dochází k hydrolýze přítomného škrobu. Po vyjmutí z vodní lázně byla směs doplněna dalšími 20 ml HCl a ochlazená pod proudem studené vody. Pro odstranění nesacharidových složek bylo použito číření pomocí Carrezova činidla. Nejprve byly dávkovány 3 ml Carrezova činidla I (30 hm.% $ZnSO_4$), směs byla promíchána a poté byly dávkovány 3 ml Carrezova činidla II (15 hm.% $K_4[Fe(CN)_6]$). Směs byla opět promíchána a ponechána 5 minut v klidu pro vytvoření sraženiny. Po této době byla baňka doplněna destilovanou vodou po rysku a zfiltrována. Čirý filtrát byl proměřen na automatickém polarimetru (Krüss P3001RS, Krüss Optronic, Hamburg, Německo) a z úhlu otočení byl vypočten obsah škrobu. Výsledky byly vyjádřeny v % na sušinu vzorku.

3.3.7 Stanovení hrubé vlákniny

Stanovení obsahu hrubé vlákniny bylo provedeno na přístroji Ankom fiber analyzer²²⁰ (Ankom Technology, Macedon, New York, USA). Před analýzou byly extrakční sáčky F57 promyty v acetonu a vysušeny. Do sáčku bylo naváženo 0,5 g homogenizovaného vzorku. Zatavené sáčky byly vloženy do přístroje a přelity roztokem H₂SO₄ (0,1275 mol/l), který se při teplotě 100 °C nechal působit 45 minut. Po této době byly sáčky promyty destilovanou vodou a následně byl do přístroje nalit roztok NaOH (0,131 mol/l) a opět se nechal při teplotě 100 °C působit 45 minut. Roztok byl vypuštěn, sáčky promyty, vyjmuty, vysušeny pomocí filtračního papíru a dosušeny v sušárně při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin. Po vychladnutí v exikátoru byly zváženy a spáleny v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Výsledky byly vyjádřeny v % na sušinu vzorku (Sumczynski et al., 2015).

3.3.8 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Stanovení probíhalo obdobně jako stanovení hrubé vlákniny (3.3.7). Namísto předchozích roztoků byl použit neutrálně-detergentní roztok (NDR) s neutrálně-detergentním činidlem (NDC) připravený dle následujícího postupu. Ve 2 l destilované vody bylo smícháno 120 g NDC a 20 ml trietylglykolu (pH = 6,9–7,1). NDR byl vytvořen přimícháním 20 g Na₂SO₃ a 4 ml α-amylázy. Filtrační sáčky F57 byly promyty v acetonu a po vysušení bylo do sáčku naváženo 0,5 g homogenizovaného vzorku. Do zařízení Ankom fiber²²⁰ byly vloženy zatavené sáčky a zality NDR. Tento roztok se nechal působit při teplotě 100 °C po dobu 75 minut. Po této době byl NDR vypuštěn a sáčky byly promyty destilovanou vodou se 4 ml α-amylázy. Poslední promytí bylo provedeno pomocí destilované vody bez přídavku enzymu. Následně byly sáčky vyjmuty, vysušeny pomocí filtračního papíru a dosušeny v sušárně při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin. Po vychladnutí v exikátoru byly zváženy a spáleny v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Výsledky byly vyjádřeny v % na sušinu vzorku (Sumczynski et al., 2015).

3.3.9 Výpočet obsahu sacharidů

Celkový obsah sacharidů zahrnuje veškeré přítomné sacharidy včetně vlákniny a byl vypočten dle rovnice (2) (Pires et al., 2017):

$$\text{Sacharidy (\%)} = 100 - (\text{lipidy \%} + \text{bílkoviny \%} + \text{popel \%}) \quad (2)$$

3.3.10 Výpočet energie

Energie sušenek byla vypočtena dle rovnic (3) a (4) (Pires et al., 2017):

$$\text{Energie (kcal/100 g)} = (4 \times g \text{ bílkovin}) + (4 \times g \text{ sacharidů}) + (9 \times g \text{ lipidů}) \quad (3)$$

$$\text{Energie (kJ/100 g)} = \text{kcal/100 g} \times 4,184 \quad (4)$$

3.3.11 Stanovení minerálních a stopových prvků

Pro stanovení obsahu jednotlivých prvků bylo potřeba sušenky nejdříve mineralizovat. Do mineralizační teflonové nádoby bylo naváženo 0,2 g homogenizovaného vzorku, který byl doplněn o 7 ml ultrapure 67% HNO₃ a 1 ml ultrapure 30% H₂O₂. Mineralizační nádoba byla uzavřena a vložena do mikrovlnného zařízení (Milestone Ethos One, Sorisole, Itálie) a vzorek byl mineralizován při výkonu 1500 W s lineárním nástupem teploty na 180 °C během 10 minut s následnou výdrží 15 min při 180 °C. Po opětovném poklesu teploty byly nádoby vyjmuty a obsah nádobek byl kvantitativně převeden do plastových nádobek pomocí ultrapure vody (Purelab Classic Elga, LabWater, Londýn, UK) pro analýzu na ICP-MS. Každý vzorek byl připraven ve třech opakováních.

Samotná analýza prvkového složení byla provedena pomocí ICP-MS (Thermo Scientific iCAP Qc, Thermo Scientific, MA, USA) sestávající z kolizní cely (QCell) naplněné heliem, kde se na základě rozdílných kinetických energií odstraní nežádoucí ionty. Pracovní parametry byly nastaveny následovně: výkon 1550 W, hloubka vzorkování 5 mm, průtok chladicího plynu 14,0 l/min, průtok nosného plynu 0,8 l/min, průtok zmlžovacího plynu 1,015 l/min, průtok helia 4,1 ml/min, rychlost zmlžovače 40,0 ot/min a teplota cely 2,7 °C (Sumczynski et al., 2018).

Pro otestování citlivosti signalů byl použit roztok Tune 7 a Tune 8 s Ag, Al, Ba, Be, Bi, Ce, Co, Cs, Cu, Ga, Ho, In, Li, Mg, Mn, Ni, Rh, Sc, Sr, Ta, Tb, Tl, U, Y, Zn o koncentraci 1 µg/l každého z prvků v roztoku 2% HNO₃ a Ba, Bi, Ce, Co, In, Li and U obsahující 1 µg/l každého z prvků v roztoku 2% HNO₃ + 0,5% HCl. K získání kalibračních křivek byly připraveny dvě sady standardů: 25 prvků o koncentraci 3–35 µg/l (⁷Li, ⁹Be, ¹¹B, ²⁴Mg, ²⁷Al, ⁴⁵Sc, ⁵⁵Mn, ⁵⁹Co, ⁶⁰Ni, ⁶³Cu, ⁶⁶Zn, ⁷¹Ga, ⁸⁸Sr, ⁸⁹Y, ⁹⁵Mo, ¹⁰⁷Ag, ¹³³Cs, ¹³⁷Ba, ¹⁴⁰Ce, ¹⁵⁹Tb, ¹⁶⁵Ho, ¹⁸¹Ta, ²⁰⁵Tl, ²⁰⁹Bi and ²³⁸U) a 18 prvků o koncentraci 0,5–1 µg/l (²³Na, ³¹P, ³²S, ³⁹K, ⁴⁴Ca, ⁴⁸Ti, ⁵¹V, ⁵²Cr, ⁵⁷Fe, ⁷³Ge, ⁷⁵As, ⁷⁷Se, ⁹⁰Zr, ¹¹¹Cd, ¹¹⁸Sn, ¹²¹Sb, ²⁰²Hg and ²⁰⁸Pb). Jako vnitřní standard o koncentraci 10 a 5 µg/l bylo použito ¹⁰³Rh a ¹¹⁵In. Jako certifikovaný materiál byla použita zelená řasa Metranal[®] 8 a NIST rýžová mouka 1568b (National Institute of Standards and Technology, Analytica Ltd, Praha, Česká republika) a lišejník (Atomic Energy Agency, Vídeň, Rakousko).

3.3.12 Příspěvky k referenčním hodnotám esenciálních minerálních a stopových prvků

Pro výpočet příspěvků sušenek k referenčním hodnotám příjmu (RDA, resp. AI*) pro esenciální prvky byly použity referenční hodnoty uvedené v Tabulce 4 deklarované dle Institut of Medicine pro věkové kategorie – ženy a muži 31–50 let a děti 4–8 let (Institute of Medicine, 1997, 2000). Jako denní konzumovaná porce sušenek byla zvolena hodnota 100 g.

Tab. 4: Referenční hodnoty příjmu minerálních prvků u dospělých osob a dětí

Esenciální minerální a stopové prvky		RDA/AI*		
		Žena 31–50 let	Muž 31–50 let	Dítě 4–8 let
Na*	[g/den]	1,5	1,5	1,2
Mg	[mg/den]	320	420	130
P	[mg/den]	700	700	500
K*	[g/den]	4,7	4,7	3,8
Ca	[mg/den]	1000	1000	1000
Fe	[mg/den]	18	8	10
Zn	[mg/den]	8	11	5
Cr*	[μg/den]	25	35	15
Mn*	[mg/den]	1,8	2,3	1,5
Cu	[μg/den]	900	900	440
Se	[μg/den]	55	55	30
Mo	[μg/den]	45	45	22

RDA – recommended dietary allowances, doporučené referenční hodnoty příjmu; AI* – adequate intake, adekvátní doporučený příjem

Pro výpočet příspěvků konzumace sušenek k hodnotám prozatímních tolerovaných příjmů PTWI/PTMI*/TDI** pro toxické stopové prvky byly použity hodnoty uvedené v Tabulce 5. Jejich hodnoty stanovuje FAO/WHO a jsou obecně uváděny v μg/kg tělesné hmotnosti (FAO/WHO 2006, 2011a, 2011b, 2011c, 2013), pro nikl jde o hodnotu danou ESFA (EFSA, 2020). Pro výpočet příspěvků konzumace sušenek k hodnotám PTWI/PTMI*/TDI byla zvolena hmotnost 70 kg pro ženu, 90 kg pro muže a 22 kg pro dítě jako střední hodnotu hmotnosti dítěte ve věku 4–8 let.

Tab. 5: Referenční hodnoty PTWI/PTMI*/TDI** toxických stopových prvků u dospělých osob a dětí

Toxické minerální prvky	PTWI/PTMI*/TDI** [µg/kg]	PTWI/PTMI*/TDI** žena, 70 kg [µg]	PTWI/PTMI*/TDI** muž, 90 kg [µg]	PTWI/PTMI*/TDI** Dítě, 22 kg [µg]
Al	2 000	140 000	180 000	44 000
Ni**	13	910	1 170	286
Sn	14 000	980 000	1 260 000	308 000
Hg	4	280	360	88
Cd*	25	1 750	2 250	550

PTWI – provisional tolerably weekly intake, prozatímní tolerovatelný týdení příjem; PTMI* – provisional tolerably monthly intake, prozatímní tolerovatelný měsíční příjem; TDI** – tolerable daily intake, tolerovatelný denní příjem.

3.3.13 Stanovení stravitelnosti *in vitro*

Pro stanovení stravitelnosti byla použita metoda s využitím inkubátoru Daisy (Ankom Technology, Macedon, New York, USA). Filtrační sáčky F57 byly promyty v acetonu a po vysušení do nich bylo naváženo 0,25 g homogenizovaného vzorku a následně byly sáčky zataveny. Sáčky v inkubační lahvi byly zality 1,7 l HCl (0,1 mol/l) s 3 g pepsinu (E.C. 3.4.23.1, aktivita 0,7 FIG-U/mg) a láhve byly umístěny do inkubátoru, kde byla udržována teplota 37 °C po dobu 4 hodin. Poté byly sáčky promyty destilovanou vodou a následně byly zality 1,7 l fosfátového pufru (3,09 g KH₂PO₄ a 32,49 g Na₂HPO₄·12 H₂O v 1,7 l destilované vody, pH 7,45) se 3 g pankreatinu (aktivity proteázy, amylázy a lipázy byly 350, 7500 a 6000 FIG-U/g) a spolu byly inkubovány při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Poté byla inkubační lahev umístěna do vodní lázně o teplotě 80 °C na dobu 30 minut pro odstranění zmazovatělého škrobu. Sáčky byly promyty destilovanou vodou, vysušeny filtračním papírem a dosušeny v sušárně při teplotě 103 °C po dobu 24 hodin. Po vychladnutí v exikátoru byly zváženy a následně spáleny v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodin. Výsledek byl vyjádřen jako % stravitelnosti sušiny (dry matter digestibility, DMD) a % stravitelnosti organické hmoty (organic matter digestibility, OMD) (Sumczynski et al., 2015).

3.3.14 Stanovení glykemického indexu *in vitro* a výpočet glykemické zátěže

Pro stanovení glykemického indexu (GI) byla upravena metodika dle Kahraman et al. (2019). Pro analýzu byly připraveny následující roztoky.

Roztok 0,05 mol/l HCl s pepsinem byl připraven smísením 0,409 ml 37% HCl s destilovanou vodou v odměrné baňce o objemu 100 ml. Následně bylo v 50 ml roztoku rozmícháno 0,250 g pepsinu.

Roztok octanového pufru (0,2 mol/l, pH 5,2) byl připraven smísením 42 ml 0,2 mol/l CH₃COOH (připraven smísením 1,145 ml CH₃COOH s destilovanou vodou do objemu 100 ml) a 158 ml 0,2 mol/l CH₃COONa (připraven rozpuštěním 5,444 g CH₃COONa.3H₂O v destilované vodě do 200 ml).

Na enzymovou směs byly do plastové zkumavky naváženy 2 g pankreatinu a doplněny 10 ml destilované vody. Tato směs byla třepána po dobu 10 minut a následně odstředěna při 2500xg po dobu 10 minut. Následně bylo 6,95 ml roztoku pankreatinu smíšeno s 0,55 ml amyloglukosidázy (AMG) a 2,5 ml invertinu.

Roztok glukózooxidáza-peroxidázy (D-glukose (GOPOD Format) Assay Kit, Megazyme, Wicklow, Irsko) byl připraven dle návodu výrobce kitu.

Pro samotné stanovení bylo do plastových zkumavek o objemu 50 ml naváženo 0,1 g homogenizovaného vzorku, ke kterému bylo přidáno 5 skleněných kuliček a 2 ml roztoku 0,05 mol/l HCl s pepsinem. Zkumavka byla pevně uzavřena a uložena šikmo do vodní lázně o teplotě 37 °C, kde byla po dobu 30 minut třepána. Po této době byly k obsahu zkumavky přidány 4 ml octanového pufru a 1 ml připravené enzymové směsi. Směs byla protřepána na vortexu. V čase 0 byl odebrán alikvótní podíl 100 µl, který byl ve zkumavce typu Eppendorf smíchán s 2 ml absolutního etanolu, který denaturuje enzymy a zastaví tím probíhající reakci. Zkumavka se zbytkem směsi byla navracena do vodní lázně s třepáním a další podíly byly odebírány v časech 10, 20, 30, 60, 90, 120 a 180 minut. Obsah zkumavky směsi s etanolem byl odstředěn při 2500xg po 10 minut. Dále probíhalo spektrofotometrické měření obsahu glukózy s pomocí GOPOD dle návodu výrobce kitu.

Z hodnoty absorbance byl vypočten obsah glukózy v době odběru podílu. Z obsahu glukózy a počátečního obsahu škrobu byla dle rovnice (5) vypočtena míra hydrolýzy škrobu v jednotlivých časech odběru. Z hodnot procenta hydrolýzy škrobu byla za pomoci programu Microsoft Excel vymodelována křivka narůstajícího procenta hydrolýzy škrobu v čase. Následně byla integrací vypočtena plocha pod křivkou. Poměrem dle rovnice (6) byl získán index hydrolýzy, ze které byl dle výpočtu (7) vypočten *in vitro* GI a dle výpočtu (8) glykemická nálož.

$$\text{hydrolýza (\%)} = \left[\frac{\left(m_g \times \frac{160}{182} \right)}{m_s} \right] \times 100 \quad (5)$$

$$\text{index hydrolýzy} = \frac{\text{plocha pod křivkou vzorku}}{\text{plocha pod křivkou glukózy}} \quad (6)$$

$$\text{in vitro GI} = 39,71 + 0,549 \times HI \quad (7)$$

$$GL = \frac{GI * \text{obsah sacharidů ve 100 g}}{100} \quad (8)$$

kde m_g - hmotnost uvolněné glukózy [g], m_s - hmotnost škrobu ve vzorku [g].

3.3.15 Stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity

3.3.15.1 Fotochemiluminiscence (PCL)

Fotochemiluminiscence byla provedena dle metodiky Besco et al. (2007), za pomoci kitu ACW (hydrofilní antioxidanty) a ACL (lipofilní antioxidanty) a zařízení Photochem (Analytic Jena, Jena, Německo).

Nejdříve byly 2 g homogenizovaného vzorku extrahovány v 5 ml destilované vody pro frakci ACW a v 5 ml metanolu pro frakci ACL. Směs vzorku a vody a směs vzorku a metanolu byla uložena do vodní lázně o teplotě 40 °C a třepána po dobu 30 minut. Směs byla poté odstředěna při 12 300×g po dobu 15 minut a filtrována přes syringe filtr 0,22 μm.

Získané extrakty byly ihed rozpuštěny s reagentem 1, který je součástí kitu, a měřeny na přístroji Photochem. Výsledky byly vyjádřeny jako mg ekvivalentu kyseliny askorbové (AAE/g) na sušinu vzorku pro ACW a mg ekvivalentu troloxu (TE/g) na sušinu vzorku pro ACL.

Kalibrace byla provedena pomocí ACW a ACL protokolu. Reagent 1 v množství 490 μl (kit ACW) a 10 μl H₂SO₄ byly přidány do vialky s kyselinou askorbovou (reagent 4, kit ACW) a směs byla míchána po dobu 30 s. Tento roztok byl naředěn pomocí reagentu 1 k získání pracovního roztoku o koncentraci 1 nmol kyseliny askorbové/10 μl. Standard troloxu byl připraven smícháním 500 μl reagentu 1 (kit ACL) s troloxem (reagent 4, kit ACL) a směs byla míchána po dobu 20 s. Tento roztok byl následně naředěn na koncentraci 1 nmol troloxu/10 μl. Měření každého standardu bylo provedeno v pěti opakováních.

3.3.15.2 Extrakce volných a vázaných polyfenolů

Extrakce tuku ze vzorku sušenek

Před samotnou extrakcí polyfenolů je nutné ze vzorku sušenek odstranit tukový podíl, který by následně rušil spektrofotometrické a chromatografické stanovení. Pro odstranění tuku byla použita upravená metoda dle Alrahmany et al. (2013). Do tmavé lékovky bylo naváženo 8 g homogenizovaného vzorku a

bylo přidáno 40 ml hexanu. Na magnetickém míchadle byl vzorek 1 hodinu míchán pro vyloužení volných lipidů. Po této době byl roztok rozlit do Eppendorf zkumavek a odstředěn (Dynamica Scientific, Newport Pagnell, Velká Británie) při 12 300xg po dobu 15 minut. Poté byl hexan s vylouženým tukem odebrán a peleta byla etanolem kvantitativně převedena na předem zváženou Petriho misku. Tento pevný podíl byl vysušen v sušárně po dobu 1 hodiny při 40 °C. Po sušení byla Petriho miska uložena do exikátoru a zvážena. Z úbytku hmotnosti vzorku byl vypočten pomocí rovnice (9) index pro následný přepočet obsahu celkových polyfenolických látek (TPC), antioxidační aktivity (AOA) a obsahu jednotlivých polyfenolických látek stanovovaných pomocí HPLC:

$$I = \frac{m_0}{m_1} \quad (9)$$

kde I je index pro přepočet, m_0 je navážka vzorku, m_1 je hmotnost vzorku po vyloužení tuku.

Extrakce volných frakcí polyfenolů

Pro extrakci frakce volných polyfenolů byly do tmavé lékovky naváženy 2 g homogenizovaného vzorku, ke kterému bylo přidáno 8 ml 80% metanolu a kapka etylacetátu. Směs byla dána na 1 hodinu do ultrazvukové lázně a následně byla odstředěna při 25 200xg (Dynamica Scientific, Newport Pagnell, UK) po dobu 15 minut. Supernatant byl slit a použit jako extrakt volných polyfenolů. Peleta byla dále použita pro extrakci frakce vázaných polyfenolů (Kotásková et al., 2016).

Extrakce vázaných (nerozpustných) forem polyfenolů

Peleta po odstředění byla přesunuta zpět do lékovky a promyta 20 ml destilované vody, která byla opět odstraněna. K promytému vzorku bylo přidáno 25 ml 0,1 mol/l NaOH a lékovky byly opět umístěny do ultrazvukové lázně po dobu 1 hodiny. Po uplynutí této doby byl extrakt opět odstředěn při 25 200xg (Dynamica Scientific, Newport Pagnell, UK) po dobu 15 minut. Supernatant byl slit do čisté lahvičky a pomocí 6 mol/l HCl bylo upraveno pH na 3–6 a sraženina byla opět odstředěna při 25 200xg po dobu 15 minut. Získaný supernatant byl slit a použit jako extrakt vázaných polyfenolů (Kotásková et al., 2016).

3.3.15.3 Stanovení celkových polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuovy metody

Pro stanovení bylo do odměrné baňky o objemu 10 ml dávkováno 5 ml destilované vody, 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla, 1,5 ml 20% Na₂CO₃ a 200 µl extraktu a baňka byla doplněna destilovanou vodou po rysku. Směs v baňce byla promíchána a uložena do tmy na dobu 30 minut. Po uplynutí této doby byla změřena absorbance při 765 nm proti blanku na spektrofotometru Specord 50 Plus (Analytic Jena AG, Jena, Německo). Pro výpočet obsahu celkových polyfenolů (TPC) byla sestrojena kalibrační řada kyseliny gallové o koncentracích 50, 100, 200, 400, 600 a 800 mg/l. Z rovnice lineární regrese byl vypočten obsah TPC a vyjádřen jako mg ekvivalentu kyseliny gallové v 1 g sušiny vzorku (mg GAE/g). Stanovení proběhlo v pěti opakováních (Cicco et al., 2009).

3.3.15.4 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Příprava radikálu a reakční směsi

Den před stanovením byl připraven radikál kationtu ABTS (2,2-azinobis-(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát) reakcí s K₂S₂O₈. Do odměrné baňky o objemu 10 ml bylo naváženo 0,018 g ABTS, které bylo rozpuštěno v 10 ml destilované vody a následně k němu byly přidány 0,2 ml 0,6 mol/l K₂S₂O₈. Radikál kationtu se nechal vyvíjet 16 hodin bez přístupu světla při laboratorní teplotě. V den analýzy byla z octanového pufru (63 ml 0,2 mol/l CH₃COONa a 136,5 ml 0,2 mol/l CH₃COOH) a radikálu ABTS připravena reakční směs v poměru 39:1. Absorbance reakční směsi byla měřena spektrofotometricky při vlnové délce 734 nm proti octanovému pufru jako blanku (Re et al., 1999).

Měření antioxidační aktivity

Pro samotné měření, které proběhlo v pěti opakováních, byly do zkumavky pipetovány 4 ml reakční směsi ABTS, ke které bylo přidáno 50 µl extraktu. Směs byla promíchána na vortexu a uložena na 30 minut do tmy. Poté byla při vlnové délce 734 nm proměřena její absorbance proti octanovému pufru jako blanku. Pro výpočet hodnoty antioxidační aktivity byla sestrojena kalibrační řada o koncentracích 100, 150, 200 a 250 mg/l troloxu v metanolu. S pomocí rovnice lineární regrese byla z hodnoty inaktivace vypočtena hodnota antioxidační aktivity a vyjádřena jako mg ekvivalentu troloxu v 1 g sušiny vzorku (mg TE/g) (Re et al., 1999).

3.3.15.5 Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH

Příprava radikálu a reakční směsi

Pro vytvoření pracovního roztoku byl připraven zásobní roztok radikálu DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) ve 100 ml metanolu. Tento zásobní roztok

byl dále použit na přípravu pracovního roztoku, který byl připraven smícháním metanolu a zásobního roztoku v poměru 4,5:1,0. Absorbance pracovního roztoku byla měřena spektrofotometricky při vlnové délce 515 nm proti metanolu jako blanku.

Měření antioxidační aktivity

Pro samotné měření, které proběhlo v pěti opakováních, byly do zkumavky pipetovány 4 ml pracovního roztoku DPPH, ke kterému bylo přidáno 210 μ l extraktu. Směs byla promíchána na vortexu a uložena na 60 minut do tmy. Po uplynutí této doby byla při vlnové délce 515 nm proměřena absorbance proti metanolu jako blanku. Pro výpočet hodnoty antioxidační aktivity byla sestrojena kalibrační řada o koncentracích 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 a 180 mg/l troloxu v metanolu. S pomocí rovnice lineární regrese byla z hodnoty inaktivace vypočtena hodnota antioxidační aktivity a vyjádřena jako mg ekvivalentu troloxu v g sušiny vzorku (mg TE/g) (Ferri et al., 2013).

3.3.15.6 Stanovení polyfenolického profilu pomocí HPLC-DAD

Extrakty byly použity také pro stanovení polyfenolického profilu pomocí HPLC-DAD. Pro účely HPLC byly ještě extrakty filtrovány přes syringe filtr (nylon; 0,22 μ m). Chromatografické podmínky jsou zaznamenány v Tabulce 6.

Tab. 6: Chromatografické podmínky metody HPLC-DAD

Kolona:	Kinetex C18, 150 x 4,5 mm; 2,6 mm (Phenomenex, USA)
Teplota kolony:	30 °C
Detektor:	DAD
Objem vzorku:	10 μ l
Průtok:	1 ml/min
Doba analýzy:	45 minut
Eluce:	gradientová
Mobiní fáze:	(A) destilovaná voda:kyselina octová (99:1) (B) destilovaná voda:acetonitril:kyselina octová (67:32:1)
Gradient:	0 minut: 10 % B 0–10 minut: 20 % B 10–16 minut: 20–40 % B 16–25 minut: 40–50 % B 25–26 minut: 50–70 % B 26–30 minut: 70 % B 30–40 minut: 70–10 % B

Pro stanovení polyfenolického profilu bylo vybráno 22 standardů: epigallokatechin, katechin, epikatechin, rutin, kvercetin, kaempferol, resveratrol, kyselina chlorogenová, gallová, protokatechinová, neochlorogenová, *p*-hydroxybenzoová, vanilová, kávová, syringová, *p*-kumarová, ferulová, sinapová, ellagová, *o*-kumarová, skořicová a etylester kyseliny protokatechinové. Pro stanovení obsahu jednotlivých látek byly sestrojeny kalibrační řady o koncentracích 0 až 50 µg/ml. Z rovnice lineární regrese byl následně vypočten obsah jednotlivých analytů a vyjádřen jako µg standardu v 1 g sušiny vzorku (µg/g) (Kotásková et al., 2016).

3.3.16 Statistické zpracování dat

Pro zpracování výsledků byly z naměřených hodnot odstraněny odlehlé hodnoty. Pro odstranění odlehlých hodnot u měření texturometrie byl kvůli normálnímu rozložení dat a počtu opakování nad 30 použit Grubbsův test. Pro odstranění odlehlých hodnot u zbývajících měření s menším počtem opakování byl použit Dean-Dixonův test. Ze zbývajících hodnot byly výsledky vyjádřeny jako střední hodnota se směrodatnou odchylkou (SD). Pro statistické vyhodnocení byl použit parametrický test srovnávající hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův *t*-test) s hladinou významnosti 5 %. Pro zpracování výsledků byl použit program StatK25.

4 VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUZE

4.1 Výsledky a diskuze pro stanovení technologických parametrů

Složení jednotlivých vzorků, resp. mouk použitých v sušenkách, ovlivňuje jejich základní kvalitativní charakteristiky, a to roztékavost a tvrdost (Xu et al., 2020). Tabulka 7 ukazuje průměr a tloušťku sušenky a jejich poměr, který následně udává informaci o roztékavosti těsta. Jde o technologické charakteristiky důležité v první řadě pro výrobce, a to z důvodu velikosti balení. Na roztékavosti je také založen i jeden z pekařských pokusů při testování kvality mouky (HadiNezhad, 2009). Míra roztékavosti je přitom závislá na mnoha faktorech, jako je obsah a kvalita tuku, teplotní profil, teplota těsta na začátku pečení, ale také obsah bílkovin, kde platí nepřímá úměra, kdy s vyšším obsahem bílkovin se míra roztékavosti snižuje (Xu et al., 2020).

Výsledky jednotlivých technologických charakteristik hotových sušenek byly korelovány s obsahem bílkovin, lipidů a sacharidů v sušenkách. Výsledky (Tabulka P1) ukazují, že ze sledovaných korelací má obsah lipidů největší vliv na průměr sušenky ($r=0,5576$), což je i důsledek toho, že při vzestupu teploty těsta během pečení jako první tají tuky a až poté dochází ke zpevnění celé struktury sušenky (Manley, 2011). Převažujícím zdrojem lipidů v receptuře je přitom máslo, jehož teplota tání se podle složení triacylglycerolů pohybuje kolem hodnoty 33 °C (Sert a Mercan, 2020). Díky tomu může máslo přispívat k roztékání těsta již v prvních fázích pečení. Tuto hypotézu podporuje i fakt, že korelační koeficient závislosti průměru na obsahu másla dosahuje hodnoty $r=0,8150$.

