Nutriční a technologická charakteristika sušenek s obsahem netradičních surovin

Ing. Kristýna Šťastná Ph.D.

Teze disertační práce

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Teze disertační 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 Ph.D.
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.

Zlín, září 2023

© Kristýna Šťastná

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary.**
Publikace byla vydána v roce 2023

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

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

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

ISBN 978-80-7678-190-0

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 pobyhoval 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 celkých 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 ÚACHP 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 8
1.1 VÝROBA MÁSLOVÝCH SUŠENEK 8
1.2 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH SUROVIN PŘI VÝROBĚ SUŠENEK 11
1.2.1 Základní suroviny 11
1.2.2 Substituční a ochucující suroviny 11
1.3 POLYFENOLICKÉ LÁTKY JAKO BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY MODELOVÝCH MÁSLOVÝCH SUŠENEK 13
2. CÍLE 15
3. ZVOLENÉ MEODY ZPRACOVÁNÍ 16
3.1 MATERIÁL 16
3.2 PŘÍPRAVA VZORKŮ 16
3.3 VLASTNÍ METODY STANOVENÍ 20

3.3.1 Technologické vlastnosti (roztékavost, křehkost, tvrdost) 20
3.3.2 Stanovení vlhkosti 20
3.3.3 Stanovení popela 20
3.3.4 Stanovení celkových lipidů 20
3.3.5 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou s přepočtem na obsah hrubé bílkoviny 20
3.3.6 Stanovení obsahu škrobu 21
3.3.7 Stanovení hrubé vlákniny 21
3.3.8 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny 21
3.3.9 Výpočet obsahu sacharidů 21
3.3.10 Výpočet obsahu sacharidů 21
3.3.11 Stanovení minerálních, stopových a toxických prvků 22
3.3.12 Stanovení minerálních, stopových a toxických prvků 22
3.3.13 Stanovení stravitelnosti *in vitro* 23
3.3.14 Stanovení glykemického indexu in vitro a výpočet glykemické zátěže 23
3.3.15 Fotochemiluminiscence (PCL) 24
3.3.16 Extrakce volných a vázaných polyfenolů 24
3.3.17 Stanovení celkových polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuovy metody 25
3.3.18 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS 25
3.3.19 Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH 25
3.3.20 Stanovení polyfenolického profilu pomocí HPLC-DAD 25
3.3.21 Statistické zpracování dat 26
4. VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUZE 27
4.1 VÝSLEDKY A DISKUZE PRO STANOVENÍ TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ 27
4.2 VÝSLEDKY STANOVENÍ A DISKUZE OBSAHU ZÁKLADNÍCH NUTRIČNÍCH ZNAKŮ A STRAVITELNOSTI 28
4.2.1 Základní nutriční znaky 28
4.2.2 Výsledky stanovení obsahu minerálních a stopových prvků 32
4.2.3 Stravitelnost 37
4.2.4 Glykemický index 37
4.3 VÝSLEDKY STANOVENÍ A DISKUZE K OBSAHU BIOAKTIVNÍCH LÁTEK A ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY 39

4.3.1 Celkový obsah polyfenolů ... 39
4.3.2 Antioxidační aktivita (AOA) metodami se zhášením radikálů DPPH a ABTS ... 40
4.3.3 Výsledky stanovení AOA fotochemiluminiscencí ... 42
4.3.4 Polyfenolický profil pomocí HPLC-DAD ... 42
5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI ... 50
ZÁVĚR ... 51
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ... 53
SEZNAM OBRÁZKŮ ... 64
SEZNAM TABULEK ... 65
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK ... 67
PŘÍLOHA 1 ... 69
PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI ... 76
ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA ... 77

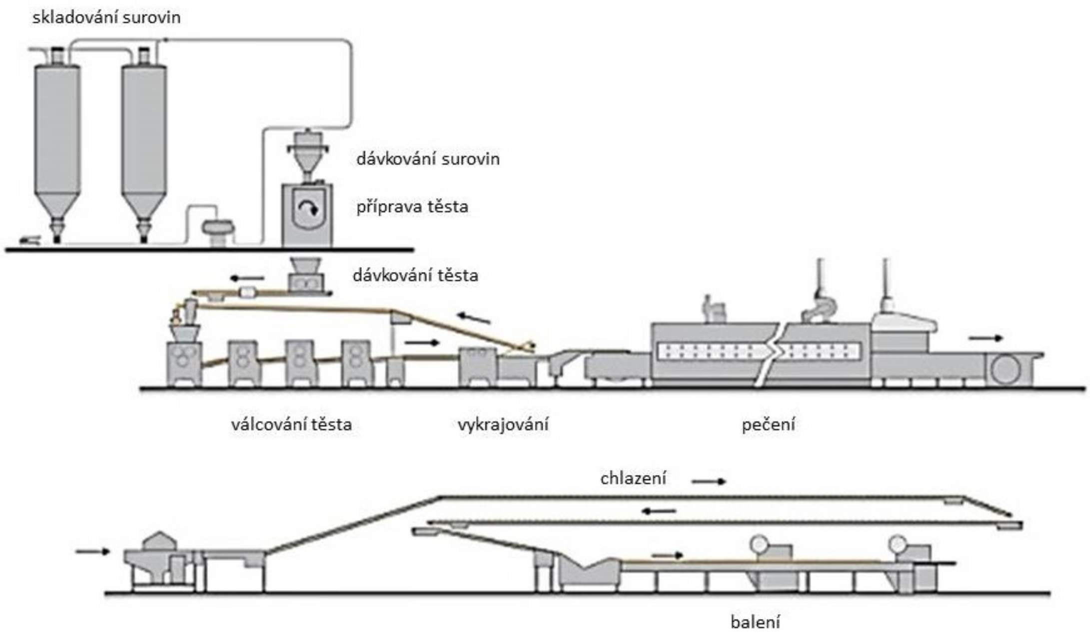
1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Sušenky se dle Vyhlášky č. 18/2020 Sb. řadí mezi trvanlivé pečivo s vlhkostí do 10 %, které je v základu tvořeno pouze moukou, tukem a cukrem. Jejich složení se ale mezi jednotlivými druhy liší a může tak jít o základní potravinu, ale i luxusní výrobek určený k občasné konzumaci (Manley, 2011). Pokud mají být označovány jako „máslové“, musí plnit legislativní požadavek a to obsahovat máslo nebo odpovídající množství máselného tuku nebo máselného koncentrátu (Vyhláška 18/2020 Sb.). Dále mohou být doplněny o kypřidla, vejce, mléko, emulgátory, a ochucující složky, kterými jsou zpravidla čokoláda, ořechy nebo sušené ovoce (Arepally et al., 2020; Han et al., 2021). Možnosti přídavku dalších surovin jsou ale téměř neomezené, což z nich dělá vhodný výrobek pro modifikaci receptur s ohledem na snížení jejich glykemického indexu, obsahu tuků a zvýšení obsahu biologicky aktivních látek. Ačkoli díky vysokému obsahu cukru a tuku nemusí být sušenky na první pohled vhodné jako součást zdravého životního stylu, jsou-li do jídelníčku zařazeny ve správné míře, mohou zde mít svůj význam. Při delší časové pauze mezi dvěma hlavními denními jídly mohou totiž rychlým doplněním energie zabránit jejímu hlubokému poklesu a tím zlepšovat soustředění nebo předcházet následnému přejídání (Manley, 2011).

Disertační práce si klade za cíl připravit vhodné receptury pro vykrajované sušenky s přídavkem 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 Výroba máslových sušenek

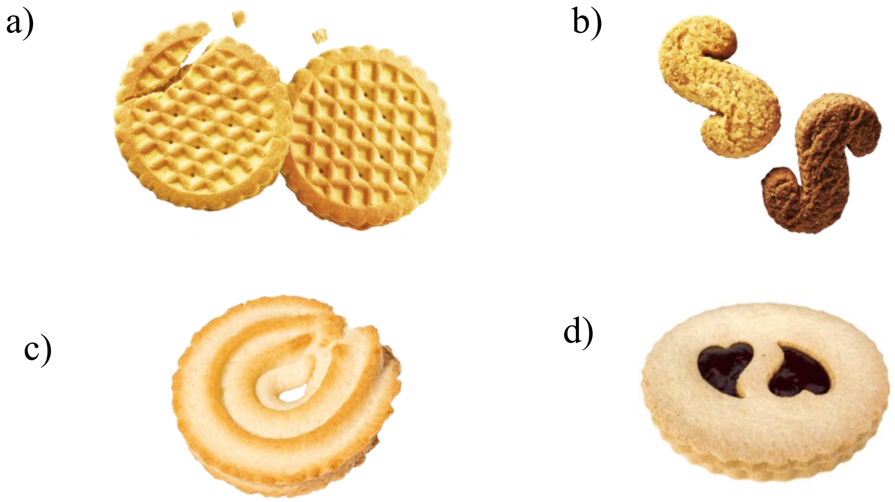
Technologie výroby sušenek zahrnuje několik kroků, které jsou znázorněny na Obrázku 1.



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

Výroba sušenek začíná přípravou těsta zpravidla dvoustupňovým mixováním. V prvním stupni se vytvoří krém z tuku, vajec a cukru, případně dalších surovin s vysokým obsahem vody. Cukr se rozpustí, tuk se emulguje a aktivují se aromata. Ve druhém stupni se vmíchá mouka a další sypké suroviny. Dochází ke zvýšení teploty těsta, mírnému rozvoji lepkové struktury a snížení hustoty vmísením vzduchu. Poté se těsto nechá odpočívat pro hydrataci mouky, čímž se těsto stane pevnějším a méně lepivým (Manley, 2011).

Poté následuje tvarování založené na čtyřech principech: a) tvarování do forem, b) vytlačování těsta a jeho odříznutí strunou, c) stříkání a d) vykrajování. Díky tomu lze získat sušenky různých tvarů, jejichž zástupci jsou k vidění 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.

U vykrajovaných sušenek, které v dizertační práci slouží jako modelový výrobek, je těsto převedeno na dávkovač, odkud přechází na válec, který těsto rozválí na plát o požadované tloušťce, ze kterého jsou pomocí rotačních vykrajovačů vykrojeny sušenky. Před samotným pečením může být jejich povrch ještě ošetřen nátěrem nebo nástřikem vajec nebo mléka a následně sypat cukrem, ořechy nebo dalšími surovinami. Samotné pečení pak probíhá v šaržových nebo průběžných pecích (Manley, 2011).

V první fázi pečení se postupně vyvíjí struktura sušenky. Jako první tají tuky, nad 52 °C mazovatí škrob, od 65 °C se z kypřících činidel uvolňují plyny. Praskáním a koalescencí bublinek se tvoří pórovitá struktura, nad 70 °C denaturují bílkoviny, snižuje se vlhkost a zvyšuje se koncentrace rozpuštěných cukrů. Všechny tyto jevy vedou k tomu, že sušenka nejdříve měkne a poté se opět zpevňuje (Manley, 2011). Doprovodným jevem je zvětšování průměru sušenky, tzv. roztékavost těsta, a může se lišit na základě jejich složení (HadiNezhad a Butler, 2009).

