



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra rostlinné výroby

Diplomová práce

Využití kompozitních mouk pro přípravu běžného pečiva

Autorka práce: Lenka Uhlířová

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. Markéta Jarošová

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 28.4.2023

.....
Podpis

Abstrakt

Tématem diplomové práce je využití kompozitních mouk pro přípravu běžného pečiva. Použity byly alternativní mouky z výlisků tří druhů olejnin (len setý, konopí seté, ostropestřec mariánský) a červené řepy.

První část práce je věnována teoretické části, která nabízí obecný přehled týkající se běžného pečiva z hlediska legislativy, běžně používaných surovin a technologie výroby. Dále pak jsou popisovány plodiny, ze kterých byla zpracována kompozitní mouka.

Druhá část práce je zaměřena na praktickou část, která je zpracována na základě zhotovení pekařského pokusu s využitím obohacujících kompozitních mouk. Bylo vyrobeno 10 druhů bulek s 10% substitucí pšeničné mouky různými variantami kompozitních mouk. U těchto výrobků byla následně provedena senzorická analýza, stanovení obsahu celkových polyfenolů, antioxidační aktivity, obsah dusíkatých látek, obsah popelovin, měření barvy a oxidační stability.

Klíčová slova:

Běžné pečivo, kompozitní mouka, len setý, konopí seté, ostropestřec mariánský, červená řepa

Abstract

The topic of the thesis is the use of composite flours for the preparation of common bakery products. Alternative flours made from the extracts of three kinds of oilseed crops (flax plant, hemp, milk thistle) and beetroot were used.

The first part of the thesis is devoted to the theoretical part offering a general overview of common bakery products in terms of legislation, commonly used raw materials and production technology. Furthermore, the crops from which the composite flour was processed are described.

The second part of the thesis is focused on the practical part, which is based on a baking experiment using enriching composite flours. Ten types of buns were made with different types of composite flours. These products were then subjected to sensory analysis, determination of total polyphenols content, antioxidant activity, nitrogen presence, ash content, colour and oxidative stability measurements.

Keywords:

ordinary pastry, composite flours, flax plant, hemp, milk thistle, beetroot

Poděkování

Téma diplomové práce bylo realizováno v rámci řešení projektu: Zpracování vedlejších produktů z lisování semen olejnin na nové výrobky s nutričními a zdravotními přínosy (QK 1910302). Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Janu Bártovi, Ph.D., a konzultantce paní Ing. Markétě Jarošové za vstřícný přístup, odborné připomínky a vedení, cenné rady a všestrannou pomoc při zpracování diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	9
1 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
1.1 Běžné pečivo	10
1.1.1 Legislativa a definice běžného pečiva.....	10
1.1.2 Suroviny pro výrobu běžného pečiva.....	11
1.1.3 Technologie výroby běžného pečiva.....	14
1.2 Pšenice setá (<i>Triticum aestivum</i> L.)	16
1.3 Len setý (<i>Linum usitatissimum</i> L.)	17
1.3.1 Složení semen.....	17
1.3.2 Použití v pekařské výrobě	18
1.4 Konopí seté (<i>Cannabis sativa</i> L.).....	18
1.4.1 Složení semen.....	19
1.4.2 Použití v pekařské výrobě	19
1.5 Ostropestřec mariánský (<i>Silybum marianum</i> L.).....	20
1.5.1 Složení semen.....	20
1.5.2 Použití v pekařské výrobě	20
1.6 Červená řepa (<i>Beta vulgaris</i> L.)	21
1.6.1 Chemické složení	21
1.6.2 Využití.....	22
1.7 Využití kompozitních mouk	23
2 CÍL PRÁCE	24
3 MATERIÁL A METODY	25
3.1 Použitý materiál.....	25
3.1.1 Sestavení optimální receptury	25
3.2 Použité metody	27
3.2.1 Postup výroby bulek.....	27

3.2.2	Senzorické hodnocení	27
3.2.3	Měření hmotnosti a výsledných ztrát pečením u bulek.....	29
3.2.4	Stanovení sušiny a popelovin.....	30
3.2.5	Stanovení obsahu tuku	30
3.2.6	Stanovení dusíkatých látek.....	30
3.2.7	Stanovení barvy.....	30
3.2.8	Příprava vzorků pro analýzy	31
3.2.9	Stanovení obsahu celkových polyfenolů.....	31
3.2.10	Antioxidační aktivita.....	31
3.2.11	Statistické vyhodnocení	32
4	VÝSLEDKY	33
4.1	Hmotnost a ztráta hmotnosti pečením	33
4.2	Obsah sušiny.....	34
4.3	Obsah popelovin.....	35
4.4	Obsah tuku.....	36
4.5	Stanovení obsahu dusíkatých látek.....	37
4.6	Obsah celkových polyfenolů	38
4.7	Antioxidační aktivita	39
4.8	Hodnocení barvy	40
4.9	Senzorické hodnocení.....	41
4.9.1	Hodnocení parametru barva	42
4.9.2	Hodnocení parametru vůně	43
4.9.3	Hodnocení parametru textura (konzistence)	44
4.9.4	Hodnocení parametru chuť	45
4.9.5	Hodnocení parametru celková přijatelnost.....	46
5	DISKUZE.....	47
	ZÁVĚR	50

Seznam použité literatury.....	51
Seznam obrázků	60
Seznam grafů.....	61
Seznam tabulek	62
Přílohy	63

Úvod

Běžné pečivo je dostupné pro každého obyvatele naší země a tvoří součást našeho jídelníčku. V dnešní době se nabídka běžného pečiva stále rozšiřuje a s tím souvisí i vyšší konzumace v neprospěch konzumace chleba. I když se v konzumaci pekárenských výrobků promítají různé trendy, pečivo si udržuje v našem stravování své pevné místo. Jedním z důvodů je i cena běžného pečiva, které je u nás v porovnání s okolními státy velmi nízká. Běžné pečivo je zdrojem převážně sacharidů, v některých případech i vitamínů, minerálních látek a u Čechů nedostatkové vlákniny. Z důvodu vyšší biologické hodnoty je zdravotně výhodnější konzumovat pečivo celozrnné nebo pečivo s použitím posypek a semen. Spotřebitelé upřednostňují pečivo s nižší energetickou hodnotou s nižším obsahem tuků a zdraví prospěšných látek.

Hlavní surovinou pro výrobu běžného pečiva je pšeničná mouka, která je velmi ceněna. V přiměřeném množství je zdraví prospěšná, a to díky svým funkčním vlastnostem – gelotvornou funkcí lepku, vaznosti vody, která je nenahraditelná při výrobě jakostního výrobku.

Spotřebitelé především s vyššími příjmy čím dál více preferují zdravý životní styl. Jeho významnou součástí mohou být i některé druhy běžného pečiva, které složením surovin přináší řadu zdravotních výhod. Běžné pečivo je možné nutričně vylepšit přidáním jiných druhů mouk a obohatit tak náš běžný jídelníček. Tyto mouky mohou být vyrobeny z méně známých surovin, které jsou bohatší na obsah vlákniny, antioxidantů, minerálních prvků a snižují celkový obsah lepku, protože bývají často bezlepkové. Mouky mohou být vyrobeny například z pokrutin, což jsou vedlejší produkty po lisování olejnatých semen. Pokrutiny v současné době se používají jako hodnotné krmivo zemědělských zvířat. Využívají se také jako biopalivo.

Mezi netradiční surovinové komponenty při výrobě běžného pečiva lze zařadit například chia, lněná, ostropestřecová semínka, mouky z hrachu, čočky, kukuřice a červené řepy a pokrutiny. Pokrutiny lze zpracovat na mouku, která může přinést konečnému výrobku vyšší nutriční benefit. Smícháním pšeničné hladké mouky s moukou z pokrutin získáme výrobky s vyšším obsahem bílkovin, vlákniny, vitamínů, minerálů a antioxidantů.

1 LITERÁRNÍ PŘEHLED

1.1 Běžné pečivo

1.1.1 Legislativa a definice běžného pečiva

Pečivo je hlavní zdroj kalorií v potravě (Mir et al, 2016). Už od nepaměti tvoří pekařské výrobky významnou součást našeho jídelníčku, jsou základem výživové pyramidy, jsou součástí kultury a historie českého národa. Na území České republiky více než 700 pekáren vyrobí denně desítky milionů kusů běžného pečiva. Pekařskou činností se nezabývají již pouze pekárny, ale i obchodní organizace, kde se běžné pečivo dopéká ze zmrazených polotovarů (Příhoda et al., 2013).

Po celém světě se pekařské výrobky tradičně vyrábí především z pšeničné mouky. Regiony, kde nelze v požadované kvalitě pšenici vypěstovat, ji dovážejí, aby vyhověly potřebám svých obyvatel. Některé země však nejsou schopny pšenici dovážet, z tohoto důvodu začaly používat jiné, domorodé druhy obilovin a nahradili jimi část pšeničné mouky v pekařských výrobcích (Rai et al, 2012).

V posledních letech se do jídelníčku lidí stále více zařazují funkční potraviny. Pečivo je obohacováno různými účinnými složkami jako je např. vláknina, minerální látky, antioxidanty a vitamíny a získávají tak vyšší nutriční a pestřejší výživovou hodnotu (Mudgil et al., 2016).

Pekařským výrobkem může být nazván produkt, který je dle platné legislativy definován Vyhláškou č. 18/2020 Sb. Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta.

Moukou se dle této vyhlášky rozumí mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilného zrna, pseudo-obilovin nebo rýže a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu používaných obilovin, pseudo-obilovin nebo rýže.

Pekařským výrobkem se dle této vyhlášky rozumí mlýnský výrobek získaný tepelnou úpravou těst nebo hmot, jehož sušina je s výjimkou trvanlivého a jemného pečiva ze šlehaných hmot, proteinových a čistožrných výrobků a bezlepkových pekařských výrobků v převažujícím podílu tvořena mlýnskými obilnými výrobky.

Běžným pečivem se dle této vyhlášky rozumí pekařský výrobek vyrobený z pšeničné mouky nebo jiných mlýnských obilných výrobků a dalších složek, který obsahuje méně než 8 % bezvodého tuku a méně než 5 % cukru, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků.

Čerstvé běžné pečivo se označuje nebalené běžné pečivo, jehož celý technologický proces výroby od přípravy těsta až po upečení či obdobnou tepelnou úpravu, včetně uvedení do oběhu, nebyl přerušen zmrazením nebo jinou technologickou úpravou vedoucí k prodloužení trvanlivosti a které je zároveň nabízeno k prodeji spotřebiteli nejdéle do 24 hodin po upečení nebo obdobné tepelné úpravě.

Pšeničným chlebem nebo pšeničným pečivem nazýváme pekařský výrobek obsahující nejméně 90 % podíl mlýnských výrobků z pšenice z celkové hmotnosti mlýnských výrobků.

Vícezrnný chléb nebo vícezrnné pečivo je pekařský výrobek do jehož těsta jsou přidány mlýnské výrobky z jiných obilovin než pšenice a žita, např. luštěniny nebo olejnin v celkovém množství nejméně 5 % z celkové hmotnosti použitých mlýnských obilných výrobků.

Speciální druh chleba nebo pečiva se rozumí pekařský výrobek, který obsahuje kromě mlýnských výrobků ze pšenice a žita další složku, zejména obiloviny, olejnin, luštěniny, vlákninu, suché skořápkové plody, zeleninu, mléčné výrobky nebo brambory, v množství nejméně 10 % z celkové hmotnosti použitých mlýnských výrobků, nebo netradiční druhy chleba typu pita chléb, arabský chléb anebo obdobné druhy chleba plochého tvaru o hmotnosti nižší než 400 g, které obsahují nejméně 50% podíl mlýnských výrobků a jsou zpravidla kypřené kvasem nebo droždím (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

1.1.2 Suroviny pro výrobu běžného pečiva

Za základní suroviny pro výrobu běžného pečiva se považuje mouka, droždí, sůl a voda. Další suroviny nazývané jako suroviny pomocné, jelikož nejsou pro vytvoření těsta nezbytné jsou cukr, tuk, mléčné produkty, vejce a chemická kypřidla. Tyto složky mají však zásadní vliv na sensorické vlastnosti, strukturu a trvanlivost výrobků (Delcour, Hosney, 2010; Příhoda, 2012; Vramenko, 2018).

- **Mouka**

Za nejdůležitější surovinou pro výrobu pekařských výrobků je považována mouka, která tvoří 60 a více % z hmotnosti výrobku (Šedivý et al., 2013). Hlavní složku pšeničné mouky tvoří škrob (70-75 %), voda (14 %), bílkoviny (10–12 %) a lipidy (2 %) (Goesaert et al., 2005). Využívá se pšeničná a žitná mouka, častěji však pšeničná pro unikátní vlastnosti svých bílkovin, které se po hydrataci s vodou vzájemně ovlivňují a tvoří silně viskoelastickou síť – lepek (Lai, Lin, 2006).

- **Droždí**

Základem pekařského droždí jsou kvasinky druhu *Sacharomyces cerevisiae* Hansen, které svou činností ve vhodném prostředí zkvašují zkvasitelné cukry a produkují při tom oxid uhličitý, který nakypřuje těsto a ve vhodném prostředí pozitivně ovlivňuje bobtnavost lepku. (Yadav et al., 2009). Působením kvasinek dále vznikají další metabolity např. organické kyseliny a jejich estery, alkoholy, aldehydy, ketony, které pozitivně ovlivňují chuť a vůni pečiva (Skoupil a Pelikán, 1998).