Z hodnot korelačních koeficientů roztékavosti s bílkovinami, lipidy i sacharidy je přitom patrné, že mezi nimi neexistuje vztah, což je zapříčineno také tím, že tloušťka jednotlivých druhů sušenek se liší jen minimálně. Poměrně stabilní tloušťka sušenky je dána procesy během pečení, kdy v těstě dochází k rozpínání plynů v matici tvořené gelem ze škrobu a bílkovin. Tyto plyny podléhají rychlé koalescenci, slabá lepková síť není schopná bubliny plynu udržet, struktura se rozpadá a sušenka vlivem unikajících plynů opět klesá (Manley, 2011).

Tabulka 7 dále ukazuje výsledky texturometrického stanovení tvrdosti a křehkosti sušenek. Tato měření byla provedena pouze u vzorků lepkových a bezlepkových sušenek bez sušenek s konopnou a ostropestřcovou moukou. Vnímání textury je závislé i na sušině vzorku, proto je zde pro srovnání uvedena i její hodnota. Hodnota tvrdosti je důležitou charakteristikou, kterou konzument vnímá mezi prvními a vyjadřuje sílu, která je potřebná pro zlomení výrobku (Jan et al., 2018). S hodnotou 5,59 N, resp. 5,48 N jsou nejtvrďšími vzorky sušenek s kamutovou, resp. ovesnou moukou. Sušenky se základem z pšeničné mouky jsou obecně tvrdší než sušenky bezlepkových receptur, které jsou měkké vlivem

použití rýžové mouky. Rýžové sušenky jsou také s hodnotou 2,14 N hodnoceny jako nejměkčí ze všech vzorků. Jedním z důvodů, proč mají sušenky tak nízkou hodnotu tvrdosti je fakt, že obsahují vysoké množství tuku (Jan et al., 2018), které je u sušenek dáno zejména podílem másla (61,0 až 69,8 g/100 g mouky) a vaječného žoutku (16,5 až 20,2 g/100 g mouky). Z korelačních koeficientů nebyla s hodnotou $r=0,1010$ nicméně závislost tvrdosti na obsahu lipidů potvrzena. Srovnávány jsou ale sušenky s použitím různých druhů mouk, které mohou tuto charakteristu také ovlivňovat.

U křehkosti jde o opačnou závislost a vyšší hodnota tak vyjadřuje nižší křehkost. Obecně lze z naměřených dat říci, že vzorky bezlepkových receptur jsou křehčí než vzorky receptur se základem z pšeničné mouky. Vysoká křehkost bezlepkových sušenek je přitom důsledkem použití rýžové mouky jako základu pro bezlepkové receptury.

Tab. 7: Výsledky texturometrického měření sušenek

Vzorek	Sušina [%]	Průměr [mm]	Tloušťka [mm]	Roztékavost [-]	Tvrdość [N]	Křehkost [mm]
P	96,5 ± 0,1 ^a	52,2 ± 0,5 ^a	5,9 ± 0,9 ^a	9,1 ± 1,5 ^a	4,04 ± 0,83 ^a	5,79 ± 0,47 ^a
Š/P	93,2 ± 0,1 ^b	51,0 ± 0,6 ^{b,c}	6,8 ± 1,1 ^{b,d}	7,7 ± 1,2 ^{b,d,e}	2,91 ± 0,84 ^{b,e}	5,01 ± 0,45 ^{b,d,f,g}
OV/P	96,8 ± 0,1 ^c	53,0 ± 0,7 ^d	7,9 ± 0,7 ^c	6,7 ± 0,5 ^c	5,48 ± 1,21 ^c	6,45 ± 0,55 ^c
K/P	94,3 ± 0,2 ^d	51,2 ± 0,4 ^b	6,2 ± 0,6 ^{a,b}	8,3 ± 0,7 ^{a,b}	5,59 ± 1,47 ^{c,d}	5,88 ± 0,68 ^a
R	96,8 ± 0,1 ^c	53,7 ± 0,5 ^e	6,9 ± 0,7 ^d	7,8 ± 0,7 ^{b,d}	2,14 ± 0,48 ^b	4,67 ± 0,37 ^{b,e}
TS/R	96,3 ± 0,1 ^e	52,4 ± 0,5 ^a	6,9 ± 0,6 ^d	7,7 ± 0,8 ^d	2,99 ± 0,66 ^{e,f,g}	5,22 ± 0,42 ^{d,e}
QČ/R	96,9 ± 0,1 ^f	51,7 ± 0,3 ^f	6,2 ± 0,6 ^{a,b}	8,4 ± 0,8 ^{a,e}	3,59 ± 0,82 ^g	4,65 ± 0,61 ^f
Q/R	96,3 ± 0,1 ^g	50,7 ± 0,4 ^c	7,5 ± 0,3 ^c	6,8 ± 0,3 ^c	3,45 ± 0,63 ^g	5,08 ± 0,49 ^{g,h}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=40) 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 ($p < 0,05$). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

4.2 Výsledky stanovení a diskuze obsahu základních nutričních znaků a stravitelnosti

4.2.1 Základní nutriční znaky

Výsledky základních nutričních znaků jsou prezentovány v Tabulce 8. Obsah sušiny v sušenkách se pohyboval v rozmezí od 93,0 do 96,9 %. Vyhláška č. 18 ze dne 27. ledna 2020 o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta upravuje obsah vlhkosti ve výrobku na hodnotu maximálně 10 %, sušenky tedy splňují danou podmínku pro

trvanlivé pečivo. Nejvyšší obsah sušiny měly vzorky pšeničných (96,9 %), ovesných (96,8 %) a rýžových sušenek (96,2 %) a bezlepkových sušenek s přídavkem mouky z teffu bílého (96,7 %). Tyto sušenky v receptuře nemají zastoupeno ovoce nebo jde o ovoce, které má přirozeně nízký obsah vlhkosti – lyofilizované jahody a maliny nebo sušené plody goji. Například lyofilizované ovoce vlivem technologie zpracování přirozeně obsahuje pouze okolo 2–5 % vlhkosti (Khalloufi et al., 2003).

Sušenky obsahují 6,67 až 11,0 % hrubé bílkoviny. Sušenky se základem obilných mouk přitom vykazují vyšší obsah hrubé bílkoviny (7,72 až 11,0 %) než sušenky bezlepkových receptur (6,67 až 8,34 %). Nejnižší obsah bílkovin vykazují bezlepkové sušenky s teffem bílým (6,67 %) a sušenky rýžové (6,90 %). Mnohé bezlepkové mouky mohou obsahovat nižší množství bílkovin než mouky z tradičních obilovin. Pro srovnání, samotná rýžová mouka obsahuje asi jen kolem 8 % bílkovin a mouka z bílého teffu přibližně 10 až 11 % (Lin et al., 2021; Rico et al., 2019). Naopak mouka pšeničná má běžně 11 až 14 % bílkovin v sušině (Konopka et al., 2006). Ačkoli je obsah bílkovin v teffové mouce relativně srovnatelný s moukou pšeničnou, je v receptuře použita v poměru 30:70 s moukou rýžovou, která celkový obsah bílkovin v sušence snižuje. Naopak nejvyšší obsah bílkovin vykazovaly sušenky se špaldovou moukou, což je dáno také faktem, že špaldová mouka obsahuje oproti běžné pšeničné mouce až kolem 15 % bílkovin v sušině (Frakolaki et al., 2018). I přesto, že je obsah bílkovin u teffových sušenek spolu s rýžovými nejnižší, může být tato kombinace mouk ve výrobku přínosná, protože jak rýže, tak teff obsahují vysoké množství lyzinu, který je u pšeničné mouky limitující AMK (Arendt, 2013; Rico et al., 2019; Anjum et al., 2005). Tato hypotéza, vycházející z literárních údajů, by se měla do budoucna podpořit stanovením aminokyselinového složení finálního výrobku.

Vliv na obsah lipidů má množství másla, žloutku a přítomnost skořápkových plodů v receptuře. Obsah lipidů ve vybraných recepturách se pohybuje od 22,6 % u receptury s kamutovou moukou po 30,8 % u ovesných sušenek. Vysoký obsah lipidů ovesných sušenek je dán zejména tím, že obsahují v receptuře 7 hm. % kešu, které jsou tvořeny asi ze 48 % lipidy (Rico et al., 2015). Také ovesné vločky samotné jsou díky přítomnosti klíčku surovinou s vyšším podílem lipidů. Podobně jsou na tom sušenky s přídavkem bílého teffu, které obsahují přídavek pistácií, kde se obsah lipidů v závislosti na odrůdě pohybuje od 42 po 60 % (Gama et al., 2018). Statisticky významně se od ovesných sušenek neliší ani sušenky s přídavkem quinoi červené, které sice skořápkové plody neobsahují, ale mouka z červené quinoi může obsahovat až 6,5 % lipidů (Pellegrini et al., 2018). Vysoký obsah lipidů má tato mouka proto, že zrno quinoi, ze které byla tato mouka v laboratorních podmínkách vymleta, přirozeně obsahuje klíček.

Obsah sacharidů v tomto případě vyjadřuje přítomnost všech sacharidů, včetně vlákniny. Jejich obsah silně koreluje s množstvím mouky, cukru a ovoce v receptuře. Obsah sacharidů se pohybuje od 57,9 % u sušenek ovesných po 67,9 % u sušenek kamutových, resp. 65,3 % u sušenek rýžových. Významný podíl těchto sacharidů je u sušenek přirozeně tvořený škrobem. Nejvyšší podíl škrobu vykazují obě základní receptury, a to 44,4 % sušenky rýžové a 42,6 % sušenky pšeničné. Tento fakt je dán tím, že mouka tvoří 46,3 %, resp. 45,9 % recepturního složení, přičemž oba druhy mouky jsou bohaté na obsah škrobu. Mouka rýžová je tvořena škrobem ze 73 až 90 % a mouka pšeničná ze 70 až 75 % (Wang et al., 2017; Zhu et al., 2020; Goesaert et al., 2005). Se snižujícím se podílem mouky také obecně klesá i obsah škrobu, nicméně toto je ovlivněno také množstvím škrobu v použité mouce. Naopak nejnižší obsah je 26,9 % u sušenek s konopnou moukou, která samotná obsahuje méně než 3 % škrobu (Korus et al., 2017). Tyto sušenky mají také nejvyšší obsah ochucujících složek.

Vláknina je tvořena rostlinnými oligo- a polysacharidy, které nejsou lidským organismem stravitelné. Zahrnuje tak širokou škálu látek jako je celulóza, hemicelulózy nebo pektiny, ale řadí se k ní také lignin nebo vosky. V základu se dělí na rozpustnou a nerozpustnou vlákninu. Vláknina ve stravě obecně přispívá ke snížení rizika vysokého tlaku, diabetu, obezity a zácpy. Rozpustná vláknina tvoří viskózní gel, který pomáhá chránit proti kardiovaskulárním onemocněním tím, že zpomaluje reabsorpci žlučových kyselin, čímž se omezuje cirkulace cholesterolu v krvi (Siddiqui et al., 2023), zatímco nerozpustná vláknina zvětšuje objem stolice a pomáhá předcházet zácpě (Khorasaniha et al., 2023). Vláknina byla stanovována ve dvou frakcích. Tou první je hrubá vláknina (CF), vyjadřující obsah nerozpustné vlákniny zahrnující celulózu a lignin a druhou je vláknina neutrálně-detergnetní (NDF) vyjadřující obsah celulózy, ligninu a nerozpustných hemicelulóz (Sumczynski et al., 2015). Obsah CF se pohyboval od 0,54 u rýžových sušenek po 2,16 % u sušenek s přídavkem mouky z červené quinoi. Rýžové sušenky obsahují nejnižší množství proto, že byla použita mouka hladká bílá, kde jsou zrna rýže zbavena všech obalových vrstev a k mletí na mouku tak zbývá endosperm tvořený zejména škrobem. Z toho důvodu samotná rýžová mouka obsahuje asi jen 0,8 % hrubé vlákniny (Kraithong et al., 2018). Následují sušenky s přídavkem mouky ostropestřcové s obsahem 0,86 % CF. Ostropestřcová mouka obsahuje sice celkem asi 45 % vlákniny (Mouky, © 2021), ale v sušenkách nahrazuje jen 5 % mouky rýžové a deficit v mouce rýžové tak nemůže dostatečně nahradit. Pro srovnání sušenky základní pšeničné receptury obsahují 1,17 % CF, což je dáno chemickým složením mouky, jejím množstvím v receptuře, ale také množstvím a povahou ochucujících složek. Byť sušenky s červenou quinoou obsahují nejvyšší množství vlákniny, obsahují jen třetinové množství ochucujících surovin oproti sušenkám kamutovým, které mají druhý nejvyšší obsah CF, a to 2,00 %. Vysoký obsah vlákniny sušenek s obsahem mouky z červené quinoi je dán použitou kombinací surovin. Mouka z červené quinoi obsahuje přibližně 15 % celkové vlákniny, více než 90 %

z toho je ale tvořeno vlákninou nerozpustnou, mouka karobu může obsahovat až 40 % CF a lyofilizované plody černého rybízu obsahují asi 19 % nerozpustné vlákniny v sušině (Pellegrini et al., 2018; Brassesco et al., 2021; Hui et al., 2021). Sušenky kamutové obsahují vyšší množství manga s nižším obsahem vlákniny.

U NDF se objevují podobné trendy. Nejnižší obsahy jsou pozorovány u vzorku rýžových sušenek, které jsou tvořeny zejména škrobem, a naopak nejvyšší obsah byl pozorován u vzorku s ovesnými vločkami (5,58 %). Obecně pak vzorky bezlepkových receptur obsahují nižší množství NDF, což je pravděpodobně způsobeno samotnou rýžovou moukou, která vykazuje významný deficit, který již není možné dostatečně kompenzovat doplňkovými surovinami. Při doporučeném příjmu vlákniny 38 g/den pro dospělého muže a 25 g/den pro dospělou ženu mohou sušenky, a to zejména sušenky na základu z pšeničné mouky, významně přispívat k plnění jejího doporučeného příjmu (Khorasaniha et al., 2023).

Obsah popela vyjadřuje přibližný obsah minerálních látek. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u sušenek rýžových, tj. 0,40 %, a sušenek pšeničných, tj. 0,58 %. Hodnota je nízká, protože v jejich recepturách byly použity nízkovymleté mouky bez doplňkových surovin v podobě ovoce, jedlých květů nebo skořápkových plodů. Samotné mouky obsahují nízké množství popela, který se u mouky rýžové a pšeničné pohybuje asi jen okolo 0,3 a 0,6 % (Park et al., 2020; Frakolaki et al., 2018). Na opačné straně spektra vzorků v obsahu popela pak stojí sušenky s konopnou a quinoovou moukou, s moukou z červené quinoi a sušenky špaldové. Poslední jmenované spojuje to, že použité mouky byly celozrnné a zároveň obsahují vysoké množství doplňkových ingrediencí. Například u špaldových sušenek s absolutně nejvyšší hodnotou se obsah popela v celozrnné špaldové mouce pohybuje kolem hodnoty 1,95 %, čerstvé meruňky obsahují asi 0,5 až 0,9 % popela, sušené meruňky obsahují asi jeho trojnásobek v sušině (Frakolaki et al., 2018; Akin et al., 2008). Sušené jedlé květy pak obsahují okolo 4,3 až 6,9 % popela v sušině (Pires et al., 2017). Černý rybíz může obsahovat až 6,10 % popela, karobový prášek 2,3 až 3,2 % a červená quinoa asi 2,2 % popela v sušině (Hui et al., 2021; Brassesco et al., 2021; Ballester-Sánchez et al., 2020).

Všechny výše uvedené charakteristiky se podílí na výsledné energetické hodnotě výrobku, která se pohybuje od 2131 kJ/100 g výrobku u kamutových sušenek po 2302 kJ/100 g výrobku u ovesných sušenek. U energetické hodnoty není viditelný jasný trend, ale vysoká hodnota u ovesných sušenek je důsledkem vysokého obsahu lipidů (30,8 %) pravděpodobně i použitím kešu ořechů. Stejně tak v případě sušenek s teffem světlým, které v receptuře obsahují pistácie. Mezi sušenkami s nejvyšší energetickou hodnotou jsou i sušenky s quinoou, kde 90 % použité mouky tvoří quinoa s vysokým obsahem lipidů. Naopak nižší

energetická hodnota u kamutových sušenek je dána jak nízkým obsahem lipidů (22,6 %), tak vysokým obsahem vlákniny.

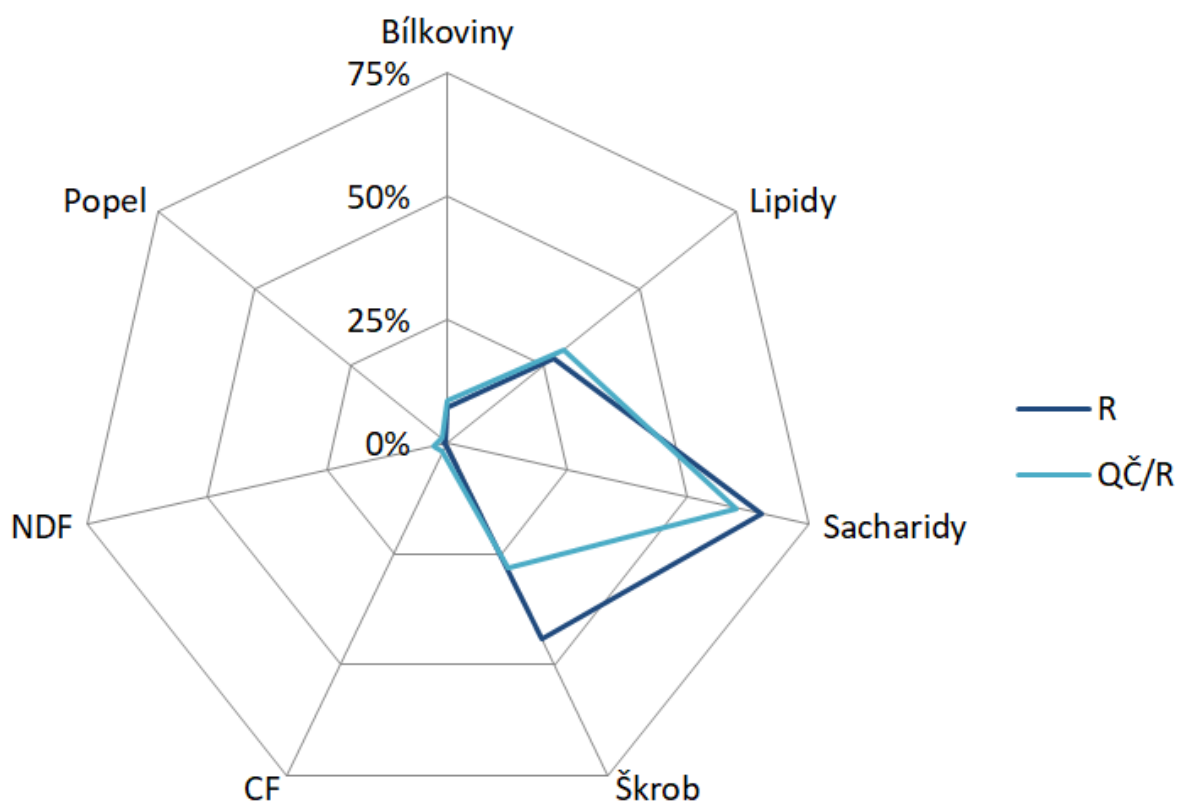
Tab. 8: Výsledky stanovení obsahu základních nutričních znaků

Vzorek	Sušina [%]	Energie [kJ/100 g]	Hrubá bílkovina [%]	Lipidy [%]	Sacharidy [%]	Škrob [%]	CF [%]	NDF [%]	Popel [%]
P	96,9 ± 0,6 ^a	2259 ± 39 ^{a,c,e}	9,48 ± 0,69 ^{a,c}	28,4 ± 0,3 ^a	61,6 ± 1,0 ^a	42,6 ± 0,1 ^a	1,17 ± 0,33 ^{a,f}	1,88 ± 0,36 ^a	0,58 ± 0,05 ^a
Š/P	94,0 ± 0,7 ^b	2174 ± 21 ^b	11,0 ± 0,3 ^b	25,0 ± 0,2 ^b	62,5 ± 0,5 ^{a,f}	34,2 ± 1,4 ^b	1,95 ± 0,15 ^b	4,53 ± 0,46 ^b	1,44 ± 0,04 ^b
OV/P	96,8 ± 0,5 ^a	2302 ± 79 ^{a,e}	10,2 ± 0,3 ^{a,i}	30,8 ± 1,3 ^{c,f}	57,9 ± 1,6 ^b	28,3 ± 1,2 ^{c,f}	1,63 ± 0,11 ^c	5,58 ± 0,20 ^c	1,12 ± 0,03 ^c
K/P	95,2 ± 0,6 ^c	2131 ± 107 ^{b,c,d}	8,59 ± 0,44 ^{c,f}	22,6 ± 1,7 ^d	67,9 ± 2,1 ^c	34,4 ± 0,4 ^b	2,00 ± 0,14 ^{b,e}	4,99 ± 0,26 ^b	0,97 ± 0,01 ^d
R	96,2 ± 1,2 ^{a,c}	2241 ± 29 ^{a,d,f}	6,90 ± 0,33 ^d	27,4 ± 0,3 ^e	65,3 ± 0,7 ^{c,e}	44,4 ± 1,2 ^d	0,54 ± 0,08 ^d	0,79 ± 0,09 ^d	0,40 ± 0,08 ^e
TS/R	96,7 ± 0,1 ^a	2281 ± 22 ^{a,e}	6,67 ± 0,01 ^{d,e}	29,6 ± 0,4 ^c	62,8 ± 0,4 ^{a,f}	37,5 ± 0,1 ^e	1,15 ± 0,04 ^a	1,25 ± 0,08 ^e	0,86 ± 0,01 ^f
QČ/R	95,9 ± 0,2 ^{c,d}	2286 ± 14 ^e	8,34 ± 0,13 ^f	30,3 ± 0,2 ^f	60,0 ± 0,3 ^d	28,2 ± 0,2 ^c	2,16 ± 0,07 ^e	2,93 ± 0,29 ^f	1,40 ± 0,04 ^b
Q/R	93,8 ± 0,1 ^{b,e}	2201 ± 18 ^{b,f}	7,72 ± 0,10 ^g	26,2 ± 0,3 ^g	64,7 ± 0,4 ^e	27,6 ± 1,0 ^{c,f}	1,42 ± 0,08 ^f	2,56 ± 0,20 ^f	1,38 ± 0,03 ^b
Kon/P	93,0 ± 1,0 ^{b,f}	2173 ± 51 ^{b,d}	10,7 ± 0,4 ^{b,i}	24,9 ± 0,7 ^b	63,1 ± 1,1 ^f	26,9 ± 0,4 ^f	1,76 ± 0,01 ^c	3,48 ± 0,17 ^g	1,34 ± 0,06 ^b
Ostr/R	94,8 ± 1,2 ^{b,c,g}	2206 ± 32 ^{a,b}	7,82 ± 0,51 ^{f,g}	26,0 ± 0,3 ^g	65,4 ± 0,8 ^{c,e}	40,6 ± 0,8 ^g	0,86 ± 0,03 ^g	1,78 ± 0,04 ^a	0,76 ± 0,05 ^g

CF – hrubá vláknina, NDF – neutrálně-detergentní vláknina. Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3) 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 ($p < 0,05$). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

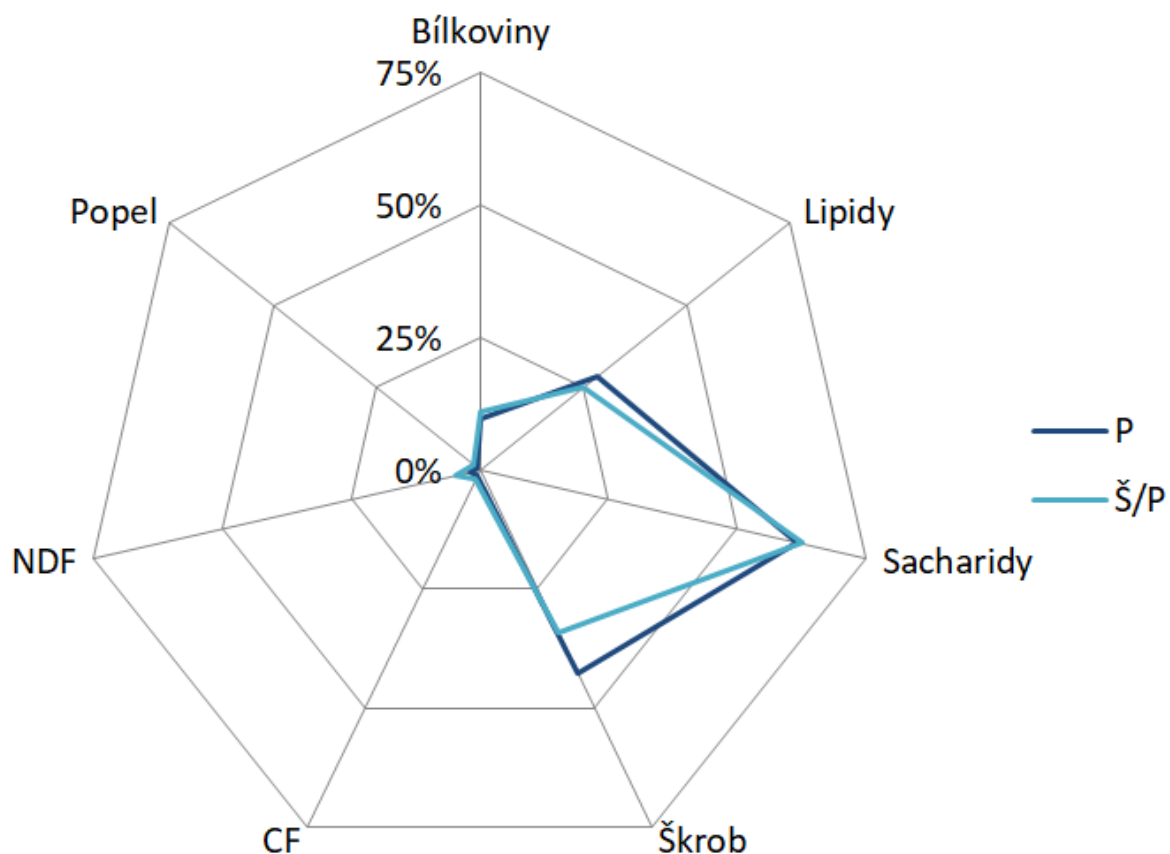
Záměna základní, tedy pšeničné nebo rýžové mouky za mouky substituční a přidavek ochucujících složek má prokazatelný vliv na nutriční složení hotového výrobku. Tato změna má za důsledek zvýšení obsahu hrubých bílkovin a snížení obsahu škrobu, dále zvýšení podílu vlákniny a popela. Obsah lipidů je pak závislý na použitých surovinách, kde má významný vliv přítomnost skořápkových plodů v receptuře. Procentuální přírůstky a úbytky jednotlivých nutričních látek jsou uvedeny v Tabulce P2. Z výsledků měření vyplývá, že použití těchto surovin dělá ze sušenek výrobek, který je nutričně hodnotnější než standardní vzorky.

U bezlepkových sušenek jsou nejvíce významné změny u sušenek s obsahem mouky z červené quinoi. Obrázek 6 vyjadřuje podíly jednotlivých nutričních látek ve vzorku rýžové sušenky a sušenky s červenou quinoou, u které byly pozorovány největší rozdíly v porovnání se standardním vzorkem. Tyto sušenky obsahují více bílkovin a lipidů a méně škrobu. Významná je pak změna v obsahu hrubé i neutrálně-detergentní vlákniny, ale i v obsahu popela. Při srovnání se základní recepturou jde pak o nárůst o 300, 271, resp. 250 %.



Obr. 6: Porovnání sušenky s obsahem červené quinoi a sušenky rýžové

U lepkových sušenek je situace odlišná. Změny jsou významné u všech testovaných vzorků, nicméně mění se jejich profil. V případě bílkovin je největší nárůst u špaldových sušenek, největší pokles v obsahu lipidů je pozorován u sušenek kamutových a v případě škrobu je pozorován největší pokles u sušenek s konopnou moukou. Nárůsty obsahu vlákniny a popela jsou v porovnání s bezlepkovými sušenkami nižší, i přesto ale dosahují přírůstku 37 až 68 % u hrubé vlákniny, 85 až 197 % u neutrálně-detergentní vlákniny a 67 až 148 % u popela. Na Obrázku 7 jsou tyto změny reprezentovány porovnáním špaldové sušenky vůči standardní pšeničné sušence.