Poslední fází je vývoj barvy a to dextrinací škrobu, karamelizací cukrů a Maillardovými reakcemi. Samotné pečení je díky nízké vlhkosti výrobku krátké a trvá 2,5-15 minut. Po pečení jsou vlivem rozpuštěného cukru velmi křehké a je potřeba zařadit rychlé chlazení (Manley, 2011).

Na konci linky jsou sušenky baleny do obalu, který jim zajišťuje ochranu před vlhkostí, světlem a znečištění. U některých křehkých druhů je také nutná ochrana před mechanickým poškozením tvarovanými vložkami (Manley, 2011).

1.2 Charakteristika použitých surovin při výrobě sušenek

1.2.1 Základní suroviny

V základu jsou sušenky tvořeny pouze moukou, tukem, cukrem, žloutkem a solí v různém poměru. Mouka – nejčastěji z pšenice seté (*Triticum aestivum* L.) - má technologický význam a podílí se tak a tvaru, textuře a tvrdosti. Mouka se vymílá z endospermu, který je tvořen zejména škrobem, ten má spolu s bílkovinami technologický význam (Goesaert et al., 2005). Sleduje se zde zejména míra poškození škrobových granulí, které absorbují vodu během hnětení, ale také kvalita lepku, přičemž pro výrobu sušenek je vhodnější tzv. slabý lepek, který se snadno protahuje a nemá elastické vlastnosti (Arepally et al., 2020; Manley, 2011).

Cukr spolu s tukem mají vliv na strukturu a chuť sušenky (Arepally et al., 2020; Jacob et al., 2007). Tuk je zpravidla přítomen ve vysokém množství. Jeho typ a použité množství má vliv na viskoelastické vlastnosti těsta, jelikož během mísení těsta obalí částice mouky, čímž omezuje přístup vody a tvorbu lepkové sítě (Jacob et al., 2007; Manley, 2011). Ve finále jí dává drobivou texturu a plnou chuť (Arepally et al., 2020). V praxi se využívají nejčastěji rostlinné tuky a oleje, máslo naopak u prémiových výrobků. Cukr ve formě sacharózy se částečně nebo zcela rozpouští v závislosti na obsahu vody a po upečení opět rekrystalizuje nebo tvoří tzv. amorfní sklo (Manley, 2011). Množství cukru ovlivňuje organoleptické vlastnosti výrobku a to tak, že sušenky s vyšším obsahem cukru jsou zpravidla tvrdší (Arepally et al., 2020).

Vejce jsou komplexní surovinou, která se podílí na rozvoji barvy, struktury a z části také chuti stejně jako sůl (Caballero, 2003; Ayed et al., 2021).

1.2.2 Substituční a ochucující suroviny

V současné době stoupá zájem po alternativních surovinách s vyšší nutriční hodnotou (Frakolaki et al., 2018). Pšeničná mouka přitom může být v receptuře sušenek jednoduše nahrazena zcela nebo částečně moukami z jiných plodin. V této práci jde o mouky obilovin z čeledi lipnicovité jako je pšenice špalda (*Triticum spelta* L.), méně častá pšenice khorasan (*Triticum turgidum* var. *turanicum*) známá jako kamut, oves setý (*Avena sativa* L.) nebo bezlepková rýže setá (*Oryza sativa* L.) (Britannica, ® 2021; Arendt, 2013; Valli et al., 2016). Dále jde o suroviny z tzv. pseudocereálií jako je quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) nebo tef (E*ragrostis tef*). V celozrnné formě jsou navíc zdrojem vlákniny, minerálních prvků nebo fenolických látek a epidemiologické studie potvrzují, že vyšší konzumace takových surovin může chránit před vznikem rakoviny, kardiovaskulárními chorobami, diabetem a obezitou (Valli et al., 2016). Mají také řadu jiných výhod. Díky jinému složení prolaminů je pšenice špalda tolerována některými lidmi s nesnášenlivostí lepku, kamut má díky pěstování v Severní Americe vysoké množství selenu, ale také až trojnásobný obsah karotenoidů ve srovnání s běžnou pšeničnou moukou (Frakolaki et al., 2018;

Valli et al., 2016; Shewry et al. 2015). Oves pak obsahuje vysoké množství β-glukanů, které mají schopnost snižovat hladinu cholesterolu v krvi a rýže obsahuje vysoké množství lyzinu, který je pro běžné obiloviny limitující AMK (Sun et al., 2020; Arendt, 2013). V poslední řadě může jít také o mouky z jiných surovin jakými jsou luštěniny, olejnatá semena, ovoce nebo zelenina. Mouky z konopných semen (*Cannabis sativa* L.) nebo semen ostropestřce mariánského (*Silybum marianum* L.) jsou pak bohaté na bílkoviny a jsou významným zdrojem vlákniny (Mikulec et al., 2019; Grela et al., 2020; Korus et al., 2017).

Ovoce a skořápkové plody ovlivňují zejména chuť. Kromě běžně používaného ovoce k tomu mohou pomoci například méně běžné druhy jako goji (*Lycium barbarum* L.) nebo karob (*Ceratonia siliqua* L.). 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). Obecně je dobrým zdrojem vlákniny a to zejména mrazem sušené ovoce (Lammerskitten et al., 2020). Jsou ale také dobrým zdrojem minerálních látek, např. draslíku v případě meruněk a banánu nebo manganu u jahod (Akin et al., 2008; Pereira et al., 2015; Giampieri et al., 2012). Skořápkové plody jsou pak bohaté na bílkoviny, sacharidy, tuky, minerální látky, vlákninu a vitamíny E a C. Z velkého množství druhů skořápkových plodů byly pro práci vybrány drcené plody pistácií (*Pistacia vera* L.) a kešu (*Anacardium occidentale* L.). Oba druhy jsou bohaté nejen na obsah tuků (Acar et al., 2008; Tsantili et al., 2010, Rico et al., 2015), ale také na obsah proteinů, jehož množství se pohybuje okolo 20 % v sušině nebo popela s draslíkem a hořčíkem jako převažujícími prvky (Tsantili et al., 2010; Venkatachalam et al., 2006; Wojdylo, 2022; Rico et al., 2015). Dále mohou být použity také jiné části rostlin, než jsou plody samotné. V případě testovaných sušenek jde o matcha prášek a prášek z lusků karobu. Obě suroviny jsou přirom bohaté na obsah vlákniny a minerálních látek (Topuz et al., 2014; Koláčková et al., 2020; Brassesco et al., 2021).

Poslední skupinou surovin používaných v této práci jsou jedlé květy, které se z důvodu krátké údržnosti používají nejčastěji v sušené formě (Matyjaszczyk et al., 2019; Purohit et al., 2021). Jde o širokou skupinu, do které se řadí asi 180 druhů a konzumenti u nich nejvíce oceňují jejich kořenitou, sladkou, jemnou nebo nahořklou chuť, ale také aroma, které je pro každý druh typické (Fernandes et al., 2017; Matyjaszczyk et al., 2019). Tvořeny jsou přitom zejména vodou a sacharidy, které v sušině zaujímají 70 až 90 g/100 g sušiny. V závislosti na druhu jsou pak tvořeny také různým množstvím vlákniny a minerálních prvků a naopak obsah bílkovin a tuků je zanedbatelný (Rivas-García et al., 2021). 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).

1.3 Polyfenolické látky jako biologicky aktivní látky modelových máslových sušenek

Fenolické látky jsou sekundárními metabolity syntetizovanými v rostlině jako odpověď na stresové podmínky. Běžně se dělí na fenolické kyseliny, flavonoidy, kumariny a taniny (Hung et al., 2014). Z chemického hlediska jde o velmi variabilní látky, které mohou být tvořeny jednoduchými dobře biologicky dostupnými molekulami, ale mohou se také spojovat ve složité polymery. V základu je jejich molekula vždy tvořena jedním nebo dvěma aromatickými druhy s jednou nebo více hydroxylovými skupinami. V matricích jsou přítomny ve formě rozpustné volné, konjugované nebo nerozpustné vázané estery polysacharidů, bílkovin či ligninu (Brandolini et al., 2013). V praxi vede příjem fenolických látek ve stravě například ke snižování rizika vzniku kardiovaskulárních onemocnění a rakoviny, jelikož díky jejich antioxidační aktivitě mají protizánětlivé nebo antimikrobiální účinky, působí vasodilatačně a proti vzniku krevních sraženin (Igual et al., 2012; Brandolini et al., 2013).

Je známo, že fenolické kyseliny pšenice jsou přítomny zejména ve formě vázané na složky buněčné stěny, a proto se uplatňují až v zadní části tenkého střeva, kde se uvolní pomocí enzymů střevní mikroflóry a následně přechází do krevní plazmy nebo jsou využity mikroorganizmy tlustého střeva (Hung et al., 2014). Obiloviny mohou být významým zdrojem polyfenolů a to zejména kyseliny ferulové (Brandolini et al., 2013). Většina je ale soustředěna v obalových vrstvách, v aleuronové vrstvě a klíčku, které jsou u komerční nízkovymleté pšeničné mouky odstraněny, a proto je její obsah v pšeničné mouce nižší (Hung et al., 2014; Bradolini et al., 2013; Rocchetti et al., 2019). Mouka špaldová si naopak zachovává její obsah vyšší (Wang et al., 2020).

U ovoce je situace složitější, protože obsah polyfenolů se může výrazně lišit i u odrůd jednoho druhu ovoce, přičemž obecně ale platí, že vyšší obsah fenolických kyselin je přítomný ve slupce (Fu et al., 2011; Nyangena et al., 2019, Borges et al., 2020; Vithana et al., 2019). Obecně jsou vnímány jako dobrý zdroj polyfenolů a obsahují nejčastěji katechin, epikatechin nebo kvercetin (Fu et al., 2011; Hui et al., 2021; Seeram et al., 2012; Kula et al., 2016; Amagase et al., 2011). Například sušené meruňky obsahují zejména kyseliny chlorogenovou a neochlorogenovou, u plodů černého rybízu je vyšší množství kyselin gallové nebo syringové, lyofilizované jahody obsahují deriváty kyseliny *p*-kumarové a maliny kyseliny gallovou, protokatechinovou a kávovou (Akin et al., 2008; Gómez-Martinéz et al., 2021; Hui et al., 2021; Seeram et al., 2012; Kula et al., 2016). Sušené plody goji pak i karotenoidy, které jim dávají jejich typické červenooranžové zbarvení. Kromě nich ale obsahuje taky kyselinu *p*-kumarovou, chlorogenovou, kávovou nebo vanilovou (Amagase et al., 2011). U skořápkových plodů se vyskytují spíše flavonoidy (katechin nebo kvercetin), než fenolické kyseliny. U pistácií je pak většina flavonoidů nebo antokyanů

obsažena ve slupce plodu a v samotném plodu jsou obsaženy také chlorofyly, které jim dávají zelené zbarvení (Bolling et al., 2011; Tomaino et al., 2010).