Faktory, které ovlivňují rychlost fermentace, jsou: teplota, obsah vody, cukru, živin, soli a typu použitého droždí (Lai a Lin, 2006). V České republice se nejvíce využívá droždí čerstvé, lisované, s omezenou trvanlivostí 7-28 dní při teplotě skladování 4-6 °C nebo sušené s podstatě delší trvanlivostí (Příhoda, 2012).

- **Voda**

Další nedílnou surovinou v pekárenství je voda. Tvoří prostředí pro chemické a biochemické reakce, prostředí pro rozpuštění ostatních látek, aktivuje kvasinky a enzymy, hydratuje glutenové bílkoviny, škrob, neškrobové polysacharidy, poškozený škrob a je nezbytná pro vytvoření elastické, prostorové lepkové struktury těsta (Serna-Salvador, 2010).

K použití v potravinářském průmyslu je povolena pouze voda pitná. Jedním z ukazatelů kvality vody je její tvrdost, ta je dána obsahem rozpuštěných hořčnatých a vápenatých iontů (Maintz et al., 2002). Tvrdost vody by měla být středně tvrdá (3-9 mmol/l), mimořádně vysoká tvrdost zpomaluje fermentaci a nadměrně ztuhuje těsto naopak měkká voda zvyšuje lepivost těsta (Kučerová, 2016). Dalšími kvalitativními znaky vody jsou její kyselost a alkalita, které mají vliv na vedení těsta (Šedivý et al., 2013).

- **Cukr**

Přídavek sacharózy při technologickém postupu výroby kynutých těst má mnoho jiných funkcí než poskytování sladké chuti. Zvýrazňuje barvu kůrky, zjemňuje pórovitost střídy, napomáhá výrobkům zachovat chuť a prodlužuje čerstvost. Společně se solí tvoří komplexní dojem plné chuti (Příhoda et al., 2003)

Malé množství cukru slouží jako zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky, které následně produkují plyn pro kynutí těsta. Ve velkém množství naopak cukr fermentaci kvasinek zpomaluje a snižuje vaznost mouky (Kučerová, 2016; Hui et al., 2008).

- **Tuk**

Při výrobě běžného i jemného pečiva se již tradičně používá značné množství tuku, ve formě tuhého tuku, margarínu, másla a ve formě rostlinných olejů (Bláha et al., 2014).

Tuky se podílejí na charakteru výrobků, ovlivňují senzorické vlastnosti, zejména chuť výrobku. Podílí se na zpracovatelských vlastnostech těsta, napomáhají rovněž pomalejšímu stárnutí pečiva. Malé množství tuku v těstě napomáhá lepku k lepším elastickým vlastnostem, čímž se zvětšuje pórovitost a objem výrobku. Díky emulgátorům obsažených v tucích zůstávají voda a tuk smíchány, čímž se vytváří rovnoměrné rozložení chutí. Použití oleje stejně tak másla napomáhá vláčnosti výroku (Příhoda et al., 2003; Kučerová 2016).

- **Vaječné suroviny**

Ve výrobě běžného či jemného pečiva se používají zejména vejce slepičí, a to ve formě sušené nebo zmrazené – pasterované. Používání čerstvých vajec je značně riziková činnost, zejména z důvodu možnosti kontaminace salmonelou (Kučerová, 2004).

Vejce plní v pečivu velký význam, jak technologický, tak nutriční. Vaječné žloutky působí jako emulgátor, dodávají pečivu vlhkost, zlepšují barvu a dále také stabilizují disperzní systémy. Bílky tvoří objemné a stabilní pěny, proto jsou základní složkou mechanicky kypřených těst. Vynechání vaječných žloutků může mít za následek menší křehkost a vynechání bílků menší objem (Burešová a Lorencová, 2013).

- **Mléčné suroviny**

Tekuté mléko se využívá spíše v malých provozech, kde je okamžitě spotřebováno. Jeho nevýhodou je riziko mikrobiologické kontaminace. Z tohoto důvodu se využívá spíše mléko v sušené formě. Mléko dodává pečivu příjemné mléčné aroma a chuť, zlepšuje nutriční vlastnosti, díky obsahu esenciálních aminokyselin, vápníku a hořčíku a využívá se jako nosič zlepšujících přísad.

Dále jsou používaná sušená syrovátka, jejichž bílkoviny zlepšují strukturu těsta, sušené podmásly a sušený sýr (Šustová, Sýkora, 2013; Příhoda et al., 2003).

- **Zlepšující přísady**

Používání zlepšujících přísad se v pekařském průmyslu stalo běžnou praxí. Zlepšují vlastnosti těsta, kvalitu čerstvého pečiva a prodlužují trvanlivost balených výrobků. Do této skupiny řadíme emulgátory – povrchově aktivní látky, oxidační látky, konzervační látky, enzymové preparáty a chemické zlepšující prostředky (Rosell et al., 2001).

Emulgátory jsou při výrobě běžného pečiva hojně využívány, protože zabráňují vypařování vody z výrobků a tím prodlužují jejich čerstvost, zvětšují objem, zlepšují pórovitost a jemnost pečiva. Nejčastěji používanými emulgátory jsou monoglyceridy (E 471) a lecitin (E 322) (Příhoda et al., 2003).

Další významnou přísadou jsou oxidační látky jako kyselina askorbová, peroxidy, azodikarbamid a bromičnan draselný, které se využívají k bělení mouky, urychlují zrání mouky a rovněž mají pozitivní vliv na těsto (Příhoda et al., 2003).

Enzymy pracují jako biokatalyzátory chemických procesů v živých organismech. V pekařských technologiích se využívají hlavně enzymy diastatické, kvasné a proteolytické. Enzymy zlepšují lepivost, zpracovatelnost, pružnost a tažnost těsta, napomáhají dobrému vykynutí výrobků a udržení objemu při pečení. (Příhoda et al., 2003; Hui et al., 2008).

Konzervační látky prodlužují trvanlivost pečiva a chrání proti činnosti mikroorganismů. Mezi povolené a nejčastěji používané řadíme tyto konzervační látky: kyselina sorbová, oxid siřičitý a jeho sloučeniny, kyselina propionová a její soli (Kučerová, 2016).

1.1.3 Technologie výroby běžného pečiva

Technologie výroby běžného pečiva se skládá z těchto kroků: příprava těsta, mísení, hnětení, zrání a dělení, předkynutí, tvarování, dokynutí, pečení s následným chlazením. Ve velkých průmyslových pekárnách probíhá výroba pečiva kontinuálně, v menších provozovnách probíhají jednotlivé kroky diskontinuálně (Příhoda et al., 2003)

Příprava těsta

Příprava těsta je jedna z nejdůležitějších procesů při výrobě pečiva a je základ pro kvalitní jakostní výrobek. Používá se principů přímého a nepřímého vedení těsta (Decaux, 2009).

Mísení a hnětení

V průběhu mísení a hnětení dochází k mnoha chemickým a fyzikálním změnám. V procesu hnětení dochází k homogenizaci a promíchání všech komponentů těsta. Po přidání vody začínají polysacharidy a bílkoviny bobtnat, hnětením těsta se bobtnání zesiluje a zároveň probíhá celá řada enzymově katalyzovaných a chemických reakcí.

Vzniká trojrozměrná prostorová síť lepkavé bílkoviny. Dochází k silné pružnosti těsta, viskozity těsta a k odporu těsta vůči napínání. Tento technologický proces se jmenuje vývin těsta (Příhoda et al., 2003).

Zrání a dělení

Zrání je biologické nakypřování těsta pomocí fermentace. Velmi důležitá v tomto kroku je teplota zrání. Nižší teplotou vzniká alkoholové kvašení a tvoří se oxid uhličitý. Vyšší teplotou vzniká mléčné kvašení a tvorba kyselin. Nejvhodnější teplota pro zrání těsta je teplota 30-32 °C po dobu 30-90 minut. Rozhodujícím faktorem v průběhu zrání je zásadní teplota prostředí, způsob hnětení, kvalita droždí a mouky (Hrabě et al., 2008).

Zráním vzniká plně vyvinuté těsto (Tietze et al., 2017). Vyzrálé vyvinuté těsto se následně rozděluje na klonky o stejné hmotnosti. Dle platné legislativy běžné pečivo nesmí přesáhnout 400 g (Příhoda et al., 2003).

Předkynutí a tvarování

Mezi dělením na klonky a tvarováním klonků je doba tzv. předkynutí. Předkynutí probíhá v kynárnách řízenou atmosférou (Kučerová 2004). Klonky nemají pravidelný tvar, proto se ještě upravují a rozdělují. Tvarování těst probíhá ručně nebo strojově.

V malých pekárnách se tvaruje těsto ručně, ve velkých provozovnách se tvarování provádí strojově vyválením na tenké plátky, které jsou následně srolovány (při výrobě rohlíků a vek) anebo se do bochánku těsta shora vyrazí tvar v podobě housky (Kučerová 2016).

Dokynutí

Vytvarované produkty následně se převáží do kynárny s řízenou teplotou a vlhkostí. Dokynutí je významné pro fermentaci a je podmínkou regenerace struktury těsta po tvarování. Teplota vhodná pro správné dokynutí běžného pečiva je 26-28 °C a relativní vlhkosti 75 %. Dokynutí trvá obvykle 20-30 minut (Hrabě et al., 2008).

Pečení

Pečení patří mezi nejdůležitějším technologickým procesům a má vliv na konečnou kvalitu a vzhled výrobku (Maintz, 2002). Pečení lze definovat jako proces, při kterém vznikají dané pekařské produkty s jedinečnými senzorickými vlastnostmi. Pečení má vliv na organoleptické vlastnosti (barvu, chuť a texturu), denaturaci bílkovin a mazovatění škrobu. Pečením se stává výrobek stravitelnější a vzniklý výrobek je bez patogenů a mikroorganismů (Brennan, 2006).

Během pečení se vytváří střída a kůrka výrobku, zvětšuje se objem a vytváří se konečná chuť a aroma výrobku. V malovýrobních podnicích se obvykle peče na plechách na vozících, které se převezou z kynárny do pece. Zpočátku se pečou výrobky

při vysokých teplotách 200-240 °C, poté se teplota snižuje na obvyklých 200 °C. Běžné pečivo o váze kolem 50 g se peče 12-15 minut (Hrabě et al., 2008).

Chladnutí

Struktura a chuť pečiva může být poškozena nesprávnou manipulací při chladnutí (Příhoda et. al., 2003). Pečivo se chladí samovolně a je možné tento proces urychlit pomocí chladících tunelů, ventilátorů, chladících komor a dalších přístrojů. Pečivo musí být před expedicí alespoň částečně vychlazené, aby nedošlo k poškození kvality výrobku. Dalším důvodem chlazení pečiva je skutečnost, že horký výrobek je velmi těžko stravitelný (Bulková, 2011). Balení může probíhat až po úplném vychlazení (Kučerová, 2016).

1.2 Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.)

Pšenice setá se řadí mezi nejstarší obiloviny dominující zejména v zemích mírného pásu. Patří mezi tři nejpěstovanější duhy obilovin ve světě (dále pak rýže a kukuřice). Pro více než třetinu světové populace tvoří základ výživy. Nejčastěji se využívá pro výrobu mouky na chléb, pečivo, těstoviny a také jako krmivo po hospodářská zvířata (Shewry, 2009). Zrno pšenice obsahuje 78 % sacharidů, 15 % bílkovin, 2 % tuků a vitamíny (především vitamíny skupiny B) a minerální látky (zinek, železo, fosfor) (Kumar, 2011).

Dalšími známými druhy jsou pšenice tvrdá, špalda nebo kamut. Pšenice tvrdá (*Triticum durum* Desf.) má tvrdý endosperm a vykazuje vysoký obsah bílkovin (12–16 %). Krupice z ní vyrobená se nazývá semolina a vyrábí se z ní klasické těstoviny nebo kuskus. Pšenice špalda a kamut jsou starými, v dnešní době minoritními odrůdami, avšak z nutričního hlediska jsou zajímavější v porovnání s pšenicí obecnou. Obsahují vyšší obsahy minerálních látek, vitaminů, esenciálních aminokyselin a polyfenolů (Dostálová et al., 2016).

Nejbohatší na bioaktivní látky je bezpochyby pšeničná mouka celozrnná, obsahuje karotenoidy, fytosteroly, tokoferoly a fenolické látky s antioxidační aktivitou (Luthria et al., 2015).

Unikátní vlastnosti pšenice spočívají v obsahu škrobu a lepkových proteinů. Po vymletí a smícháním s vodou vytváří viskózně-elastické těsto. To tvoří základ pro vý-

robu pečiva, těstovin, knedlíků apod. Pekařská kvalita pšenice je podmíněná především kvalitou a množstvím lepku. Lepek je bobtnavý a tažný, díky tomu je schopen poutat plyny vznikající v těstě při kynutí (Chloupek, 2008, Gabrovská et al., 2015).