Obr. 7: Porovnání špaldové sušenky a sušenky pšeničné

4.2.2 Výsledky stanovení obsahu minerálních a stopových prvků

V Tabulkách 9 a 10 jsou uvedeny výsledky stanovení obsahu vybraných prvků a také maximální možný příspěvek konzumace 100 g sušenek k referenčním hodnotám příjmů (RDA nebo AI*) pro esenciální prvky. Obecně je sledován trend vyššího zastoupení prvků v ochucených druzích sušenek v porovnání se základními recepturami. Mezi standardními recepturami je nižší obsah obecně pozorován v rýžových sušenkách, což je způsobeno tím, že je rýžová mouka vymílána až do endospermu rýžového zrna, které je na obsah minerálních prvků obecně velmi chudé (Arendt, 2013). Vysoký obsah

minerálních prvků je naopak pozorován u receptur s moukou z ovesných vloček a u sušenek s obsahem quinoové mouky, ať už v bílé nebo červené variantě.

Obsah minerálních prvků v rostlinných surovinách je nicméně závislý na mnoha faktorech, ať už jde o vliv odrůdy, množství minerálních látek v půdě nebo dostupnost vláhy během růstu rostliny. Různé faktory přitom mohou mít vliv na koncentraci různých minerálních prvků. Z výzkumu Caldelas et al. (2003) vyplývá, že odrůda může ovlivňovat obsah vápníku, draslíku, hořčíku nebo síry, naopak podmínky pěstování více působí na obsah železa nebo zinku. Jak je patrné z Tabulky 9, je v absolutních hodnotách z makrobiogenních prvků zastoupena nejvíce síra, jejíž obsah se pohybuje od 338 mg/100 g sušiny u pšeničných sušenek po 376 mg/100 g sušiny u sušenek s moukou z ostropestřce. Pro obsah síry nicméně neexistuje předpis stanovující doporučený denní příjem. Dalším zdánlivě dobře zastoupeným prvkem je draslík. Jeho obsah se pohybuje od 9,54 do 64,9 mg/100 g sušiny, nicméně jeho podíl na plnění RDA/AI* ze sušenek je velice nízký a pohybuje se pouze v desetinách procent. Z makroprvků je naopak dobře zastoupen hořčík, a to až do množství 56,5 mg/100 g sušiny u receptury s ovesnou moukou. Obecně se pak příspěvek k RDA/AI* hodnotě pro hořčík pohybuje v rozsahu 2–16 % pro ženu a 2–12 % pro muže ve věku 31 až 50 let a dokonce až 40 % pro dítě ve věku 4–8 let. U lepkových sušenek byl přitom obsah hořčíku a tím i příspěvek k RDA/AI* vyšší než u bezlepkových. Nejvyšší obsah hořčíku u ovesných sušenek může být způsoben přítomností kešu ořechů, které samy mohou obsahovat 503 mg/100 g tohoto prvku (Wojdylo et al., 2022). Na vysokém obsahu se může podílet i celá kombinace ochucujících ingrediencí, jelikož značné množství hořčíku obsahují jak zrna ovsa, tak i jahody nebo maliny (Alemayehu et al., 2021; Pereira et al., 2018).

Pokud jde o porovnání obsahu jednotlivých makrobiogenních prvků, obsahují lepkové receptury zpravidla více jednotlivých prvků než receptury bezlepkové. Dobře patrný je tento rozdíl například u hořčíku, kde již standardní pšeničná receptura obsahuje 1,4× více hořčíku než receptura rýžových sušenek. Použitím ochucujících složek a doplňkových mouk se pak obsah hořčíku zvýší až 5,3× v případě quinoových sušenek oproti sušence rýžové. Tento trend ale naopak neplatí v případě síry, kde je obsah v jednotlivých recepturách vyrovnaný, což značí, že není závislý na použitých rostlinných surovinách.

Ačkoli se sušenky zdají být dobrým zdrojem zejména hořčíku, je nutno zmínit také biodostupnost minerálních prvků. Biodostupnost, nejčastěji definována jako stravitelná část nutričních látek metabolicky využitelná, je závislá na chemické formě minerálních prvků, metodě zpracování potravin a přítomnosti látek, které inhibují nebo naopak zlepšují biodostupnost minerálních prvků (Alegría-Torán et al., 2015; Kiewlicz a Rybicka, 2020). Kiewlicz a Rybicka (2015) sledovali obsah fyátatu a dostupnost jednotlivých minerálních prvků ve vločkách z obilovin a pseudocereálií. Vysoký obsah fyátatu u quinoi měl za následek nízkou využitelnost hořčíku. Takže ačkoli se quinoové sušenky mohou

zdát jako dobrý zdroj hořčíku, je pro toto tvrzení potřebné opakovat měření obsahu minerálních prvků například v nestráveném podílu po stanovení stravitelnosti.

Tab. 9: Výsledky stanovení obsahu esenciálních prvků a příspěvek konzumace 100 g sušenek k RDA nebo AI* hodnotám

	P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R	Maximální možný příspěvek k RDA, AI* [%]		
											Ž / M 31–50 let	Děti 4–8 let	
Makrobiogenní prvky [mg/100 g sušiny]													
²³ Na*	2,32 ± 0,15 ^a	1,88 ± 0,03 ^b	2,81 ± 0,13 ^c	2,11 ± 0,21 ^{a,d}	1,23 ± 0,10 ^e	1,96 ± 0,22 ^{b,d}	1,60 ± 0,12 ^f	5,34 ± 0,14 ^g	1,67 ± 0,11 ^f	34,5 ± 1,7 ^h	0,1–2,1	0,1–2,7	
²⁴ Mg	11,5 ± 0,3 ^a	38,8 ± 0,6 ^b	56,5 ± 2,1 ^c	30,0 ± 0,5 ^d	8,3 ± 0,2 ^e	25,7 ± 1,5 ^f	42,4 ± 1,1 ^g	44,2 ± 1,2 ^h	28,3 ± 1,4 ⁱ	16,8 ± 0,3 ^j	2–16 2–12	6–40	
³¹ P	5,02 ± 0,15 ^a	8,92 ± 0,27 ^b	10,9 ± 0,7 ^c	6,82 ± 0,19 ^d	4,31 ± 0,14 ^e	6,23 ± 0,42 ^f	8,24 ± 0,27 ^g	7,94 ± 0,19 ^h	6,47 ± 0,40 ^f	4,89 ± 0,18 ^a	0,6–1,4	0,8–2,0	
³² S	338 ± 4 ^a	363 ± 6 ^{b,c,f}	360 ± 5 ^{b,d}	349 ± 8 ^{c,e}	355 ± 7 ^{d,e}	367 ± 6 ^f	364 ± 9 ^{b,f,g}	358 ± 6 ^{d,g}	367 ± 7 ^f	376 ± 10 ^h	x	X	
³⁹ K*	16,9 ± 0,7 ^a	55,8 ± 2,2 ^b	54,7 ± 3,7 ^{b,c}	52,7 ± 1,1 ^{c,d}	9,54 ± 0,19 ^e	38,9 ± 2,0 ^f	64,9 ± 0,7 ^g	63,2 ± 1,3 ^h	54,2 ± 4,7 ^{b,d}	26,0 ± 2,0 ⁱ	0,2–1,3	0,2–1,6	
⁴⁰ Ca	0,021 ± 0,002 ^a	0,027 ± 0,002 ^b	0,026 ± 0,001 ^b	0,025 ± 0,001 ^c	0,018 ± 0,001 ^d	0,022 ± 0,001 ^{a,e}	0,026 ± 0,001 ^b	0,024 ± 0,001 ^f	0,026 ± 0,002 ^{b,c}	0,0236 ± 0,001 ^e	< 0,1	< 0,1	
Mikrobiogenní prvky [µg/100 g sušiny]													
⁵⁷ Fe	425 ± 8 ^a	693 ± 13 ^b	806 ± 43 ^c	628 ± 43 ^d	213 ± 14 ^e	401 ± 32 ^f	557 ± 13 ^g	608 ± 37 ^d	547 ± 36 ^g	357 ± 29 ^h	1–4 3–9	2–8	
⁶⁶ Zn	142 ± 5 ^a	292 ± 13 ^b	435 ± 37 ^c	338 ± 25 ^d	216 ± 7 ^e	240 ± 22 ^f	335 ± 23 ^d	285 ± 7 ^b	218 ± 19 ^e	211 ± 10 ^e	2–5 1–4	3–8	

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=9) na sušinu vzorku. Plnění RDA, resp. AI* se vztahuje ke 100 g vzorku. 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 ($p < 0,05$). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

Ze stopových prvků mohou být sušenky dobrým zdrojem manganu, chromu, mědi nebo molybdenu. V případě manganu, resp. chromu, až velmi významným zdrojem, jelikož se příspěvek k hodnotě AI* v obou případech pohybuje až nad hodnotou 100 % (Tabulka 10). U manganu jde v absolutní hodnotě o obsah 282 µg/100 g sušiny u rýžových sušenek až 4500 µg/100 g sušiny u sušenek kamutových. U chromu jde pak o rozmezí 21,8 µg/100 g sušiny u rýžových sušenek po 33,8 µg/100 g sušiny u kamutových sušenek.

U kamutových sušenek se na obsahu manganu významně podílí pravděpodobně matcha čaj, který ho může v práškové formě obsahovat až 1,55 mg/g (Koláčková et al., 2021). Množství přijímaného manganu se obecně vlivem konzumace vysoce průmyslově zpracovaných potravin snižuje. Dobrým zdrojem manganu jsou rostlinné potraviny, a to zejména celozrnné obiloviny a arašidy. Nicméně jeho biodostupnost z těchto zdrojů se pohybuje v jednotkách procent kvůli přítomnosti polyfenolů, fytátů nebo vlákniny, které jeho využití z potravin snižují (Freeland-Graves et al., 2016). Kromě manganu mohou být kamutové sušenky také dobrým zdrojem selenu, což je způsobeno použitím mouky z kamutu, který je právě známý svým vysokým obsahem selenu (Valli et al., 2016). Ostatní sušenky vykazují sice statisticky významné odchylky v obsahu selenu, jeho obsah se ale pohybuje v rozmezí 1,88 až 3,38 µg/100 g sušiny. Lze předpokládat, že jeho hlavním zdrojem bude surovina společná všem recepturám. Na základě dostupné literatury lze konstatovat, že jde s velmi vysokou pravděpodobností o vaječný žloutek, který může selenu obsahovat okolo 0,35 µg na 1 g čerstvé hmoty (Pilarczyk et al., 2019). Dále mohou být sušenky dobrým zdrojem mědi. Jeho obsah se pohybuje od 138 µg/100 g sušiny u sušenek pšeničných, resp. 219 µg/100 g sušiny u sušenek rýžových, po 571 µg/100 g sušiny u sušenek ovesných. S těmito hodnotami pak sušenky dosahují příspěvku k RDA hodnotě v rozmezí 3–13 %. Pečení nicméně ještě dále snižuje biodostupnost tohoto prvku (Gharibzahedi a Jafadi, 2017).

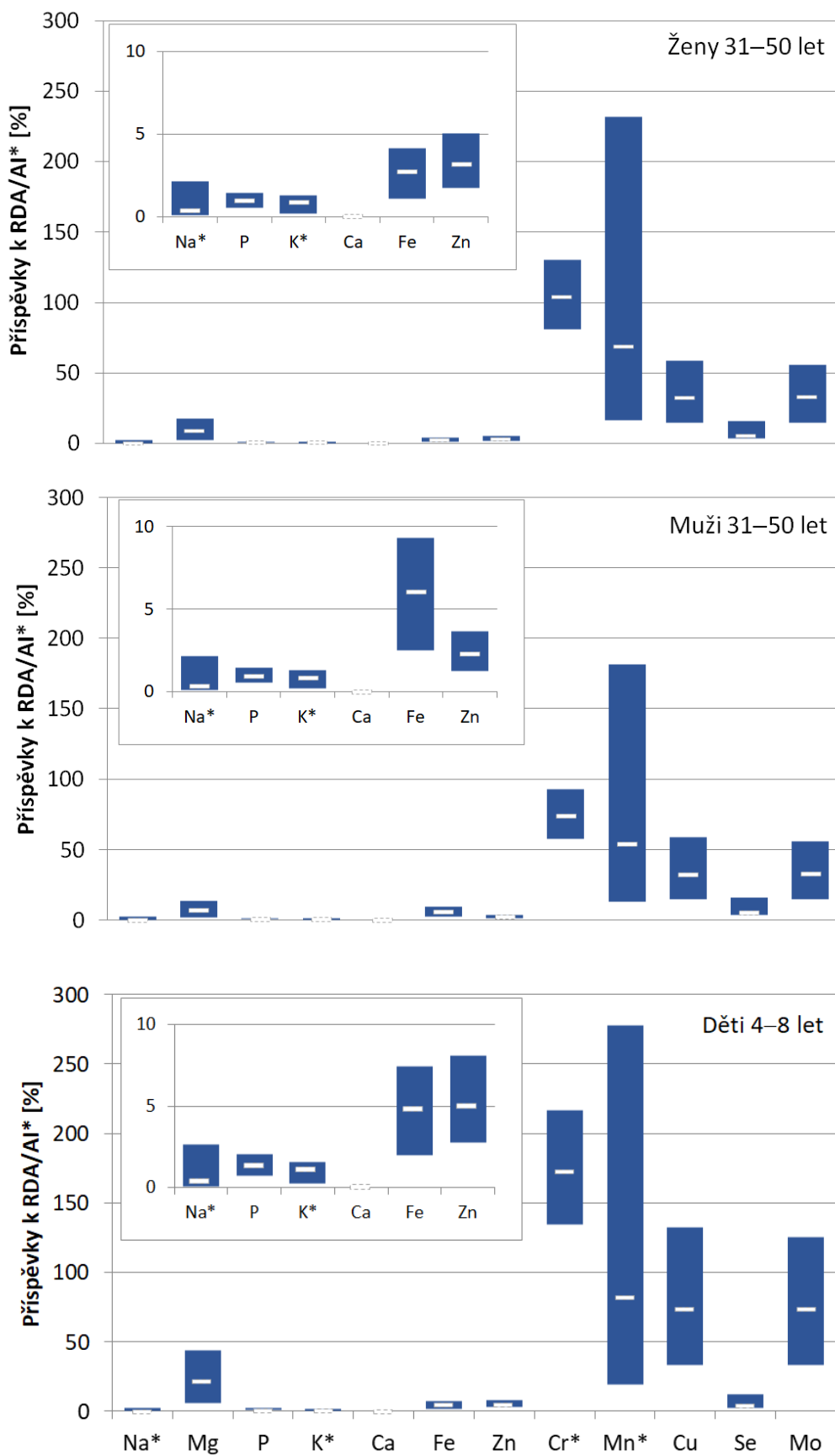
Mezi ostatními stopovými prvky byl sledován také obsah boru a vanadu. U boru je sledován trend vyššího obsahu u ochucených surovin. Jeho vysoký obsah je navíc pozorován u sušenek s obsahem konopné mouky a mouky z bílé a z červené quinoi. U vanadu a molybdenu je pak kromě vyššího obsahu u ochucených receptur sledován také vyšší obsah u sušenek s obsahem lepku. Z tohoto trendu se pak v případě vanadu vymykají pouze sušenky s obsahem mouky z ostropestřce mariánského.

Tab. 10: Výsledky stanovení obsahu stopových prvků a příspěvek esenciálních prvků k hodnotám RDA nebo AI* při konzumaci 100 g sušenek

Obsah	P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R	Příspěvek k RDA, AI* [%]		
											Ž / M 31–50 let	Děti 4–8 et	
Stopové prvky [µg/100 g sušiny]													
¹¹ B	12,0 ± 1,5 ^a	80,8 ± 6,5 ^b	68,5 ± 6,0 ^c	50,9 ± 2,4 ^d	16,4 ± 0,4 ^e	45,6 ± 0,8 ^f	123 ± 3 ^g	153 ± 4 ^h	150 ± 5 ^h	53,1 ± 5,0 ^d	x	x	
⁵¹ V	6,79 ± 0,40 ^a	7,72 ± 0,57 ^b	6,15 ± 0,59 ^c	5,61 ± 0,26 ^d	3,84 ± 0,38 ^{e,f}	3,60 ± 0,17 ^e	4,01 ± 0,22 ^f	4,95 ± 0,33 ^g	5,34 ± 0,32 ^h	8,51 ± 0,32 ⁱ	x	x	
⁵² Cr*	33,7 ± 6,7 ^{a,c}	29,0 ± 2,2 ^{b,e}	30,7 ± 0,9 ^{a,b}	33,8 ± 4,3 ^c	21,8 ± 2,0 ^d	22,4 ± 1,0 ^d	30,5 ± 3,5 ^{a,b}	27,0 ± 1,5 ^e	27,7 ± 0,8 ^e	22,9 ± 1,5 ^d	81–130 58–93	135–217	
⁵⁵ Mn*	302 ± 13 ^a	1280 ± 30 ^b	1500 ± 80 ^c	4500 ± 140 ^d	282 ± 7 ^e	1900 ± 110 ^f	1460 ± 51 ^c	972 ± 57 ^g	811 ± 50 ^h	375 ± 24 ⁱ	16–232 13–181	19–278	
⁶³ Cu	138 ± 12 ^a	309 ± 10 ^b	571 ± 20 ^c	305 ± 22 ^b	219 ± 9 ^d	370 ± 7 ^e	319 ± 18 ^b	394 ± 39 ^e	262 ± 12 ^f	270 ± 19 ^g	15–59	33–132	
⁸² Se	2,15 ± 0,41 ^{a,d,f}	3,38 ± 0,35 ^b	2,25 ± 0,34 ^a	9,38 ± 0,27 ^c	2,25 ± 0,20 ^d	2,65 ± 0,23 ^e	1,88 ± 0,30 ^f	2,08 ± 0,21 ^{a,f}	2,10 ± 0,50 ^{a,d,f}	2,52 ± 0,27 ^{e,g}	3–16	3–12	
⁹⁵ Mo	11,8 ± 1,2 ^a	15,3 ± 0,7 ^b	24,9 ± 1,0 ^c	27,2 ± 1,2 ^d	16,7 ± 0,3 ^e	18,9 ± 0,3 ^f	7,19 ± 0,87 ^g	10,2 ± 0,3 ^h	12,1 ± 0,7 ^a	15,5 ± 0,5 ^b	15–56	33–126	

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=9) na sušinu vzorku. Plnění RDA, resp. AI* se vztahuje ke 100 g vzorku. 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 ($p < 0,05$). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

Rozsah příspěvků k hodnotám RDA, AI* jednotlivých makrobiogenních, mikrobiogenních a stopových prvků je zobrazen na Obrázku 8. Modrý sloupec vyjadřuje rozsah plnění od vzorku s nejnižším obsahem daného prvku po vzorek s jeho nejvyšším obsahem. Bílý pruh pak udává jeho průměrný příspěvek napříč všemi testovanými vzorky. U příspěvku pro mangan si tedy lze povšimnout, že ačkoli plnění se pohybuje od 16 po 278 %, jeho průměrné plnění se pohybuje mezi 50 a 100 % na základě dané kategorie. Toto je způsobeno tím, že kromě vzorku kamutových sušenek s obsahem 4500 µg/100 g sušiny, se obsah manganu v ostatních vzorcích pohybuje mezi 282 a 1900 µg/100 g sušiny. V malém výřezu jsou pak pro lepší znázornění zvětšena data pro prvky s nižším příspěvkem k RDA/AI*.



Obr. 8: Příspěvky konzumace sušenek k hodnotám RDA/AI* pro esenciální prvky

Mezi kontaminanty a toxické prvky se řadí hliník, kadmium, cín, rtuť, arsen, olovo a nikl. Jde o prvky, které se do prostředí dostávají v důsledku přírodních pochodů (např. vulkanická činnost nebo eroze) nebo v důsledku lidské činnosti, kdy je zdrojem nejčastěji průmysl, těžba, spalování fosilních paliv nebo emise z dopravy (Sanga et al., 2023). Tabulka 11 ukazuje obsah sledovaných kontaminantů v sušenkách. Jejich obsah obecně není vysoký, protože v sušenkách se nepoužívají žádné suroviny, které jsou potenciálním nositelem vysokého množství těchto prvků. Jejich rizikovost v příjmu potravinami se hodnotí pomocí hodnot PTWI, resp. PTMI*, které obecně vyjadřují množství, které člověka při dlouhodobém příjmu neohrožuje na zdraví. Tyto hodnoty stanovuje FAO/WHO a pro každý prvek se hodnota liší na základě dlouholetých pozorování a hodnocení aktuálních rizik.

Pro vyjádření příspěvku konzumace sušenek k hodnotám PTWI nebo PTMI* pro prvky Al, Sn, Hg a Cd*, byly tyto hodnoty evaluovány na osobu o hmotnosti 70 kg reprezentující ženu, osobu o hmotnosti 90 kg reprezentující muže a osobu o hmotnosti 22 kg reprezentující dítě ve věku 4–8 let. Na základě získaných hodnot uvedených v Tabulce 12 lze konstatovat, že největším rizikem ze sledovaných prvků může být rtuť s příspěvkem k její hodnotě PTWI až 19 % u dospělé osoby a až 62 % u dítěte. Nejvyšší obsah rtuti byl přitom naměřen v kamutových sušenkách. Rtuť se dostává do rostliny jak z půdy, tak ze vzduchu, přičemž kontaminace vzduchem je možná i na velké vzdálenosti a usazuje se zejména na listech rostlin (Niu et al., 2011). Ačkoli není možné z experimentu jasně určit, která ze surovin je zodpovědná za vyšší obsah rtuti, je pravděpodobné, že jejím původcem může být matcha prášek. Hodnoty obsahu rtuti v matcha prášku se pohybují ve stovkách ng/g sušiny (Koláčková et al., 2021), nicméně bližší data ohledně kontaminantů v matcha prášku stále nejsou rozšířená.

Vyšší příspěvek mají také sušenky k hodnotám PTWI u hliníku, a to v rozmezí 0,7–16,4 %, resp. 0,5–12,7 % pro ženy a muže, u dětí se dosahuje hodnot 2,1–52 %. Nejnižší obsah hliníku je pozorovaný u rýžových sušenek, což je i důsledek toho, že většina minerálních látek se v zrně rýže vyskytuje v obalových vrstvách, které jsou v případě rýžové mouky odstraněny. Naopak nejvyšší koncentrace hliníku je v absolutní hodnotě v případě kamutových sušenek, kde je jeho obsah až 19× vyšší než v případě rýžových sušenek. I v případě kadmia se pak kamutové sušenky řadí ke vzorkům s nejvyššími obsahy, nicméně podíl na PTMI* je stále hluboko pod limitem.

S hodnotou TDI** 13 µg/kg tělesné hmotnosti byl přepočítán také příjem niklu. Jeho podíl na TDI** je přitom v porovnání s ostatními prvky přibližně stejně vysoký jako podíl hliníku a rtuti na PTWI a pohybuje se až do hodnoty 70 % u dětské kategorie, zatímco u dospělých osob jen 17–22 %. Toto vysoké plnění je důsledkem vysokého obsahu niklu ve vzorku ovesných sušenek, protože u ostatních vzorků je obsah niklu významně nižší.

Nejvyšší plnění je obecně pozorováno u dětské kategorie, a to z důvodu jejich nižší tělesné hmotnosti. Nejvýznamnější je plnění u niklu, rtuti a hliníku. Nejvyšší množství niklu bylo pozorováno u ovesných sušenek, nejvyšší obsah rtuti a hliníku pak u sušenek kamutových. Samotný podíl na příspěvku k PTWI a TDI** se pohybuje v hodnotách až 70, resp. 62 a 52 %. Ačkoli jde zdánlivě o vysokou hodnotu, je stále pod limitem jednotlivých kontaminujících prvků, a proto jsou sušenky z pohledu kontaminujících prvků bezpečné.

Tab. 11: Výsledky stanovení obsahu toxických stopových prvků a jejich obsah ve 100 g sušenek

[$\mu\text{g}/100 \text{ g}$ sušiny]	P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R
^{27}Al	442 ± 9^a	984 ± 38^b	1010 ± 60^b	3540 ± 60^c	188 ± 19^d	462 ± 21^e	407 ± 65^a	439 ± 22^a	493 ± 56^e	358 ± 44^f
^{60}Ni	$14,4 \pm 0,9^a$	$48,6 \pm 2,1^b$	250 ± 33^c	$59,9 \pm 1,7^d$	$28,9 \pm 5,2^e$	$66,3 \pm 1,3^f$	$59,8 \pm 4^d$	$17,1 \pm 1,5^g$	$25,9 \pm 1,5^e$	$48,2 \pm 1,7^b$
^{111}Cd	$0,62 \pm 0,05^a$	$0,92 \pm 0,07^b$	$0,58 \pm 0,06^{a,c}$	$1,75 \pm 0,09^d$	$0,17 \pm 0,03^e$	$2,15 \pm 0,12^f$	$1,26 \pm 0,06^g$	$0,55 \pm 0,05^{a,c}$	$0,58 \pm 0,06^{a,c}$	$0,34 \pm 0,08^h$
^{118}Sn	$5,81 \pm 0,28^a$	$6,15 \pm 0,51^{b,c}$	$6,33 \pm 0,47^b$	$5,78 \pm 0,47^{a,c,d}$	$5,58 \pm 0,20^d$	$9,83 \pm 0,72^e$	$9,36 \pm 1,01^e$	$7,06 \pm 0,12^f$	$4,99 \pm 0,29^g$	$1,87 \pm 0,18^h$
^{202}Hg	$5,84 \pm 0,64^a$	$7,01 \pm 0,48^b$	$6,23 \pm 0,15^c$	$8,29 \pm 0,43^d$	$4,19 \pm 0,40^e$	$4,08 \pm 0,48^e$	$6,62 \pm 1,19^{b,c}$	$5,21 \pm 0,39^f$	$5,47 \pm 0,29^{a,f}$	$2,53 \pm 0,35^g$

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota \pm SD ($n=9$) na sušinu vzorku. 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 ($p < 0,05$). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

Tab. 12: Příspěvek konzumace 100 g sušenek k hodnotám PTWI a PTMI* toxických prvků pro váhové kategorie 70 (ženy), 90 kg (muži) a 22 kg (děti 4–8 let)

Prvek	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$ sušenek	týdení/měsíční*/ denní** příjem [μg]	PTWI / PTMI* / TDI** [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	PTWI / PTMI* / TDI** (žena, 70 kg) [%]	PTWI / PTMI* / TDI** (muž, 90 kg) [%]	PTWI / PTMI* / TDI** (dítě, 22 kg) [%]
^{27}Al	132–3 274	924–22 918	2000	0,7–16	0,5–13	2,1–52
$^{60}\text{Ni}^{**}$	20–200	20–200	13 ^{**}	2,2–22	2–17	6,7–70
$^{111}\text{Cd}^*$	0,15–1,98	4,5–59*	25*	0,3–3,4*	0,2–2,6*	0,8–11
^{118}Sn	1,7–9,1	11,9–63,7	14 000	0,001–0,007	0,001–0,005	0,004–0,021
^{202}Hg	2,3–7,7	16,1–53,9	4	6–19	4–15	18–62

Výsledky jsou vyjádřeny v rozmezí od nejnižšího obsahu po nejvyšší pro celou řadu vzorků. PTWI – prozatímní tolerovaný týdenní příjem (7 dní), PTMI* – prozatímní tolerovaný měsíční příjem (30 dní), TDI** – tolerovaný denní příjem. Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

4.2.3 Stravitelnost

Hodnoty stravitelnosti, vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD, dry matter digestibility) a organické hmoty vzorku (OMD, organic matter digestibility) jsou prezentovány v Tabulce 13. Pokud jde o DMD, pohybuje se od 94,9 % u vzorku sušenek s moukou z červené quinoi po 99,6 % u sušenek rýžových. Hodnoty OMD se pro srovnání pohybují od 94,8 % u vzorku sušenek s moukou z červené quinoi po 99,5 % u sušenek rýžových. Obecně platí, že nejvyšší stravitelnost – DMD i OMD – vykazují sušenky základních receptur. Tyto receptury mají vysoký obsah škrobu a nízký obsah vlákniny, což má společně za následek vysokou stravitelnost sušenek (Zhenglei Yang et al., 2023). U vzorků ochucených sušenek lze vidět pokles ve stravitelnosti, přičemž nejnižších hodnot dosahuje u vzorků špaldových a ovesných sušenek a u sušenek s červenou quinoou, mezi kterými nejsou statisticky významné rozdíly. Tyto vzorky navíc patří mezi vzorky s nejvyššími obsahy CF a NDF.