Surovinou s největším obsahem polyfenolických látek je pak matcha s jejím typickým způsobem pěstování. Typickými zástupci jsou pak flavonoidy a to zejména katechin, epigallokatechin, epikatechin a jejich galláty (Weiss et al., 2003; Koláčková et al., 2020).

Jedlé květy jsou z použitých surovin nejbohatším zdrojem fenolických látek a to zejména flavonoidů uložených převážně ve volné formě (Rivas-García et al., 2021; Chen et al., 2018). Jasmín obsahuje asi 43,6 mg GAE/g sušiny s převahou flavonoidů a kyseliny syringové nebo *p*-kumarové (Janarny et al., 2021; Zheng et al., 2019). Obsah celkových polyfenolů u květů růží je ještě vyšší, ale obsahují také antokyaniny, které dávají květům jejich zbarvení (Alizadeh et al., 2021). Květy levandule obsahují asi jen 32,4 mg GAE/g polyfenolů s významným množstvím kyseliny sinapové (Chen et al., 2018; Zheng et al., 2019).

2. CÍLE

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 MEODY 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, konopnu a ostropestřcovou. Dále byly vymlety mouky z ovesných vloček jemných s klíčkem a 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) Základní receptura byla v případě lepkových receptur upravena náhradou pšeničné mouky za mouku jiných obilovin, kousky ovoce, skořápkových plodů a jedlých květů – složení v Tabulce 1.

b) Podobně byla vypracována sada sušenek v bezlepkové verzi - složení v Tabulce 2,

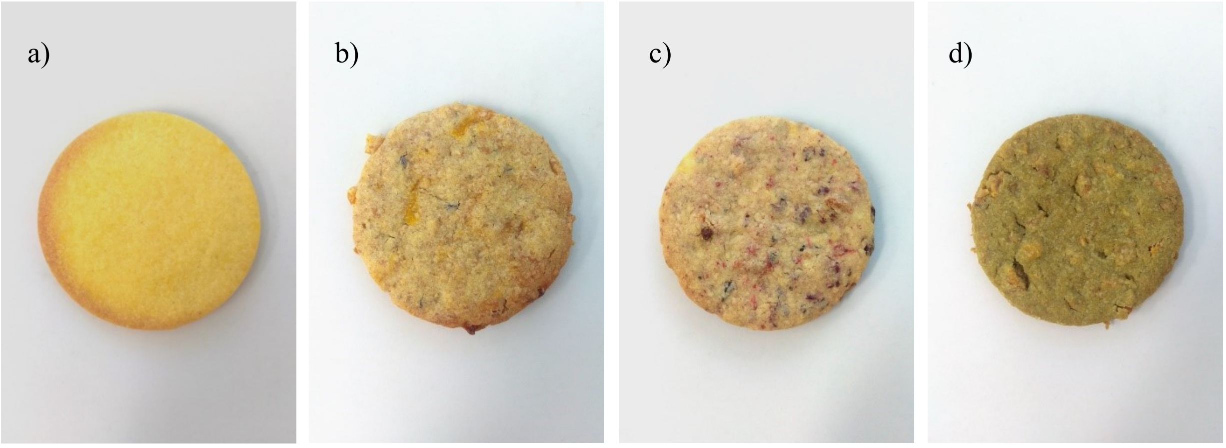
c) a sušenky s použitím necereálních mouk - složení v Tabulce 3.

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

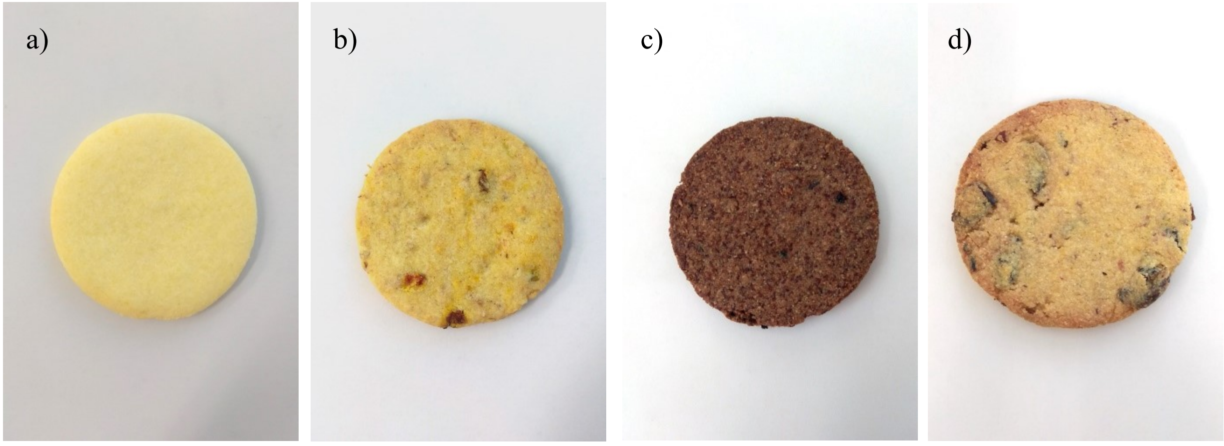


Obr. 3: Máslové sušenky s obsahem lepku

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 klíčkem, 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



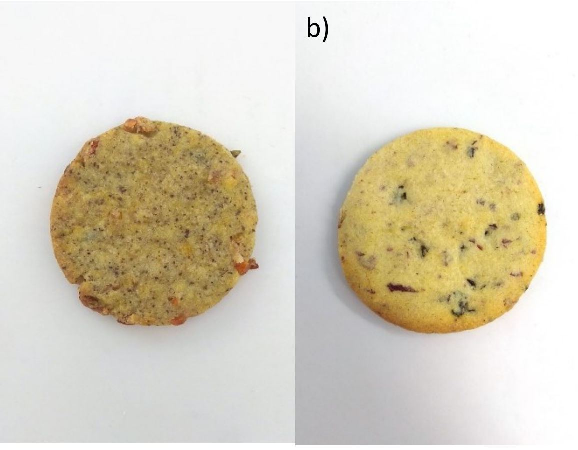
Obr. 4: Máslové sušenky bez obsahu lepku

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 quioni 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

a) b)



Obr. 5: Máslové sušenky s přídavkem 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 série vzorků o hmotnosti 1000 g těsta. Máslo bylo utřeno s cukrem a žloutky, ovoce bylo nakrájeno na kusy o hraně max. 2 mm, skořápkové plody byly podrceny a jedlé květy byly ručně rozdrobeny. Všechny sypké suroviny byly smíchány a 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 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

a vakuově zabaleny. Takto uzavřené sušenky byly uloženy do tmy při laboratorní teplotě (23±2 °C) a do týdne analyzovány. Pro analýzy následně bylo homogenizováno vždy 200 g sušenek tyčovým mixerem.

3.3 Vlastní metody stanovení

3.3.1 Technologické vlastnosti (roztékavost, křehkost, tvrdost)

Roztékavost sušenek byla stanovena jako poměr průměru a výšky sušenky stanoveného u deseti kusů. Z těchto hodnot byla dle rovnice (1) vypočtena roztékavost sušenek (Falsafi et al., 2022).

$$SR = \frac{d}{h} \tag{1}$$

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

Texturometrické stanovení bylo provedeno na analyzátoru TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK) za pomoci penetrační metody. Samotné měření bylo provedeno vždy na 10 kusech sušenek, přičemž každá sušenka byla proměřena čtyřikrát, tj. jednou poblíž středu a třikrát mimo něj. Pomocí texturometrického stanovení je vyjádřena křehkost a tvrdost sušenky.

3.3.2 Stanovení vlhkosti

Pro stanovení vlhkosti byla použita metoda dle normy ČSN EN ISO 712, kdy je homogenizovaný vzorek 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, kdy je homogenizovaný vzorek spálen 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 homogenizovaného vzorku do hexanu na principu Soxhletovy metody s využitím zařízení Soxtherm (Gerhardt, Königswinter, Německo). 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 sestávající z mineralizace vzorku - pomocí 98% H2SO4, 30% H_2O_2 a katalyzátoru (směs

Na_2SO_4 a $CuSO_4.5H_2O$, 10:1) - a následného stanovení dusíku s přepočtem na 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 na principu hydrolýzy škrobu pomoc 1,124 hm.% HCl ve vroucí vodní lázni. Nesacharidové složky jsou po hydrolýze vysráženy pomocí Carrezova činidla. Po filtraci byl roztok proměřen pomocí automatického polarimetru (Krüss P3001RS, Krüss Optronic, Hamburg, Německo) a vypočteno množství škrobu. Výsledky byly vyjádřeny v % na sušinu vzorku.

3.3.7 Stanovení hrubé vlákniny

Stanovení obsahu hrubé vlákniny bylo provedeno gravimetricky na principu hydrolýzy vzorku umístěných do extrakčních sáčků pomocí roztoků H_2SO_4 a NaOH na přístroji Ankom fiber analyzer220 (Ankom Technology, Macedon, New York, USA). 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 nautrálně detergentní roztok (NDR) s neutrálně detergentním činidlem (NDČ)s přídavkem α-amylázy. 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):

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

3.3.10 Výpočet obsahu sacharidů

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

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

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

3.3.11 Stanovení minerálních, stopových a toxických prvků

Stanovení minerálních a stopových prvků proběhlo za pomoc ICP-MS po předchozí mineralizaci pomocí 67% HNO_3, 30% H_2O_2 a mikrovlnného záření. Sledován byl obsah ^{11}B, ^{23}Na, ^{24}Mg, ^{27}Al, ^{31}P, ^{32}S, ^{39}K, ^{44}Ca, ^{51}V, ^{52}Cr, ^{55}Mn, ^{57}Fe, ^{60}Ni, ^{63}Cu, ^{66}Zn, ^{82}Se, ^{95}Mo, ^{111}Cd, ^{118}Sn a ^{202}Hg (Sumczynski et al., 2018).

3.3.12 Stanovení minerálních, stopových a toxických 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) napodobující podmínky trávení v těle. Vzorek ve filtračních sáčcích je postupně podroben působní 0,1M HCl spolu s pepsinem při teplotě 37 °C po dobu 4 hodin. Po promytí destilovanou vodou pak roztoku fosfátového pufru spolu s pankreatinem opět při 37 °C po dobu 24 hodin. Stanovení stravitelnosti je pak provedeno gravimetricky ve dvou formách 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). Rozklad vzorku probíhal dvoustupňově. V první fázi 30 minut působil roztok 0,05M HCl spolu s pepsinem, v druhé fázi pak octanový pufr s enzymatickou směsí pankreatinu, amyloglukozidázy a invertinu po dobu 180 minut ve vodní lázni o teplotě 37 °C. Ze zkumavek byly odebírány v čase 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120 a 180 minut alikvótní podíly a reakce v čase byla zastavena pomocí etanolu. Obsah glukózy v roztoku byl stanoven spektrofotometricky pomocí kitu glukózooxidáza-peroxidázy (D-glukose (GOPOD Format) Assay Kit, Megazyme, Wicklow, Irsko).