Obilky pšenice obecné (*Triticum aestivum* L. *Emend. Fiori et Paol.*), vyhrazené k mlýnskému zpracování a pro lidskou výživu, se podle ČSN 46 1100-2 označují jako pšenice potravinářská. Odrůdy potravinářské pšenice se registrují na základě technologické jakosti. Nejvýznamnějšími kategoriemi jsou pšenice pekárenské a pečivářenské. Obecně platí, že pro pekárenské výrobky je vhodná pšenice s vysokým obsahem bílkovin, zatímco u pečivářských výrobků se uplatní pšenice s jejich nižším obsahem (Pagani et al., 2014; Hušková et al., 2008).

Odrůdy pšenice můžeme také dělit dle pekařské kvality do jakostních tříd: E – elitní, A – kvalitní, B - chlebové, C - nehodné pro výrobu kynutých těst. Kritéria pro zařazení do jednotlivých tříd jsou především: objemová výtěžnost, obsah dusíkatých látek, Zelenyho sedimentační test, číslo poklesu a vaznost mouky (Kadlec et al., 2012).

1.3 Len setý (*Linum usitatissimum* L.)

Len setý patří mezi olejninu, je to nenáročná rostlina čeledi lnovitých. Tato čeleď obsahuje až 22 druhů, rod linum obsahuje 200 druhů rostlin, které rostou většinou planě. Lny rozeznáváme jako ozimé, vytrvalé, plazivé a keříčkovité. Hospodářsky se pěstují 3 druhy lnu, přadný, olejný a olejnopřadný. Ve světě je přibližně 75 % ploch olejnin oséváno lnem olejným. Len olejný a len olejnopřadný se pěstuje pro semena, len přadný pro dlouhá vlákna používaná v textilním průmyslu (Moudrý et al., 2011, Prugar et al., 2008). Rostlina pravděpodobně pochází ze Středního východu. Výtěžnost oleje ze semen je 35-50 %, olej je využíván v potravinářství a v chemickém průmyslu jako součást nátěrových produktů (Zuk et. al., 2015).

1.3.1 Složení semen

Semínko je malé, hnědé a lesklé. Skládá se z lipidů (41 %), bílkovin (20 %), celkovou vlákninou (28 %), popelem (3,4 %) (Shim e. al., 2014). Semena obsahují bioaktivní látky prospěšné pro lidské zdraví jako například omega 3 mastné kyseliny nebo lignany, které patří do skupiny polyfenolů. Mezi lignany se řadí seciosolariciresinol, který tvoří 98 % lignanů. Semena obsahují velké množství rozpustné a nerozpustné vlákniny (Muir, 2010). Z omega 3 mastných kyselin je převážně zastoupena kyselina alfa linolenová, která snižuje riziko aterosklerózy a pomáhá snížit hladinu cholesterolu

(Shim et al., 2014). Vylisováním semen vznikají pokrutiny. Taktéž pokrutiny obsahují bioaktivní látky. Studují se antibakteriální a protinádorové účinky (Zuk et al., 2015).

1.3.2 Použití v pekařské výrobě

Semeno lnu se využívá jako krmivo pro hospodářská zvířata a poslední dobou jako potravinu pro lidskou spotřebu. Získává se olej ze semen a výlisky po lisování lněného oleje. Mleté lněné semeno je náchylné ke žluknutí. Oxidací mohou vznikat potenciálně toxické látky (Shim et al., 2014). Len setý se v pekařství používá stále častěji. Do různých druhů pekařských výrobků jsou přidávány celá nebo drcená semena. Semena lnu jsou přimíchávány také do müsli pro obsah bílkovin, vlákniny a omega 3 mastných kyselin (Chalupníková, 2019).

- Lněná mouka

Pojem lněná mouka v pekařství lze zaměnit za lněnou vlákninu, která je vyráběna z výlisků lněných semen. Lněná mouka je bohatá na vlákninu (45 %) a bílkoviny (32 %) a má nízký obsah sacharidů (0,9 %), proto jsou lněné výrobky vhodné při nízkosacharidových dietách. Lněná mouka také obsahuje vitamíny skupiny B. Výrobky z lněné mouky jsou vhodnou zdravou přírodní variantou zdroje kyseliny listové v těhotenství.

Lněnou mouku lze využít jako zahušťovadlo nebo pojidlo, protože semeno obsahuje slizy a gumy (Chalupníková, 2019, Tiefen Bacher 2017). Při testování přísad různého množství lněné vlákniny do pečiva bylo zjištěno, že nejlepší vliv na texturu má 5 % přísad, vyšší přísad snižoval objem výrobku, 20% přísad způsobuje velmi malý objem, tmavou barvu a lámání výrobku (Hall a Tulbek, 2008).

Lněná mouka byla použita i při výrobě trvanlivého pečiva, sušenek. Zvyšující se podíl lněné mouky způsoboval vysokou tvrdost konečných výrobků, zároveň ale také rostl podíl bílkovin. Konzumenti negativně hodnotily drobivou strukturu sušenek (nedržely pevný tvar). Na základě těchto výsledků bylo považováno jako přijatelný přísad max. 12 % lněné mouky (Khouryieh a Aramouni, 2012).

1.4 Konopí seté (*Cannabis sativa* L.)

Konopí seté je všestranná rostlina, pravděpodobně pochází z Indie, jedná se o jednoletou rostlinu z čeledi konopovité. Existují dva hlavní typy konopí setého, první typ je znám jako marihuana s obsahem THC (tetrahydrocannabinol) 1-20 %, druhý typ je označován jako technické nebo průmyslové konopí (0,3 % THC). V současnosti je

semeno technického konopí oceňováno pro svoji vysokou nutriční hodnotu, lze jej koupit v prodejnách zdravé výživy (Osinková, 2018).

V České republice se začíná konopí více pěstovat, platí zde však povinnost hlásit větší osevní plochy nad 100 m². Známa odrůda konopí je Finola, která je tolerantní vůči mrazu až - 5 °C a suchu, navíc produkuje více semen než jiné odrůdy, není nutné ji ošetřovat pesticidy a herbicidy. Hladina THC je hluboko pod požadovanou maximální hodnotu 0,3 % THC (Callaway, 2004).

1.4.1 Složení semen

Konopná semena obsahují více než 35 % oleje, 20-30 % sacharidů, 25 % rostlinných bílkovin a 10-15 % nerozpustné vlákniny. Konopná semena představují značný zdroj vysoce kvalitních bílkovin, vlákniny, tuků i sacharidů. Hlavními proteiny semen jsou globulin (65 %) a albumin (33 %). Obě tyto složky jsou snadno stravitelné a obsahují nutričně významné množství všech esenciálních aminokyselin (Callaway, 2004).

Sacharidy obsažené v konopném semenu se nacházejí převážně ve formě vlákniny, která napomáhá při léčbě kardiovaskulárních chorob, díky schopnosti snižovat vstřebávání tuků a cholesterolu (Vonapartis, 2015).

Semena jsou bohatým zdrojem esenciálních mastných kyselin, zejména n-6 linolové (50-70 %) a n-3 alfa linolenové kyseliny (15-25 %) (Axe, 2017).

1.4.2 Použití v pekařské výrobě

Konopná semena jsou využívána pro potravinářské, kosmetické, textilní i léčebné účely. V potravinářství se využívá mouka na výrobu pečiva, těstovin a různých tyčinek. Semena se přidávají jako ingredience do salátů, margarínů, piva, čaje a vína. V České republice se zatím používá nejvíce konopný olej jako přísada do salátů a konopná semena jako přísada do müsli a zdravých tyčinek (Prugar, 2008).

Konopná mouka se získává mletím pokrutin nebo celých semen konopí. Tato mouka je vysoce kvalitní bezpečnou surovinou. Nejjednodušší využití konopné získáme prostým přimícháním do pekařských výrobků v množství kolem 10-15 % (Hrušková, Heroudková, 2015). Výskyt mouky v pekařském výrobku zvyšuje obsah minerálních látek (Švec, Hrušková, 2015).

Mletím konopných pokrutin získáme proteinový koncentrát s vysokou nutriční hodnotou, který je velmi vhodný jako doplněk stravy pro sportovce, děti a těhotné ženy. Konopná mouka obsahuje vysoké množství bílkovin, vlákniny a tuků. Je nízkotučná, přirozeně bezpečná, vhodná pro nemocné celiakií (Ruman, Klvaňová, 2013).

Těstoviny a konopné výrobky z lisovaného či celého konopného semene mají až čtyřnásobně vyšší obsah vlákniny v porovnání s pšeničnými (Folegatti et al., 2014).

1.5 Ostropestřec mariánský (*Silybum marianum* L.)

Ostropestřec mariánský známe pod lidovým názvem bodlák ostrý, bodlák mariánský, bodlák Marie, ostropes, nebo kotlačka. Je jednou z nejpěstovanějších a nepoužívanějších léčivých plodin. Jedná se o rostlinu patřící do čeledi hvězdčovitě, původem ze středomořských oblastí Evropy, severní Afriky a Středního východu. Ostropestřec mariánský je rostlina s pichlavými listy, fialovými nebo bílými květy a plodem je hnědá nažka 6-7 mm dlouhá (Porwal et al., 2019).

1.5.1 Složení semen

Z rostliny se využívá nejvíce nažka. Jak uvádí Zelený (2004) a Součková (2009) nažky obsahují 26-28 % bílkovin a 25-35 % lipidů. Ostropestřec obsahuje značné množství vitamínu E. Nejvýznamnější složkou ostropestřce je silymarin. Silymarin je tvořen směsí flavonolignanů – silybininu, silydianinu a silychristinu. Silymarin je sloučenina nerozpustná ve vodě, kvůli tomu jsou odvary nebo výluhy ze semen málo účinné. Nejúčinnější je podávání v podobě extraktu, který obsahuje kolem 75 % silymarinu (Porwar et al., 2019).

Účinné látky obsažené v semenech jsou zdraví prospěšné. Tyto látky obsažené ve fialové odrůdě ostropestřce mariánského se označují jako silymarinový komplex. Studie prokázaly, že silymarinový komplex působí hepatoprotektivně a antioxidačně. Také jsou prospěšné při léčbě diabetu, protože podporují životaschopnost β -buněk slinivky, kde je tvořen inzulin (Eita, 2021).

1.5.2 Použití v pekařské výrobě

Mouka ze semen ostropestřce mariánského vzniká jako vedlejší produkt při výrobě oleje. Pokrutiny ze semen ostropestřce obsahují prospěšné látky jako bílkoviny, sacharidy (zejména nerozpustná vláknina), minerály a látky, které mají antioxidační a antimikrobiální vlastnosti (Uhlířová, 2021).

Nahrazením 5-15 % pšeničné mouky moukou ze semen ostropestřce se nemění reologické vlastnosti těsta, viditelný rozdíl je pouze v tmavší barvě těsta, ale navíc se zvyšuje nutriční hodnota, snižuje se obsah lepku, což je ale samozřejmé, protože ostropestřcová mouka je bezlepková (Livia Apostol et al., 2017).

Tyto poznatky byly prokázány i při dalších analýzách. U pečiva s obsahem 12,5 % ostropestřecové mouky bylo zjištěno, že tento přídavek neměl vliv na fyzikální ani organoleptické vlastnosti výsledného výrobku. Dalším pozitivním výsledkem byl fakt, že proces pečení (tedy teplota a čas) neměl vliv na obsah silymarinu (Ataei Nukabadi et al., 2021).

U nahrazování části pšeničné mouky moukou z ostropestřce mariánského nastává problém při senzorické analýze. Sušenky obsahující tuto mouku (z 10 %) hodnotili konzumenti jako méně chutné i vzhledné (Menasra a Fahloul, 2019).

1.6 Červená řepa (*Beta vulgaris* L.)

Červená řepa, latinsky *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* convar. *esculenta*, synonymum *B. vulgaris* convar. *crassa*, patří do čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*). Červená řepa je také někdy nazývána jako řepa salátová. Tento název je přesnější z toho pohledu, že existují řepy s velmi pestrými škálami barev – od bílé přes žlutou až po sytě červenou (Pekárková, 2000).

Dle charakteru rostlinných orgánů, pro které se pěstuje, je červená řepa řazena do kořenové zeleniny. Je to dvouletá rostlina, pro bulvy se však pěstuje jako jednoletá. Bulvy červené řepy mají rozmanitý tvar – kulaté (zaoblené), špičaté (protažené) a oválné (zploštělé) (Biggs et al., 2004).

1.6.1 Chemické složení

Největší podíl v bulvě řepy zaujímá voda. Dále pak červená řepa obsahuje sacharidy, vlákninu, bílkoviny, minerální látky a vitamíny. Z minerálních látek je zde nejvíce zastoupen draslík, sodík, fosfor. Řepa je také dobrým zdrojem železa, které má pozitivní vliv na produkci bílých a červených krvinek. Z vitamínů je v červené řepě nejvíce zastoupen vitamín C, vitamín B₂, B₆ i B₉ (Briggsová, 2009).