Tab. 13: Výsledky stanovení *in vitro* stravitelnosti a korelační koeficienty s jednotlivými nutričními parametry

Vzorek	DMD [%]	OMD [%]	<i>r</i>	DMD	OMD
P	99,4 ± 0,3 ^a	99,4 ± 0,3 ^a	Bílkoviny	0,5252	0,5313
Š/P	95,3 ± 0,3 ^b	95,1 ± 0,3 ^b	Lipidy	0,0141	0,0077
OV/P	95,4 ± 0,5 ^{b,c}	95,4 ± 0,5 ^{b,c}	Sacharidy	0,3905	0,3744
K/P	96,0 ± 0,4 ^c	95,9 ± 0,4 ^c	Škrob	0,7034	0,7107
R	99,6 ± 0,4 ^a	99,5 ± 0,5 ^a	CF	-0,8989	-0,8956
TS/R	98,1 ± 0,2 ^d	98,0 ± 0,2 ^d	NDF	-0,8191	-0,8127
QČ/R	94,9 ± 0,3 ^b	94,8 ± 0,3 ^b	Popel	0,7591	0,7773
Q/R	98,2 ± 0,1 ^d	98,0 ± 0,2 ^d			
Kon/P	97,0 ± 0,6 ^e	96,8 ± 0,6 ^e			
Ostr/R	98,4 ± 0,4 ^d	98,4 ± 0,3 ^d			

DMD – stravitelnost sušiny, OMD – stravitelnost organické hmoty, *r* – Pearsonův korelační koeficient. Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3) 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 ($p < 0,05$).

Korelační koeficienty v Tabulce 13 pak ukazují, jak se jednotlivé nutriční látky podílejí na stravitelnosti vzorku. Ze získaných dat lze potvrdit, že stravitelnost, jak DMD, tak OMD, nejvíce ovlivňuje obsah vlákniny, přičemž

jde o nepřímou úměru, tj. s rostoucím obsahem vlákniny klesá stravitelnost sušenek (Zhenglei Yang et al., 2023). Vypočtené korelační koeficienty tuto závislost potvrzují a dosahují hodnot $r=-0,8989$ pro závislost DMD/CF a $-0,8956$ pro OMD/CF, resp. $-0,8191$ pro DMD/NDF a $-0,8127$ pro OMD/NDF.

4.2.4 Glykemický index

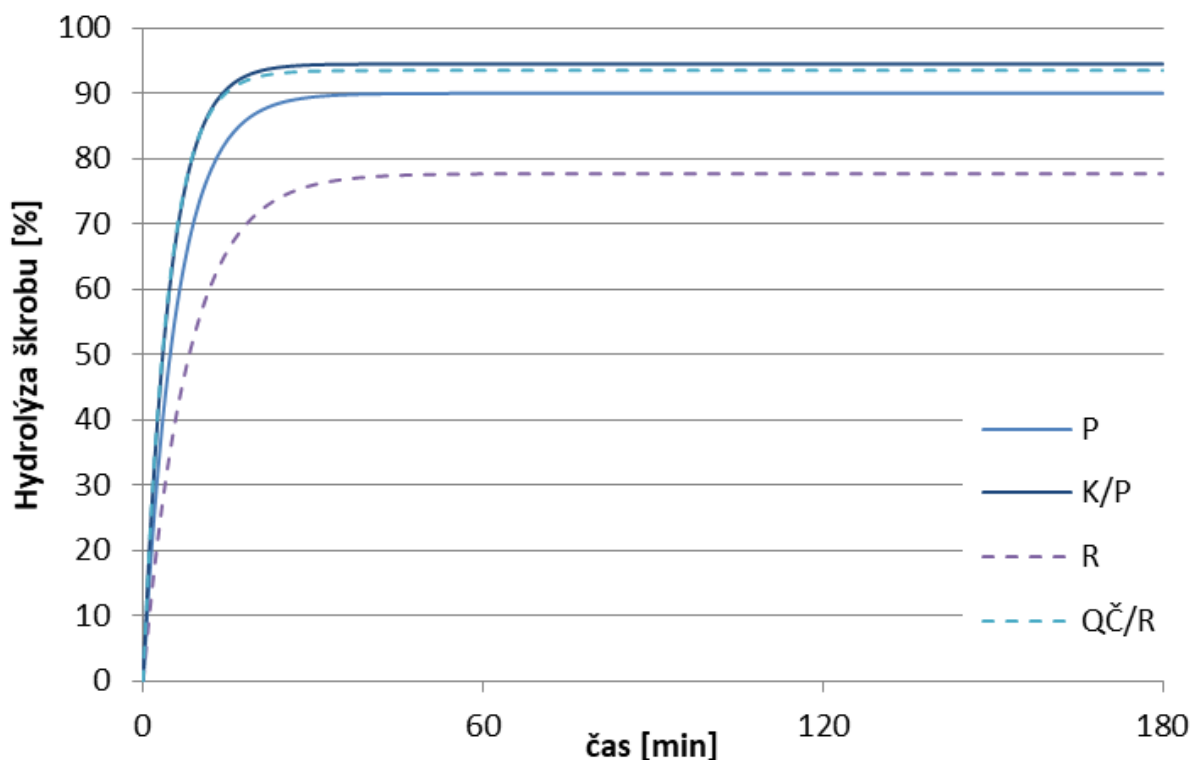
Glykemický index (GI) slouží pro klasifikaci různých zdrojů sacharidů s ohledem na změny hladiny krevního cukru po konzumaci potravy, tzv. postprandiální glykemie. Na základě odpovědi organismu se pak dělí na potraviny s nízkým GI, které jsou tráveny a absorbovány pomalu a vedou jen z nízkému zvýšení hladiny krevního cukru, na potraviny s vysokým GI, které jsou naopak tráveny a absorbovány rychle a vedou k významnému výkyvu hladiny krevního cukru (Brouns et al., 2005). V roce 2010 International Standards Organization (ISO) vydala doporučení pro rozšířenou klasifikaci potravin, která dělí potraviny na potraviny s nízkým GI ($GI \leq 55$), průměrným GI ($GI 56-69$) a vysokým GI ($GI \geq 70$) (Atkinson et al., 2021).

Tab. 14: Výsledky stanovení glykemického indexu (GI) a glykemické zátěže (GL)

Vzorek	GI [-]	GL [-]
P	89	55
OV/P	92	53
K/P	100	68
R	82	54
QČ/R	91	55
Q/R	85	55
Kon/P	91	58
Ostr/R	85	55

Tabulka 14 ukazuje výsledky stanovení glykemického indexu měřené na základě rozkladu škrobu na glukózu. Dle ISO 26642-2010 se pak testované sušenky řadí mezi potraviny s vysokým GI. S hodnotou pohybující se mezi 89–100 mají sušenky se základem z pšeničné mouky vyšší GI než sušenky bezlepkové, kde se GI pohybuje v rozmezí 82–91. Průběh hydrolýzy škrobu pro vybrané vzorky sušenek jsou zobrazeny na Obrázku 9. Hydrolýza škrobu je vypočtena z původního obsahu škrobu a průběžně rostoucího obsahu glukózy v roztoku v průběhu probíhající reakce. Z grafu si lze povšimnout, že většina

hydrolýzy škrobu probíhá v prvních přibližně 30 minutách působení pankreatinu a amylázy, nástup glykemie je tedy u sledovaných vzorků sušenek rychlý.



Obr. 9: Závislost hydrolýzy škrobu na čase u vybraných druhů sušenek

Nicméně glykemická odpověď závisí nejen na obsahu sacharidů, ale také na velikosti částic, metodě a stupni zpracování potraviny, struktuře škrobu a množství dalších složek potraviny jako je obsah tuku, bílkovin a vlákniny. Nižší GI bezlepkových sušenek může být způsoben tím, že rýže obsahuje více amylózy, která se tvorbou komplexů s lipidy stává odolnější vůči enzymatické hydrolýze a tím snižuje glykemický index potraviny (Lal et al., 2021). U quinoových sušenek je pak GI vysoký pravděpodobně z toho důvodu, že mouka z červené quinoi nahrazuje 90 % mouky rýžové. Quinoa má přitom jedny z nejmenších škrobových zrn a jen nízký obsah amylózy (Li a Zhu, 2018).

Zatímco GI vyjadřuje rychlost nárůstu hladiny krevního cukru, druhý parametr, kterým je glykemická zátěž (GL), vyjadřuje míru vzrůstu glykemie. Zde dle definice GL platí, že sušenky patří mezi potraviny s vysokým GL. Testované sušenky tedy způsobí rychlý a značně vysoký výkyv hladiny krevního cukru.

Naměřená data potvrdila hypotézu, že sušenky budou kvůli svému recepturnímu složení řazeny mezi výrobky s vysokým GI, nicméně náhradou základní mouky za mouky substituční spolu s přidáním ochucujících látek byl očekáván významnější posun GI k nižším hodnotám. U ochucených receptur byl

naopak pozorován nárůst hodnoty GI. Pro zdravého konzumenta s vyváženým jídelníčkem nejsou sušenky i přes vysoký GI nevhodné, ze získaných hodnot ale vyplývá, že připravené vzorky sušenek nemají tvořit základ jídelníčku zejména pro konzumenty, kteří mají vyšší hladinu glukózy v krevním oběhu a mohou mít sklon či mají onemocnění diabetu, či sklony k obezitě. Do budoucna je žádoucí tyto obohacené receptury upravit tak, aby byla hodnota GI a GL snížena. Toho může být dosaženo snížením obsahu sacharózy v receptuře a jejím nahrazením sušeným ovocem pro zachování sladkého dojmu a dále použitím surovin s vyšším obsahem vlákniny. Tyto obecné úpravy by měly mít potenciál hodnotu GI snížit. I s popsáním návrhem úprav je teoreticky možné hodnotu GI snížit, nicméně stále z povahy výrobku bude testovaný typ sušenky stále řazen mezi potraviny s vysokým GI.

4.3 Výsledky stanovení a diskuze k obsahu bioaktivních látek a antioxidační aktivity

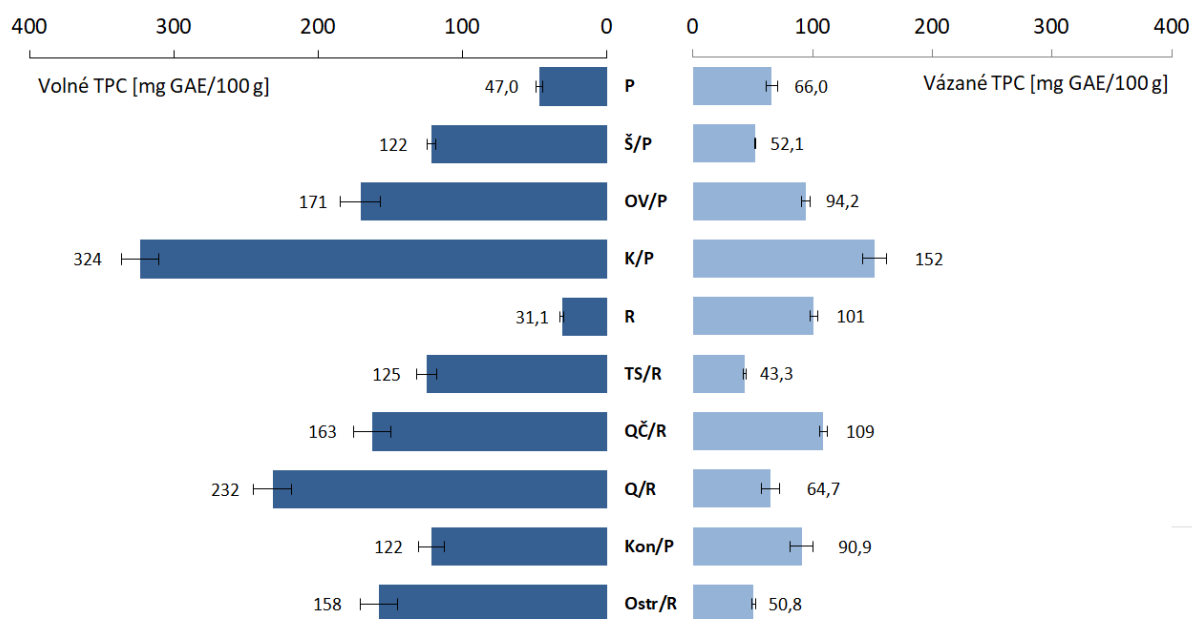
4.3.1 Celkový obsah polyfenolů

Obsah TPC ve volných a vázaných frakcích byl stanoven spektrofotometricky pomocí Folin-Ciocalteuova činidla. Na Obrázku 10 jsou zobrazeny výsledky pro celkový obsah polyfenolů, včetně zastoupení ve volné a vázané frakci, podrobné výsledky koncentrací TPC a statistika jsou uvedeny v Tabulce P3. Obsah TPC ve volné frakci je nejnižší u sušenek základních receptur, a to 31,1 mg GAE/100 g u vzorku rýžových sušenek a 47,1 mg GAE/100 g u sušenek pšeničných. Samotná rýžová nebo pšeničná mouka obsahuje ve volné frakci jen nízké množství celkových polyfenolů (Nayeem et al., 2021). Naopak nejvyšší obsah (324 mg GAE/100 g) byl naměřen u vzorku sušenek s kamutovou moukou. Ve vázané frakci se obsah TPC pohybuje od 43,3 mg GAE/100 g u sušenek s moukou z bílého teffu do 152 mg GAE/100 g u kamutových sušenek. Suma frakcí pak sleduje trend volné frakce s hodnotami od 113 mg GAE/100 g po 476 mg GAE/100 g.

Jestliže ve volné frakci vykazují nejnižší obsah sušenky základních receptur, u vázané frakce tento trend neplatí. Základní pšeničná receptura obsahuje ve vázané frakci 66,0 mg GAE/100 g, což je třetí nejvyšší obsah u lepkových receptur, a základní rýžová receptura obsahuje 101 mg GAE/100 g, což je dokonce druhý nejvyšší obsah u bezlepkových receptur. Tento fakt je pravděpodobně dán tím, že velká část polyfenolů je u cereálií navázána na struktury buněčné stěny (Shahidi et al., 2015). Jde zejména o deriváty kyseliny skořicové, kyseliny ferulovou a *p*-kumarovou, které jsou esterově vázány na arabinoxylany, čímž se podílí na zpevnění buněčné stěny a zastavení růstu v případě vystavení rostliny stresu (Martínez-Rubio et al., 2020). Sumy obou TPC frakcí jsou ale tak nízké, že i přes relativně vysoký obsah ve frakci vázané, jde o sušenky s nejnižším celkovým obsahem polyfenolů.

U všech ochucených variant platí, že převážná většina polyfenolů je přítomna ve volné formě, obzvláště u sušenek s quinoou. Tato samotná je bohatá na polyfenolické látky, přičemž volná frakce obsahuje mnohonásobně více celkových polyfenolů než frakce vázaná (Gu et al., 2021). Vůbec nejvyšší sumu TPC vykazuje vzorek s kamutovou moukou. Tyto sušenky obsahují v receptuře matcha čaj, který sám o sobě vykazuje vysoké množství TPC. Koláčková et al. (2020) uvádí ve volné frakci 12 vzorků matcha čajů obsah 169 až 273 mg GAE/g sušiny. Lze se tedy domnívat, že ačkoli v recepturním složení matcha tvoří jen 1,9 hm. %, je příspěvek čaje na obsah polyfenolů značný. Pro srovnání mezi testovanými vzorky sušenek má tato receptura 4,2× vyšší sumu TPC než základní pšeničná receptura a 1,8× vyšší sumu TPC než druhý nejlépe postavený vzorek v sadě pšeničných sušenek.

Pokud jde o samotné použití květů, jejich vliv na obsah TPC nebude významný. Nicméně toto tvrzení momentálně nelze podpořit daty. Květy jsou vnímány jako bohatý zdroj polyfenolických látek. Odborné publikace zabývající se obsahy volných a vázaných polyfenolů ukazují, že nejvyšší obsah TPC byl naměřen u květů růže, jasmínu a poté v levanduli a pohybují se v řádu desítek mg GAE/g sušiny (Chen et al., 2018; Alizadeh et al., 2021; Janarny et al., 2021). Jejich obsah se v recepturách sušenek pohybuje v rozmezí od 0,3 % u levandule (receptura se špaldovou moukou, červenou quinoou a konopnou moukou) po 1,4 % u jasmínu (receptura s teffem bílým). Aplikované květy jsou velmi aromatické, a proto jejich použití ve vyšším podílu není obecně ze sensorického hlediska vnímáno pozitivně. Alternativou by bylo použití květů měsíčku nebo chrpy. Měsíček sice obsahuje ve volné frakci asi čtvrtinové množství TPC matcha čaje, jeho chuť a aroma je ale neutrální, proto by jeho použití mělo pro konzumenta pouze vizuální význam (Janarny et al., 2021).



Obr. 10: Podíl TPC ve volné a vázané frakci

4.3.2 Antioxidační aktivita (AOA) metodami se zhášením radikálů DPPH a ABTS

DPPH je stabilní radikál fialové barvy, který je reakcí s dalšími radikály, elektrony nebo atomy vodíku redukován na bezbarvý DPPH-H (Schaich et al., 2015). Výsledky stanovení, a zejména ty, které jsou barevně podbarveny a více diskutovány, jsou uvedeny v Tabulce 15. Jak je patrné z této tabulky, hodnoty AOA sledují podobné trendy jako obsah TPC. Nejnižších hodnot bylo dosaženo u kontrolních vzorků – 46,2 mg TE/100 g u pšeničných sušenek a 89,4 mg TE/100 g u sušenek rýžových. Tyto sušenky neobsahují žádný

významný zdroj látek s antioxidační aktivitou. Obiloviny jako pšenice a rýže obsahují fytochemické látky zejména v obalových vrstvách a zárodku. Mouky z nich ale byly nízkovymleté a obsahovaly tak tedy převážně endosperm, který samotný obsahuje jen nízké koncentrace biologicky aktivních látek (Hung, 2014). Na druhém konci spektra jsou pak sušenky s kamutovou moukou – 568 mg TE/100 g vzorku – které obsahují sice malé množství matcha čaje, ale tento ve volné frakci dosahuje antioxidační aktivity mezi 288 až 346 mg TE/g (Koláčková et al., 2020). Ve volné frakci kamutové sušenky vykazují antioxidační aktivitu 479 mg TE/100 g sušenek. Je patrné, že ačkoli záhřevem během pečení zcela jistě dochází k poklesu antioxidační aktivity, má právě matcha vysoký potenciál tuto hodnotu udržet vysokou i po krátké intenzivní tepelné úpravě.

Při srovnání poměru volných a vázaných frakcí si lze všimnout, že základní receptury sušenek vykazují vyšší antioxidační aktivitu ve vázané frakci než ve volné. Vázaná frakce zahrnuje 60 % AOA u pšeničných a dokonce 86 % AOA u sušenek rýžových. U ostatních sušenek je trend opačný, přičemž podíl je nejvyšší u sušenek s kamutovou moukou (84 % AOA). Naopak nejnižší je u sušenek s konopnou moukou (52 % AOA).

Antioxidační aktivita měřená pomocí zhášení radikálu ABTS vyjadřuje množství antioxidantů, které jsou schopny uvolnit elektrony a zhášet tak tento radikál ABTS^{•+} (Schaich et al., 2015). Výsledky pro ABTS vykazují podobné trendy jako pro DPPH. Nejnižší hodnoty AOA byly také naměřeny u sušenek základních receptur. Vzorkem s nejvyšší hodnotou jsou sušenky s kamutovou moukou.

Trendy poměru AOA ve volných a vázaných frakcích jsou také podobné. U sušenek základních receptur vykazují vyšší AOA vázané frakce – 59 % u sušenek pšeničných a 84 % u sušenek rýžových. U ochucených receptur jsou vyšší hodnoty AOA ve volných frakcích, nicméně výsledky se mírně liší. Nejvyšší poměr mají také sušenky s kamutovou moukou, kde jde o 79 % AOA, a nejnižší poměr je u sušenek s konopnou moukou a u sušenek se špaldovou moukou, kde jde o 55 % AOA.

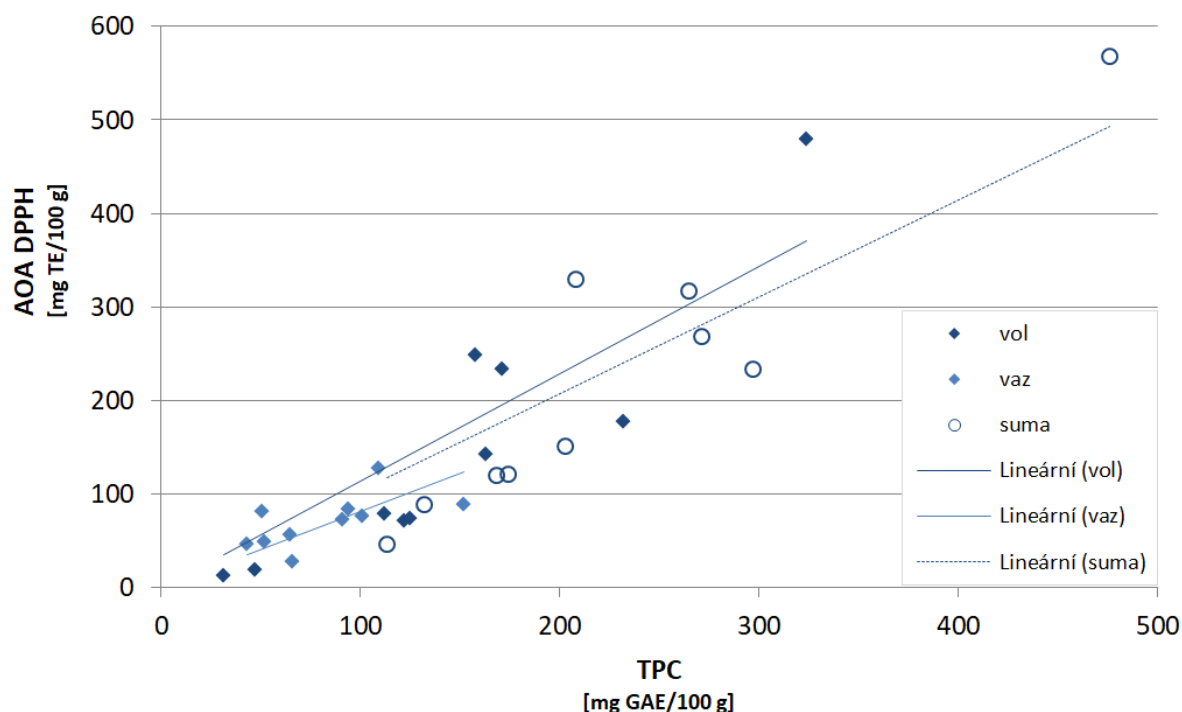
Získaná data ukazují, že použitím substituční mouky a přidavkem ochucujících surovin se zvyšuje AOA sušenek – v důsledku zvýšení obsahu TPC – a to až 12,3× v případě kamutových sušenek, kde jde s vysokou pravděpodobností o důsledek použití matcha prášku jako ochucující suroviny. V případě bezlepkových receptur je tento nárůst přibližně 3,7× vyšší v případě sušenek s moukou z ostropestřce mariánského. V obou případech jde zejména o nárůst AOA ve volné frakci, kde jde o více než dvacetinásobný nárůst v porovnání s odpovídajícím standardním vzorkem.

Tab. 15: Výsledky stanovení antioxidační aktivity (AOA) metodami se zhášením radikálů ABTS a DPPH

Vzorek	DPPH			ABTS		
	Volné frakce [mg TE/100 g]	Vázané frakce [mg TE/100 g]	Suma [mg TE/100 g]	Volné frakce [mg TE/100 g]	Vázané frakce [mg TE/100 g]	Suma [mg TE/100 g]
P	18,6 ± 1,2 ^a (40 %)	27,6 ± 2,8 ^a (60 %)	46,2 ± 3,0 ^a	50,9 ± 1,4 ^a (41 %)	73,6 ± 7,2 ^a (59 %)	124 ± 7 ^a
Š/P	71,6 ± 2,5 ^b (59 %)	49,3 ± 0,5 ^b (41 %)	121 ± 3 ^b	153 ± 8 ^b (55 %)	126 ± 6 ^b (45 %)	279 ± 10 ^b
OV/P	233 ± 13 ^c (74 %)	84,0 ± 3,8 ^c (26 %)	317 ± 14 ^c	430 ± 35 ^c (62 %)	264 ± 16 ^c (38 %)	694 ± 38 ^c
K/P	479 ± 18 ^d (84 %)	88,3 ± 7,1 ^c (16 %)	568 ± 28 ^d	1150 ± 40 ^d (79 %)	298 ± 13 ^c (21 %)	1450 ± 40 ^d
R	12,5 ± 0,6 ^e (14 %)	76,8 ± 3,7 ^d (86 %)	89,4 ± 3,8 ^e	20,9 ± 1,2 ^e (16 %)	109 ± 8 ^d (84 %)	130 ± 8 ^a
TS/R	74,4 ± 1,8 ^{b,h} (62 %)	46,0 ± 0,2 ^e (38 %)	120 ± 2 ^b	126 ± 4 ^f (65 %)	67,4 ± 5,5 ^a (35 %)	193 ± 7 ^e
QČ/R	142 ± 4 ^f (53 %)	128 ± 4 ^f (47 %)	269 ± 6 ^f	351 ± 9 ^g (56 %)	278 ± 9 ^c (44 %)	628 ± 13 ^f
Q/R	178 ± 7 ^g (76 %)	56,8 ± 1,8 ^g (24 %)	234 ± 8 ^g	400 ± 30 ^c (77 %)	121 ± 9 ^{b,d} (23 %)	521 ± 31 ^g
Kon/P	78,4 ± 4,2 ^h (52 %)	72,4 ± 6,5 ^d (48 %)	151 ± 8 ^h	186 ± 6 ^h (55 %)	153 ± 15 ^e (45 %)	339 ± 16 ^h
Ostr/R	249 ± 11 ^c (75 %)	81,0 ± 5,4 ^{c,d} (25 %)	330 ± 16 ^c	589 ± 19 ⁱ (76 %)	182 ± 18 ^f (24 %)	770 ± 52 ^c

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=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 ($p < 0,05$). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

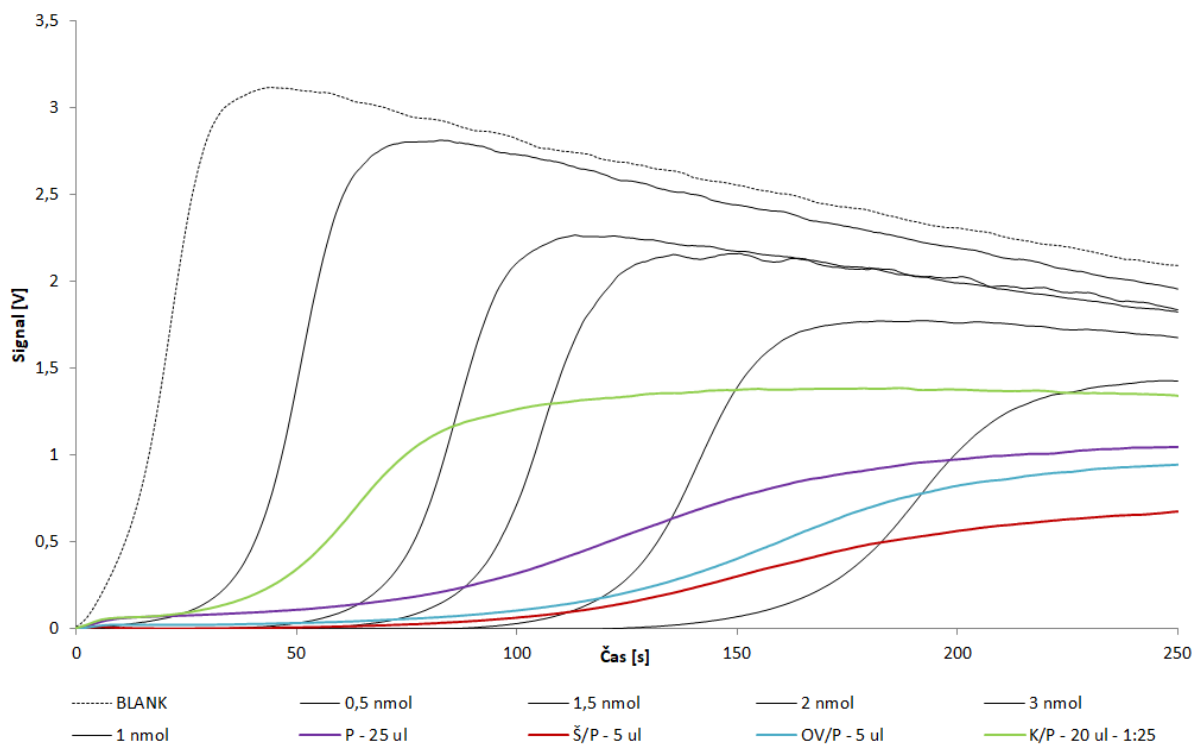
Na základě korelačních koeficientů v Tabulce P4 lze říci, že na AOA sušenek ve volné formě se tyto polyfenoly podílí pozitivně, a to jak v případě metody se zhášením radikálu DPPH, tak ABTS. Jejich závislost je pro DPPH, kde jsou tyto korelace silnější, zobrazena na Obrázku 11. V případě volné formy jde o $r=0,8780$, naopak v případě vázané frakce jde o hodnotu pouze $r=0,4941$, což možná naznačuje, že na AOA sušenek v této frakci se mohou podílet také jiné skupiny látek s antioxidační aktivitou.