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 bodech 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.

$$hydrolýza\,(\%) = \left[\frac{\left(m_g \times \frac{160}{182}\right)}{m_š}\right] \times 100 \tag{5}$$

$$index\ hydrolýzy = \frac{plocha\ pod\ křivkou\ vzorku}{plocha\ pod\ křivkou\ glukózy} \tag{6}$$

$$in\ vitro\ GI = 39{,}71 + 0{,}549\ \times HI \tag{7}$$

$$GL = \frac{GI * obsah\ sacharidů\ ve\ 100\ g}{100} \tag{8}$$

kde m_g je hmotnost uvolněné glukózy [g], $m_š$ je hmotnost škrobu ve vzorku [g].

3.3.15 Fotochemiluminiscence (PCL)

Fotochemiluminiscence byla provedena dle metodiky Besco et al. (2007), přičemž homogenizovaný vzorek byl na frakci ACW (hydrofilní antioxidanty) extrahován do destilované vody a na frakci ACL (lipofilní antioxidanty) do metanolu ve vodní lázni o teplotě 40 °C. Extrakt byl následně odstředěn a proměřenza pomoci kitu ACW a ACL a zařízení Photochem (Analytic Jena, Jena, Německo). 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.

3.3.16 Extrakce volných a vázaných polyfenolů

Extrakce tuku ze vzorku sušenek

Tukový podíl byl ze sušenek odstraněn pomocí upravené metodiky dle Alrahmany et al. (2013). Tato metoda spočívá v extrakci lipidů do hexanu. Vzorek byl s hexanem smíchán v poměru 1:8 a byl míchán na magnetickém míchadle 1 hodinu při laboratorní teplotě. Tato směs byla následně odstředěna a a peleta byla vysušena. Z úbytku byl vypočten index na následný přepočet obsahu celkových polyfenolických látek (TPC), antioxidační aktivity (AOA) a obsahu jednotlivých polyfenolických látek stanovovaných pomocí HPLC.

Extrakce volných frakcí polyfenolů

Extrakce volné frakce byla provedena do 80% metanolu v ultrazvukové lázni po 1 hodinu. Extrakt byl následně odstředěn a peleta byla dále použita pro extrakci frakce vázaných (Kotásková et al., 2016).

Extrakce vázaných (nerozpustných) forem polyfenolů

Peleta byla po promytí destilovanou vodou extrahována pomocí 0,1M NaOH na ultrazvukové lázni po dobu 1 hodiny s následným odstředěním extraktu (Kotásková et al., 2016).

3.3.17 Stanovení celkových polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuovy metody

Stanovení celkových polyfenolů bylo provedeno spektrofotometricky za pomoci Folin-Ciocalteuova činidla a 20% Na_2CO_3. Směs extraktu s činidlem byla uložena na 30 minut do tmy a následně proměřena při 765 nm proti blanku. Obsah TPC byl vyjádřen jako mg ekvivalentu kyseliny gallové v 1 g sušiny vzorku (mg GAE/g). Stanovení proběhlo v pěti opakováních (Cicco et al., 2009).

3.3.18 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Stanovení antixodiační aktivity metodou ABTS bylo provedeno spektrofotometricky za pomoci radikálu kationtu ABTS (generovaný reakcí 2,2-azinobis-(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát s $K_2S_2O_8$) v octanovém pufru. Absorbance byla měřena po 30 minutách reakce ve tmě při vlnové délce 734 nm proti blanku a výsledná AOA byla vyjádřena jako mg ekvivalentu troloxu v 1 g sušiny vzorku (mg TE/g) (Re et al., 1999).

3.3.19 Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH

Ke stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH byl použit pracovní roztok DPPH (2,2 difenyl-1-pikrylhydrazyl v metanolu). Po přídavku extraktu do roztoku DPPH byla tato směs promíchána a uložena na 60 minut do tmy. Následně byla proměřena absorbance při 515 nm proti blanku a výsledná AOA byla vyjádřena mg ekvivalentu troloxu v g sušiny vzorku (mg TE/g) (Ferri et al., 2013).

3.3.20 Stanovení polyfenolického profilu pomocí HPLC-DAD

Extrakty byly použity také pro stanovení polyfenolického profilu pomocí HPLC-DAD. 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 µl
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 40–45 minut: 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).

3.3.21 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-Dixonovův 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

Tabulka 7 ukazuje hodnoty průměru, tloušťky sušenky a jejich poměr udávající roztékavost, což jsou technologické charakteristiky důležité pro výrobce a jsou ovlivněny složením sušenky (HadiNezdah, 2009; Xu et al., 2020). Výsledky v Tabulce P1 ukazují, že obsah lipidů má vliv na průměr sušenky (r=0,5576). Sušenky obsahují máslo s teplotou tání kolem 33 °C, díky čemuž se sušenky roztékají již v prvních fázích pečení. Poměrně stabilní tloušťka sušenky je dána rozpínáním plynů v matrici tvořené gelem ze škrobu a bílkovin. Během pečení tyto plyny podléhají rychlé koalescenci, slabá lepková síť není schopná bubliny plynu udržet, struktura se rozpadá a sušenka vlivem unikajících plynů opět klesá (Sert a Mercan, 2020; Manley, 2011).

Tab. 7: Výsledky texturometrického měření sušenek

Vzorek	**Sušina [%]**	**Průměr [mm]**	**Tloušťka [mm]**	**Roztékavost [-]**	**Tvrdost [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≥0,05), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl (p<0,05). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

Měření tvrdosti a křehkosti bylo provedeno pouze u vzorků lepkových a bezlepkových sušenek. Hodnota tvrdosti vyjadřuje sílu potřebnou ke zlomení výrobku. Sušenky se základem z pšeničné mouky jsou tvrdší než sušenky bezlepkové a vůbec nejtvrdšími sušenkami jsou vzorky s kamutovou, resp. ovesnou moukou. Bezlepkové sušenky jsou měkké vlivem použití rýžové mouky. Nízká hodnota tvrdosti může být dána vysokým množstvím tuku (Jan et al., 2018). Korelační koeficient závislosti tvrdosti na obsahu lipidů r=0,1010, což tento vliv může vyvracet. Nicméně jsou srovnávány sušenky s použitím různých druhů mouk, které mohou tuto charakteristiku také ovlivňovat.

U křehkosti vyšší hodnota vyjadřuje nižší křehkost a z dat vyplývá, že sušenky bezlepkových receptur jsou křehčí než vzorky receptur se základem z pšeničné mouky. Vysoká křehkost bezlepkových sušenek je důsledkem použití rýžové mouky.

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 neklesá pod 93,0 % a sušenky tedy splňují legislativní limit na trvanlivé pečivo dané Vyhláškou č. 18 ze dne 27. ledna 2020, který udává vlhkost maximálně 10 %. Sušenky s nejvyšším obsahem sušiny, tj. pšeničné, ovesné rýžové a sušenky s přídavkem teffové mouky, neobsahují ve složení ovoce nebo jde o ovoce s přirozeně nízkým obsahem vlhkosti.

Sušenky obsahují 6,67 až 11,0 % hrubé bílkoviny, přičemž sušenky s pšeničným základem mají obecně vyšší obsah hrubé bílkoviny než sušenky bezlepkové. To je způsobeno tím, že mnohé bezlepkové mouky obsahují nižší množství bílkovin (Lin et al., 2021). Samotná teffová mouka ale například obsahuje množství bílkovin srovnatelné s pšeničnou moukou, nicméně v receptuře nahrazuje pouze 30 % rýžové mouky, která celkový obsah hrubých bílkovin v sušence snižuje. I přes nejnižší obsah bílkovin u sušenek s teffovou moukou může být tato kombinace mouk ve výrobku přínosná, protože jak rýže, tak teff obsahují vysoké množství lyzinu, limitují AMK pšeničné mouky (Arendt, 2013; Rico et al., 2019; Anjum et al., 2005).

Vliv na obsah lipidů má množství másla, žloutku a přítomnost skořápkových plodů v receptuře a pohybuje se od 22,6 do 30,8 %. U ovesných sušenek je obsah lipidů vysoký použitím kešu ořechů, které jsou tvořeny asi ze 48 % lipidy, a podobně tak sušenky s přídavkem mouky z bílého teffu, kde jsou obsaženy pistácie s podobným obsahem lipidů (Rico et al., 2015; Gama et al., 2018). Kromě toho jde o mouky, které jsou vymlety ze zrna, kde nebyl odstraněn klíček.

Obsah sacharidů silně koreluje s množstvím mouky, cukru a ovoce v receptuře a pohybuje se od 57,9 do 67,9 %. Významný podíl je tvořený škrobem, přičemž nejvyšší obsah škrobu je pozorován u sušenek základních receptur, což je dáno tím, že i mouka je tvořena převážně ze škrobu (Wang et al., 2017; Zhu et al., 2020; Goesaert et al., 2005). Obsah škrobu v sušenkách klesá se snižujícím se podílem mouky. Vláknina byla stanovena ve dvou formách. První je hrubá vláknina (CF) vyjadřující obsah nerozpustné vlákniny zahrnující celulózu a lignin. Tato se pohybuje v množství od 0,54 o 2,16 % s nejnižšími hodnotami u základních receptur. Druhou je neutrálně-detergentní vláknina (NDF) vyjadřující obsah celulózy, ligninu a nerozpustných hemicelulóz (Sumczynski et al., 2015). Její obsah je vyšší a dosahuje až 5,58 %.

Obecně nižší obsah je pozorován u základních receptur, kde je použita mouka vymletá ze zrn, u kterých byly odstraněny obalové vrstvy a k mletí tak zbývá pouze endosperm tvořený zejména škrobem (Kraithong et al., 2018). U NDF je pak viditelný rozdíl mezi sušenkami s pšeničným a rýžovým základem, kdy sušenky na pšeničném základu obsahují obecně vyšší množství NDF. To je způsobeno pravděpodobně rýžovou moukou, která vykazuje významný deficit, který doplňkové suroviny nemohou dostatečně kompenzovat. Nicméně 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 se pohybuje od 0,40 po 1,44 %, přičemž nejnižší je opět u základních receptur a to ze stejného důvodu jako v případě vlákniny (Park et al., 2020; Frakolaki et al., 2018). Vzorky na opačném konci spektra naopak obsahují mouky celozrnné a navíc mají vysoký podíl doplňkových surovin.