Procentuální zastoupení jednotlivých složek syrové bulvy červené řepy podle McCance a Widdowsons (2008):

- 87,6 % voda
- 10,5 % sacharidy
- 1,8 % bílkoviny
- 0,1 % lipidy

Typická „zemitá“ příchut', vůně a celkové aroma červené řepy je způsobeno přítomným bicyklickým alkoholem – geosmin, který je produkován některými půdními mi-

kroorganismy (Freidig, et al., 2014). Bulvy červené řepy mají značný obsah polyfenolů. Koncentrace polyfenolů závisí na stupni vývoje rostliny. Fenolické látky obsažené v červené řepě zahrnují různé druhy sloučenin, jako jsou fenolové kyseliny, flavonoidy a fenolické amidy pojímající betalainová barviva (Ninfali a Angelino, 2013).

Červená řepa obsahuje barviva např. chlorofyly, karotenoidy, flavonoidy a betalainy. Ve velkém množství jsou zastoupeny již zmiňované betalainy. Betalainová barviva byla objevena poprvé právě v červené řepě, odkud získaly své pojmenování. Většinou se nacházejí v kořenu, ale v menší míře se mohou vyskytovat i v červených částech listů a stonků červené řepy. Betalainová barviva jsou látky ve vodě rozpustné, získávají se extrakcí rozdrcené řepy. V potravinářství je červené barvivo pod kódem E162 známé jako betalainová červená nebo betanin a je hojně využíváno k obarvení zmrzlin, bonbonů a jiných sladkostí. Lze ho také nalézt v nápojích, mléčných výrobcích, masných výrobcích, naložené zelenině atd (Briggsová, et al., 2009).

Z výzkumu španělských vědců (Carrillo et al., 2017) vyplývá, že salátová řepa patří mezi deset nejúčinnějších antioxidačních zelenin.

1.6.2 Využití

Červená řepa je již po dlouhou dobu využívána pro její pozitivní vliv na lidské zdraví. Využívána je především ke stimulaci krve tvorby a imunitního systému, dále pak pro ochranu ledvin, jater a střev před působením toxických látek. Červená řepa vykazuje antioxidační, antistresové, antivirové, antihypertenzní, protizánětlivé, protirakovinné, antiobezitní, antimikrobiální a lipidové snižující účinky (Kumar a Brooks, 2008, Panghal et al., 2017).

V moderní medicíně jsou pozitivní účinky řepy přisuzovány betalainům. Tyto látky chrání buňky před oxidačním stresem, mají protinádorové a protizánětlivé účinky. Červená řepa obsahuje také polyfenoly, které zabraňují volným radikálům v oxidaci biologických molekul. Obsažené fenolické kyseliny jsou účinnými antioxidy, vykazují antivirové, protinádorové, antibakteriální a protizánětlivé účinky (Vulic et al., 2012).

V posledních letech se v západní Evropě ročně vyprodukuje více než 200 000 tun červené řepy, z níž většina (90 %) se zkonzumuje jako zelenina. Zbývající část je zpracovávána na šťávu nebo potravinářské barvivo. Při zpracovávání červené řepy pro výrobu zeleninových šťáv, vzniká jako vedlejší produkt značné množství dužiny, která by byla vhodná pro přípravu nových produktů s přidanou nutriční hodnotou (Shyamala a Jamuna, 2010).

Studie dle Renawana et al., (2016) popisuje vliv přidávání mouky ze zeleniny sušené mrazem na výživové, fyzikálně chemické a oxidační vlastnosti pšeničných výrobků. Tyto pekařské výrobky obohacené o mrazem sušenou salátovou řepu či jinou zeleninu vykazovaly lepší nutriční a funkční vlastnosti.

Při průmyslovém zpracování červené řepy vzniká velké množství odpadu. Costa et al., (2017) se ve své studii zabývá určením nejlepšího způsobu získávání mouky z odpadu zpracované červené řepy. Mouka vzniklá sušením odpadu salátové řepy při 70 °C vykazovala významnou antioxidační aktivitu i značný obsah betalainu. Z tohoto výzkumu vyplývá, že takto vzniklá mouka ze salátové řepy může být použita jako funkční přísada pro zlepšení nutričních vlastností potravinářských výrobků.

1.7 Využití kompozitních mouk

Hlavním důvodem využívání minoritních mouk v pekařském průmyslu je uspokojení rostoucích požadavků na zdravou a vyváženou stravu. Je kladen důraz na zvýšení obsahu nutričně významné vlákniny a dalších bioaktivních látek, snížení obsahu lepku, zvýšení pestrosti jídelníčku a rozšíření sortimentu výrobků (Hrušková, Švec, 2020).

Minoritní mouky se vyznačují vysokým obsahem vlákniny, bílkovin, minerálních látek a vitamínů a jsou z hlediska výživy hodnotnější než mouka pšeničná. Pšeničná mouka je považována za nutričně chudou, protože např. pšeničné bílkoviny mají nedostatek esenciálních aminokyselin jako je lysin a threonin (Dalal, Bobade, 2018).

Využití kompozitních mouk má několik výhod. Ekonomickou výhodou je snížení dovozu pšeničné mouky, dále pak podpora pěstování původních druhů rostlin a lokálního zemědělství. Další výhodou je přijímání většího množství bílkovin z běžně konzumovaných potravin.

V populaci roste procento osob trpící nesnášenlivostí lepku, což je autoimunitní onemocnění známé jako celiakie (Shewry, 2019). Minoritní mouky z pseudoobilovin, jako jsou např. pohanka, amarant, quinoa neobsahují prolaminy a jsou tudíž oblíbenou surovinou při přípravě pečiva pro lidi, kteří mají bezlepkovou dietu.

V dnešní době je na trhu velké množství druhů minoritních mouk. Existují mouky z výlisků semen olejnin (lněná mouka, konopná mouka, mouka z ostropestřce mariánského), luštěninové mouky (hrachová mouka, cizrnová mouka), mouky z exotických druhů ovoce (kokosová mouka, banánová mouka). Lze se setkat s moukou mandlovou, dýňovou, moukou z vlašských a kešu ořechů (Sridharan et al., 2020).

2 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce bylo nahradit část pšeničné mouky variantami kompozitních mouk připravených z výlisků olejnin a salátové řepy při výrobě běžného pečiva.

Mezi dílčí cíle diplomové práce patřilo:

- Prostudovat dostupnou odbornou českou i zahraniční literaturu a vypracovat literární přehled (charakterizovat běžné pečivo a suroviny pro jeho výrobu, popsat technologii výroby, charakterizovat druhy hodnotných olejnin (len setý, ostropestřec mariánský, konopí seté) a salátovou řepu při použití v pekařské výrobě.
- Optimalizovat postup při výrobě fortifikovaného pečiva kompozitními moukami.
- Zjistit senzorickým hodnocením přijatelnost fortifikovaného běžného pečiva kompozitními moukami.
- Hodnocení přídatku kompozitních mouk na složení běžného pečiva.
- Hodnocení přídatku kompozitních mouk na obsah celkových polyfenolů a antioxidační aktivity.

3 MATERIÁL A METODY

3.1 Použitý materiál

K výrobě pekařských výrobků (bulek) s přidavkem minoritních mouk byly použito 5 druhů bezlepkových a nutričně, nebo i barevně zajímavých mouk. Pro experiment byly vybrány mouky z výlisků dvou odrůd lnu setého olejného: Žlutosemenná odrůda Raciol a hnědosemenná odrůda Libra. Dále byly vybrány mouky z výlisků konopí setého (odrůda Finola) a ostropestřce mariánského. Tyto mouky byly získány rozemletím výlisků, u kterých nebylo provedeno síťování na velikostní frakce. Výlisky byly poskytnuty z projektu NAZV QK 1910302. Poslední použitou minoritní moukou byla mouka z červené řepy. Tato mouka byla pořízena od firmy INGREDIENCE s.r.o.

Aby bylo dosaženo dokonalé homogennosti 2 složek o stejné jemnosti, byly tyto suroviny namlety na planetovém mlýnu (Pulverisette 6 FRITCH, Německo) s nerezovou miskou a nerezovými koulemi při rychlosti 550 otáček/1 minutu po dobu 2 minut. Výsledkem bylo získání homogenních mouk a kompozitních mouk. Na obrázku č. 1 jsou jednotlivé typy mouk.



Obrázek 1: Použité minoritní mouky

1. Mouka ze lnu setého olejného (odrůda Raciol)
2. Mouka z 50 % ze lnu setého olejného (odrůda Raciol) a 50 % červené řepy
3. Mouka z 50 % ze lnu setého olejného (odrůda Libra)
4. Mouka z 50 % ze lnu setého olejného (odrůda Libra) a 50 % červené řepy
5. Mouka z konopí setého (odrůda Finola)
6. Mouka z 50 % konopí setého (odrůda Finola) a 50 % červené řepy
7. Mouka z ostropestřce mariánského (odrůda Mirel)
8. Mouka z 50 % ostropestřce mariánského (odrůda Mirel) a 50 % červené řepy
9. Mouka z červené řepy

3.1.1 Sestavení optimální receptury

Po seznámení se s recepturami uvedenými v běžné literatuře pro výrobu běžného pečiva byla použita následující receptura. Ze surovin bylo použito: pšeničná hladká

světlá mouka, jedlý slunečnicový olej, pekařské droždí, jedlá sůl, cukr krupice, sušené mléko, voda a koncentrát Diapol KV5. Koncentrát je zlepšující přípravek na výrobu sladového pšeničného pečiva, složení: ječný slad, ječná sladová moučka, pšeničná mouka, enzymy, emulgátory E472e a E471 a kyselina askorbová. Receptura 10 druhů bulek je znázorněna v tabulce č. 2.

Přehled 10 variant vyráběných bulek z následujících mouk:

1. Standardní pšeničná mouka hladká 100 %
2. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 10 % mouky ze lnu setého (Raciol)
3. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 5 % mouky ze lnu setého (Raciol) a 5 % mouky z červené řepy
4. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 10 % mouky ze lnu setého (Libra)
5. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 5 % mouky ze lnu setého Libra a 5 % mouky z červené řepy
6. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 10 % mouky z konopí setého Finola
7. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 5 % mouky z konopí setého Finola a 5 % z červené řepy
8. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 10 % mouky z ostropestřce mariánského
9. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 5 % mouky z ostropestřce mariánského a 5 % mouky z červené řepy
10. Standardní pšeničná mouka hladká 90 % a 10 % mouky z červené řepy

Tabulka 1: Konečná receptura bulek

číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[g]	0	LEN (RACIOL)	LEN (RACIOL) + ŘEPA	LEN (LIBRA)	LEN (LIBRA) + ŘEPA	KONOPÍ	KONOPÍ + ŘEPA	OSTROPESTŘEC	OSTROPEST. + ŘEPA	ŘEPA
minoritní mouky		100	50/50	100	50/50	100	50/50	100	50/50	100
pšeničná mouka	1000	900	900	900	900	900	900	900	900	900
olej	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
cukr	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
sůl	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
koncentrát	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
sušené mléko	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
voda	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
droždí	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
celková hmotnost	1645	1645	1645	1645	1645	1645	1645	1645	1645	1645

3.2 Použité metody

3.2.1 Postup výroby bulek

Všech 10 variant bulek bylo vyrobeno v domácím prostředí. Suroviny byly uhněteny v těsto technologií přímého vedení. Hnětení těsta bylo provedeno na hnětači ETA pro běžnou domácnost, proto bylo nutné postupovat jednotlivě podle 10 druhů těst a postupně po 10 minutách. V prvním kroku byly všechny suroviny naváženy na požadovanou hmotnost podle receptury, voda musela mít stále stejnou teplotu a co nejnižší, aby se těsto při hnětení příliš nezahřívalo.

Všechny komponenty byly vsypány do mísící nádoby domácího hnětače ETA a začalo vlastní mísení: 4 minuty v pomalém režimu a 6 minut v rychlejším režimu. Po vyhnětení bylo těsto v plastové míse umístěno na 20 minut na teplé místo s teplotou 27 °C. Po uplynutí 20 minut vykynuté těsto bylo děleno, krájeno a naváženo na požadovanou hmotnost jednoho klonku 60 g. Klonky byly ručně zpracovány do tvaru bulky. Takto připravené byly kladeny na máslem vymazaný plech. Bulky na plechu se nechávaly dokynout při teplotě 27 °C po dobu 30 minut. Při kynutí bylo nutno výrobky hlídat a kontrolovat, aby těsto nepřekynulo. Po uplynutí doby kynutí byly pečeny v troubě při teplotě 200 °C po dobu 12 minut a poté se nechaly na plechu zchladnout.

3.2.2 Senzorické hodnocení

- Příprava vzorku

Všech 10 druhů bulek bylo upečeno v brzkých ranních hodinách a bulky byly převezeny do učebny katedry potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů zemědělské a technologické fakulty Jihočeské univerzity. Jednotlivé bulky byly rozpůleny, položeny na bílou podložku a označeny číslicemi 1 až 10.



Obrázek 2: Fotografie bulek připravených k senzorickému hodnocení

-
- Skupina hodnotitelů

Skupina hodnotitelů byla složena ze zaměstnanců a studentů Jihočeské univerzity. Skupinu hodnotitelů byla tvořena z 20 osob, 10 mužů a 10 žen v různém věkovém složení. Před začátkem senzorické analýzy byly hodnotitelé proškolení garantem předmětu Senzorická analýza paní profesorkou Evou Samkovou o způsobu provedení hodnocení.