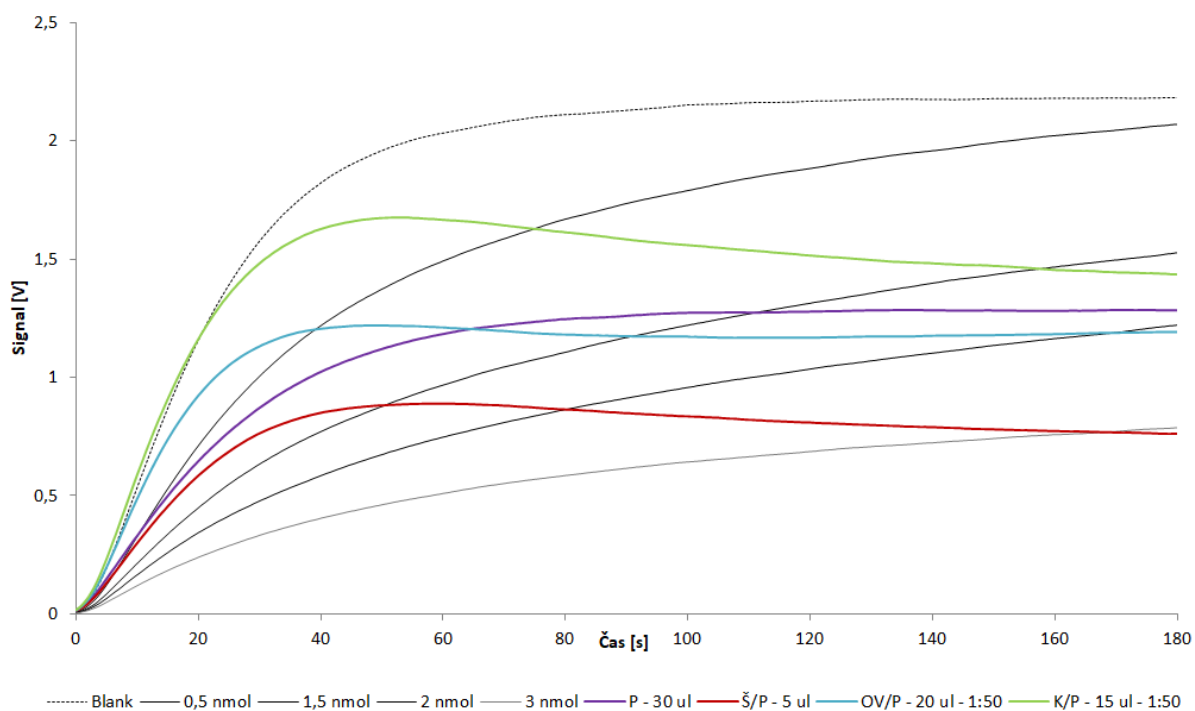
Obr. 11: Korelace volných, vázaných a celkových TPC s AOA měřenou se zhášením radikálu DPPH

4.3.3 Výsledky stanovení AOA fotochemiluminiscencí

Tabulka 13 ukazuje výsledky pro měření antioxidační kapacity pomocí PCL ve vzorcích sušenek s pšeničným základem. Tato se vyjadřuje ve dvou parametrech. První je ACW, tedy antioxidační kapacita ve vodě rozpustných antioxidantů jako jsou kyselina askorbová nebo flavonoidy. Druhým je ACL, tedy antioxidační kapacita v tuku rozpustných antioxidantů, např. tokoferolů, tokotrienolů nebo karotenoidů (Besco et al., 2007). Průběhy signálu během měření ACW a ACL jsou zobrazeny na Obrázcích 12 a 13, kde černé křivky ukazují průběhy signálu u standardu během kalibrace, hodnoty v legendě u značení vzorků pak nesou informaci o množství vzorku, resp. jeho ředění použité pro samotné měření. Vzorky s velmi silnou antioxidační kapacitou reagují totiž velmi rychle a jejich vyhodnocení bez ředění není možné.



Obr. 12: Průběh signálu během měření ACW hodnot



Obr. 13: Průběh signálu během měření ACL hodnot

V případě ACW se výsledky pohybují v rozmezí od 3,57 mg AAE/100 g u pšeničných sušenek po 60,5 mg AAE/100 g u sušenek kamutových, což je 17× více. Vzhledem k tomu, že receptura obsahuje matcha prášek, podílí se na ACW také flavonoidy (zejména katechiny). Matcha obsahuje v průměru okolo 112 mg RE/g (ekvivalent rutinu) (Koláčková et al., 2020). Dále se na hodnotě ACW může podílet i kyselina askorbová, jejíž obsah v sušeném mangu se pohybuje okolo hodnoty 110 mg/100 g sušiny manga (Sogi et al., 2015).

ACL dosahuje u všech vzorků vyšších hodnot, a to v rozmezí 5,71 mg TE/100 g u pšeničných sušenek po 432 mg TE/100 g u sušenek s ovesnou moukou. V tomto případě byla použita mouka z ovesných vloček. Ovesná zrna jsou zdrojem v tuku rozpustných avenantramidů, což je specifická forma polyfenolických látek typická pro ovesná zrna (Pridal et al., 2018). Mouka byla navíc vymleta z ovesných vloček s klíčkem, díky čemuž se na antioxidační kapacitě mohou podílet také tokoferoly obsažené v klíčnu (Fardet et al., 2008). Vyznamně vysoká je ale také antioxidační kapacita sušenek s kamutovou, a to opět pravděpodobně díky matcha čaji, který obsahuje lipofilní chlorofyly *a* a *b*, a dále možná v důsledku vysokého obsahu karotenoidů v sušeném mangu (Koláčková et al., 2020; Sogi et al., 2015).

Tab. 16: Antioxidační kapacita měřená pomocí PCL

	ACW [mg AAE/100 g]	ACL [mg TE/100 g]
P	3,57 ± 0,01 ^a	5,71 ± 0,01 ^a
Š/P	27,8 ± 2,3 ^b	51,2 ± 5,2 ^b
OV/P	32,6 ± 0,01 ^c	432 ± 3 ^c
K/P	60,5 ± 1,4 ^d	305 ± 21 ^d

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=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 ($p < 0,05$). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

4.3.4 Polyfenolický profil pomocí HPLC-DAD

U sušenek byly za pomoci HPLC-DAD stanovovány vybrané flavonoidy, stilbeny a polyfenolické kyseliny. U flavonoidů jde o epigallokatechin, katechin, epikatechin, rutin, kvercetin, keampferol a ze stilbenů o resveratrol. U polyfenolických kyselin pak o kyselinu chlorogenovou, gallovou, protokatechinovou, neochlorogenovou, *p*-hydroxybenzoovou, vanilovou, kávovou, syringovou, *p*-kumarovou, ferulovou, sinapovou, ellagovou, *o*-kumarovou, skořicovou a etylester kyseliny protokatechinové. Jejich obsahy a procentuální zastoupení ve frakcích jsou uvedeny v Tabulkách 17 a 18 a vybrané diskutované výsledky jsou podbarveny. Obrázky P1 až P4 ukazují

chromatogramy pro vzorky pšeničných a kamutových sušenek ve volné a vázané frakci.

Volná polyfenolická frakce izolovaná ze vzorků sušenek byla bohatší na výše zmiňované biologicky aktivní polyfenoly než frakce vázaná. Ve volné frakci u pšeničných sušenek bylo přítomno minimálně 71 % z celkového množství sledovaných flavonoidů a stilbenu (FaS) a až 99 % tomu bylo u sušenek s moukou z červené quinoi. U polyfenolických kyselin se pak toto rozpětí pohybuje od 61 % (u sušenek ovesných) až po 93 % (u sušenek pšeničných a sušenek s konopnou moukou).

Suma jednotlivých FaS je nejnižší u sušenek základních receptur. U pšeničného základu bylo naměřeno 8,88 μg FaS v 1 gramu sušenky, u rýžových potom 19,7 $\mu\text{g/g}$. Nejvíce zastoupeným flavonoidem pšeničných sušenek je katechin a epikatechin, u rýžových epigallokatechin a rutin. Sušenkami s nejvyšším obsahem FaS jsou sušenky kamutové (2680 $\mu\text{g/g}$). Vyšší obsah byl pozorován také u sušenek z červené quinoi, kde byl naměřen obsah jednotlivých FS v koncentraci 1030 $\mu\text{g/g}$. U kamutových sušenek byl ze sledovaných flavonoidů naměřen nejvyšší obsah u epikatechinu (1510 $\mu\text{g/g}$) a epigallokatechinu (1150 $\mu\text{g/g}$). Vysoký obsah těchto flavonoidů je dán pravděpodobně použitím matcha prášku v receptuře. Matcha obecně obsahuje významné množství katechinů, ať už jde o katechin, epigallokatechin nebo epikatechin (Weiss et al., 2003). Kolářková et al. (2020) poukazuje na vysoký obsah rutinu, který může dosahovat řádově až mg/g . Obsah rutinu je ale v těchto sušenkách vzhledem k celkovému množství sledovaných flavonoidů zanedbatelný (4,79 $\mu\text{g/g}$). U sušenek z červené quinoi pak byl nejvyšší obsah stanoven u epigallokatechinu (1020 $\mu\text{g/g}$). Červená quinoa přitom obsahuje rutin a řadu glykosidů kaempferolu a kvercetin (Song et al., 2020; Pereira et al., 2020). Druhou ochucující surovinou těchto sušenek je sušený černý rybíz, který obsahuje ve vyšším množství katechin a epikatechin a v nižším množství také kvercetin a rutin (Hui et al., 2021). Karob tvoří sensoricky významnou surovinu, která dává sušenkám barvu i chuť. Prášek z karobových bobů obsahuje katechin, kvercetin a v menším množství také epikatechin (Albertos et al., 2015). Kaempferol i kvercetin jsou v sušenkách z červené quinoi zastoupeny minoritně, rutin ve vzorku detekován nebyl. Ze sledovaných flavonoidů byl naměřen nejvyšší obsah u epikatechinu (5,97 $\mu\text{g/g}$) a katechinu (5,13 $\mu\text{g/g}$), jejichž přítomnost vzhledem k použitým surovinám by mohla být důsledkem použití sušeného černého rybízu.

Pokud jde o obsah rutinu, zvláštní pozornost si zaslouží vzorky sušenek ovesných, quinoových a sušenek s konopnou nebo ostropestřcovou moukou, kde byl pozorován vyšší obsah rutinu, resp. rutin u nich tvoří většinu ze sledovaných FaS. Ze zmíněných vzorků je na obsah rutinu nejbohatší vzorek s konopnou moukou. Zde je jeho obsah dán pravděpodobně přídavkem sušených meruněk a

levandule, které jsou na rutin bohaté (Gómez-Martínez et al., 2021; Chen et al., 2018). U quinoových sušenek jde zřejmě o kombinaci quinoi, třešňi a růže (Pellegrini et al., 2018; Leo et al., 2021; Chen et al., 2018).

Tab. 17: Výsledky stanovení obsahu flavonoidů a stilbenu

[μg/g]		P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R
EGC	Vol	ND	0,50 ± 0,04 ^a (100 %)	56,2 ± 0,5 ^b (87 %)	901 ± 12 ^c (79 %)	9,53 ± 0,86 ^d (100 %)	74,4 ± 1,2 ^e (95 %)	1020 ± 50 ^f (100 %)	19,5 ± 0,7 ^g (94 %)	4,20 ± 0,28 ^h (13 %)	ND
	Vaz	ND	ND	8,54 ± 0,59 ^a (13 %)	246 ± 4 ^b (21 %)	ND	3,58 ± 0,23 ^c (5 %)	4,22 ± 0,20 ^d (0,4 %)	1,26 ± 0,09 ^e (6 %)	27,2 ± 4,9 ^f (87 %)	ND
	Suma	ND	0,50 ± 0,04 ^a	64,7 ± 0,8 ^b	1150 ± 10 ^c	9,53 ± 0,86 ^d	78,0 ± 1,3 ^e	1020 ± 50 ^f	20,8 ± 0,7 ^g	31,4 ± 4,9 ^h	ND
Kat	Vol	1,35 ± 0,04 ^a (46 %)	43,2 ± 2,8 ^b (93 %)	23,7 ± 0,7 ^c (95 %)	5,67 ± 0,21 ^d (78 %)	0,40 ± 0,03 ^e (100 %)	0,48 ± 0,01 ^f (100 %)	4,28 ± 0,33 ^g (83 %)	1,15 ± 0,66 ^a (100 %)	1,29 ± 0,32 ^a (100 %)	0,47 ± 0,04 ^f (100 %)
	Vaz	1,57 ± 0,05 ^a (54 %)	3,51 ± 0,32 ^b (7 %)	1,29 ± 0,14 ^c (5 %)	1,59 ± 0,14 ^a (22 %)	ND	ND	0,85 ± 0,03 ^d (17 %)	ND	ND	ND
	Suma	2,92 ± 0,06 ^a	46,7 ± 2,8 ^b	25,0 ± 0,7 ^c	7,26 ± 0,25 ^d	0,39 ± 0,03 ^e	0,48 ± 0,01 ^f	5,13 ± 0,33 ^g	1,15 ± 0,66 ^h	1,29 ± 0,32 ^h	0,47 ± 0,04 ^f
EC	Vol	4,90 ± 0,12 ^a (84 %)	4,17 ± 0,07 ^b (87 %)	5,79 ± 0,01 ^c (34 %)	1090 ± 30 ^d (72 %)	0,49 ± 0,01 ^e (100 %)	1,41 ± 0,04 ^f (79 %)	5,46 ± 0,13 ^g (91 %)	4,29 ± 0,18 ^b (97 %)	ND	9,46 ± 0,55 ^h (100 %)
	Vaz	0,97 ± 0,05 ^a (16 %)	0,62 ± 0,04 ^b (13 %)	11,5 ± 0,3 ^c (66 %)	420 ± 10 ^d (28 %)	ND	0,38 ± 0,03 ^e (21 %)	0,52 ± 0,04 ^f (9 %)	0,12 ± 0,01 ^g (3 %)	ND	ND
	Suma	5,88 ± 0,13 ^a	4,79 ± 0,08 ^b	17,3 ± 0,3 ^c	1510 ± 30 ^d	0,49 ± 0,01 ^e	1,79 ± 0,05 ^f	5,97 ± 0,13 ^a	4,41 ± 0,18 ^g	ND	9,46 ± 0,55 ^h
Rut	Vol	0,09 ± 0,01 ^a (100 %)	1,27 ± 0,14 ^b (100 %)	153 ± 1 ^c (97 %)	4,79 ± 0,24 ^d (95 %)	6,45 ± 0,57 ^e (73 %)	18,9 ± 0,1 ^f (94 %)	ND	102 ± 1 ^g (93 %)	177 ± 17 ^h (96 %)	81,3 ± 4,3 ⁱ (76 %)
	Vaz	ND	ND	4,94 ± 0,64 ^a (3 %)	0,24 ± 0,02 ^b (5 %)	2,38 ± 0,19 ^c (27 %)	1,23 ± 0,04 ^d (6 %)	ND	7,29 ± 0,25 ^e (7 %)	6,79 ± 0,38 ^c (4 %)	25,5 ± 5,5 ^f (24 %)
	Suma	0,09 ± 0,01 ^a	1,27 ± 0,14 ^b	158 ± 1 ^c	5,03 ± 0,24 ^d	8,83 ± 0,60 ^e	20,1 ± 0,1 ^f	ND	109 ± 1 ^g	184 ± 17 ^h	107 ± 7 ^g

[µg/g]		P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R
Q	Vol	ND	ND	ND	ND	ND	1,24 ± 0,03 ^a (100 %)	ND	4,13 ± 0,06 ^b (100 %)	12,1 ± 2,1 ^c (100 %)	9,77 ± 0,26 ^d (100 %)
	Vaz	ND	1,46 ± 0,05 ^a (100 %)	ND	ND	ND	ND	2,82 ± 0,27 ^b (100 %)	ND	ND	ND
	Suma	ND	1,46 ± 0,05 ^a	ND	ND	ND	1,24 ± 0,03 ^b	2,82 ± 0,27 ^c	4,13 ± 0,06 ^d	12,1 ± 2,1 ^e	9,77 ± 0,26 ^f
K	Vol	ND	0,32 ± 0,02 ^a (5 %)	3,49 ± 0,20 ^b (44 %)	0,52 ± 0,04 ^c (100 %)	ND	0,11 ± 0,04 ^d (100 %)	0,79 ± 0,02 ^e (88 %)	0,15 ± 0,01 ^f (100 %)	0,06 ± 0,03 ^g (100 %)	ND
	Vaz	ND	5,72 ± 0,05 ^a (95 %)	4,35 ± 0,23 ^b (56 %)	ND	ND	ND	0,11 ± 0,01 ^c (12 %)	ND	ND	ND
	Suma	ND	6,04 ± 0,05 ^a	7,83 ± 0,30 ^b	0,52 ± 0,04 ^c	ND	0,11 ± 0,01 ^d	0,90 ± 0,02 ^e	0,15 ± 0,01 ^f	0,06 ± 0,03 ^g	ND
Resv	Vol	ND	1,41 ± 0,01 ^a (100 %)	2,63 ± 0,05 ^b (87 %)	1,64 ± 0,05 ^c (40 %)	0,42 ± 0,02 ^d (100 %)	ND	0,39 ± 0,02 ^e (100 %)	0,13 ± 0,01 ^f (100 %)	0,17 ± 0,03 ^g (100 %)	12,8 ± 0,3 ^h (100 %)
	Vaz	ND	ND	0,40 ± 0,01 ^a (13 %)	2,45 ± 0,15 ^b (60 %)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Suma	ND	1,41 ± 0,01 ^a	3,03 ± 0,06 ^b	4,09 ± 0,16 ^c	0,42 ± 0,02 ^d	ND	0,39 ± 0,02 ^e	0,13 ± 0,01 ^f	0,17 ± 0,03 ^g	12,8 ± 0,3 ^h
Vol		6,34 ± 0,13 ^a (71 %)	50,9 ± 2,8 ^b (82 %)	245 ± 2 ^c (89 %)	2010 ± 30 ^d (75 %)	17,3 ± 1,0 ^e (88 %)	96,5 ± 1,2 ^f (95 %)	1030 ± 50 ^g (99 %)	131 ± 2 ^h (94 %)	195 ± 17 ⁱ (85 %)	114 ± 4 ^h (82 %)
Vaz		2,54 ± 0,07 ^a (29 %)	11,3 ± 0,3 ^b (18 %)	31,0 ± 1,0 ^c (11 %)	670 ± 5 ^d (25 %)	2,38 ± 0,19 ^a (12 %)	5,19 ± 0,24 ^e (5 %)	8,51 ± 0,34 ^f (1 %)	8,67 ± 0,21 ^f (6 %)	34,0 ± 4,9 ^c (15 %)	25,5 ± 5,5 ^g (18 %)
Suma		8,88 ± 0,15 ^a	62,2 ± 2,8 ^b	276 ± 2 ^c	2680 ± 30 ^d	19,7 ± 1,0 ^e	102 ± 1 ^f	1030 ± 50 ^g	140 ± 2 ^h	229 ± 17 ⁱ	139 ± 7 ^h

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 ($p < 0,05$). Procenta vyjadřují poměrné rozdělení dané látky mezi volnou a vázanou frakcí. EGC – epigallokatechin, Cat – katechin, EC – epikatechin, Rut – rutin, Q – kvercetin, K – kaempferol, Resv – resveratrol. Vol – volná frakce, Vaz – vázaná frakce. ND – nedetekováno. LOQ – pro jednotlivé analyty 0,05 µg/g. Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

Stejně jako v případě FaS je nejnižší obsah sledovaných fenolických kyselin u základních receptur u sušenek rýžových a pšeničných (Tabulka 18). Nejvyšší suma sledovaných kyselin je opět u sušenek s kamutovou moukou, a to 1030 µg/g.

Rýžové sušenky obsahují jen nízké koncentrace kyselin, jelikož byly připraveny z mouky vymleté pouze z endospermu obilky, který je na polyfenolické látky v porovnání s obalovými vrstvami chudý (Hung, 2014). Ze sledovaných kyselin obsahovaly zejména kyseliny ferulovou, protokatechinovou, *p*-hydroxybenzoovou a vanilovou. Méně zastoupenou je také kyselina gallová. Hlavními kyselinami rýžových zrn jsou přitom kyseliny ferulová a gallová, v nižším množství také protokatechinová a vanilová (Barchi et al., 2021). U pšeničných sušenek bylo zastoupení hlavních kyselin rozdílné od sušenek rýžových. Převažujícími kyselinami byly neochlorogenová, vanilová, gallová a ferulová, přičemž všechny kyseliny se vyskytovaly téměř výhradně ve volné formě. Nicméně studie ukazují, že fenolické kyseliny jsou v pšeničné mouce přítomny zejména ve vázané formě, přičemž převažující kyselinou je v této formě kyselina ferulová (Wang et al., 2020).

Sušenky s kamutovou moukou obsahovaly zejména kyselinu vanilovou, jejíž suma tvořila celých 59 % ze sumy sledovaných kyselin, a dále kyseliny neochlorogenovou, sinapovou, gallovou nebo ellagovou. V různém nižším množství byly nalezeny všechny měřené kyseliny kromě *p*-kumarové. Hlavní fenolickou kyselinou kamutu je přitom kyselina ferulová, následovaná v menším množství vanilovou, *p*-hydroxybenzoovou, syringovou nebo *p*-kumarovou (Brandolini et al., 2013). Druhou nejvíce zastoupenou ochucující surovinou je sušené mango. To obsahuje nejvíce kyseliny chlorogenové, dále vanilové nebo gallové a v menším množství také kyseliny ferulovou a kávovou (Vithana et al., 2019). Matcha s jasmínem tvoří jen malý podíl ve složení receptury, nicméně vzhledem k přirozeně vysokému obsahu kyseliny chlorogenové v matchi by měl být v sušenkách patrný zvýšený obsah této kyseliny (Koláčková et al., 2020). Její podíl je v celkovém množství sledovaných kyselin téměř zanedbatelný (0,57 %). Sušenky naopak obsahují vyšší množství kyseliny neochlorogenové.

Z pohledu sledovaných polyfenolických kyselin vyniká i vzorek sušenek s ostropestřcovou moukou. U tohoto vzorku sušenek je v porovnání s ostatními vzorky pozorován vyšší obsah kyseliny chlorogenové, protokatechinové, kávové, ellagové a etylesteru kyseliny protokatechinové. U první jmenované kyseliny jsou jejím zdrojem také semena ostropestřce mariánského (Lucini et al., 2016).

Tab. 18: Výsledky stanovení obsahu polyfenolických kyselin

[μg/g]		P	Š/P	OVP	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R
ChIA	Vol	ND	8,94 ± 0,17 ^a (63 %)	4,49 ± 0,06 ^b (71 %)	5,88 ± 0,14 ^c (100 %)	ND	3,22 ± 0,30 ^d (92 %)	ND	4,35 ± 0,27 ^b (100 %)	44,5 ± 7,43 ^e (100 %)	27,2 ± 1,1 ^f (100 %)
	Vaz	ND	5,31 ± 0,50 ^a (37 %)	1,82 ± 0,19 ^b (29 %)	ND	ND	0,28 ± 0,02 ^c (8 %)	ND	ND	ND	ND
	Suma	ND	14,3 ± 0,5 ^a	6,31 ± 0,20 ^b	5,88 ± 0,14 ^c	ND	3,50 ± 0,30 ^d	ND	4,35 ± 0,27 ^e	44,5 ± 7,4 ^f	27,2 ± 1,1 ^g
GA	Vol	17,3 ± 0,3 ^a (99,4 %)	26,2 ± 0,6 ^b (97 %)	73,0 ± 0,1 ^c (93 %)	36,6 ± 1,4 ^d (85 %)	0,88 ± 0,02 ^e (100 %)	28,1 ± 0,5 ^f (95 %)	147 ± 3 ^g (98 %)	98,6 ± 3,2 ^h (99,8 %)	11,0 ± 0,4 ⁱ (100 %)	60,7 ± 0,9 ^j (88 %)
	Vaz	0,04 ± 0,01 ^a (0,6 %)	0,79 ± 0,02 ^b (3 %)	5,74 ± 0,01 ^c (7 %)	6,46 ± 0,02 ^d (15 %)	ND	1,37 ± 0,02 ^e (5 %)	2,72 ± 0,12 ^f (2 %)	0,19 ± 0,08 ^g (0,2 %)	ND	8,52 ± 0,43 ^h (12 %)
	Suma	17,4 ± 0,3 ^a	27,0 ± 0,6 ^b	78,7 ± 0,1 ^c	43,1 ± 1,4 ^d	0,88 ± 0,02 ^e	29,5 ± 0,5 ^f	150 ± 3 ^g	98,8 ± 3,2 ^h	11,0 ± 0,4 ⁱ	69,2 ± 1,0 ^j
PCA	Vol	2,04 ± 0,05 ^a (100 %)	7,40 ± 0,16 ^b (72 %)	15,9 ± 0,9 ^c (89 %)	17,7 ± 0,6 ^d (87 %)	2,19 ± 0,06 ^e (100 %)	2,75 ± 0,01 ^f (67 %)	48,0 ± 2,5 ^g (68 %)	10,7 ± 0,3 ^h (81 %)	18,6 ± 0,9 ^d (100 %)	26,9 ± 1,7 ⁱ (51 %)
	Vaz	ND	2,90 ± 0,16 ^a (28 %)	1,97 ± 0,04 ^b (11 %)	2,71 ± 0,03 ^a (13 %)	ND	1,37 ± 0,10 ^c (33 %)	22,2 ± 0,4 ^d (32 %)	2,49 ± 0,06 ^e (19 %)	ND	25,9 ± 0,6 ^f (49 %)
	Suma	2,04 ± 0,05 ^a	10,3 ± 0,2 ^b	17,9 ± 0,9 ^c	20,4 ± 0,6 ^d	2,19 ± 0,06 ^e	4,12 ± 0,10 ^f	70,2 ± 2,6 ^g	13,2 ± 0,3 ^h	18,6 ± 0,9 ^c	52,8 ± 1,8 ⁱ
NChIA	Vol	48,2 ± 0,2 ^a (87 %)	166 ± 1 ^b (90 %)	103 ± 1 ^c (84 %)	106 ± 3 ^c (82 %)	ND	ND	0,65 ± 0,05 ^d (46 %)	ND	21,4 ± 3,6 ^e (100 %)	6,44 ± 1,10 ^f (100 %)
	Vaz	7,00 ± 0,15 ^a (13 %)	17,9 ± 0,4 ^b (10 %)	19,1 ± 1,4 ^b (16 %)	23,9 ± 0,1 ^c (18 %)	ND	ND	0,78 ± 0,06 ^d (54 %)	ND	ND	ND
	Suma	55,2 ± 0,3 ^a	184 ± 1 ^b	122 ± 2 ^c	130 ± 3 ^d	ND	ND	1,43 ± 0,07 ^e	ND	21,4 ± 3,6 ^f	6,44 ± 1,10 ^g