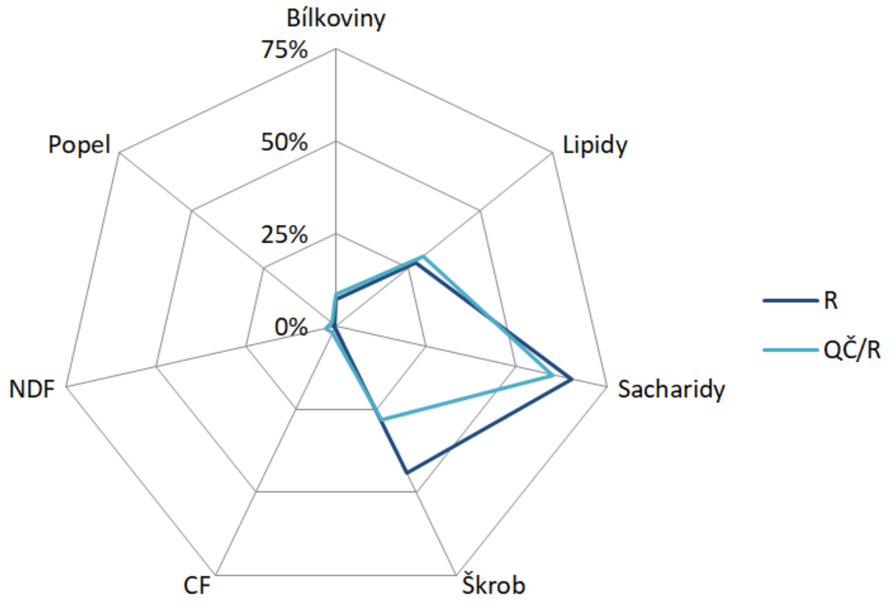
Všechny tyto charakteristiky se společně podílí na výsledné energetické hodnotě pohybující se od 2131 po 2302 kJ/100 g. V případě energetické hodnoty nebyl pozorován žádný významný trend kromě toho, že sušenky s nejvyššími hodnotami obsahují také vysoké množství lipidů dané použitím skořápkových plodů.

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}

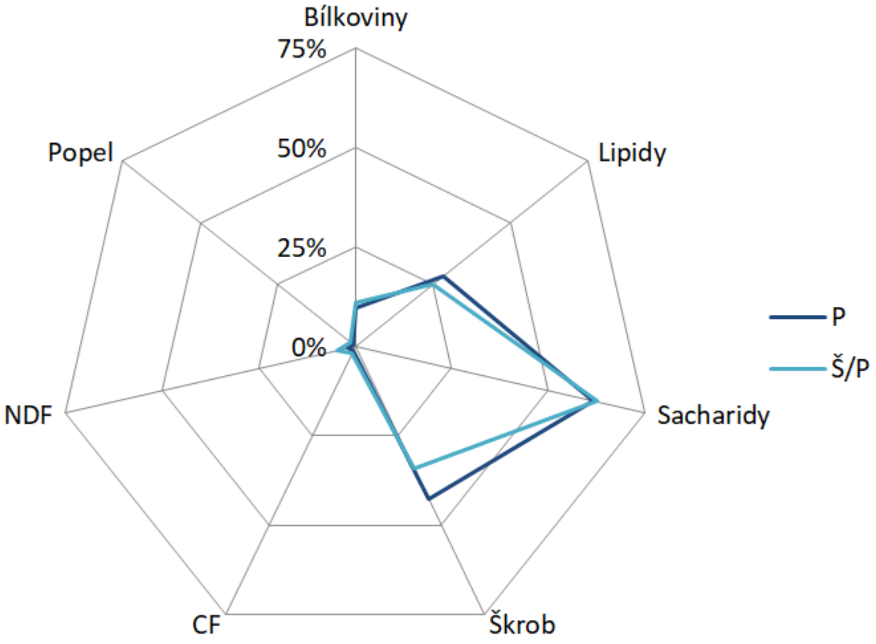
CF – hrubá vláknina, NDF – neutrálně-detergentní vláknina. Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3) na sušinu vzorku. Hodnoty ve sloupci s nejméně jedním identickým horním indexem se statisticky významně neliší ($p \geq 0{,}05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0{,}05$). Zvýrazněné hodnoty jsou diskutovány v textu.

Záměna základní mouky za mouky substituční a přídavek 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. 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. 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.



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 pak 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. 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 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. V absolutních hodnotách je z makrobiogenních prvků nejvíce zastoupená síra nebo draslík, nicméně vzhledem k příspěvku k RDA/AI* je dobře zastoupen hořčík u kterého je dosaženo hodnot 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 sušenek s pšeničným základem je obsah hořčíku vyšší, než u sušenek bezlepkových. U ovesných sušenek s nejvyšším obsahem hořčíku jde pak o kombinaci příspěvku kešu ořechů, ovsa, jahod a malin (Wojdylo et al., 2022; Alemayehu et al., 2021; Pereira et al., 2018). Použitím ochucujících složek a doplňkových mouk se obsah hořčíku může zvýšit až 5,3× a to v případě porovnání quinoových sušenek s odpovídajícím standardem rýžové sušenky. Vzhledem k biodostupnosti minerálních prvků je ale pravděpodobné, že nelze předpokládat využití celého množství hořčíku. Například v případě quinoových sušenek může být problémem vyšší množství fytátu, které stanovil ve svém výzkumu Kiewlicz a Rybicka (2015) u quinoových vloček, proto je potřeba v se v dalším výzkumu zaměřit také například na nestrávený podíl 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.

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.

Ze stopových prvků mohou být sušenky dobrým zdrojem manganu, chromu, mědi nebo molybdenu. V případě manganu a chromu až velmi významným zdrojem, jelikož se příspěvek k hodnotě AI* pohybuje až nad hodnotou 100 % (Tabulka 10). U kamutových sušenek se na obsahu manganu významně podílí matcha čaj, který ho může v práškové formě obsahovat až 1,55 mg/g (Koláčková et al., 2021). Kromě manganu mohou být kamutové sušenky také dobrým zdrojem selenu v důsledku použití mouky z kamutu, který je známý svým vysokým obsahem selenu (Valli et al., 2016).

Tabulka 11 ukazuje obsah sledovaných kontaminantů v sušenkách, které se do prostředí dostávají v důsledku přírodních pochodů nebo lidské činnosti (Sanga et al., 2023). Jejich rizikovost se hodnotí pomocí PTWI, resp. PTMI*, vyjadřující množství, které člověka při dlouhodobém příjmu neohrožuje na zdraví. Tyto hodnoty stanovuje FAO/WHO a liší se pro každý jednotlivý prvek. Tabulka 12 ukazuje příspěvky k těmto hodnotám pro sledované prvky. Největším rizikem může být rtuť s příspěvkem hodnotě PTWI až 19 % u dospělé osoby a až 62 % u dítěte v případě kamutových sušenek, kde zdrojem rtuti může být matcha prášek, u kterého se hodnoty obsahu rtuti pohybují ve stovkách ng/g sušiny (Koláčková et al., 2021). Obecně sušenky obsahují jen malé množství kontaminantů, nicméně při přepočtu na dětskou kategorii se pohybuje příspěvek v desítkách procent z důvodu nízké tělesné hmotnosti dítěte. Ačkoli se hodnoty mohou zdát vysoké, jsou stále pod limitem, a proto jsou sušenky z tohoto pohledu bezpečné.

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

[µg/100 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 ± 0,9^{a}	48,6 ± 2,1^{b}	250 ± 33^{c}	59,9 ± 1,7^{d}	28,9 ± 5,2^{e}	66,3 ± 1,3^{f}	59,8 ± 4^{d}	17,1 ± 1,5^{g}	25,9 ± 1,5^{e}	48,2 ± 1,7^{b}
^{111}Cd	0,62 ± 0,05^{a}	0,92 ± 0,07^{b}	0,58 ± 0,06^{a,c}	1,75 ± 0,09^{d}	0,17 ± 0,03^{e}	2,15 ± 0,12^{f}	1,26 ± 0,06^{g}	0,55 ± 0,05^{a,c}	0,58 ± 0,06^{a,c}	0,34 ± 0,08^{h}
^{118}Sn	5,81 ± 0,28^{a}	6,15 ± 0,51^{b,c}	6,33 ± 0,47^{b}	5,78 ± 0,47^{a,c,d}	5,58 ± 0,20^{d}	9,83 ± 0,72^{e}	9,36 ± 1,01^{e}	7,06 ± 0,12^{f}	4,99 ± 0,29^{g}	1,87 ± 0,18^{h}
^{202}Hg	5,84 ± 0,64^{a}	7,01 ± 0,48^{b}	6,23 ± 0,15^{c}	8,29 ± 0,43^{d}	4,19 ± 0,40^{e}	4,08 ± 0,48^{e}	6,62 ± 1,19^{b,c}	5,21 ± 0,39^{f}	5,47 ± 0,29^{a,f}	2,53 ± 0,35^{g}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± 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	µg/100 g sušenek	týdení/měsíční*/ denní** příjem (µg)	PTWI (µg/kg) PTMI* (µg/kg) TDI** (µg/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}Ni**	20–200	20–200	13**	2,2–22	2–17	6,7-70
^{111}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

V Tabulce 13 jsou prezentovány hodnoty stravitelnosti a jejich korelace s jednotlivými základními nutrienty. DMD i OMD dosahují obecně vysokých hodnot v rozmezí od 94,8 po 99,6 %. Nejvyšší stravitelnost mají přitom sušenky základních receptur z důvodu vysokého obsahu škrobu a nízkého obsahu vlákniny a popela, což potvrzují i korelační koeficienty, přičemž v případě vlákniny jde o nepřímou úměru, tj. s rostoucím obsahem vlákniny klesá stravitelnost sušenek. U sušenek ochucených receptur je pak viditelný pokles v hodnotách stravitelnosti.

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

Vzorek	DMD [%]	OMD [%]	*r*	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 ($p < 0,05$).

4.2.4 Glykemický index

Glykemický index (GI) slouží pro klasifikaci zdrojů sacharidů s ohledem na změny hladiny krevního cukru pro konzumaci potraviny, tzv. postprandiální glykemie. V roce 2010 International Standards Organization (ISO) vydala doporučení pro rozšířenou klasifikaci potravin, která dělí potraviny na potraviny s nízkým GI (GI ≤ 55), průměrným GI (GI 56–69) a vysokým GI (GI ≥ 70) (Atkinson et al., 2021). Potraviny s vysokým GI jsou přitom tráveny a absorbovány rychle a vedou k významnému výkyvu hladiny krevního cukru (Brouns et al., 2005). Tabulka 14 ukazuje výsledky stanovení GI. Tyto se

pohybují mezi hodnotou 89 a 100, přičemž vyšší GI mají sušenky se základem z pšeničné mouky v porovnání se sušenkami bezlepkovými. Glykemická odpověď je ale závislá kromě obsahu sacharidů také na velikosti částic, metodě a stupni zpracování potraviny, struktuře škrobu nebo na obsahu tuku, bílkovin a vlákniny. U bezlepkových sušenek může být dosaženo nižší hodnoty použitím rýžové mouky s vyšším obsahem amylózy, která je díky tvorbě komplexů odolnější vůči působení enzymů (Lal et al., 2021). Vysoký GI quinoových sušenek může být dát tím, že quinoa má jedny z nejmenších škrobových zrn a jen nízký obsah amylózy (Li a Zhu, 2018). Glykemická zátěž (GL) vyjadřuje míru vzrůstu glykemie a z hodnot vyplývá, že sušenky mohou způsobit rychlý a značně vysoký výkyv hladiny krevního cukru.