- Místnost

Senzorická analýza se uskutečnila v učebně univerzity, která je k tomuto účelu uzpůsobena. Hodnocení probíhalo v odpoledních hodinách, místnost byla řádně osvětlena, vyvětrána, aby bylo zamezeno přítomnosti nežádoucích pachů, které by mohly ovlivnit senzorické hodnocení. Každý z hodnotitelů měl svoji vlastní pracovní plochu, na které byla jako neutralizátor použita sklenice s pitnou vodou.

- Průběh hodnocení

Každý hodnotitel byl seznámen s průběhem hodnocení a s obsahem vzorového protokolu měření. Vyplněné protokoly byly odevzdány po ukončení hodnocení a následně mohli hodnotitelé místnost opustit.

- Protokol měření

Příslušný protokol pro senzorické hodnocení byl sestaven pro každého hodnotitele. Senzorický dotazník obsahoval grafické stupnice od délce 100 mm, kde je 1 mm odpovídal hodnocení 1 bodu. Vzorek, který byl v daném znaku nejlépe hodnocený, mohl dosáhnout 100 bodů. Nejhuře hodnocený vzorek naopak 0 bodů. Krajní a střední body stupnice byly objasněny slovně, formulář obsahoval celkem 6 deskriptorů. Hodnotící formulář je uveden v příloze č. 1.

Senzoricky hodnoceny byly následující deskriptory:

- Celková příjemnost barvy
- Celková příjemnost vůně
- Celková příjemnost konzistence (textury)
- Celková příjemnost chuti
- Intenzita hořké, svíravé chuti
- Celková přijatelnost

Po hodnocení byly výsledky zpracovány změřením vzdálenosti od začátku osy po zaznamenaný bod od hodnotitele v milimetrech. Nakonec byly všechny změřené hodnoty zprůměrovány. V tabulce č. 2 jsou zapsány smyslové požadavky běžného pečiva, dané legislativou.

Tabulka 2: Senzorické požadavky pro běžné pečivo (Vyhláška č. 18/2020 Sb.)

druh, skupina	chléb/čerstvý chléb, běžné pečivo/čerstvé běžné pečivo
vzhled, tvar	pravidelně formovaný, tvar typický pro daný výrobek
kůrka, povrch	čistá, odpovídající barvy dle charakteru výrobku, nepřipálená, popř. nařezávaná nebo s prasklinkami typickými pro daný výrobek
střídka, struktura	dobře propečená, pórovitá, vláčná, pružná
vůně, chuť	typická pro daný výrobek, odpovídající použitým surovinám, příjemná, bez cizích pachů a cizí příchuti

3.2.3 Měření hmotnosti a výsledných ztrát pečením u bulek

Vážení těsta bylo provedeno již během samotné výroby bulek. Po vykynutí bylo těsto rozdělováno na jednotlivé klonky, které byly váženy na digitální kuchyňské váze. Další měření hmotnosti se uskutečnilo po upečení a vychladnutí konečných výrobků.

Ztráty pečením tzv. propek jsou ztráty hmotnosti pečiva vlivem odpaření podílu vody při pečení. Propek byl vypočítán jako rozdíl hmotnosti těsta před upečení a hmotnosti výrobku upečeného (Kučerová, 2016).

- Vzorec pro výpočet ztráty pečením

$$Zp = \frac{m_t - m_v}{m_t} \cdot 100 \%$$

- m_t = hmotnost těsta [g]
- m_v = hmotnost upečeného výrobku [g]

3.2.4 Stanovení sušiny a popelovin

Sušina bulek byla stanovena vážkově po vysušení způsobem lyofilizace. Od každého druhu bulek bylo naváženo na laboratorních vahách ± 25 g vzorku ve 3 opakování.

Obsah popelovin byl stanoven jako celkové množství anorganických zbytků, které zůstaly po spálení organických látek, spalováním vzorků v muflové peci (muflová pec LE 09/11, LAC s.r.o., Židlochovice, Česká republika) při 550 °C po dobu 5 hodin. Po vychladnutí v exsikátoru byl spočítán obsah popelovin, který byl vyjádřen v % sušiny.

3.2.5 Stanovení obsahu tuku

Obsah zbytkového tuku byl stanoven v 1 g vzorku od každého opakování, který byl zataven do speciálního filtračního sáčku typ XT4 a vysoušen v sušárně při 105 °C 3 h. Vysušené vzorky se před zvážení nechaly vychladnout v exsikátoru. Poté byla provedena extrakce tuku v extraktoru ANKOM XT10 Extractor (ANKOM Technology, USA) pomocí petroletheru po dobu 30 min při 90 °C za mírně vyššího tlaku. Vyextrahované vzorky se dále vysoušely 30 min při 105 °C a nechaly opět zchladnout v exsikátoru. Nakonec bylo provedeno analytické vážení pro odečet hrubého obsahu tuku.

3.2.6 Stanovení dusíkatých látek

Obsah dusíkatých látek byl stanoven v lyofilizované sušině dle modifikované Dumasovy metody pomocí přístroje Rapid N Cube (Elementar, Německo). Vzorky byly navážovány ve třech opakováních o navážce ± 25 mg do cínových kapslí, které následně byly spáleny při 960°C, čímž došlo k přeměně vzorku na plyny a oxidy dusíku. Přepočet koncentrace dusíku ve vzorku na obsah dusíkatých látek se provádí přepočtovým faktorem 6,25 (Mihaljev et al., 2015).

3.2.7 Stanovení barvy

Barva upečených bulek byla měřena pomocí kolorimetru ColorEye® XTH (X-Rite, USA), který pracuje v systému CIE a naměřené hodnoty vyjadřuje v systému Lab hodnot; L* (světlost: 0 % - černá, 100 % bílá), a* (červená – zelená), b* (žlutá – modrá). Od každého druhu bulek byly změřeny 3 vzorky a výsledné hodnoty zprůměrovány. Konkrétní postup měření byl proveden podle manuálu výrobce.

3.2.8 Příprava vzorků pro analýzy

Z každého druhu upečených bulek byly pro analýzy vybrány 3 vzorky. Tyto vzorky byly zváženy na laboratorních vahách. Poté byly vzorky vloženy do dóz a pomocí lyofilizace byly při teplotě $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tlaku 0,420 mbar po dobu 72 hodin vysušeny. Po vysušení byl obsah namlet na kulovém mlýně s nerezovou miskou a nerezovými koulemi. Výsledkem byl homogenní vzorek podobný prášku.

Množství $100 \pm 1\text{ mg}$ jemně rozemletého prášku bylo naváženo do 2 ml mikrocentrifugačních zkumavek, po přidání 1 ml 80% vodného roztoku ethanolu se směs nechala extrahovat 23 hodin (vzorky byly v pravidelných 6. hodinových intervalech promíchávány). Extrakční směs byla ještě vložena na 1 hodinu do ultrazvukové lázně. Po uplynutí této doby byly vzorky centrifugovány (10 000 rpm, 15 minut při $20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Získaný supernatant bylo uchován v mrazáku při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a poté byl použit jako výchozí materiál pro následné analýzy.

3.2.9 Stanovení obsahu celkových polyfenolů

Obsah celkových polyfenolů byl stanoven spektrofotometricky pomocí modifikované metodiky dle Lachmana *et al.* (2006) pomocí Folin-Ciocalteuova činidla po předchozí extrakci v 80% ethanolu.

Metodický postup probíhal následovně. Do spektroskopické kyvety bylo napipetováno 10 μl extraktu vzorku a přidáno 990 μl destilované vody a vše bylo promícháno. K naředěnému vzorku bylo přimícháno 50 μl Folin-Cicalteauva roztoku a 150 μl 20% uhličitanu sodného. Výsledný vzorek byl ještě jednou promíchán a ponechán při pokojové teplotě 2 hodiny. Na spektrofotometru byla absorbance měřena proti slepému vzorku při vlnové délce 765 nm. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalent kyseliny gallové v mg (EGK – ekvivalent gallové kyseliny) na 1 g sušiny vzorku. Byla vytvořena kalibrační křivka a zjištěna rovnice pro výpočet obsahu celkových polyfenolů.

3.2.10 Antioxidační aktivita

Antioxidační aktivita u připravených vzorků byla zjišťována pomocí metody využívající radikál ABTS (2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonát) na základě modifikované metodiky dle Lachmana *et al.* (2007).

Pro stanovení antioxidační aktivity byly použity již připravené extrakty, některé z nich byly podle potřeby ředěny. Byl použit již zmíněný modifikovaný postup dle

Lachmana *et al.* (2007) s uplatněním reakční směsi, která byla složena z radikálu ABTS a fosfátového pufru.

Nejprve probíhala příprava radikálu ABTS navážením 54,8 mg ABTS a 1 g MnO₂ a následném rozpuštění ve 20 ml destilované H₂O po dobu 20 minut za pomoci magnetického míchadla. Příprava fosfátového pufru probíhala tímto způsobem. Acidický 5mM roztok NaH₂PO₄.2H₂O (tj. 0,4 g/0,5 l H₂O) byl přiléván za stálého míchání a za pomoci pipety do zásaditého 5mM roztoku Na₂HPO₄.2H₂O (tj. 0,45 g/0,5 l H₂O) tak, aby výsledné pH roztoku bylo 7,4. Takto připraveným pufrem byl ředěn radikál na absorbanci $0,8 \pm 0,02$. Dále pak probíhala příprava vzorku na měření. Vzorky byly naředěny dle potřeby a 100 µl takto naředěného vzorku bylo smícháno v kyvetě s 1000 µl radikálu ABTS. Po uplynutí 1 minuty byla měřena absorbance při 734 nm. Hodnoty antioxidační aktivity za použití radikálů ABTS byly vyjádřeny jako ekvivalenty askorbové kyseliny v mg (EAK – ekvivalent askorbové kyseliny) v přepočtu na 1 g sušiny vzorku.

3.2.11 Statistické vyhodnocení

Vybraná data byla statisticky zpracována v programu Statistica 12. Porovnání rozdílů mezi vybranými obohacenými variantami bylo provedeno pomocí Fisherova LSD testu. Statistické hodnocení bylo prováděno při 5% hladině významnosti, rozdíly byly tedy považovány za statisticky významné pokud $p < 0,05$.

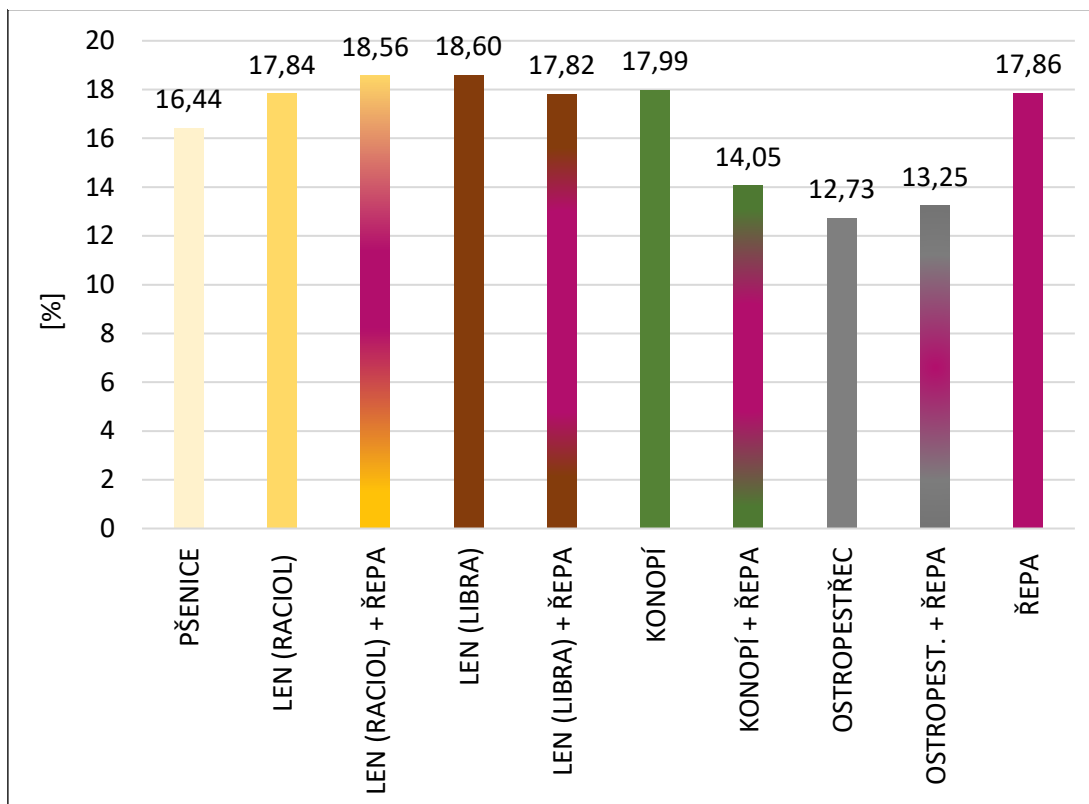
4 VÝSLEDKY

4.1 Hmotnost a ztráta hmotnosti pečením

Průměrná hmotnost jednotlivých upečených bulek se pohybovala v rozmezí 51,59-53,22 g. Z těchto zjištěných dat vyplývá, že nebyl zjištěn rozdíl v hmotnosti u jednotlivých druhů bulek v závislosti na druhu použité mouky.