[µg/g]		P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R
p-hBA	Vol	0,65 ± 0,07 ^a (100 %)	0,82 ± 0,01 ^b (62 %)	8,17 ± 0,21 ^c (91 %)	2,29 ± 0,12 ^d (34 %)	1,37 ± 0,07 ^e (96 %)	1,15 ± 0,01 ^f (91 %)	3,04 ± 0,06 ^g (77 %)	5,28 ± 0,11 ^h (87 %)	3,99 ± 0,30 ⁱ (98 %)	3,84 ± 0,38 ⁱ (62 %)
	Vaz	ND	0,51 ± 0,01 ^a (38 %)	0,85 ± 0,05 ^b (9 %)	4,43 ± 0,01 ^c (66 %)	0,06 ± 0,01 ^d (4 %)	0,12 ± 0,01 ^e (9 %)	0,91 ± 0,04 ^b (23 %)	0,79 ± 0,03 ^f (13 %)	0,10 ± 0,01 ^g (2 %)	2,39 ± 0,11 ^h (38 %)
	Suma	0,65 ± 0,07 ^a	1,33 ± 0,01 ^b	9,02 ± 0,21 ^c	6,72 ± 0,12 ^d	1,43 ± 0,07 ^e	1,27 ± 0,01 ^f	3,95 ± 0,07 ^g	6,07 ± 0,12 ^h	4,09 ± 0,30 ^g	6,23 ± 0,40 ⁱ
VA	Vol	26,2 ± 0,3 ^a (100 %)	17,8 ± 0,2 ^b (94 %)	35,5 ± 0,5 ^c (21 %)	378 ± 9 ^d (62 %)	1,15 ± 0,05 ^e (67 %)	1,11 ± 0,01 ^e (58 %)	8,48 ± 0,17 ^f (92 %)	7,90 ± 0,32 ^g (100 %)	2,06 ± 0,12 ^h (100 %)	2,88 ± 0,08 ⁱ (72 %)
	Vaz	ND	1,11 ± 0,02 ^a (6 %)	137 ± 1 ^b (79 %)	231 ± 1 ^c (38 %)	0,57 ± 0,02 ^d (33 %)	0,79 ± 0,05 ^e (42 %)	0,72 ± 0,06 ^e (8 %)	ND	ND	1,12 ± 0,07 ^a (28 %)
	Suma	26,2 ± 0,29 ^a	18,9 ± 0,2 ^b	173 ± 1 ^c	609 ± 9 ^d	1,72 ± 0,06 ^e	1,90 ± 0,05 ^f	9,20 ± 0,18 ^g	7,90 ± 0,32 ^h	2,06 ± 0,12 ⁱ	4,00 ± 0,10 ^j
CA	Vol	ND	6,43 ± 0,42 ^a (96 %)	0,19 ± 0,01 ^b (100 %)	0,98 ± 0,02 ^c (100 %)	ND	ND	ND	ND	0,83 ± 0,07 ^d (23 %)	ND
	Vaz	ND	0,30 ± 0,01 ^a (4 %)	ND	ND	0,54 ± 0,10 ^b (100 %)	ND	0,24 ± 0,02 ^c (100 %)	0,38 ± 0,08 ^d (100 %)	2,80 ± 0,12 ^e (77 %)	8,68 ± 2,68 ^f (100 %)
	Suma	ND	6,73 ± 0,42 ^a	0,19 ± 0,01 ^b	0,98 ± 0,02 ^c	0,54 ± 0,10 ^d	ND	0,24 ± 0,02 ^e	0,38 ± 0,08 ^f	3,63 ± 0,14 ^g	8,68 ± 2,68 ^h
SyrA	Vol	0,12 ± 0,02 ^a (100 %)	6,65 ± 0,45 ^b (91 %)	2,57 ± 0,08 ^c (18 %)	27,0 ± 0,3 ^d (68 %)	0,56 ± 0,03 ^e (100 %)	0,16 ± 0,01 ^f (62 %)	ND	0,19 ± 0,01 ^g (100 %)	0,26 ± 0,02 ^h (100 %)	0,38 ± 0,02 ⁱ (9 %)
	Vaz	ND	0,67 ± 0,01 ^a (9 %)	12,1 ± 0,2 ^b (82 %)	12,6 ± 0,2 ^c (32 %)	ND	0,10 ± 0,01 ^d (38 %)	ND	ND	ND	3,99 ± 0,27 ^e (91 %)
	Suma	0,12 ± 0,02 ^a	7,32 ± 0,5 ^b	14,7 ± 0,2 ^c	39,6 ± 0,3 ^d	0,56 ± 0,03 ^e	0,26 ± 0,01 ^f	ND	0,19 ± 0,01 ^g	0,26 ± 0,02 ^f	4,37 ± 0,27 ^h

[µg/g]		P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R
p-CoA	Vol	0,33 ± 0,01 ^a (100 %)	3,66 ± 0,17 ^b (77 %)	0,74 ± 0,03 ^c (76 %)	ND	ND	0,08 ± 0,01 ^d (38 %)	0,39 ± 0,02 ^e (54 %)	0,38 ± 0,01 ^e (100 %)	5,47 ± 0,33 ^f (90 %)	0,54 ± 0,03 ^g (33 %)
	Vaz	ND	1,10 ± 0,01 ^a (23 %)	0,23 ± 0,01 ^b (24 %)	ND	0,88 ± 0,02 ^c (100 %)	0,13 ± 0,01 ^d (62 %)	0,33 ± 0,02 ^e (47 %)	ND	0,58 ± 0,02 ^f (10 %)	1,10 ± 0,06 ^a (67 %)
	Suma	0,33 ± 0,01 ^a	4,76 ± 0,17 ^b	0,97 ± 0,03 ^c	ND	0,88 ± 0,02 ^d	0,21 ± 0,04 ^e	0,72 ± 0,03 ^f	0,38 ± 0,01 ^g	6,05 ± 0,33 ^h	1,64 ± 0,06 ⁱ
FA	Vol	11,5 ± 0,8 ^a (92 %)	5,70 ± 0,10 ^b (99 %)	29,3 ± 0,6 ^c (72 %)	17,5 ± 0,5 ^d (96 %)	2,27 ± 0,04 ^e (100 %)	158 ± 1 ^f (87 %)	3,67 ± 0,06 ^g (8 %)	23,7 ± 0,5 ^h (48 %)	13,5 ± 1,3 ⁱ (87 %)	16,1 ± 0,9 ^j (100 %)
	Vaz	0,99 ± 0,07 ^a (8 %)	0,07 ± 0,01 ^b (1 %)	11,4 ± 0,4 ^c (28 %)	0,84 ± 0,04 ^d (4 %)	ND	22,8 ± 1,6 ^e (13 %)	44,7 ± 2,1 ^f (92 %)	26,1 ± 0,3 ^g (52 %)	2,01 ± 0,12 ^h (13 %)	ND
	Suma	12,5 ± 0,8 ^a	5,76 ± 0,10 ^b	40,7 ± 0,8 ^c	18,3 ± 0,5 ^d	2,27 ± 0,04 ^e	181 ± 2 ^f	48,4 ± 2,1 ^g	49,8 ± 0,6 ^g	15,5 ± 1,3 ^h	16,1 ± 0,9 ^h
SinA	Vol	ND	0,17 ± 0,01 ^a (100 %)	26,4 ± 1,0 ^b (78 %)	86,1 ± 1,5 ^c (88 %)	ND	1,96 ± 0,01 ^d (100 %)	ND	0,57 ± 0,02 ^e (100 %)	ND	47,8 ± 3,9 ^f (100 %)
	Vaz	ND	ND	7,34 ± 0,12 ^a (22 %)	11,7 ± 1,4 ^b (12 %)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Suma	ND	0,17 ± 0,01 ^a	33,8 ± 1,0 ^b	97,8 ± 2,1 ^c	ND	1,96 ± 0,01 ^d	ND	0,57 ± 0,02 ^e	ND	47,8 ± 3,9 ^f
EA	Vol	ND	2,2 ± 0,14 ^a (100 %)	12,4 ± 0,1 ^b (70 %)	30,0 ± 0,1 ^c (100 %)	ND	4,31 ± 0,03 ^d (100 %)	36,7 ± 0,6 ^e (99,5 %)	9,19 ± 0,18 ^f (98 %)	23,6 ± 4,3 ^g (100 %)	405 ± 4 ^h (100 %)
	Vaz	ND	ND	5,43 ± 0,16 ^a (30 %)	ND	ND	ND	0,15 ± 0,01 ^b (0,5 %)	0,15 ± 0,05 ^b (2 %)	ND	ND
	Suma	ND	2,22 ± 0,14 ^a	17,8 ± 0,2 ^b	30,0 ± 0,1 ^c	ND	4,31 ± 0,03 ^d	36,9 ± 0,6 ^e	9,34 ± 0,18 ^f	23,6 ± 4,3 ^g	405 ± 4 ^h

[µg/g]		P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R
<i>o</i>-CoA	Vol	ND	0,49 ± 0,01 ^a (100 %)	5,48 ± 0,15 ^b (100 %)	0,18 ± 0,01 ^c (100 %)	0,28 ± 0,03 ^d (100 %)	0,06 ± 0,01 ^e (100 %)	ND	3,12 ± 0,06 ^f (95 %)	0,27 ± 0,01 ^d (100 %)	13,8 ± 0,23 ^g (100 %)
	Vaz	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,20 ± 0,01 ^a (100 %)	0,16 ± 0,01 ^b (5 %)	ND	ND
	Suma	ND	0,49 ± 0,01 ^a	5,48 ± 0,15 ^b	0,18 ± 0,01 ^c	0,28 ± 0,03 ^d	0,06 ± 0,01 ^e	0,20 ± 0,01 ^f	3,28 ± 0,06 ^g	0,27 ± 0,01 ^d	13,8 ± 0,2 ^h
PCEA	Vol	0,88 ± 0,01 ^a (100 %)	2,06 ± 0,09 ^b (89 %)	0,81 ± 0,01 ^c (94 %)	22,0 ± 0,07 ^d (78 %)	ND	0,15 ± 0,01 ^e (100 %)	1,92 ± 0,04 ^f (100 %)	8,35 ± 0,45 ^g (100 %)	ND	29,2 ± 1,0 ^h (91 %)
	Vaz	ND	0,25 ± 0,02 ^a (11 %)	0,05 ± 0,01 ^b (6 %)	6,07 ± 0,04 ^c (22 %)	ND	ND	ND	ND	5,59 ± 3,66 ^d (100 %)	3,03 ± 0,46 ^e (9 %)
	Suma	0,88 ± 0,01 ^a	2,31 ± 0,09 ^b	0,86 ± 0,01 ^c	28,1 ± 0,1 ^d	ND	0,15 ± 0,01 ^e	1,92 ± 0,04 ^f	8,35 ± 0,45 ^g	5,59 ± 3,66 ^h	32,2 ± 1,1 ⁱ
CinA	Vol	ND	0,31 ± 0,01 ^b (100 %)	0,16 ± 0,01 ^c (84 %)	0,14 ± 0,01 ^d (78 %)	0,04 ± 0,02 ^e (100 %)	0,23 ± 0,01 ^f (100 %)	0,02 ± 0,01 ^a (100 %)	0,25 ± 0,01 ^g (100 %)	0,68 ± 0,05 ^h (100 %)	ND
	Vaz	ND	ND	0,03 ± 0,01 ^a (16 %)	0,04 ± 0,01 ^a (22 %)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Suma	ND	0,31 ± 0,01 ^b	0,19 ± 0,01 ^c	0,18 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,02 ^d	0,23 ± 0,01 ^e	0,02 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,01 ^f	0,68 ± 0,05 ^g	ND
Vol		107 ± 1 ^a (93 %)	255 ± 1 ^b (89 %)	319 ± 2 ^c (61 %)	730 ± 10 ^d (71 %)	8,73 ± 0,13 ^e (81 %)	201 ± 1 ^f (88 %)	250 ± 4 ^g (77 %)	173 ± 3 ^h (85 %)	146 ± 10 ⁱ (93 %)	641 ± 6 ^j (92 %)
Vaz		8,03 ± 0,17 ^a (7 %)	30,9 ± 0,6 ^b (11 %)	203 ± 2 ^c (39 %)	300 ± 2 ^d (29 %)	2,06 ± 0,10 ^e (19 %)	26,9 ± 1,6 ^f (12 %)	72,9 ± 2,1 ^g (23 %)	30,3 ± 0,3 ^b (15 %)	11,1 ± 3,7 ^h (7 %)	54,7 ± 2,8 ⁱ (8 %)
Suma		115 ± 1 ^a	286 ± 1 ^b	522 ± 2 ^c	1030 ± 10 ^d	10,8 ± 0,2 ^e	228 ± 2 ^f	323 ± 5 ^g	203 ± 3 ^h	157 ± 10 ⁱ	696 ± 7 ^j

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině, n=5. Procenta vyjadřují poměrné rozdělení dané látky mezi volnou a vázanou frakci. 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 ($p < 0,05$). ChlA – kyselina chlorogenová, GA – kyselina gallová, PCA – protokatechinová kyselina, NChlA – kyselina neochlorogenová, *p*-hBA – kyselina *p*-hydroxybenzoová, VA – kyselina vanilová, CA – kyselina kávová, SyrA – kyselina syringová, *p*-CoA – kyselina *p*-kumarová, FA – kyselina ferulová, SinA – kyselina sinapová, EA – kyselina ellagová, *o*-CoA – kyselina *o*-kumarová, PCEA – etylester kyseliny protokatechinové, CinA – kyselina skořicová. Vol – volná frakce, Vaz – vázaná frakce. ND – nedetekováno. LOQ – pro jednotlivé analyty 0,05 µg/g. Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

V Tabulce P5 jsou uvedeny korelační koeficienty závislostí AOA na obsahu jednotlivých flavonoidů, stilbenu a fenolických kyselin. Obecně jsou pozitivní korelační koeficienty u kyseliny sinapové a syringové. Se snižující se hodnotou korelačního koeficientu dále u kyseliny vanilové, 4-hydroxybenzoové, u etylesteru kyseliny protokatechinové a dále u epikatechinu a epigallokatechinu. Pokud se podíváme na jednotlivé frakce, jsou v případě DPPH pozorovány silné korelace pouze u volné frakce. V případě ABTS jsou středně silné korelace pozorovány také ve frakci vázané.

Antioxidační aktivita jednotlivých fenolických látek je závislá na strukturních vlastnostech, jako je zejména poloha a počet hydroxylových skupin. Jejich reálné posouzení je ale složité, protože například kyselina kávová a sinapová vykazují větší AOA než kyselina ferulová, nicméně gallová kyselina se třemi hydroxylovými skupinami vykazuje vyšší AOA než kyselina ellagová, která má ve své struktuře čtyři hydroxylové skupiny. Deriváty kyseliny skořicové pak mají díky své struktuře obecně vyšší AOA než deriváty kyseliny benzoové (Yang et al., 2021).

Vůbec nejsilněji koreluje AOA s kyselinou sinapovou, derivátem kyseliny skořicové (Terpinc a Abramovič, 2010). Jak je patrné z Tabulky P5, je tato korelace silně pozitivní jak v případě ABTS, tak i DPPH metody, a to zejména ve volné frakci. Její obsah ve vzorcích pak roste v pořadí Š/P < Q/R < TS/R < OV/P < Ostr/R < K/P. Na chromatogramu pro volnou frakci kamutových sušenek na Obrázku P5 je patrný pík kyseliny sinapové v čase 22,14 min a pro vázanou frakci na Obrázku P6 v čase 21,72 min. Tuto silnou korelaci podporuje i výzkum Terpinc a Abrahamovič (2010), který říká, že antioxidační aktivita měřená s pomocí zhášení radikálu DPPH je vysoká pro kyselinu kávovou a kyselinu sinapovou.

5 PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Stravovací návyky obyvatel se po několik posledních let mění a do jídelníčku se častěji zařazují potraviny obohacené o suroviny s vyšší biologickou hodnotou. Může jít o suroviny s vyšším podílem vlákniny, vitaminů, minerálních látek, s příznivějším složením mastných kyselin nebo s obsahem řady polyfenolických látek. Použití takových surovin je žádoucí z toho důvodu, že mohou přispívat k udržení zdraví spotřebitele. Dnes jsou na trhu kromě mouk z obilovin dostupné i mouky z pseudocereálií, luštěnin nebo semen olejnatých plodin a jejich nabídka se stále rozšiřuje. Kromě ovoce typického pro střední Evropu se potraviny obohacují o tropické ovoce nebo jiné druhy, které jsou zpravidla bohaté na obsah různých bioaktivních látek. V neposlední řadě mohou tyto suroviny doplnit i jedlé květy, které se mezi spotřebiteli objevují stále v malé míře. Cílem této práce bylo zhodnotit, jak kombinace takových surovin zlepšují nutriční vlastnosti hotového výrobku.

Přínosy dizertační práce pro vědu a praxi:

- a) Pro spektrofotometrické stanovení TPC a AOA u vzorků s vysokým obsahem lipidů byla nastavena metodika pro odstranění lipidů, které bez jejich odstranění znemožňují spektrofotometrické stanovení.
- b) Byla modifikována metodika pro stanovení glykemického indexu pro podmínky laboratoří UCHAP.
- c) Byla vytvořena série lepkových i bezlepkových receptur máslových sušenek se substitučními moukami, které tvoří základ pro obohacování dalšími surovinami, a to při zachování možnosti jejich technologického zpracování. Tyto receptury zahrnují použití mouky špaldové, mouky z ovesných nebo ječných vloček, kamtu, červené pšenice, rýže, rýže s červenými obalovými vrstvami, quinoi bílé a červené quinoi, teffu světlého a tmavého, ale také mouky konopné, kaštanové, dýňové nebo ostropestřcové.
- d) Vytvoření modelových receptur je součástí Užitého vzoru č. 30 013, 2019. Sumczynski, D., Šťastná, K., Burešová, I., Koláčková, T. Směs na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přísadkou nutraceutických surovin. Úřad průmyslového vlastnictví, Praha, Česká republika.
- e) Byl zhodnocen příspěvek ochucujících surovin k nutriční hodnotě a k obohacení sušenek o látky s antioxidační aktivitou.

ZÁVĚR

Dizertační práce se věnuje vlivu přídavku surovin s vysokým obsahem biologicky aktivních látek na texturní vlastnosti, nutriční složení, stravitelnost, glykemický index a obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu máslových sušenek. Jako výchozí byly vybrány pšeničné máslové sušenky a jejich bezlepková alternativa s rýžovou moukou. Tyto receptury byly následně přepracovány substitučními moukami a doplněny o ochucující složky s potenciálem zvýšit množství bioaktivních látek ve výrobku. Pro obohacení byla použita řada cereálií, pseudocereálií, sušeného ovoce, skořápkových plodů, jedlých květů, ale také matcha čaj nebo karobový prášek.

U sušenek byl v první fázi sledován vliv na jejich texturní vlastnosti. Ačkoli jsou rozdíly v tvrdosti a křehkosti statisticky významné, nejsou rozdíly mezi nimi příliš vysoké. Díky vysokému množství tuku mají sušenky jen nízkou tvrdost a vysokou křehkost, přičemž nejkřehčí jsou sušenky z rýžové mouky. S vyšším obsahem tuku se sušenky také více roztékají.

V druhé fázi bylo sledováno nutriční složení sušenek, a to se zaměřením na obsah škrobu, lipidů, hrubých bílkovin, vlákniny a popela. Z hlediska nutričních látek přispívá přídavek těchto surovin k žádoucímu snížení obsahu lipidů a zvýšení obsahu hrubé bílkoviny. Obě změny jsou silně ovlivněny recepturním složením. Nejdůležitější změnou je pak významné zvýšení obsahu vlákniny a snížení obsahu škrobu, přičemž nejvýraznější nárůsty byly zaznamenány u vzorků sušenek s ovesnými vločkami a v bezlepkové variantě u sušenek s moukou z červené quinoi. Tyto změny měly následně vliv i na stravitelnost, jejíž hodnota se s rostoucím obsahem vlákniny snižuje. Stanovení GI potvrzuje, že se sušenky i přes zvýšení obsahu vlákniny a snížení obsahu škrobu stále řadí mezi potraviny s vysokým GI.

U sušenek se se změnami v recepturním složení zvyšuje i obsah minerálních prvků. Z makrobiogenních prvků je nejvíce obsažena síra, nicméně z pohledu příspěvků k hodnotám RDA/AI* pro esenciální prvky jsou sušenky zdrojem železa a z mikrobiogenních prvků mohou být zejména u dětí dobrým zdrojem hořičku. Ačkoli plnění v příjmu makrobiogenních a mikrobiogenních prvků není významné, mohou být významným zdrojem stopových prvků. Z nich zejména manganu, chromu a molybdenu. Plnění se liší dle receptury a kategorie, pro kterou je příspěvek sledován. Např. v případě manganu s nejvyšším plněním jde až o 278 % u dětí ve věku 4–8 let, 232 % u žen a 181 % u mužů ve věku 31–50 let. Pozitivním zjištěním je, že množství kontaminujících prvků obecně není ve 100 g porci významné. Jejich příspěvky k hodnotě PTWI pro hliník, rtuť a nikl byly v rozmezí 0,5–16,4 %, 4–19 % a 2–22 % v závislosti na hmotnosti konzumenta, která byla zvolena 70 a 90 kg.

Jako poslední byl u sušenek sledován vliv přídavku surovin na obsah celkových polyfenolů, profil polyfenolických látek a antioxidační aktivitu.

Vzhledem k použití řady surovin s vysokým obsahem polyfenolických látek a dalších látek s antioxidační aktivitou, byl očekáván vysoký nárůst sledovaných parametrů i ve výsledném produktu. I přes technologii zpracování zahrnující proces krátkého intenzivního pečení je u sušenek pozorován nárůst jak u polyfenolických látek, tak u antioxidační aktivity. Největší změny byly pozorovány obecně u sušenek s kamutovou moukou. Ačkoli se například obsah celkových polyfenolů zvýšil o 421 % v porovnání se základní recepturou a antioxidační aktivita v průměru o 1200 %, u ostatních sušenek byly změny nižší. U sušenek s kamutovou moukou šlo zejména o vliv přídavku matcha prášku. Polyfenolický profil jednotlivých sušenek se liší, ale nejčastěji zastoupenými kyselinami jsou kyselina vanilová, neochlorogenová, gallová, ferulová a sinapová a z flavonoidů pak epigallokatechin nebo epikatechin. Sušenky byly hodnoceny také pomocí metody PCL, která je schopná rozlišit antioxidační kapacitu danou látkami rozpustnými ve vodě (ACW) a látkami rozpustnými v tucích (ACL). U ACW jde u kamutových sušenek o nárůst o 1690 % oproti standardní receptuře pravděpodobně způsobené přítomností flavonoidů v matchi a u ACL u ovesných sušenek dokonce o 7 570 %, což je dáno kombinací ovesného klíčku a přítomností kešu ořechů.

Dizertační práce ukazuje jistý potenciál ve zlepšení nutričního složení i ve složení bioaktivních látek použitím ochucujících surovin. Na základě získaných dat, kdy největší pozitivní změny jsou pozorovány u vzorku kamutových sušenek, lze říci, že zejména matcha má největší potenciál zvyšovat obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu, zatímco sušenky s lokálními surovinami, jako jsou například sušenky špaldové, mají tento potenciál nižší. Je nutno ale podotknout, že tento potenciál není zanedbatelný, a i lokální suroviny mohou mít pozitivní vliv. Pro hodnocení samotného příspěvku jedlých květů je pak potřebné provést další měření zaměřená pouze na srovnání receptur s použitím jedlých květů a jim odpovídající receptury bez květů. V případě snížení hodnoty GI je pak potřeba zvolit zcela jiný typ sušenky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABDEL-AAL, El-Sayed M. a Iwona RABALSKI. Effect of baking on nutritional properties of starch in organic spelt whole grain products. *Food Chemistry*, 2008, 111: 150–156.

ACAR, Izzet; KAFKAS, Ebru; ÖZOGUL, Yesim; DOGAN, Yildiz a Salih KAFKAS. Variation of Fat and Fatty Acid Composition of Some Pistachio Genotypes. *Italian Journal of Food Science*, 2008, 20: 273–279.

AKIN, Elif Betül; KARABULUT, Ihsan a Ali TOPCU. Some compositional properties of main Malatya apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties. *Food Chemistry*, 2008, 107: 939–948.

ALBERTOS, Irene; JAIME, Isabel; DIEZ, Ana María; GONZÁLES-ARNÁIZ, Lucía a Daniel RICO. Carob seed peel as natural antioxidants in minced and refrigerated (4 °C) Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *LWT – Food Science and Technology*, 2015, 64: 650–656.

ALEGRIA-TORAN, A.; BARBERA-SAEZ, R. a A. CILLA-TATAY. Handbook of mineral elements in food. M. de la Guardia, S. Garrigues (Eds.), Bioavailability of minerals in foods, Wiley Blackwell, Chichester, United Kingdom (2015), pp. 41–68.

ALEMAYEHU, Getaneh Firew; FORSIDO, Sirawdin Fikreyesus; TOLA, Yetenayet B.; TESHAGER, Minbale Adimas; ASSEGIE ALEMAYEHU, Addisu a Endale AMARE. Proximate, mineral and antinutrient compositions of oat grain (*Avena sativa*) cultivated in Ethiopia: implications for nutrition and mineral bioavailability. *Heliyon*, 2021, 7: e07722.

ALIZADEH, Zeinab a Mohammad FATTAH. Essential oil, total phenolic, flavonoids, anthocyanins, carotenoids and antioxidant activity of cultivated Damask Rose (*Rosa damascena*) from Iran: With chemotyping approach concerning morphology and composition. *Scientia Horticulturae*, 2021, 288: 110341.

ALRAHMANY, Roaaya; AVIS, Tyler J. a Apollinaire TSOPMO. Treatment of oat bran with carbohydrases increases soluble phenolic acid content and influences antioxidant and antimicrobial activities. *Food Research International*, 2013, 52(2): 568–574.

AMAGASE, Harunobu a Norman R. FARNSWORTH. A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (Goji). *Food Research International*, 2011, 44: 1702–1717.

ANJUM, Faqir M.; AHMAD, Ijaz; BUTT, Masood S.; SHEIKH, M. A. a Imran PASHA. Amino acid composition of spring wheats and losses of lysine during chapati baking. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2005, 18: 523–532.

ARENDDT, Elke K. a Emanuele ZANNINI. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Sawston: Woodhead Publishing, 2013. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 248. ISBN 978-0-85709-892-4.

AREPALLY, Divyasree; REDDY, Ravula Sudharshan; GOSWAMI, Tridib Kumar a Aashis K. DATTA. Biscuit baking: A review. *LWT*, 2020, 131: 109726.

ATKINSON, Fiona S. ; BRAND-MILLER, Jennie C.; FOSTER-POWELL, Kaye; BUYKEN, Anette a Janina GOLETZKE. International tables of glycemic index and glycemic load values 2021: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2021, 114: 1625–1632.

AYED, Charfedinne; LIM, Mui; NAWAZ, Khatija; MACNAUGHTAN, William; STURROCK, Craig J.; HILL, Sandra E.; LINFORTH, Robert a Ian D. FISK. The role of sodium chloride in the sensory and physico-chemical properties of sweet biscuits. *Food Chemistry: X*, 2021, 9: 100115.

BABIKER, Elfadil E.; USLU, Nurhan; AL JUHAIMI, Fahad; AHMED, Isam A. Mohamed; GHAFUOR, Kashif; ÖZCAN, Mehmet Musa a Ibrahim A. ALMUSALLAM. Effect of roasting on antioxidative properties, polyphenol profile and fatty acids composition of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *LWT*, 2021, 139: 110537.

BAGCHI, Torit Baran; CHATTOPADHYAY, Krishnendu; SIVASHANKARI, M.; ROY, Sankhajit; KUMR, Awadhesh; BISWAS, Tufleuddin a Srikumar PAL. Effect of different processing technologies on phenolic acids, favonoids and other antioidants conent in pigmented rice. *Journal of Cereal Science*, 2021, 100: 103263.

BALLESTER-SÁNCHEZ, J; FERNÁNDEZ-ESPINAR, M.T. a C.M. HAROS. Isolation of red quinoa fibre by wet and dry milling and application as a potential functional bakery ingredient. *Food Hydrocolloids*, 2020, 101: 105513.

BAUMGARTNER, B.; OZKAYA, B.; SAKA, I. a H. OZKAYA. Functional and physical properties of cookies enriched with dephytinized oat bran. *Journal of Cereal Science*, 2018, 80: 24–30.

BESCO, Elena; BRACCIOLI, Elena; VERTUANI, Silva; ZIOSI, Paola; BRAZZO, Francesca; BRUNI, Renato; SACCHETTI, Gianni a Stefano MANFREDINI. The use of photochemiluminiscence for the measurement of the integral antioxidant capacity of baobab products. *Food Chemistry*, 2007, 102: 1352–1356.

CICCO, Nuncia; LANORTE, Maria T.; PARAGGIO, Margherita; VIGGIANO, Mariassunta a Vincenzo LATTANZIO. A reproducible, rapid and inexpensive

folin-ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal*, 2009, 91: 107–110.

BIGUZZI, Coralie; SCHLICH, Pascal a Christine LANGE. The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. *Food Quality and Preference*, 2014, 35: 41–47.

BISCUIT PEOPLE. Buying a Production Line for Biscuit, Cookies and Crackers. Biscuit People [online]. ©2021 Dostupné z: <https://www.biscuitpeople.com/magazine/post/Buying-a-Production-Line-for-Biscuits-Cookies-and-Crackers>

BOLLING, Bradley W.; CHEN, C.Y. Oliver; MCKAY, Diane L. a Jeffrey B. BLUMBERG. Tree nut phytochemicals: compositions, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazil, cashews, hazelnuts, macadamias, pecan, pine nuts, pistachios and walnuts. *Nutrition Research Reviews*, 2011, 24: 244–275.

BORGES, C.V.; MARASCHIN, M.; COELHO, D.S.; LEONEL, M.; GOMEZ, H.A.G.; BELIN, M.A.F.; DIAMANTE, M.S.; AMORIM, E.P.; GIANETI, T.; CASTRO, G.R. a G.P.P. LIMA. Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. *Food Research International*, 2020, 132: 109061

BRANDOLINI, Andrea; CASTOLDI, Paolo; PILZZARI, Luca a Alyssa HIDALGO. Phenolic acids composition, total polyphenols content and antioxidant activity of *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*: A two-years evaluation. *Journal of Cereal Science*, 2013, 58: 123–131.

BRASSESCO, María Emilia; BRANDAO, Teresa R.S.; SILVA, Cristina L.M. a Manuela PINTADO. Carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): A new perspective for functional food. *Trends in Food Science and Technology*, 2021, 114: 310-322.

BRITANICCA. Poaceae - Distribution and abundance. Britanica [online]. ©2021 Dostupné z: <https://www.britannica.com/plant/Poaceae/Distribution-and-abundance>

BROUNS, F.; BJORCK, I; FRAYN, K.N.; GIBBS, A.L.; LANG, V; SLAMA, G a T.M.S. WOLEVER. Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*, 2005, 18: 145–171.