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

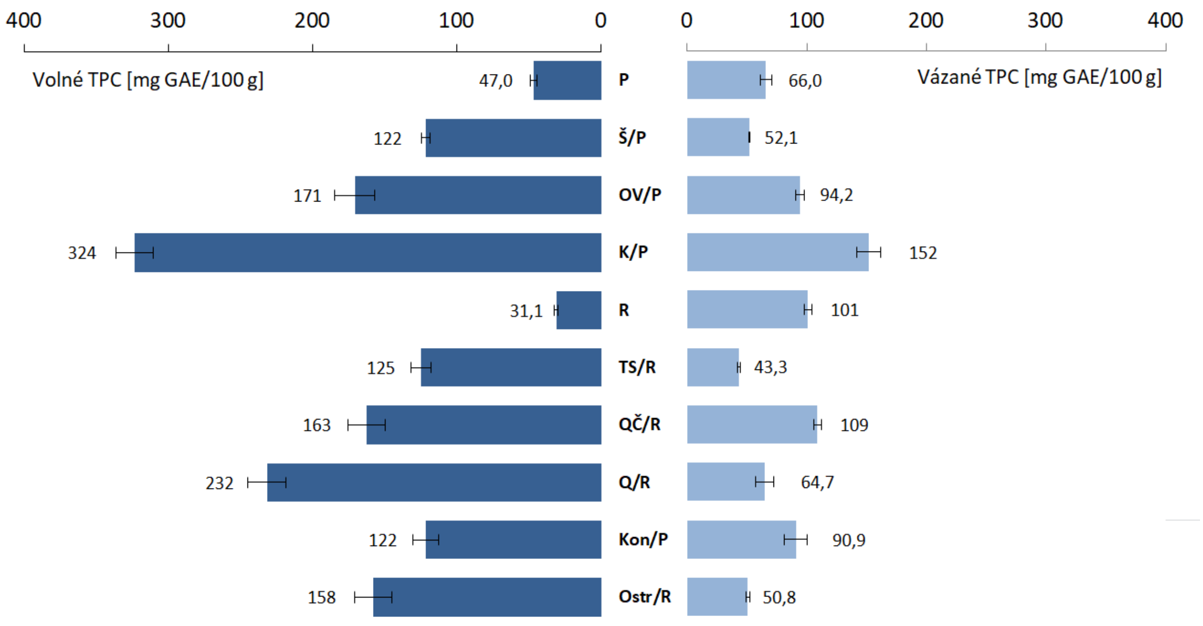
Data potvrzují hypotézu, že sušenky budou řazeny mezi výrobky s vysokým GI, nicméně použitím substitučních mouk a přídavkem ochucujících složek byl očekáván posun GI k nižším hodnotám, který ale nebyl potvrzen. V případě vyváženého jídelníčku nejsou sušenky i přes vysoký GI nevhodné, ze získaných hodnot ale vyplývá, že testované vzorky sušenek nemají tvořit základ jídelníčku zejména pro konzumenty se sklony k diabetu či obezitě. Ke snížení hodnoty GI a GL je potřeba receptuře přepracovat, což může být dosaženo snížením obsahu sacharózy a použitím surovin s vyšším obsahem vlákniny. Tyto obecné úpravy by měly mít potenciál hodnotu GI snížit. Ačkoli je takovými úpravami teoreticky možné hodnotu GI snížit, 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

Obrázek 8 ukazuje výsledky pro celkový obsah polyfenolů (TPC) vyjádřený ve volné a vázané frakci. Podrobné výsledky jsou uvedeny v Tabulce P3. U sumy TPC sledujeme trend, kdy je jejich nejnižší obsah u sušenek základních receptur. Tento trend se projevuje i ve frakci, a to jako důsledek toho, že samotná rýžová nebo pšeničná mouka obsahují v této formě jen nízké množství celkových polyfenolů (Nayeem et al., 2021). U vázané frakce je ale jejich obsah vyšší a to proto, že velká část polyfenolů je u cereálií vázána na struktury buněčné stěny, kde se podílí na zpevnění a zastavení růstu v případě vystavení rostliny stresu (Shahidi et al., 2015; Martínez-Rubio et al., 2020). U ochucených variant platí, že převážná většina polyfenolů je přítomna ve volné formě.

Vůbec nejvyšší sumu TPC má vzorek sušenek s kamutovou moukou obsahující matcha čaj, který je sám s hodnotou 169 až 273 mg GAE/g sušiny ve volné frakci na TPC bohatý (Koláčková et al., 2020). Pro srovnání má tento vzorek 4,2× vyšší sumu TPC než základní pšeničná receptura a 1,8× vyšší sumu TPC než druhý nejlépe postavený vzorek v sadě pšeničných sušenek.



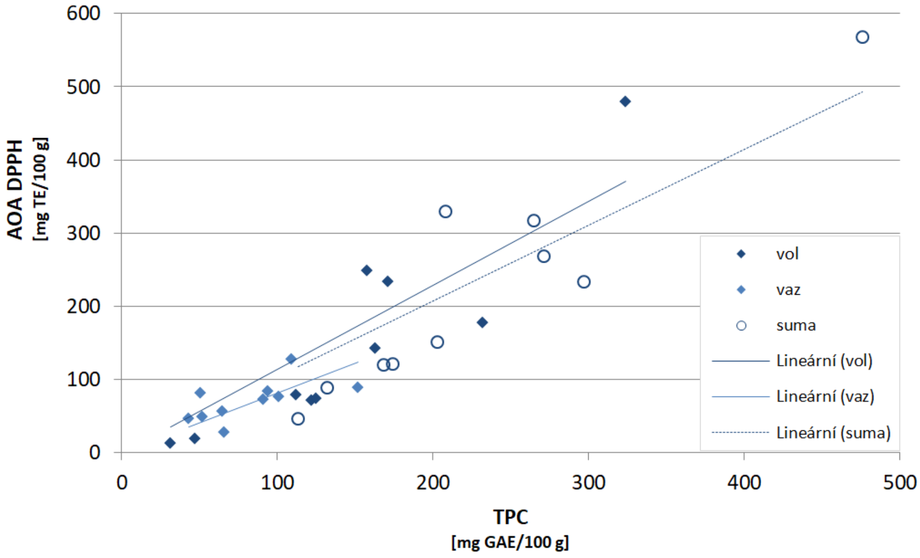
Obr. 8: Podíl TPC ve volné a vázané frakci

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

Výsledky stanovení jsou uvedeny v Tabulce 15, kde je patrné, že hodnoty AOA sledují podobné trendy jako obsah TPC. Nejnižších hodnot nabývají vzorky základních receptur, které neobsahují žádný významný zdroj látek s antioxidační aktivitou. Základní obiloviny totiž obsahují fytochemické látky zejména v obalových vrstvách a zárodku, které jsou během vymílání odstraněny (Hung, 2014). Na druhé straně jsou pak sušenky s kamutovou moukou, které sice obsahují jen malé množství matcha čaje, tento ale dosahuje vysoké AOA (Koláčková et al., 2020). Je tedy patrné, že ačkoli během pečení jistě dochází k poklesu AOA, má právě matcha vysoký potenciál tuto hodnou udržet vysokou i po krátké intenzivní tepelné úpravě. Podobný trend jako v případě TPC je pozorován i mezi frakcemi. AOA je totiž u základních receptur vyšší u vázané frakce, zatímco u ostatních sušenek je tento poměr opačný.

Získaná data ukazují, že použitím substituční mouky a přídavkem ochucujících surovin se zvyšuje AOA sušenek v důsledku zvýšení TPC a to až 12,3× v případě kamutových sušenek, kde jde s vysokou pravděpodobností o důsledek použití matcha prášku. V případě bezlepkových receptur je tento nárůst přibližně 3,7× vyšší v případě sušenek s moukou z ostropestřce mariánského. V obou případech pak jde zejména o nárůst AOA ve volné frakci.

Na základě korelačních koeficinetů v Tabulce P4 lze říci, že na AOA sušenek ve volné formě se podílí právě polyfenoly. Jejich závislost je pro DPPH, kde jsou tyto korelace silnější, zobrazena na Obrázku 9. V případě volné formy jde o r=0,8780, naopak v případě vázané frakce jde o hodnotu pouze r=0,4941, což naznačuje, že na AOA sušenek v této frakci se mohou podílet také jiné skupiny látek s antioxidační aktivitou.



Obr. 9: Korelace volných, vázaných a celkových TPC s AOA měřenou se zhášením radikálu DPPH

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

	DPPH			ABTS		
Vzorek	**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	$18,6 \pm 1,2^{a}$ (40 %)	$27,6 \pm 2,8^{a}$ (60 %)	$46,2 \pm 3,0^{a}$	$50,9 \pm 1,4^{a}$ (41 %)	$73,6 \pm 7,2^{a}$ (59 %)	124 ± 7^{a}
Š/P	$71,6 \pm 2,5^{b}$ (59 %)	$49,3 \pm 0,5^{b}$ (41 %)	121 ± 3^{b}	153 ± 8^{b} (55 %)	126 ± 6^{b} (45 %)	279 ± 10^{b}
OV/P	233 ± 13^{c} (74 %)	$84,0 \pm 3,8^{c}$ (26 %)	317 ± 14^{c}	430 ± 35^{c} (62 %)	264 ± 16^{c} (38 %)	694 ± 38^{c}
K/P	479 ± 18^{d} (84 %)	$88,3 \pm 7,1^{c}$ (16 %)	568 ± 28^{d}	1150 ± 40^{d} (79 %)	298 ± 13^{c} (21 %)	1450 ± 40^{d}
R	$12,5 \pm 0,6^{e}$ (14 %)	$76,8 \pm 3,7^{d}$ (86 %)	$89,4 \pm 3,8^{e}$	$20,9 \pm 1,2^{e}$ (16 %)	109 ± 8^{d} (84 %)	130 ± 8^{a}
TS/R	$74,4 \pm 1,8^{b,h}$ (62 %)	$46,0 \pm 0,2^{e}$ (38 %)	120 ± 2^{b}	126 ± 4^{f} (65 %)	$67,4 \pm 5,5^{a}$ (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 %)	$56,8 \pm 1,8^{g}$ (24 %)	234 ± 8^{g}	400 ± 30^{c} (77 %)	$121 \pm 9^{b,d}$ (23 %)	521 ± 31^{g}
Kon/P	$78,4 \pm 4,2^{h}$ (52 %)	$72,4 \pm 6,5^{d}$ (48 %)	151 ± 8^{h}	186 ± 6^{h} (55 %)	153 ± 15^{e} (45 %)	339 ± 16^{h}
Ostr/R	249 ± 11^{c} (75 %)	$81,0 \pm 5,4^{c,d}$ (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.