Propek (ztráta hmotnosti po upečení) se pohyboval v rozmezí 12,73-18,60 %. Nejnižší propek byl zjištěn u vzorku s přídavkem mouky z ostropestřce mariánského 12,73 %, nejvyšší byl naopak u bulek s přídavkem lněné mouky (odrůda Libra) 18,60 %. Naměřené hodnoty jsou znázorněny v grafu č. 1.

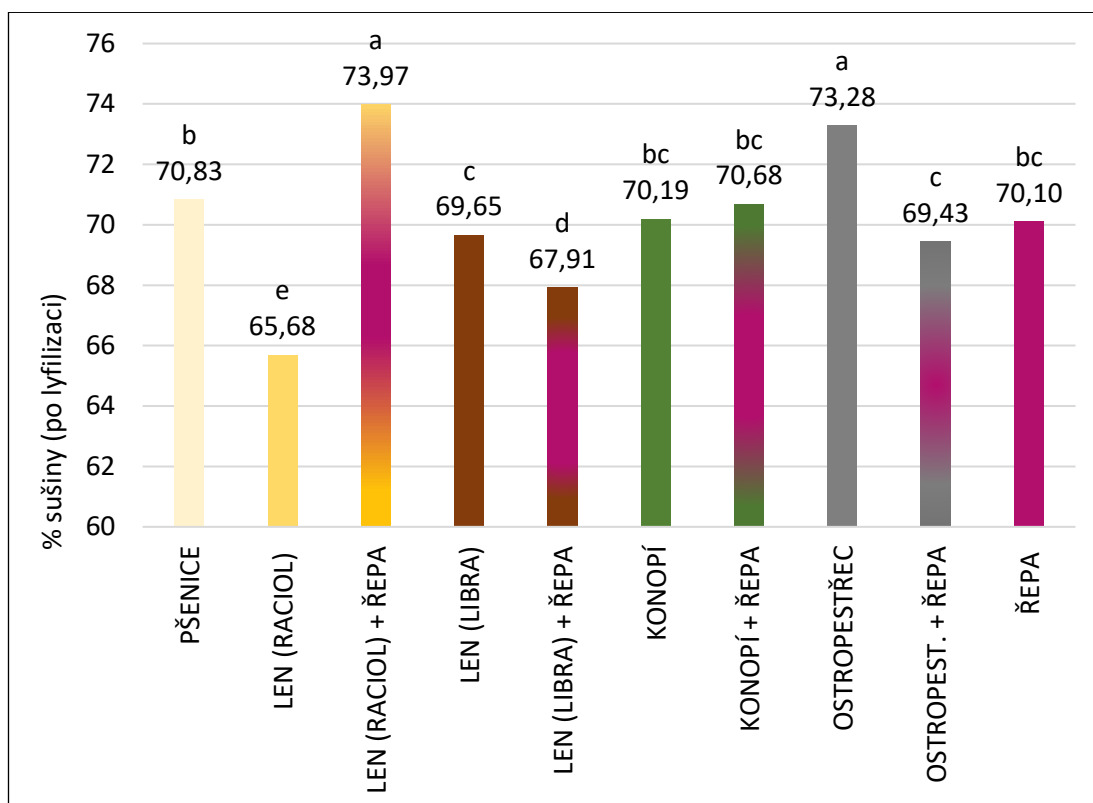
Graf 2: Průměrné procentuální zastoupení ztráty hmotnosti po upečení bulek



4.2 Obsah sušiny

Analýza prokázala, že obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 65,68-73,97 %. Nejméně celkové sušiny bylo naměřeno u vzorku s přidavkem lněné mouky (odrůda Raciol) 65,7 %, což odpovídá 34,3 % vlhkosti. Naopak nejvíce sušiny obsahoval vzorek se smíchaným přidavkem lněné (odrůda Raciol) a řepné mouky. Obsah sušiny činil 74 %. Bulka obsahující pouze pšeničnou mouku, která sloužila jako kontrolní vzorek, obsahoval 70,8 % sušiny. Obsah sušiny u ostatních druhů bulek je zobrazen v grafu č. 2.

Graf 4: Obsah sušiny

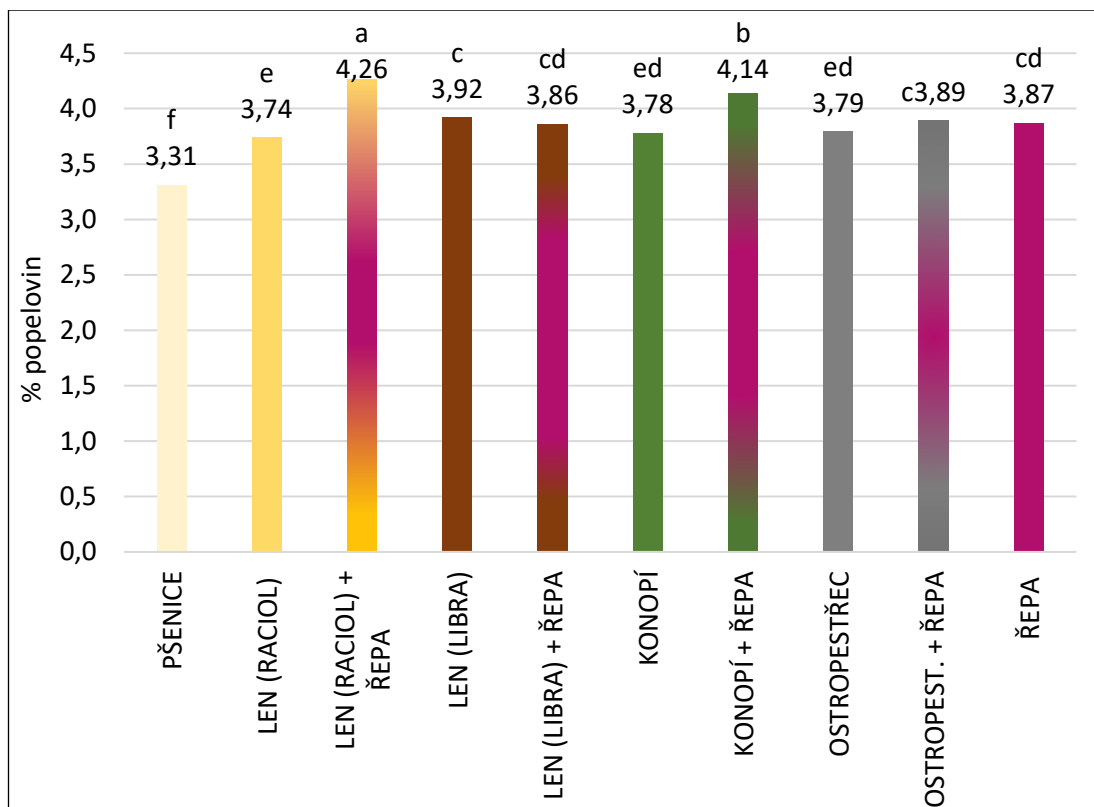


Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.3 Obsah popelovin

Hodnoty obsahu popela v upečených vzorcích se pohybovaly v rozmezí 3,31 % až 4,26 %. Průměrný obsah popela byl 3,86 %. Nejvyšší obsah popela byl stanoven u vzorku s obsahem mouky ze lnu setého (odrůda Raciol) a červené řepy. Nejnižší obsah popela vykazoval vzorek obsahující pouze pšeničnou mouku, tedy vzorek kontrolní. Na grafu č. 3 jsou znázorněny jednotlivé naměřené hodnoty u všech 10 vzorků.

Graf 5: Obsah popelovin v upečených bulkách

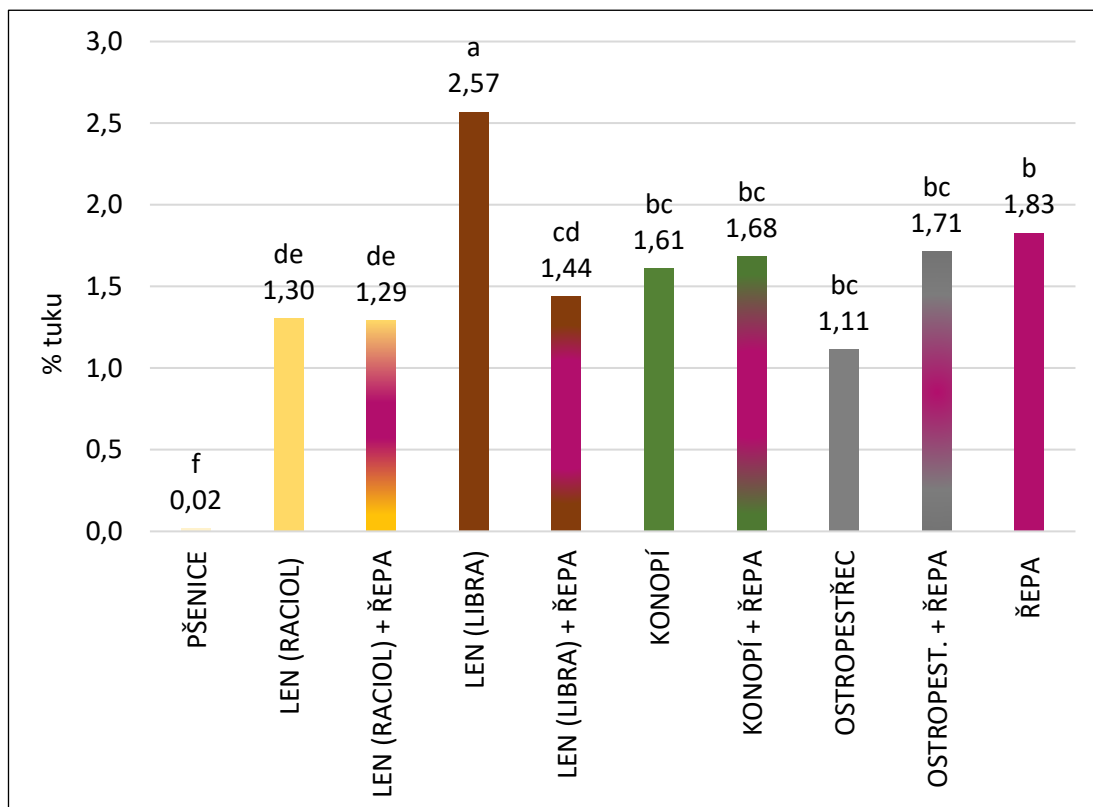


Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.4 Obsah tuku

Nejmenší obsah zbytkového tuku vykazoval vzorek s obsahem pouze pšeničné mouky, tedy vzorek kontrolní. Naměřená hodnota u tohoto vzorku byla 0,02 % tuku. Nejvyšší tučnost byla naměřena u vzorku s obsahem 10 % lnu setého (odrůda Libra) a to 2,57 %. U ostatních mouk se obsah zbytkového tuku pohyboval v rozmezí od 1,1 do 1,8 %. Stanovené hodnoty všech typů vzorků jsou zobrazeny v následujícím grafu č. 4.

Graf 6: Obsah tuku



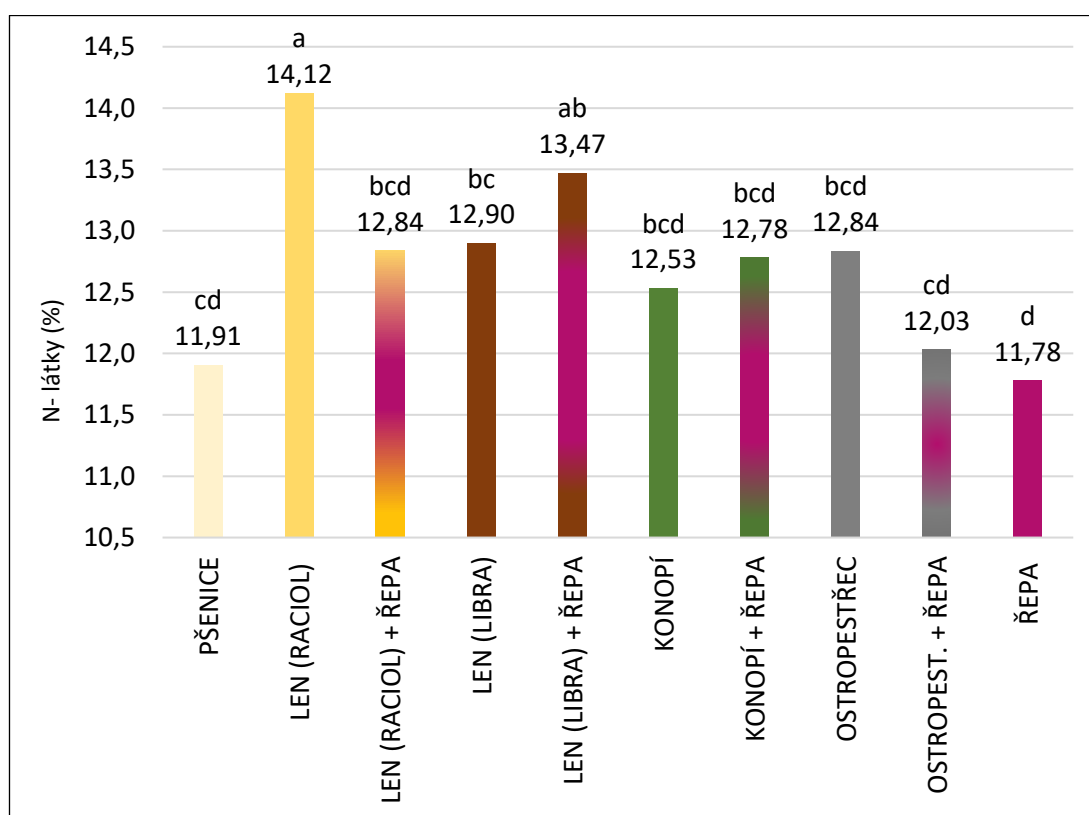
Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.5 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Jak uvádí Zimolka et al. (2015) obsah dusíkatých látek pozitivně ovlivňuje kvalitu těsta, chování pečiva při pečení a jeho objem.