CABALLERO, Benjamin. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Second Edition. Cambridge: Academic Press, 2003. ISBN 978-0-12-227055-0.

CAIRANO, Maria Di; GALGANO, Fernanda; TOLVE, Roberta; CARUSO, Marisa Carmela a Nicola CONDELLI. Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science and Technology*, 2018, 81: 203–212.

CALDELAS, Cristina; REZZOUK, Fatima Zahra GUTIÉRREZ, Nieves Aparicio; DIEZ-FRAILE, Maria Carmen a José Luis Araus ORTEGA. Interaction of genotype, water availability, and nitrogen fertilization on the mineral content of wheat grain. *Food Chemistry*, 2023, 404: 134565.

CHEN, Guan-Lin; CHEN, Song-Gen; XIAO, Yi a Nan-Lin FU. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 30 flowers. *Industrial Crops and Products*, 2018, 111: 430–445.

CHEN, Kai; ZHANG, Min; BHANDARI, Bhesh a Arun S. MUJUMDAR. Edible flower essential oils: A review of chemical compositions, bioactivities, safety and applications in food preservation. *Food Research International*, 2021, 139: 109809.

CHIU, Chung-Jung a Allen TAYLOR. Dietary hyperglycemia, glycemic index and metabolic retinal diseases. *Progress in Retinal and Eye Research*, 2011, 30: 18–53.

ČSN EN ISO 712. *Obiloviny a výrobky z nich – Stanovení vlhkosti - Praktická referenční metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2010. Třídící znak 461014.

ČSN EN ISO 20483. *Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2014. Třídící znak 461401.

ČSN ISO 2171. *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich – Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Český normalizační institut, 2008. Třídící znak 461019.

DE LEO, Marinella; IANNUZZI, Anna Maria; GERMANO, Maria Paola; D'ANGELO, Valeria; CAMANGI, Fabiano; SEVI, Filippo; DIRETTO, Gianfranco; DE TOMMASI, Nunziatina a Alessandra BRACA. Comparative chemical analysis of si ancient italian sweet cherry (*Prunus avium* L.) varieties showing antiangiogenic activity. *Food Chemistry*, 2021, 30: 129999.

DE SOUZA, Vanessa Rios; PEREIRA, Patrícia Aparecida Pimenta; DA SILVA, Thais Lomonaco Teodoro; de OLIVEIRA LIMA, Luiz Carlos; PIO, Rafael a Fabiana QUEIROZ. Datermination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 2014, 156: 362–368.

DUŠKOVÁ, Elena; DUŠEK, Karel; INDRÁK, Přemysl a Kateřina SMÉKALOVÁ. Postharvest changes in essential oil content and quality of lavender flowers. *Industrial Crops and Products*, 2016, 79: 225–231.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) et al. Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal*, 2020, 18: 6268.

FALSAFI, Seid Reza; MAGHSOUDLOU, Yahya; AALAMI, Mehran; JAFARI, Seid Mahdi; RAEISI, Mojtaba; NISHINARI, Katsuyoshi a Hadis ROSTAMABADI. Application of multi-criteria decision-making for optimizing the formulation of functional cookies containing different types of resistant starches: A physicochemical, organoleptic, *in-vitro* and *in-vivo* study. *Food Chemistry*, 2022, 393: 133376.

FAO/WHO, 2006. WHO technical report series No. 930. Evaluation of certain food contaminants. In: Sixty-Fourth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, Switzerland.

FAO/WHO, 2011a. WHO Technical Report Series No.959. Evaluation of certain contaminants in food. In: Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, Switzerland.

FAO/WHO, 2011b. WHO Technical Report Series No. 960. Evaluation of certain food additives and contaminants. In: Seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, Switzerland.

FAO/WHO, 2011c. WHO technical report series No. 966. Evaluation of certain food additives and contaminants. In: Seventy-Fourth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, Switzerland.

FAO/WHO, 2013. WHO technical report series No. 983. Evaluation of certain food additives and contaminants. In: Seventy-Seventh Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, Switzerland.

FARDET, Anthony; ROCK, Edmond a Christian RÉMÉSY. Is the *in vitro* antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected *in vivo*? *Journal of Cereal Science*, 2008, 48: 258–276.

FERNANDES, Luana; CASAL, Susana; PEREIRA, José Alberto; SARAIVA, Jorge A. a Elsa RAMALHOSA. Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effect on human health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2017, 60: 38–50.

FERRI, Maura; GIANOTTI, Andrea a Annalisa TASSONI. Optimisation of assay conditions for the determination of antioxidant capacity and polyphenols in cereal food components. *Journal of food composition and analysis*, 2013, 30(2): 94–101.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. World Food Situation. Food and Agriculture Organization of the United Nations [online] ©2021 [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>

FRAKOLAKI, Georgia.; GIANNOU, Virginia.; TOPAKAS, Evangelos a Constantina TZIA. Chemical characterization and breadmaking potential of spelt versus wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 2018, 79: 50–56.

FU, Li; XU, Bo-Tao; XU, Xiang-Rong; GAN, Ren-You; ZHANG, Yuan; XIA, En-Qin a Hua-Bin LI. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, 2011, 129: 345–350.

GAMA, Tsvakai; WALACE, Helen M.; TRUEMAN, Stephen J. a Shahla HOSSEINI-BAI. Quality and shelf life of tree nuts: A review. *Scientia Horticulturae*, 2018, 242: 116–126.

GEISSLITZ, Sabrina; LONGIN, C.Friedrich H.; SCHERF, Katharina A. a Peter KOEHLER. Comparative Study on Gluten Protein Composition of Ancient (Einkorn, Emmer and Spelt) and Modern Wheat Species (Durum and Common Sweat). *Foods*, 2019, 8.

GHARIBZAHEDI, Seyed Mohammad Taghi a Seid Mahdi JAFARI. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, 62: 119–132.

GIAMPIERI, Francesca; TULIPANI, Sara; ALVAREZ-SUAREZ, José M.; QUILES, José L.; MEZZETTI, Bruno a Maurizio BATTINO. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 2012, 28: 9–19.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W.S.; COURTIN, C.M.; GEBRUERS, K. a J.A. DELCOUR. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science and Technology*, 2005, 16: 12–30.

GÓMEZ-MARTÍNEZ, H.; BERMEJO, A.; ZURIANGA, M.L. a M.L. BADENES. Polyphenol content in apricot fruits. *Scientia Horticulturae*, 2021, 277: 109828.

GRELA, Eugeniusz R.; ŚWIATKIEWICZ, Malgorzata; FLOREK, Mariusz a Izabela WOJTASZEWSKA. Impact of milk thistle (*Silybum marianum* L.) seeds in fattener diets on pig performance and carcass traits and fatty acid profile and cholesterol of meat, backfat and liver. *Livestock Science*, 2020, 239: 104180.

GU, Ruijuan; CHANG, Xiaowen; BAI, Guotao; LI, Xiang; DI, Yan; LIU, Xuebo; SUN, Lijun a Yutang WANG. Effects of household cooking methods on changes of tissue structure, phenolic antioxidant capacity and active component bioaccessibility of quinoa. *Food Chemistry*, 2021, 350: 129138.

- GU, Yujuan; QIAN, Xiaojie; SUN, Binghua; MA, Sen; TIAN, Xiaoling a Xiaoxi WANG. Nutritional composition and physicochemical properties of oatflour sieving fractions with different particle size. *LWT*, 2022, 154: 112757.
- HADINEZHAD, Mehri a F. BUTLER. Effect of flour type and dough rheological properties on cookie spread measured dynamically during baking. *Journal of Cereal Science*, 2009, 49: 178–183.
- HAN, Inhwa a Chul-Seung LEE. Quality properties and bioactives of American cookies with coffee extract residues. *LWT*, 2021, 151: 112173.
- HOSSAIN, Ashrafi; BEGUM, Parveen; ZANNAT, M. Salma; RAHMAN, Hafizur; AHSAN, Monira a Sheikh Nazrul ISLAM. Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in horticulture farm. *Food Chemistry*, 2016, 199: 648–652.
- HUI, Xiaodan; WU, Gang; HAN, Duo; STIPKOVITS, Letitia; WU, Xiyang; TANG, Shuze; BRENNAN, Margaret A. a Charles S. BRENNAN. Bioactive compounds from blueberry and blackcurrant powder alter the physicochemical and hopoglycaemic properties of oat bran paste. *LWT*, 2021, 143: 111167.
- HUNG, Pham Van. Phenolic Compounds of Cereals and Their Antioxidant Capacity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2014, 56: 25–35.
- IGUAL, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; MARTÍN-ESPARZA, M.E. a N. MARTÍNEZ-NAVARRETE. Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*, 2012, 47: 284–290.
- IOM (1997). Institute of Medicine. Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride. Food and Nutrition Board. National Academy of Sciences. Washington, DC: The National Academy Press.
- IOM (2000). Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin C, Vitamin E, selenium, and carotenoids. Food and Nutrition Board. National Academy of Sciences. Washington, DC: The National Academy Press.
- IOM (2001). Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Food and Nutrition Board. National Academy of Sciences. Washington, DC: The National Academies Press.
- IOM (2005). Institute of Medicine. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. Food and Nutrition Board. National Academy of Sciences. Washington, DC: The National Academy Press.
- ISO 10520. Native starch—Determination of starch content—Ewer’s polarimetric method. International Standard Organisation: Geneva, Switzerland, 1997.

- JACOB, Jissy a K. LEELAVATHI. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. *Journal of Food Engineering*, 2007, 79: 299–305.
- JAN, Khan Nadiya; PANESAR, P.S. a Sukcham SINGH. Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. *LTW*, 2018, 93: 573–582.
- JANARNY, G.; RANAWEERA, K.K.D.S. a K.D.P.P. GUNATHILAKE. Antioxidant activities of hydro-methanolic extrats of Sri Lankan edible flowers. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2021, 35, 102081.
- KAHRAMAN, Kevser; AKTAS-AKYILDIZ, Eda; OZTURK, Serpil a Hamit KOKSEL. Effect of different resistant starch sources and wheat bran on dietary fibre content and *in vitro* glycaemic index values of cookies. *Journal of Cereal Science*, 2019, 90: 102851.
- KHALLOUFI, S. a C. RATTI. Quality Deterioration of Freeze-dried Foods as Explained by their Glass Transition Temperature and Internal Structure. *Food Engineering and Physical Properties*, 2003, 68: 892–903.
- KHORASANIHA, Reihane; OLOF, Hana; VOISIN, Athalia; ARMSTRONG, Keith; WINE, Eytan; VASANTHAN, Thava a Heather ARMSTRONG. Diversity of fibers in common foods: Key to advancing dietary research. *Food Hydrocolloids*, 2023, 139: 108495.
- KIEWLICZ, Justyna a Iga RYBICKA. Minerals and their bioavailability in relation to dietary fiber, phytates and tannins from gluten-free flakes. *Food Chemistry*, 2020, 305: 125452.
- KOLÁČKOVÁ, Tereza; KOLOFIKOVÁ, Kateřina; SYTAŘOVÁ, Irena; SNOPEK, Lukáš a Daniela SUMCZYNSKI. Matcha Tea: Analysis of Nutritional Composition, phenolics and Antioxidant Activity. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2020, 75: 48–53.
- KOLÁČKOVÁ, Tereza; SUMCZYNSKI, Daniela; BEDNAŘÍK, Vratislav, VINTER, Štěpán; ORSAVOVÁ, Jana a Kateřina KOLOFIKOVÁ. Mineral and trace element composition after digestion and leaching into matcha tea infusions (*Camellia sinensis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, 97: 103792.
- KONOPKA, Iwona.; CZAPLICKI, Sylwester a Daniela ROTKIEWICZ. Differences in content and composition of free lipids and carotenoids in flour of spring and winter wheat cultivated in Poland. *Food Chemistry*, 2006, 95: 290–300.
- KORUS, Jaroslaw; WITCZAK, Mariusz; ZIOBRO, Rafal a Leslaw JUSZCZAK. Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread. *LWT – Food Science and Technology*, 2017, 84: 143–150.

- KOTÁSKOVÁ, Eva; SUMCZYNSKI, Danieal; MLČEK, Jiří a Pavel VALÁŠEK. Determination of free and bound phenolics using HPLC-DAD, antioxidant activity, and *in vitro* digestibility of *Eragrostis tef*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2016, 46: 15–21.
- KRAITHONG, Supaluck; LEE, Suyong a Saroat RAWDKUEN. Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. *Journal of Cereal Science*, 2018, 79: 259–266.
- KULA, Marta; MAJDAN, Magdalena; GLÓD, Daniel a Mirosława KRAUZE-BARANOWSKA. Phenolic composition of fruits from different cultivars of red and black raspberries grown in Poland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2016, 52: 74–82.
- KUMARI, Poonam; UJALA a Bhavya BHARGAVA. Phytochemicals from edible flowers: Opening a new arena for healthy lifestyle. *Journal of Functional Foods*, 2021, 78: 104375.
- LAL, Milan Kumar; SINGH, Brajesh; SHARMA, Srigopal; SINGH, Madan Pal a Awadhesh KUMAR. Glycemic index of starchy crops and factors affecting its digestibility: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, 111: 741–755.
- LAMMERSKITTEN, Alica; WIKTOR, Artur; MYKHAILYK, Viacheslav; SAMBORSKA, Katarzyna; GONDEK, Ewa; WITROWA-RAJCHERT, Dorota; TOEPFL, Stefan a Oleksii PARNIAKOV. Pulsed electric field pretreatment improves microstructure and crunchiness of freeze-dried plant materials: Case of strawberry. *LWT*, 2020, 134: 110266.
- LI, Guantian a Fan ZHU. Quinoa starch: Structure, properties and applications. *Carbohydrate Polymers*, 2018, 181: 851–861.
- LIN, Zexue; HUANG, Junrong; QIN, Wanyu; GENG, Donghui; WANG, Lili; ZHOU, Xianrong; LIU, Liya; ZHOU, Sumei a Li-Tao TONG. Effects of moisture changes on physicochemical properties of rice flour during semidry grinding. *Journal of Cereal Science*, 2021, 100: 103254.
- LIU, Jie; WAN, Peng; XIE, Caifeng a De-Wei CHEN. Key aroma-active compounds in brown sugar and their influence on sweetenes. *Food Chemistry*, 2021, 345: 128826.
- LUCINI, Luigi; KANE, David; PELLIZONI, Marco; FERRARI, Annarita; TREVISI, Erminio; RUZICKOVA, Gabriela a Derya ARSLAN. Phenolic profile and *in vitro* antioxidant power of different milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.) cultivars. *Industrial Crops and Products*, 2016, 83: 11–16.
- MANLEY, Duncan. *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*. Fourth edition. Sawston: Woodhead Publishing, 2011. Woodhead Publishing

Series in Food Science, Technology and Nutrition, 217. ISBN 978-0-85709-364-6.

MARMOUZI, Ilias; BOUYAHYA, Abdelhakim; EZZAT, Shahira M.; EL JEMLI, Meryem a Mourad KHARBACH. The food plant *Silybum marianum* (L.) Gaertn.: Phytochemistry, Ethnopharmacology and clinical evidence. *Journal od Ethnopharmacology*, 2021, 265: 113303.

MATYJASZCZYK, Ewa a Maria ŚMIECHOWSKA. Edible flowers. Benefits and risks pertraining to their consumption. *Trends in Food Science and Technology*, 2019, 91: 670–674.

MÉNDEZ-LAGUNAS, Lilia; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, Juan; CRUZ-GRACIDA, Marlene; SANDOVAL-TORRES, Sadoth a Gerardo BARRIADA-BERNAL. Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry*, 2017, 230: 174–181.

MIEDICO, Oto; POMPA, Ciro; MOSCATELLI, Sebastiano; CHIAPPINELLI, Andrea; CAROSIELLI, Leonardo a A.Eugenio CHIARAVALLE. Lead, cadmium and mercury in canned and unprocessed tuna: six-years monitoring survey, comparison with previous studies and recommended tolerable limits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2020, 94: 103638.

MIKULEC, Anna; KOWALSKI, Stanislaw; SABAT, Renata; SKOCZYLAS, Lukasz; TABASZEWSKA, Malgorzata a Anna WYWROCKA-GURGUL. Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. *LWT*, 2019, 102: 164–172.

MOUKY.CZ, PRODEJ A ROZVOZ MOUKY A CHLEBOVÝCH SMĚSÍ. Ostropestřcová mouka. [online] ©2021 [cit. 2021-20-11]. Dostupné z: <https://www.mouky.cz/mouky/eshop/12-1-BEZLEPKOVA-MOUKA/0/5/376-ADVENI-Ostropestrecova-bezlepkova-mouka-BIO-250-g>

MUDGIL, Deepak; BARAK Sheweta a B.S. KHATKAR. Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels. *LWT – Food Scence and Chemistry*, 2017, 80: 537–542.

NADEESHANI, Harshani; SAMARASINGHE, Gamini; SILVA, Renuka; HUNTER, Danny a Terrence MADHUIJITH. Proximate composition, fatty acid profile, vitamin and mineral content of selected banana varieties grown in Sri Lanka. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, 100: 103887.

NAYEEM, Safia; SUNDARARAJAN, Sathish; ASHOK, Arun Kumar; ABUSALIYA, Abuyaseer a Sathishkumar RAMALINGAM. Effects of cooking on phytochemical and antioxidant properties of pigmented and non-pigmented rare Indian rice landraces. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2021, 32: 101928.

NGUYEN, Viet; RIMAUX, Tom; TRUONG, Vinh; DEWETTINCK, Koen a Filip Van BOCKSTAELE. The effect of cooling on crystallization and physico-chemical properties of puff pastry shortening made of palm oil and anhydrous milk fat blends. *Journal of Food Engineering*, 2021, 291: 110245.

NIU, Zhenchuan, ZHANG, Xiaoshan; WANG, Zhangwei a Zhijia CI. Field controlled experiments of mercury accumulation in crops from air and soil. *Environmental Pollution*, 2011, 159: 2684–2689.

NYANGENA, Isaac O.; OWINO, Willis O.; IMATHIU, Samuel a Jane AMBUKO. Effect of pretreatments prior to drying on antioxidant properties of dried mango slices. *Scientific African*, 2019, 6: e00148.

OPAVIA. Polomáčené. ©2020 Dostupné z: <https://www.opavia.info/#products21>

PARK, Jiwoon; SUNG, Jung Min; CHOI, Yun-Sang a Jong-Dae PARK. Effect of natural fermentation on milled rice grains: Physicochemical and functional properties of rice flour. *Food Hydrocolloids*, 2020, 108: 106005.

PEDRO, Alessandra Cristina; SÁNCHEZ-MATA, María-Cortes; PÉREZ-RODRÍGUEZ, María Luisa; CÁMARA, Montaña; LÓPEZ-COLÓN, José Luis; BACH, Fabiane; BELLETTINI, Marcelo a Charles Windson Isidoro HAMINIUK. Qualitative and nutritional comparison of goji berry fruits produced in organic and conventional systems. *Scientia Horticulturae*, 2019, 257: 108660.

PELLEGRINI, Marika; LUCAS-GONZALES, Raquel; RICCI, Antonella; FONTECHA, Javier; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Juana; PÉREZ-ÁLVAREZ, José A. a Manuel VIDUA-MARTOS. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, 2018, 111: 38–46.

PEREIRA, Camila Correa; do NASCIMENTO da SILVA, Emanuelli; de SOUZA, Alexander Ossanes; VIEIRA, Mariana Antunes; RIBEIRO, Anderson Schwingel a Solange CADORE. Evaluation of the bioaccessibility of minerals from blackberries, raspberries, blueberries and strawberries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2018, 68: 73–78.

PEREIRA, Eliana; CADAVEZ, Vasco; BARROS, Lillian; ENCINA-ZELADA, Christian; STOJKOVIĆ, Dejan; SOKOVIC, Marina; CALHELHA, Ricardo C.; GONZALES-BARRON, Ursula a Isabel C.F.R. FERREIRA. *Chenopodium quinoa* Willd. (quinoa) grains: A good source of phenolic compounds. *Food Research International*, 2020, 137: 109574.

PEREIRA, Elice a Marcelo MARASCHIN. Banana (*Musa* spp) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *Journal of Ethnopharmacology*, 2015, 160: 149–163.

PILARCZYK, Bogumila; TOMZA-MARCINIAK, Agnieszka; PILARCZYK, Renata; KUBA, Jaroslaw; HENDZEL, Diana; UDALA, Jan a Zofia Tarasewicz. Eggs as a source of selenium in the human diet. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2019, 78: 19–23.

PIRES, Tania C.S.P.; DIAS, Maria Ines; BARROS, Liliana a Isabel C.F.R. FERREIRA. Nutritional and chemical characterization of edible petals and corresponding infusions: Valorization as new food ingredients. *Food Chemistry*, 2017, 220: 337–343.

PRIDAL, Angela A.; BÖTTGER, Wiebke a Alastair B. ROSS. Analysis of avenanthramides in oat products and estimation of avenanthramide intake in humans. *Food Chemistry*, 2018, 253: 93–100.

PUROHIT, Soumya Ranjan; RANA, Sandeep Singh; IDRISHI, Rubeka; SHARMA, Vasudha a Payel GHOSH. A review on nutritional, bioactive, toxicological properties and preservation of edible flowers. *Future Foods*, 2021, 4: 100078.

QAMAR, Sadia a Azizuddin SHAIKH. Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana – A review. *Trends in Food Science and Technology*, 2018, 79: 1–9.

RE, Roberta; PELLEGRINI, Nicoletta; PROTEGGENTE, Anna; PANNALA, Ananth; YANG, Min; RICE-EVANS, Catherine. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 1999, 26: 1231–1237.

RICO, Daniel; RONDA, Felicidad; VILLANUEVA, Marina; PEREZ MONTERO, Carolina a Ana Belen MARTIN-DIANA. Development of healthy gluten-free crackers from white and brown tef (*Eragrostis tef* Zucc.) flours. *Heliyon*, 2019, 5: e02598.

RICO, Ricard; BULLÓ, Mónica a Jordi SALAS-SALVADÓ. Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. *Food Science and Nutrition*, 2016,4: 329–338.

RIVAS-GARCÍA, Lorenzo; NAVARRO-HORTAL, María D.; ROMERO-MÁRQUEZ, José M.; FORBES-HERNÁNDEZ, Tamara Y.; VARELA-LÓPEZ, Alfonso; LLOPIS, Juan; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Cristina a José L. QUILES. Edible flowers as a health promoter: An evidence-based review. *Trends in Food Science and Technology*, 2021, 117: 46–59.

ROCCHETTI, Gabriele; LUCINI, Luigi; LORENZO RODRIGUEZ, Jose M.; BARBA, Francisco J. a Gianluca GIUBERTI. Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: Phenolic fingerprints and *in vitro* antioxidant properties. *Food Chemistry*, 2019, 217: 157–164.

ROYAL DANSK. Royal Dansk Danish Cookies. @2023 Dostupné z: <https://www.royal-dansk.com/>

SANGA, Tumikia R.; MASEKA, Kenneth. K.; PONRAJ, Mohanadoss; TUNGARAZA, Clavery; MNG'ONG'O, Marco a Eliezer B. MWAKALAPA. Accumulation and distribution of mercury in agricultural soils, food crops and associated health risks: A case study of Shenda gold mine-Geita Tanzania. *Environmental Challenges*, 2023, 11: 100697.

SCHAICH, K.M.; TIAN, X. a J. XIE. Hurdless and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH and ORAC assays. *Journal of Functional Foods*, 2015, 14: 111–125.

SERRA, Ana Teresa; DUARTE, Rui O.; BRONZE, Maria R. a Catarina M.M. DUARTE. Identification of bioactive response in traditional cherries from Portugal. *Food Chemistry*, 2011, 125: 318–325.

SEERAM, Navindra P.; LEE, Rupo; SCHEULLER, H. Samuel a David HEBER. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Food Chemistry*, 2006, 97: 1–11.

SERT, Durmus a Emin MERCAN. Effects of churning with different concentrations of ozonated water on particle size, texture, oxidation, melting and microbiological characteristics of butter. *International Dairy Journal*, 2020, 111: 104838.

SHAHIDI, Fereidoon a Priyatharini AMBIGAIPALAN. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 2015, 18: 820–897.

SHARMA, Amber a Weibiao ZHOU. A stability study of green tea catechins during the biscuit making process. *Food Chemistry*, 2011, 126: 568–573.

SHEWRY, Peter R. a Sandra HEY. Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheart in their conents of bioactive component? *Journal of Cereal Science*, 2015, 65: 236–243.

SIDDIQUI, Hina; SULTAN, Zainab; YOUSUF, Owais; MALIK, Mudasir a Kaiser YOUNIS. A review of the health benefits, functional properties, and ultrasound-assisted dietary fiber extraction. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 2023, 30: 100356.

SOGI, Dalbir Singh; SIDDIQ, Muhammad a Kirk D. DOLAN. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. *LWT – Food Science and Technology*, 2015, 62: 564–568.

SONG, Jianxin; SHAO, Yong; CHEN, Xiaoxu a Xihong LI. Release of characteristic phenolics of quinoa based on extrusion technique. *Food Chemistry*, 2020, Available online 3: 128780

- SUMCZYNSKI, Daniela; BUBELOVÁ, Zuzana; FIŠERA, Miroslav. Determination of chemical, insoluble dietary fibre, neutral-detergent fibre and in vitro digestibility in rice types commercialized in Czech markets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2015, 40: 8–13.
- SUMCZYNSKI, D.; KOUBOVÁ, Eva; ŠENKÁROVÁ, Lenka a Jana ORSAVOVÁ. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry*, 2018, 264: 386–392.
- SUN, Tao; LI, Jinran; QIN, Yingying; XIE, Jing; XUE, Bin; LI, Xiaohui; GAN, Jianhong; BIAN, Xiaojun a ZeHuai SHAO. Rheological and functional properties of oat B-glucan with different molecular weight. *Journal of Molecular Structure*, 2020, 1209: 127944.
- TERPINC, Petra a Helena ABRAMOVIČ. A kinetic approach for evaluation of the antioxidant activity of selected phenolic acids. *Food Chemistry*, 2010, 121: 366–371.
- TOMAINO, Antonio; MARTORANA, Maria; ARCORACI, Teresita; MONTELEONE, Domenico; GIOVINAZZO, Corrado a Antonella SAIJA. Antioxidant activity and phenoli profile of pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) seeds and skins. *Biochimie*, 2010, 92: 1115–1122.
- TOPUZ, Ayhan; DINCER, Cüneyt; TORUN, Mehmet; TONTUL, Ismail; SAHIN-NADEEM, Hilal; HAZNEDAR, Ayhan a Feramuz ÖZDEMİR. Physicochemical properties of Turkish green tea powder: effects of shooting period, shading, and clone. *Tourkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2014, 38: 233–241.
- TSANTILI, E.; TAKIDELLI, C.; CHRISTOPOULOS, M.V.; LAMBRINEA, E.; ROUSKAS, D. a P.A. ROUSSOS. Physical, compositional and sensory differences in nut among pistachio (*Pistachia vera* L.) varieties. *Scientia Horticulturae*, 2010, 125: 562–568.
- VALLI, Veronica; DANESI, Francesca; GIANOTTI, Andrea; Di NUNZIO, Mattia; TANEYO SAA, Danielle Laure a Alessandra BORDONI. Antioxidantive and anti-inflammatory effect of in vitro digested cookies baked using types of flours and fermentation methods. *Food Research International*, 2016, 88: 256–262.
- VENKATACHALAM, Mahesh a Shridhar K. SATHE. Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006; 54: 4705–4714.
- VITHANA, Mekhala Dinushi Kananke; SINGH, Zora a Stuart Keith JOHNSON. Harvest maturity stage affects the concentrations of health-promoting compounds: Lupeol, mangiferin and phenolic acids in the pulp and

peel of ripe 'Kensington Pride' mango fruit. *Scientia Horticulturae*, 2019, 243: 125–130.

ČESKO. Vyhláška č. 18 ze dne 27. ledna 2020 o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. In: Sbírnka zákonů České republiky, 2020, částka 8, s. 156-180. ISSN 1211-1244. Dostupný také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/start.aspx>

WANG, Juan; CHATZIDIMITRIOU, Eleni; WOOD, Liza; HASANALIEVA, Gultakin; MARKELLOU, Emilia; IVERSEN, Per Ole; SEAL, Chris; BARANSKI, Marcin; VIGAR, Vanessa; ERNST, Laura; WILLSON, Adam; THAPA, Manisha; BARKLA, Bronwyn J.; LAIFERT, Carlo a Leonidas REMPELOS. Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs. *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour – Results of a retail survey in the UK and Germany - 2. Antioxidant activity, and phenolic and mineral content. *Food Chemistry: X*, 2020, 6: 100091.

WANG, Shujun; LI, Peiyan; ZHANG, Teng; YU, Jinglin; WANG, Shuo a Les COPELAND. *In vitro* starch digestibility of rice flour is not affected by method of cooking. *LWT – Food Science and Technology*, 2017, 84: 536–543.

WEISS, David J. a Christopher R. ANDERTON. Determination of catechins in matcha green tea by micellar electrokinetic chromatography. *Journal of Chromatography A*, 2003, 1011: 173–180.