4.3.3 Výsledky stanovení AOA fotochemiluminiscencí

Tabulka 16 ukazuje výsledky pro měření antioxidační kapacity pomocí PCL ve vzorcích sušenek s pšeničným základem. Tato se vyjadřuje ve dvou formách a to ACW, tedy látek rozpustných ve vodě (např. kyselina askorbová nebo flavonoidy), a ACL, tedy látek rozpustných v tucích (např. tokoferoly nebo karotenoidy) (Besco et al., 2007).

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.

U ACW se pohybují výsledky v rozmezí 3,57 až 60,5 mg AAE/100 g. Nejvyšší hodnoty dosahují sušenky s kamutovou moukou v důsledku obsahu flavonoidů z matcha čaje (Koláčková et al., 2020). Podílet se na ní může ale i kyselina askorbová v sušeném mangu (Sogi et al., 2015). U ACL se výsledky pohybují v rozmezí 5,71 až 432 mg TE/100 g a to u sušenek s ovesnou moukou. Ovesná zrna jsou zdrojem v tuku rozpustných avenantramidů, specifickou formou polyfenolických látek typickou pro ovesná zrna (Pridal et al., 2018). Dále se na této hodnotě mohou podílet tokoferoly z klíčku ovesného zrna (Fardet et al., 2008). U vzorku sušenek s kamutovou moukou pak jde o přítomnost chlorofylu *a* a *b* nebo karotenoidů v mangu (Koláčková et al., 2020; Sogi et al., 2015).

4.3.4 Polyfenolický profil pomocí HPLC-DAD

Pomocí HPLC-DAD byly stanovovány vybrané flavonoidy, stilbeny a polyfenolické kyseliny. Jejich obsah a podíl ve frakcích je uveden v Tabulkách 17 a 18, Obrázky P1 až P4 ukazují chromatogramy pro vzorky pšeničných a kamutových sušenek ve volné a vázané frakci.

Na sledované látky byla bohatší volná frakce proti vázané a to jak v případě flavonoidů a stilbenu (FaS), tak v případě fenolických kyselin. Suma FaS i kyselin kopíruje trendy TPC a AOA. Nejnižší obsah je tedy opět pozorován u základních receptur a nejvyšší u sušenek s kamutovou moukou.

U pšeničných sušenek pak převažuje katechin a epikatechin a u rýžových epigallokatechin a rutin. Pokud jde o fenolické kyseliny, obsahují rýžové sušenky kyselinu ferulovou, protokatechinovou, *p*-hydroxybenzoovou a

vanilovou. Hlavními kyseliami rýžových zrn jsou přitom kyseliny ferulová, gallová, dále kyselina protokatechinová a vanilová (Bagchi et al., 2021).

Naopak nejvyšší obsah FaS i fenolických kyselin je u sušenek kamutových s převažujícím množstvím epikatechinu a epigallokatechinu v důsledku použití matcha čaje (Weiss et al., 2003). Na flavonoidy je bohatý ale i vzorek sušenek s moukou z červené quinoi a to díky použití kombinace červené quinoi, černého rybízu a karobu, které obsahují katechin, epikatechin nebo kvercetin (Song et al., 2020; Pereira et al., 2020; Hui et al., 2021; Albertos et al., 2015). U sušenek s ovesnou moukou, quinoovou moukou, moukou konopnou a ostropestřcovou byl sledován také vyšší obsah rutinu. V případě fenolických kyselin jde o velkou škálu kyselin. Významně ale převažuje kyselina vanilová, která byla doplněna o kyselinu neochlorogenovou, sinapovou, gallovou nebo ellagovou. Hlavní kyselinou kamutu je přitom kyselina ferulová (Bradnolini et al., 2013). Druhou nejvíce zastoupenou surovinou je mango, které se může podílet na obsahu kyseliny vanilové nebo gallové (Vithana et al., 2019). Matcha pak obsahuje zejména kyselinu chlorogenovou (Koláčková et al., 2020).

V Tabulce P5 jsou uvedeny korelační koeficienty závislostí AOA na obsahu jednotlivých sledovaných látek. Obecně jsou významné korelační koeficienty u kyseliny sinapové a syringové. Silné korelace jsou přitom u DPPH pozorovány pouze u volné frakce, u ABTS jsou středně silné korelace pozorovány také ve frakci vázané. Antioxidační aktivita jednotlivých fenolických látek je závislá na strukturních vlastnostech, jako je poloha a počet hydroxylových skupin, ale jejich reálné posouzení je složité. Například kyselina kávová a sinapová vykazují větší AOA než kyselina ferulová, nicméně kyselina gallová se třemi hydroxylovými skupinami vykazuje vyšší AOA než kyselina ellagová se čtyřmi hydroxylovými skupinami (Yang et al., 2021).

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^{e} (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*≥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 frakci. 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.

Tab. 18: Výsledky stanovení obsahu polyfenolických kyselin

µg/g		P	Š/P	OV/P	K/P	R	TS/R	QČ/R	Q/R	Kon/P	Ostr/R
ChlA	**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]
NChlA	**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
***o*-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.

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 Užitného vzoru č. 30 013, 2019. Sumczynski, D., Šťastná, K., Burešová, I., Koláčková, T. Směs na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přídavkem 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 snížení obsahu škrobu a zvýšení obsahu vlákniny a 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 hořčíku. 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 receptry 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 antixodiační 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 potenciáln 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

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 Betul; 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.

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, enthocyanins, 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.

ARENDT, 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.

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.

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.

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 antioidant 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. Britanicca [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.

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.

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.

ČESKO. Vyhláška č. 18 ze dne 27. ledna 2020 o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. In: Sbírka zákonů České republiky, 2020, částka 8, s. 156-180. ISSN 1211-1244.

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.

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, Switzerlands.

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.

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.

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 apritot 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.

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.

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.

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 Sukcharn 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.

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 Hydrocolois*, 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.

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 Miroslawa 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.

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.

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.

MARTÍNEZ-RUBIO, Romina; LUZ CENTENO, María; GARCÍA-ANGULO, Penélope; M. ÁLVAREZ, Jesús; ACEBES, José Luis a Antonio ENCINA. The role of cell wall phenolics during the early remodelling of cellulose-deficient maize cells. *Phytochemistry*, 2020, 170:112219.

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

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.

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.

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.

ÖZDEMIR, Ibrahim Sani; ÖZTÜRK, Büllent; CELIK, Belgin; SARITEPE, Yüksel a Hatice AKSOY. Rapid, simultaneous and non-destructive assessment of the moisture, water activity, firmness and SO_2 content of the intact sulphured-dried apricots using FT-NIRS and chemometrics. Talanta, 2018, 186:467–472.

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.

PEREIRA, Camila Correa; do NASCIMENTO da SILVA, Emanueli; 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.

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.

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 occidental* L.) kernels from different origin. *Food Science and Nutrition*, 2015,4: 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.

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.

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.

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 Β-glucan with different molecular weight. *Journal of Molecular Structure*, 2020, 1209: 127944.

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 ÖZDEMIR. 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 contentrations 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.

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.

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* biactive 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 an their structure-antioxidant aktivity relationship. *LTW*, 2021, 146: 111411.

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 přídavkem necereálních mouk

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

Obr. 7: Porovnání špaldové sušenky a sušenky pšeničné

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. 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 (hydrolfilní 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 – glycemic index (glykemický index)

GL – glycemic load (glykemická zátěž)

GOPOD – glukózooxidáza-peroxidáza

HPLC − High Performance Liquid Chromatography (Vysokoúčinná kapalinová chromatografie)

MK – mastné kyseliny

NDČ − neutrálně-detergentní činidlo

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

NDR – neutrálně-detergentní roztok

OMD – Organic Matter Digestibility (stravitelnost organické hmoty vzorku)

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 1

Tab. P1: Texturometrické stanovení

r	Bílkoviny	Lipidy	Sacharidy	Obsah másla
Průměr	0,2740	0,5576	-0,2762	-0,2924
Roztékavost	0,0063	0,1192	0,1597	0,3122
Tvrdost	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)

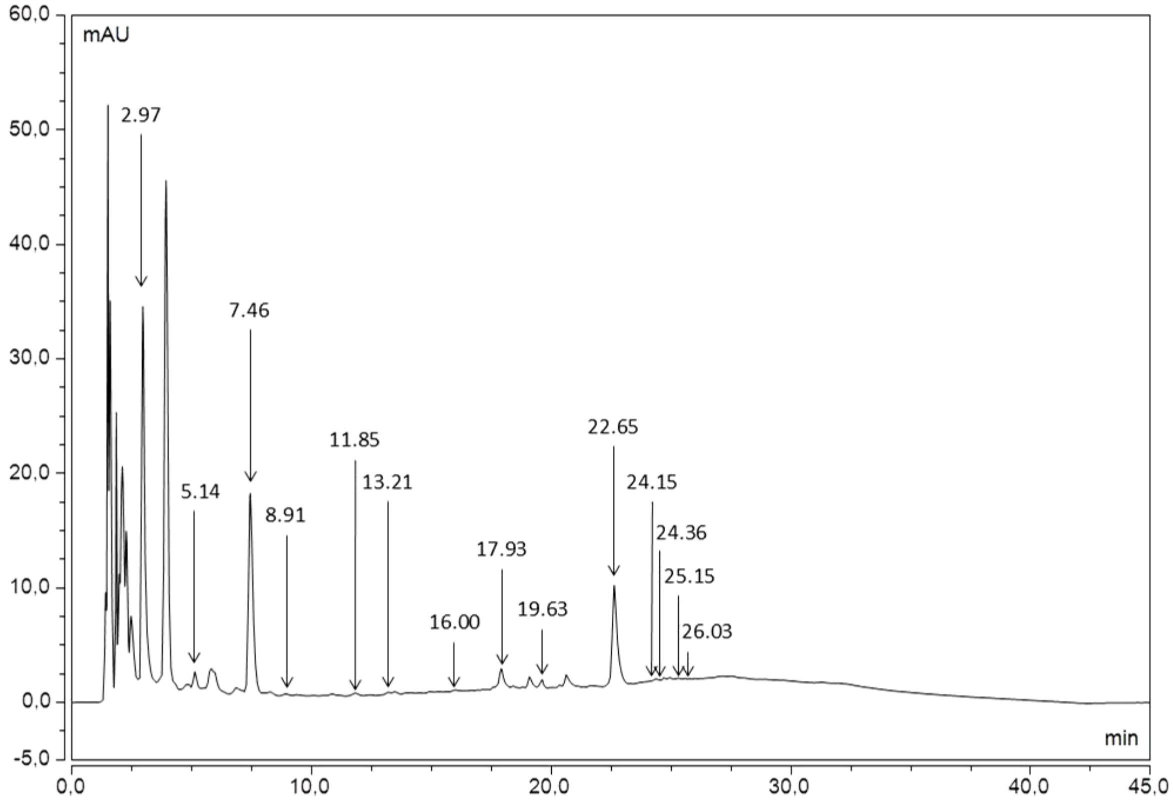
Vzorek	Volné frakce TPC [mg GAE/100 g]	Vázané frakce TPC [mg GAE/100 g]	Suma TPC [mg GAE/100 g]
P	$47{,}0 \pm 2{,}3^{a}$	$66{,}0 \pm 5{,}0^{a}$	113 ± 5^{a}
Š/P	122 ± 3^{b}	$52{,}1 \pm 0{,}1^{b}$	174 ± 3^{b}
OV/P	171 ± 14^{c}	$94{,}2 \pm 3{,}6^{c}$	265 ± 14^{c}
K/P	324 ± 13^{d}	152 ± 10^{d}	476 ± 20^{d}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