Obsah dusíkatých látek se pohyboval v sušině v rozmezí 11,78 až 14,12 %. Průměrný obsah byl stanoven na 12,72 %. Nejnižší hodnoty dosáhl vzorek s přidavkem řepné mouky 11,78 %, nejvyšší hodnota byla stanovena u vzorku s přidavkem lněné mouky (odrůda Raciol) – 14,12 %. Výsledky všech vzorků pro porovnání jsou zobrazeny v grafu č. 5.

Graf 7: Obsah dusíkatých látek

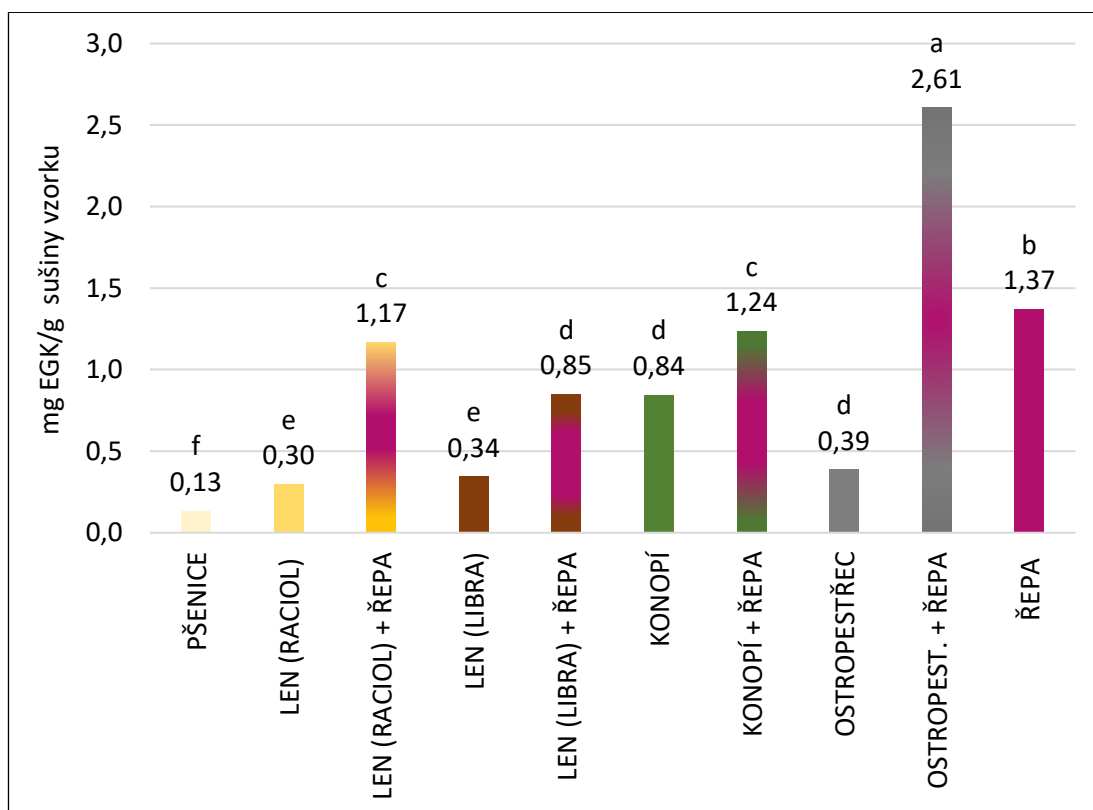


Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.6 Obsah celkových polyfenolů

Výsledné hodnoty obsahu celkových polyfenolů se v rámci daných vzorků velice lišily a byly statisticky průkazné. Graf č. 6 zobrazuje výsledné hodnoty obsahu celkových polyfenolů u daných vzorků. Nejvyšší hodnota byla naměřena u vzorku s přidavkem mouky z ostropestřce mariánského a řepy, a to 2,61 mg EGK/g sušiny. Naopak nejmenší obsah celkových polyfenolů 0,13 mg EGK/g sušiny vykazoval kontrolní vzorek se 100 % obsahem pšeničné mouky.

Graf 8: Obsah celkových polyfenolů

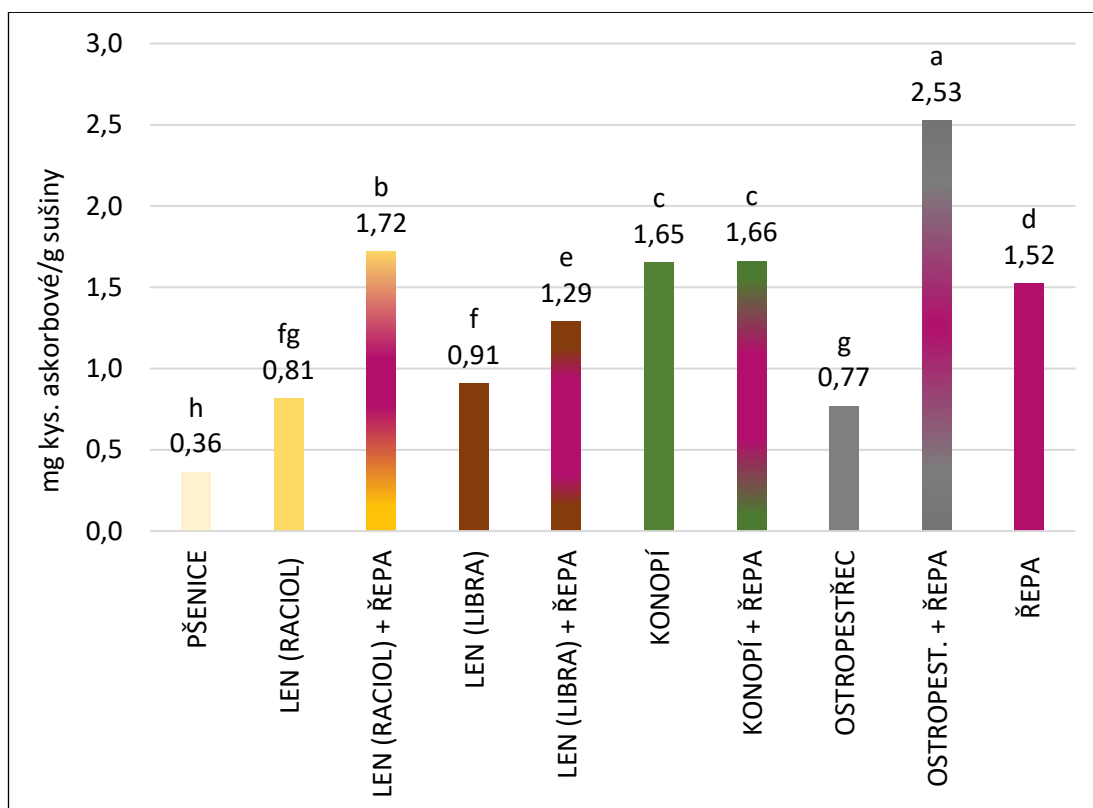


Pozn.: EKG = ekvivalent gallové kyseliny; Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.7 Antioxidační aktivita

Nejvyšší hodnota antioxidační aktivity byla naměřena u vzorku s přidavkem 5% mouky z ostropestřce mariánského a 5 % červené řepy. Tato hodnota odpovídá 2,53 mg EAA (ekvivalent askorbové kyseliny) na 1 g sušiny. Nejnižší hodnota byla naměřena u vzorku, který obsahoval pouze pšeničnou mouku, tedy vzorek kontrolní. Tento vzorek dosáhl naměřené hodnoty 0,36 mg EAA na 1 g sušiny. Graf č. 7 znázorňuje hodnoty antioxidační aktivity u všech měřených vzorků.

Graf 9: Antioxidační aktivita



Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.8 Hodnocení barvy

Výsledný barevný rozdíl u jednotlivých druhů bulek s obsahem různých alternativních mouk byl patrný již pouhým okem. Barevná škála u daných vzorků byla široká. Na obrázku č. 2 jsou realisticky zachyceny rozdílné barvy střídy u jednotlivých typů bulek. Barva bulek odpovídá barevnosti přidané, alternativní mouky.



Obrázek 3: Barva střídy upečených bulek

1. Bulka s pšeničnou moukou (kontrola)
2. Bulka s obsahem 10 % mouky ze lnu setého (Raciol)
3. Bulka s obsahem 5 % mouky ze lnu setého (Raciol) a 5 % mouky z červené řepy
4. Bulka s obsahem 10 % mouky ze lnu setého (Libra)
5. Bulka s obsahem 5 % mouky ze lnu setého (Libra) a 5 % mouky z červené řepy
6. Bulka s obsahem 10 % mouky z konopí setého Finola
7. Bulka s obsahem 5 % mouky z konopí setého Finola a 5 % z červené řepy
8. Bulka s obsahem 10 % mouky z ostropestřce mariánského
9. Bulka s obsahem 5 % mouky z ostropestřce mariánského a 5 % mouky z červené řepy
10. Bulka s obsahem 10 % mouky z červené řepy.

Naměřené hodnoty a barevnost 10 druhů upečených bulek je znázorněna na obrázku č. 3. Z obrázku můžeme vyčíst, že světlost (L^*) byla nejnižší u bulky kontrolní (pouze pšeničná mouka), naměřená hodnota $L=74,85$. Nejtmavší byl vzorek s obsahem 10 % řepné mouky, $L=31,08$. Veličiny a^* i b^* byly naměřeny v kladných hodnotách (kromě kontrolní, pšeničné bulky) a proto a^* vyjadřuje podíl červené a b^* podíl zelené barvy ve vzorku. Záporná hodnota $-0,36$ veličiny a^* naměřená u kontrolní bulky obsahující pouze pšeničnou mouku znázorňuje světlou, žlutou barvu. Nejvíce červené barvy ($a^*=31,08$) obsahoval vzorek s obsahem 10 % řepné mouky. Nejvyšší podíl zelené barvy b^* byl naměřen u vzorku s obsahem 10 % konopné mouky, a to 17,5, naopak nejnižší podíl zelené barvy s hodnotou 12,30 obsahoval vzorek kontrolní.

	pšenice (kontrola) L = 74,85 a = -0,36 b = 12,30		řepa L = 31,08 a = 33,89 b = 14,14
	len (Raciol) L = 70,13 a = 0,51 b = 19,42		len (Raciol) + řepa L = 37,64 a = 27,11 b = 14,11
	len (Libra) L = 56,98 a = 4,16 b = 14,85		len (Libra) + řepa L = 35,04 a = 29,14 b = 14,08
	konopí L = 49,36 a = 2,00 b = 17,50		konopí + řepa L = 36,69 a = 26,92 b = 14,25
	ostropestřec L = 55,86 a = 4,55 b = 15,14		ostropestřec + řepa L = 40,61 a = 30,01 b = 14,89

Obrázek 4: Vyjádření barvy bulek v systému CIE-Lab.

4.9 Senzorické hodnocení

Na obrázku č. 4 jsou zobrazeny jednotlivé druhy bulek, které byly posuzovány v rámci senzorického hodnocení.