WOJDYLO, Aneta; TURKIEWICZ, Igor Piotr; TKACZ, Karolina; NOWICKA, Paulina a Lukasz BOBAK. Nuts as functional foods: VARIATION of nutritional and phytochemical profiles and their *in vitro* bioactive properties. *Food Chemistry: X*, 2022, 15: 100418.

XU, Jingwen; ZHANG, Yiqin; WANG, Weiqun a Yonghui LI. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, 103: 200–213.

YANG, Jing; CHEN, Jinxiang; HAO, Yuxin a Yongping LIU. Identification of the DPPH radical scavenging reaction adducts of ferulic acid and sinapic acid and their structure-antioxidant activity relationship. *LTW*, 2021, 146: 111411.

YANG, Jun; LIU, Rui Hai; HALIM, Linna. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. *LWT – Food Science and Technology*, 2009, 42: 1–8.

YANG, Zhenglei; ZHANG, Yuyang; WU, Yanwen a Jie OUYANG. Factors influencing the starch digestibility of starch foods: A review. *Food Chemistry*, 2023, 406: 135009.

YOUSIF, Ali K. a H.M. ALGHZAWI. Processing and characterisation of carob powder. *Food Chemistry*, 2000, 69: 283–287.

ZHENG, Jingyun; MEENU, Maninder a Baojun XU. A systematic investigation on free phenolic acids and flavonoids profiles of commonly consumed edible flowers in China. *Journal of Pharmaceutica and Biomedical Analysis*, 2019, 172: 268–277.

ZHU, Ling; ZANG, Yayuan; WU, Gangcheng; QI, Xiguang; DAG, Damla; KONG, Fanbin a Hui ZHANG. Characteristics of pasting properties and morphology changes of rice starch and flour under different heating modes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 149: 246–255.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma výrobní linky

Obr. 2: Vzhled sušenek lišících se na základě použité technologie tvarování

Obr. 3: Máslové sušenky s obsahem lepku

Obr. 4: Máslové sušenky bez obsahu lepku

Obr. 5: Máslové sušenky s přidavkem necereálních mouk

Obr. 6: Porovnání sušenky s obsahem červené quinoi a sušenky rýžové

Obr. 7: Porovnání špaldové sušenky a sušenky pšeničné

Obr. 8: Příspěvky konzumace sušenek k hodnotám RDA/AI pro esenciální prvky*

Obr. 9: Závislost hydrolyzy škrobu na čase u vybraných druhů sušenek

Obr. 10: Podíl TPC ve volné a vázané frakci

Obr. 11: Korelace volných, vázaných a celkových TPC s AOA měřenou se zhášením radikálu DPPH

Obr. 12: Průběh signálu během měření ACW hodnot

Obr. 13: Průběh signálu během měření ACL hodnot

Obr. P1: Chromatogram pro vzorek pšeničných sušenek, volná frakce

Obr. P2: Chromatogram pro vzorek pšeničných sušenek, vázaná frakce

Obr. P3: Chromatogram pro vzorek kamutových sušenek, volná frakce

Obr. P4: Chromatogram pro vzorek kamutových sušenek, vázaná frakce

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1: Složení máslových sušenek s obsahem lepku
- Tab. 2: Složení máslových sušenek bez obsahu lepku
- Tab. 3: Složení máslových sušenek s necereálními moukami
- Tab. 4: Referenční hodnoty příjmu minerálních prvků u dospělých osob a dětí
- Tab. 5: Referenční hodnoty PTWI/PTMI*/TDI** toxických stopových prvků u dospělých osob a dětí
- Tab. 6: Chromatografické podmínky metody HPLC-DAD
- Tab. 7: Výsledky texturometrického měření sušenek
- Tab. 8: Výsledky stanovení obsahu základních nutričních znaků
- Tab. 9: Výsledky stanovení obsahu esenciálních prvků a příspěvek konzumace 100 g sušenek k RDA nebo AI* hodnotám
- Tab. 10: Výsledky stanovení obsahu stopových prvků a příspěvek esenciálních prvků k hodnotám RDA nebo AI* při konzumaci 100 g sušenek
- Tab. 11: Výsledky stanovení obsahu toxických stopových prvků a jejich obsah ve 100 g sušenek
- Tab. 12: Příspěvek konzumace 100 g sušenek k hodnotám PTWI a PTMI* toxických prvků pro váhové kategorie 70 (ženy), 90 kg (muži) a 22 kg (děti 4–8 let)
- Tab. 13: Výsledky stanovení *in vitro* stravitelnosti a korelační koeficienty s jednotlivými nutričními parametry
- Tab. 14: Výsledky stanovení glykemického indexu (GI) a glykemické zátěže (GL)
- Tab. 15: Výsledky stanovení antioxidační aktivity (AOA) metodami se zhášením radikálů ABTS a DPPH
- Tab. 16: Antioxidační kapacita měřená pomocí PCL
- Tab. 17: Výsledky stanovení obsahu flavonoidů a stilbenu

Tab. 18: Výsledky stanovení obsahu polyfenolických kyselin

Tab. P1: Texturometrické stanovení

Tab. P2: Porovnání přírůstku a úbytku jednotlivých nutričních látek u jednotlivých receptur v porovnání se základní recepturou

Tab. P3: Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů (TPC)

Tab. P4: Korelační koeficienty závislosti AOA na obsahu TPC

Tab. P5: Korelační koeficienty závislosti AOA na jednotlivých polyfenolech stanovených pomocí HPLC

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

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

ACL – lipid-soluble antioxidants (lipofilní antioxidanty)

ACW – water-soluble antioxidants (hydrofilní antioxidanty)

AI – Adequate intake (adekvátní příjem)

AMG – amyloglukosidáza

AMK – aminokyselina

AOA – antioxidační aktivita

CF – Crude Fiber (hrubá vláknina)

DAD – Diode-Array Detectors (detektor diodového pole)

DDD – doporučená denní dávka

DMD – Dry Matter Digestibility (stravitelnost sušiny vzorku)

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

FaS – flavonoidy a stilben

FAO/WHO – Světová zdravotnická organizace

GAE – gallic acid equivalent (ekvivalent kyseliny gallové)

GI – glyceimic index (glykemický index)

GL – glyceimic load (glykemická zátěž)

GOPOD – glukózooxidáza-peroxidáza

HPLC – High Performance Liquid Chromatography (Vysokoúčinná kapalinová chromatografie)

MK – mastné kyseliny

NDC – neutrálně-detergentní činidlo

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

NDR – neutrálně-detergentní roztok

OMD – Organic Matter Digestibility (stravitelnost organické hmoty vzorku)

PCL – Photochemiluminiscence (fotochemiluminiscence)

PTMI – Provisional tolerable monthly intake (dočasný tolerovaný měsíční příjem)

PTWI – Provisional tolerable weekly intake (dočasný tolerovaný týdenní příjem)

PUFA – Polyunsaturated Fatty Acids (polynenasycené mastné kyseliny)

RDA – Recommended Dietary Allowance (doporučený příjem)

TDI – Tolerable Daily Intake (tolerovaný denní příjem)

TE – Trolox equivalent (ekvivalent Troloxu)

TPC – Total Phenolic Content (celkový obsah polyfenolů)

PŘÍLOHA

Tab. P1: Texturometrické stanovení

<i>r</i>	Bílkoviny	Lipidy	Sacharidy	Obsah másla
Průměr	0,2740	0,5576	-0,2762	-0,2924
Roztékavost	0,0063	0,1192	0,1597	0,3122
Tvrđost	0,4180	-0,1010	-0,1241	0,8150
Křehkost	0,4598	0,0374	-0,2398	0,0949

r – Pearsonův korelační koeficient

Tab. P2: Porovnání přírůstku a úbytku jednotlivých nutričních látek u jednotlivých receptur v porovnání se základní recepturou

[%]	Bílkoviny	Lipidy	Sacharidy	Škrob	CF	NDF	Popel
P	-	-	-	-	-	-	-
Š/P	16,5	-11,8	1,5	-19,9	63,9	141	148
OV/P	7,5	8,8	-6,1	-33,7	37,0	197	93,1
K/P	-9,4	-20,5	10,2	-19,4	68,1	165	67,2
R	-	-	-	-	-	-	-
TS/R	-4,2	8,4	-3,8	-15,6	113	58,2	115
QČ/R	19,8	10,7	-8,2	-36,3	300	271	250
Q/R	10,9	-4,1	-1,0	-37,7	163	224	245
Kon/P	13,1	-12,3	2,4	-36,9	47,9	85,1	131
Ostr/R	12,4	-5,0	0,1	-8,4	59,3	125	90,0

Tab. P3: Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů (TPC)

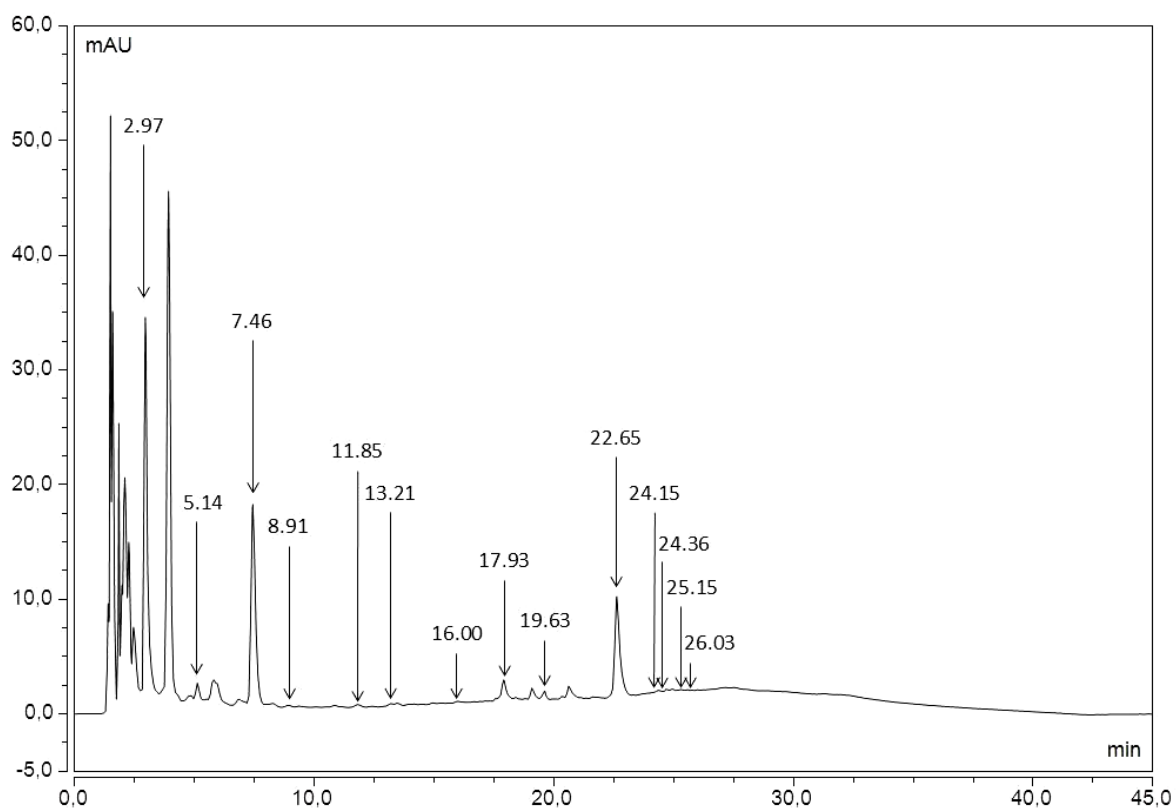
Vzorek	Volné frakce TPC [mg GAE/100 g]	Vázané frakce TPC [mg GAE/100 g]	Suma TPC [mg GAE/100 g]
P	47,0 ± 2,3 ^a	66,0 ± 5,0 ^a	113 ± 5 ^a
Š/P	122 ± 3 ^b	52,1 ± 0,1 ^b	174 ± 3 ^b
OV/P	171 ± 14 ^c	94,2 ± 3,6 ^c	265 ± 14 ^c
K/P	324 ± 13 ^d	152 ± 10 ^d	476 ± 20 ^d
R	31,1 ± 1,3 ^e	101 ± 3 ^e	132 ± 3 ^e
TS/R	125 ± 7 ^b	43,3 ± 1,0 ^f	168 ± 7 ^b
QČ/R	163 ± 13 ^c	109 ± 3 ^g	271 ± 104 ^c
Q/R	232 ± 13 ^f	64,7 ± 7,5 ^a	297 ± 15 ^f
Kon/P	112 ± 9 ^b	90,9 ± 9,8 ^{c,e}	203 ± 13 ^g
Ostr/R	158 ± 13 ^c	50,8 ± 1,3 ^b	208 ± 13 ^g

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=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 ($p < 0,05$). GAE – ekvivalenty kyseliny gallové.

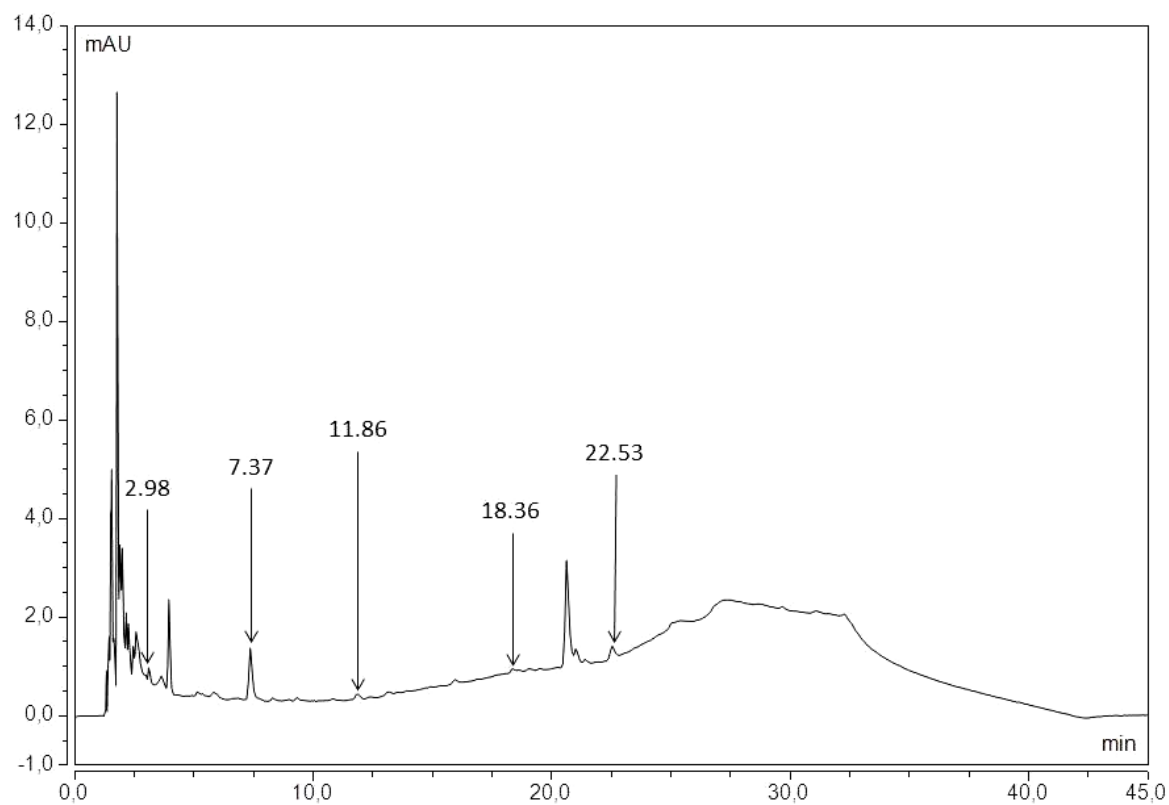
Tab. P4: Korelační koeficienty závislosti AOA na obsahu TPC

	<i>r</i>	DPPH	ABTS
TPC	Vol	0,8780	0,8634
	Vaz	0,4941	0,4525
	Suma	0,8946	0,8736

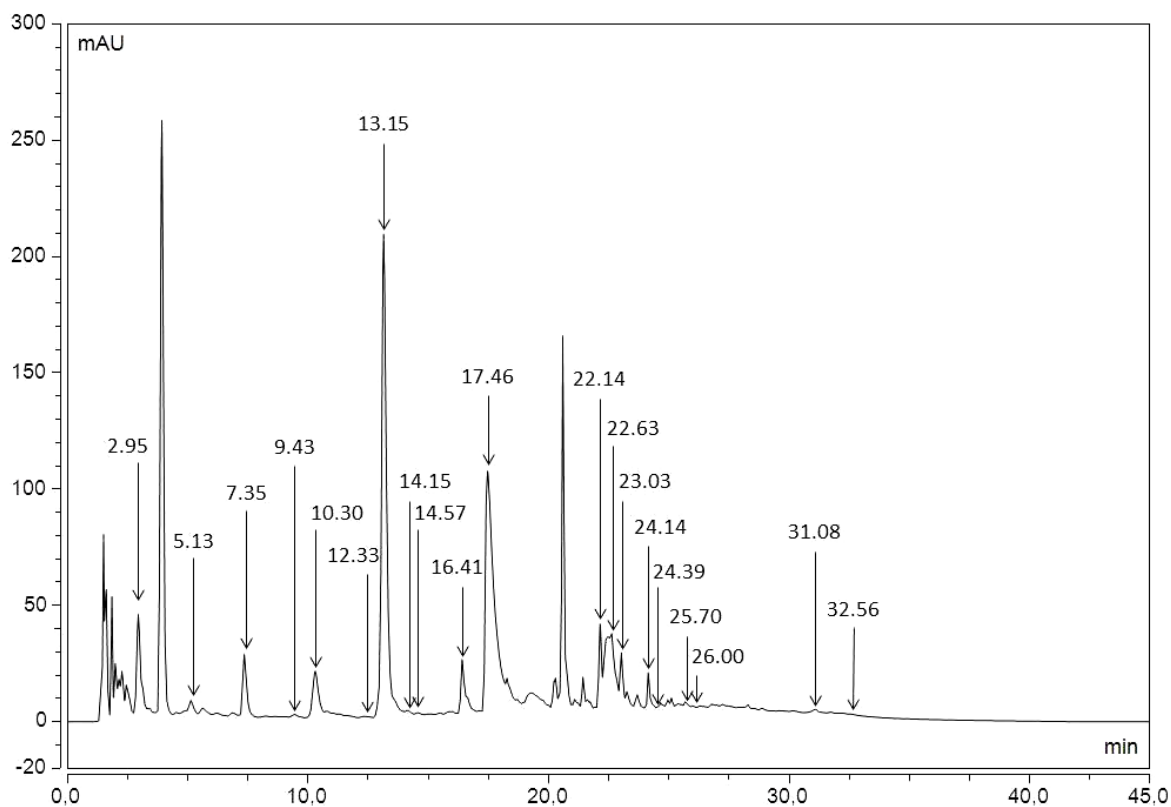
r – Pearsonův korelační koeficient



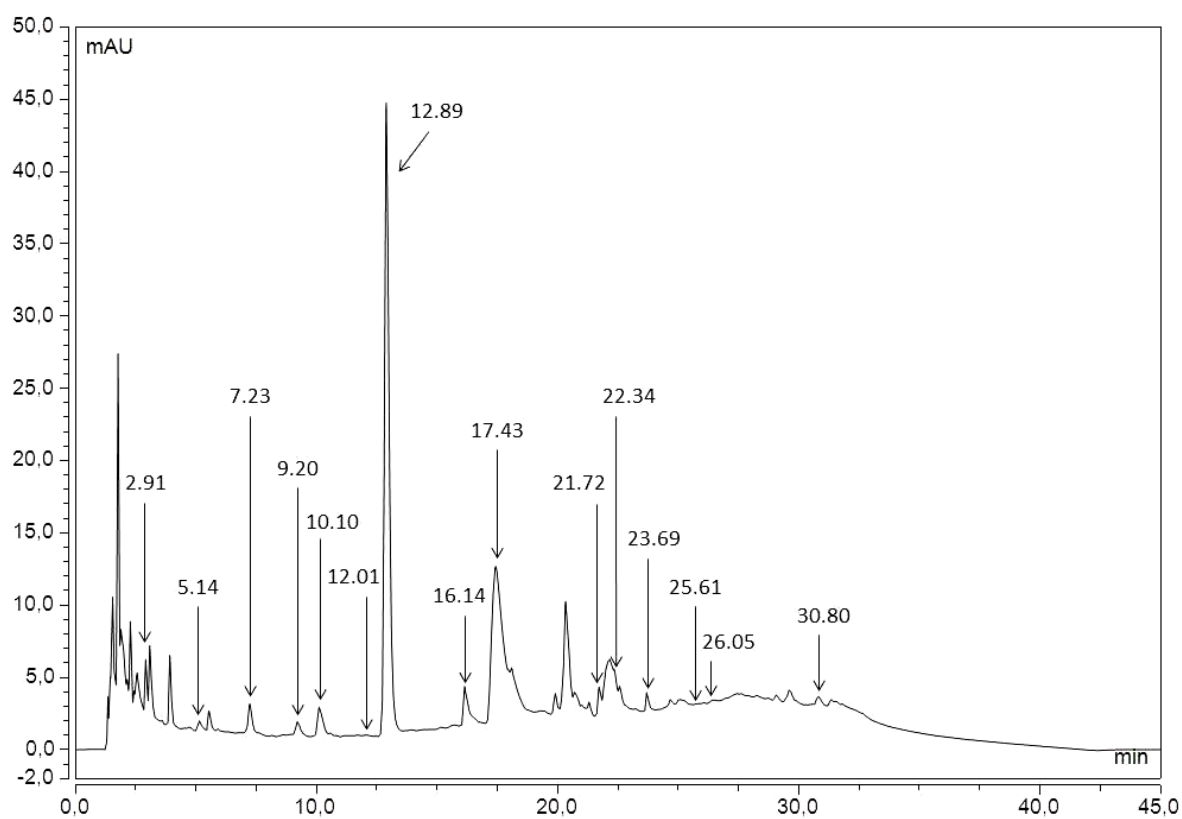
*Obr. P1: Chromatogram pro vzorek pšeničných sušenek, volná frakce
 2,97 – kys. gallová; 5,15 – kys. protokatechinová; 7,43 – kys. neochlorogenová; 8,98 – kys.
 p-hydroxybenzoová; 11,86 – katechin; 13,22 – kys. vanilová; 16,03 – kys. syringová; 17,94 –
 epikatechin; 19,62 – kys. p-kumarová; 22,65 – kys. ferulová; 24,20 – etylester kys.
 protokatechinové; 25,55 – rutin; 26,01 – kys. skořicová.*



*Obr. P2: Chromatogram pro vzorek pšeničných sušenek, vázaná frakce
2,98 – kys. gallová; 7,37 – kys. neocholorogenová; 11,86 – katechin; 18,36 –
epikatechin; 22,53 – kys. ferulová.*



Obr. P3: Chromatogram pro vzorek kamutových sušenek, volná frakce
 2,95 – kys. gallová; 5,13 – kys. protokatechinová; 7,35 – kys. neochlorogenová; 9,43 – kys. *p*-hydroxybenzoová; 10,30 – epigallokatechin; 12,33 – katechin; 13,15 – kys. vanilová; 14,15 – kys. chlorogenová; 14,57 – kys. kávová; 16,41 – kys. syringová; 17,46 – epikatechin; 22,14 – kys. sinapová; 22,63 – kys. ferulová; 23,03 – kys. ellagová; 24,14 – etylester kyseliny protokatechinové; 24,39 – kys. *o*-kumarová; 25,70 – rutin; 26,00 – kys. skořicová; 31,08 – resveratrol; 32,56 – kempferol.



Obr. P4: Chromatogram pro vzorek kamutových sušenek, vázaná frakce 2,91 – kys. gallová; 5,14 – kys. protokatechinová; 7,23 – kys. neochlorogenová; 9,20 – kys. p-hydroxybenzoová; 10,10 – epigallokatechin; 12,01 – katechin; 12,89 – kys. vanilová; 16,14 – kys. syringová; 17,43 – epikatechin; 21,72 – kys. sinapová; 22,34 – kys. ferulová; 23,69 – etylester kyseliny protokatechinové; 25,61 – rutin; 26,05 – kys. skořicová; 30,80 – resveratrol.

Tab. P5: Korelační koeficienty závislosti AOA na jednotlivých polyfenolech stanovených pomocí HPLC

Polyfenoly	DPPH			ABTS		
	volné	vázané	suma	volné	vázané	suma
Epigallokatechin	0,5531	0,2359	0,6933	0,5952	0,5564	0,7174
Katechin	-0,0087	-0,1793	-0,0219	-0,0556	0,1535	-0,0097
Epikatechin	0,8148	0,2223	0,7813	0,8435	0,5516	0,8173
Rutin	0,0935	0,1095	0,1159	0,0347	0,0309	0,0743
Kvercetin	0,0031	0,5337	0,0032	0,0279	0,3447	0,0017
Kaempferol	0,2971	-0,1135	0,0758	0,1943	0,1207	0,0527
Resveratrol	0,3574	0,2462	0,5110	0,3569	0,6087	0,4980
Chlorogenová kys.	0,0341	-0,2309	0,0187	0,0545	-0,0550	0,0280
Gallová kys.	0,2852	0,4660	0,4179	0,2762	0,6779	0,3889
Protokatechihinová kys.	0,3606	0,6025	0,4416	0,3880	0,4079	0,4318
Neochlorogenová kys.	0,2870	0,0061	0,2743	0,2554	0,4980	0,3112
<i>p</i> -hydroxybenzoová kys.	0,3702	0,3959	0,7855	0,2895	0,6774	0,7458
Vanilová kys.	0,8176	0,2871	0,8187	0,8395	0,7051	0,8435
Kávoová kys.	-0,1016	0,1404	0,0545	-0,0940	0,0248	0,0697
Syringová kys.	0,7835	0,3114	0,8319	0,8035	0,7268	0,8524
<i>p</i> -kumarová kys.	-0,2744	0,1048	-0,2895	-0,2624	-0,1232	-0,2658
Ferulová kys.	-0,0981	0,4419	-0,1183	-0,1443	0,2166	-0,1711
Sinapová kys.	0,9279	0,2869	0,9061	0,9307	0,7069	0,9155
Ellagová kys.	0,2960	0,1807	0,3103	0,3157	0,4107	0,2959
<i>o</i> -kumarová kys.	0,3181	0,4752	0,3172	0,2910	0,2540	0,2794
Etylester kyseliny protokatechinové	0,7436	0,2238	0,7438	0,7766	0,3986	0,7594
Skořicová kys.	-0,1379	0,2892	-0,1062	-0,1463	0,7118	-0,1011

PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI

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

Šťastná, K., Sumczynski, D., & Yalçın, E. (2020). Nutritional Composition, In Vitro Antioxidant Activity and Phenolic Profile of Shortrust Cookies Supplemented by Edible Flowers. *Foods*, 10, 2531.

UŽITNÝ VZOR

Užitný vzor č. 30 013, 2019. Sumczynski, D., Šťastná, K., Burešová, I., Koláčková, T. Směs na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přidavkem nutraceutických surovin. Úřad průmyslového vlastnictví, Praha, Česká republika.

ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA

OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Ing. Kristýna Šťastná
Datum narození: 6. 4. 1991
Adresa: Dolní Jasenka 744, Vsetín 755 01
Telefon: 736 201 299
E-mail: kstastna@utb.cz
Státní příslušnost: ČR
Národnost: česká

VZDĚLÁNÍ

2017 – dosud Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, doktorský studijní program Chemie a technologie potravin, obor Technologie potravin
2015 – 2017 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, magisterský studijní program Chemie a technologie potravin, obor Technologie potravin
2012 – 2015 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, bakalářský studijní program Chemie a technologie potravin, obor Technologie a řízení v gastronomii
2008 – 2010 Masarykovo gymnázium a Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky, Vsetín

STÁŽ ERASMUS+

9 – 12/2021 University of Agriculture in Krakow, Polsko, Faculty of Food Technology
Detekce proteinů a peptidů pomocí metody Western blot
Barbara Mickowska, Ph.D.

ÚČAST NA PROJEKTECH

2021 IGA/FT/2021/008
Stanovení biologicky aktivních látek a dalších parametrů netradičních potravin u vybraných technologických procesů
(člen řešitelského týmu)

- 2020 IGA/FT/2020/010
Nutriční znaky netradičních surovinových komponent
(hlavní řešitel)
- 2019 IGA /FT/2019/004
Analýza nutričních hodnot a bioaktivních látek v netradičních surovinových komponentech a výrobcích z nich
(člen řešitelského týmu)
- 2018 IGA/FT/2018/006
Stanovení nutričních znaků rostlinných surovinových komponent
(člen řešitelského týmu)
3/2018/FSR
Vývoj receptury pro sušenky s přídavkem netradičních surovin s vyšší biologickou hodnotou
(člen řešitelského týmu)

ZNALOSTI A DOVEDNOSTI

- Jazyky Angličtina – úroveň B2
 Španělština – úroveň A2
- Práce s PC Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint) – pokročilý uživatel