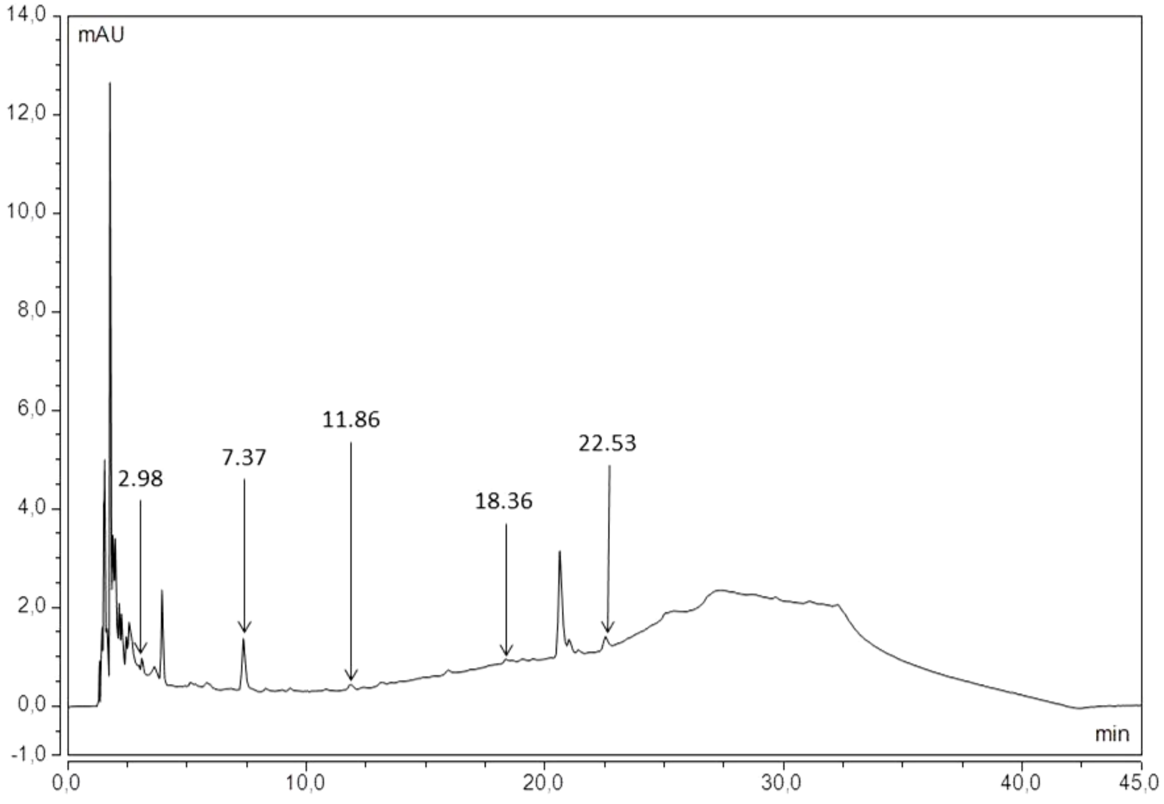
	r	**DPPH**	**ABTS**
TPC	**Vol**	0,8780	0,8634
	Vaz	0,4941	0,4525
	Suma	0,8946	0,8736

r – Pearsonův korelační koeficient



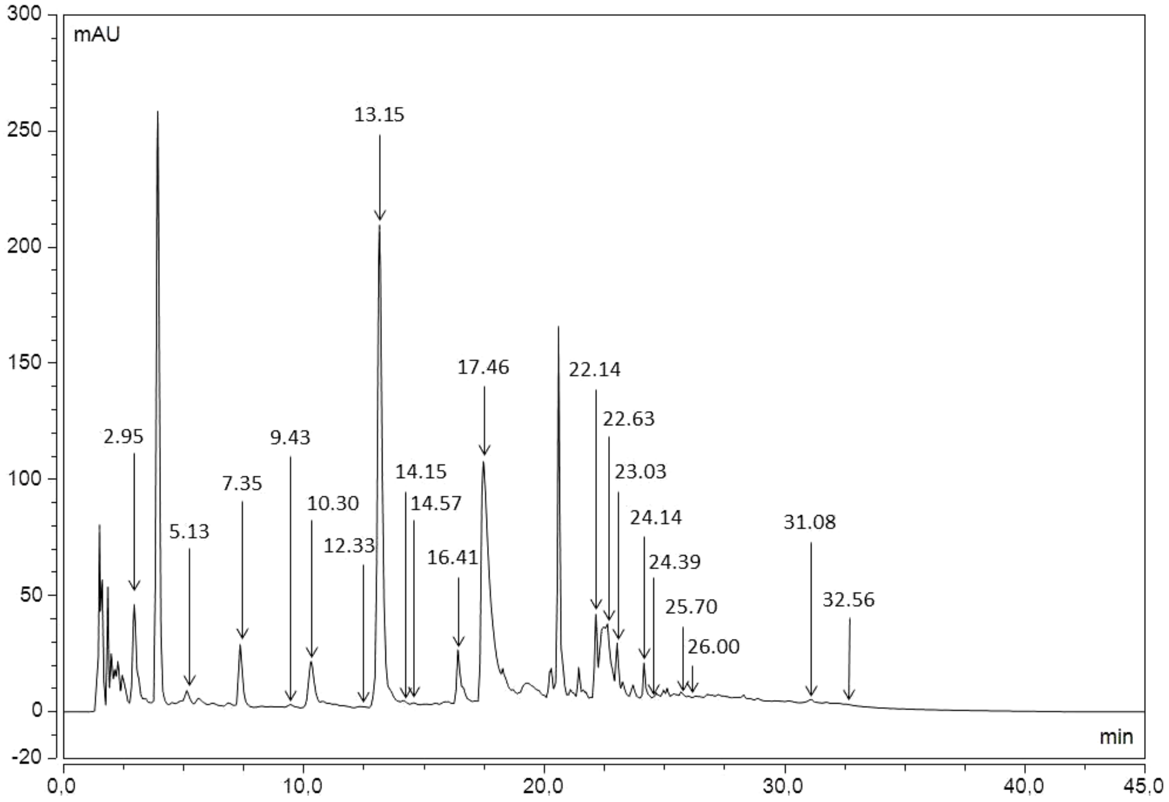
Obr. P1: *Chromatogram pro vzorek pšeničných sušenek, volná frakce*

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.



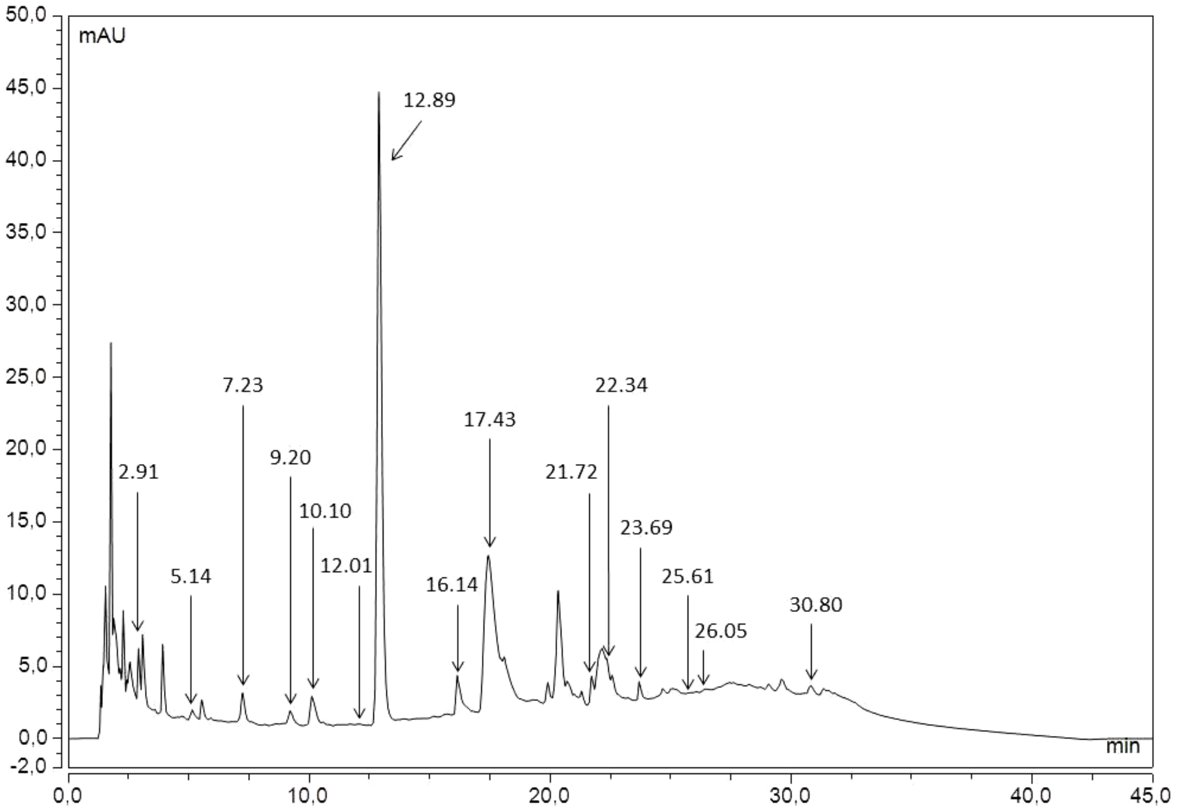
Obr. P2: Chromatogram pro vzorek pšeničných sušenek, vázaná frakce

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
Protokatecihinová 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
***p*-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
Kávová 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
***p*-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
***o*-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. 33 013, 2019. Sumczynski, D., Šťastná, K., Burešová, I., Koláčková, T. Směs na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přídavkem nutraceutických surovin. Úřad průmyslového vlastnictví, Praha, Česká republika.

ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA

OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Ing. Kristýna Šťastná Ph.D.
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 Zlně, 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

Ing. Kristýna Šťastná Ph.D.

Nutriční a technologická charakteristika sušenek s obsahem netradičních surovin

Nutrition and technological characteristics of biscuits with non-traditional raw materials

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,

nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: autor

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2023

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7678-190-0