Obrázek 5: Fotografie 10. druhů upečených bulek

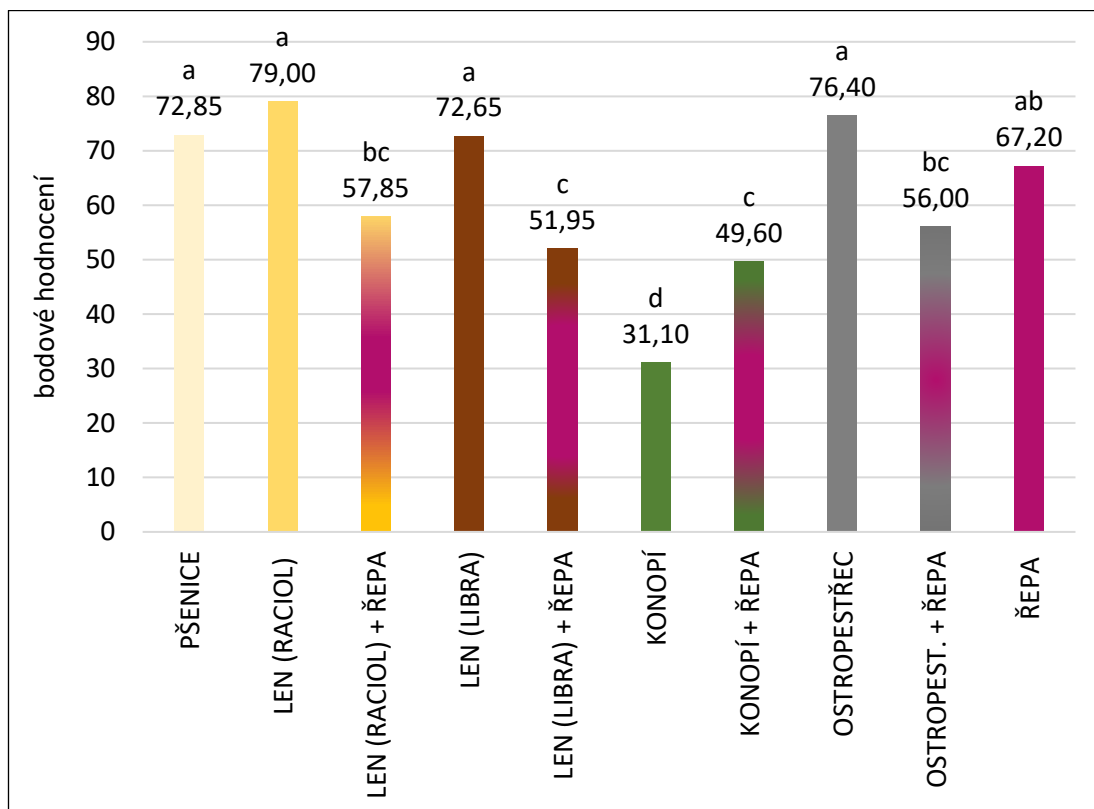
1. Bulka s pšeničnou moukou (kontrola)
2. Bulka s obsahem 10 % mouky ze lnu setého (Raciol)
3. Bulka s obsahem 5 % mouky ze lnu setého (Raciol) a 5 % mouky z červené řepy
4. Bulka s obsahem 10 % mouky ze lnu setého (Libra)
5. Bulka s obsahem 5 % mouky ze lnu setého (Libra) a 5 % mouky z červené řepy

6. Bulka s obsahem 10 % mouky z konopí setého Finola
7. Bulka s obsahem 5 % mouky z konopí setého Finola a 5 % z červené řepy
8. Bulka s obsahem 10 % mouky z ostropestřce mariánského
9. Bulka s obsahem 5 % mouky z ostropestřce mariánského a 5 % mouky z červené řepy
10. Bulka s obsahem 10 % mouky z červené řepy

4.9.1 Hodnocení parametru barva

Vzorek, který byl nejlépe hodnocen, co se týče celkové příjemnosti barvy, byl vzorek s přidavkem mouky ze lnu (Raciol). Tento vzorek měl průměrné bodové skóre 79,00 bodů. Nejhuře hodnoceným vzorkem byla bulka s obsahem 10 % konopné mouky. Tento vzorek měl průměrné bodové skóre 31,10 bodů. Tento výsledek odpovídá slovnímu hodnocení na hedonické stupnici – velmi špatná (nepříjemná) barva. Na grafu č. 8 jsou zobrazeny zprůměrované výsledky všech druhů bulek sensorického hodnocení tohoto parametru.

Graf 10: Sensorické hodnocení – celková příjemnost barvy

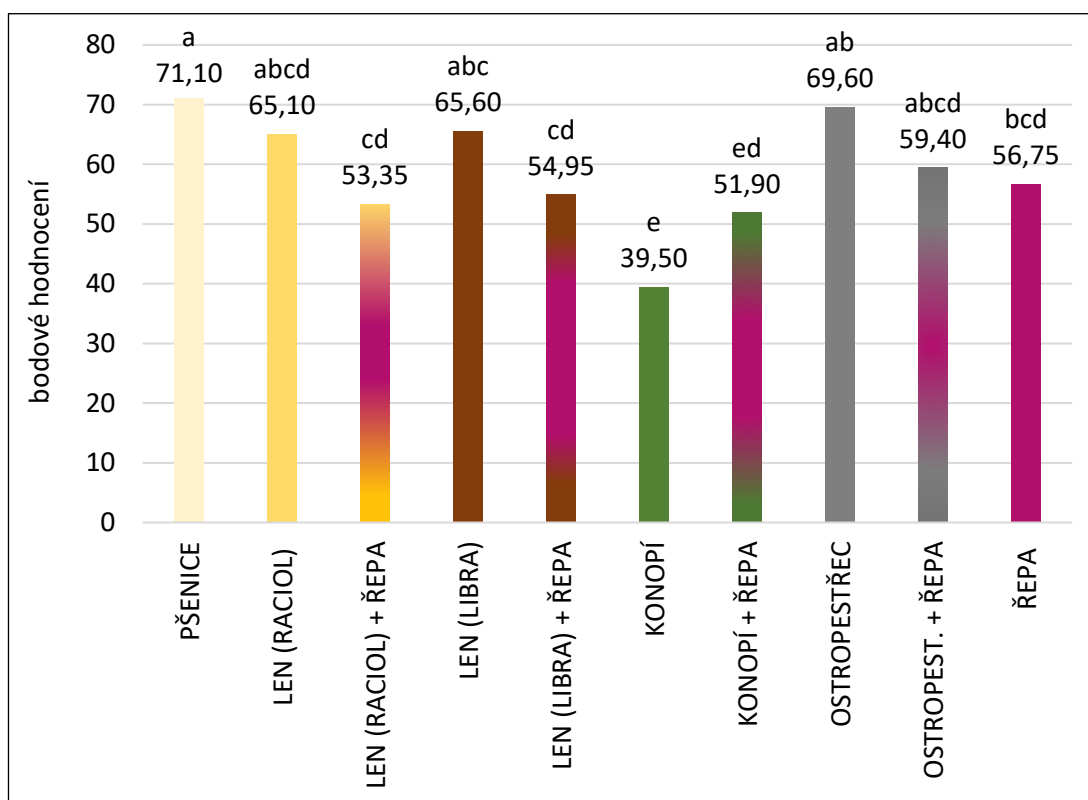


Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.9.2 Hodnocení parametru vůně

Hodnocení celkové příjemnosti vůně je zobrazeno v grafu č. 9. Vůně byla nejlépe hodnocena u vzorku, který obsahoval pouze pšeničnou mouku, tedy vzorek kontrolní. Tento vzorek měl průměrné bodové skóre 71,10 bodů. S velmi malým rozdílem se na druhém místě s průměrným bodovým hodnocením 69,60 bodů se umístil vzorek s obsahem 10 % mouky z ostropestřce mariánského. Nejméně, a to 39,50 bodů měla bulka s přídavkem 10 % konopné mouky.

Graf 11: Senzorické hodnocení - celková příjemnost vůně

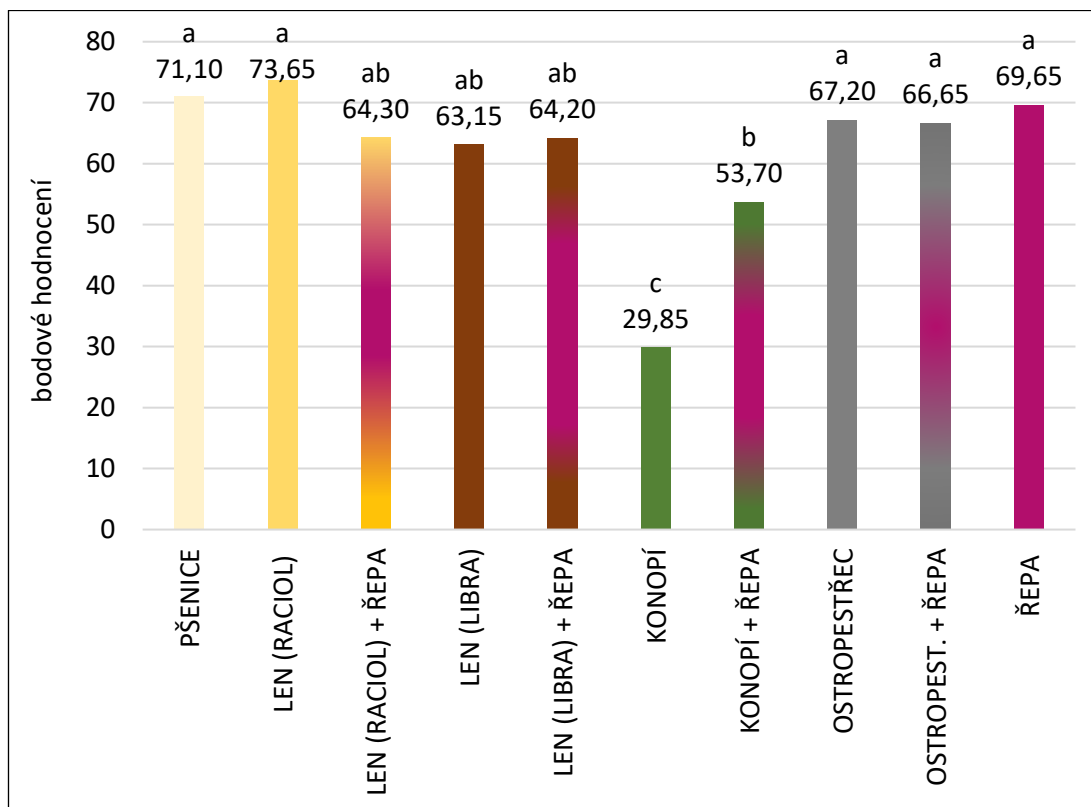


Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test)

4.9.3 Hodnocení parametru textura (konzistence)

Vzorek, který byl nejlépe hodnocen, co se týče geometrických, mechanických a povrchových vlastností, byl vzorek s přidavkem 10 % lněné mouky (Raciol) s průměrným hodnocením 73,65 bodů. Nejhůře hodnoceným vzorkem byla bulka obohacená o konopnou mouku. Průměrné bodové hodnocení tohoto vzorku bylo 29,85. Průměrné hodnoty hodnocení všech vzorků jsou zaznamenány v grafu č. 10.

Graf 12: Senzorické hodnocení - celková příjemnost konzistence (textury)



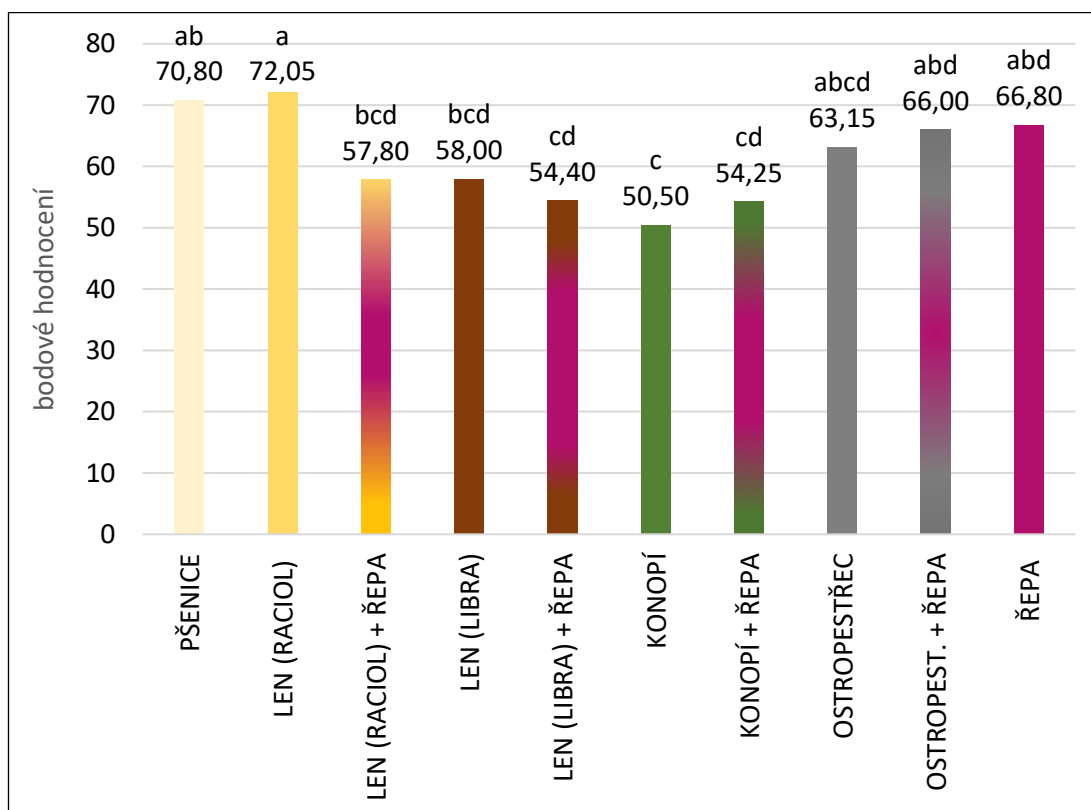
Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.9.4 Hodnocení parametru chuť

Za nejdůležitější organoleptickou vlastnost je považována chuť. Hodnotitelé během svého hodnocení posuzovali příjemnost chuti daného vzorku, jeho přijatelnost, a to, jestli je chuť typická pro daný výrobek, bez cizích pachů. U tohoto parametru bylo rozhodujícím faktorem, zda je chuť příjemná. Hlavním cílem bylo zjistit, zda přidání minoritní mouky negativně neovlivní vnímání daného pečiva spotřebitelem.

Graf č. 11 ukazuje, který vzorek byl hodnotiteli považován za nejchutnější. Tímto vzorkem byl vzorek s obsahem 10 % lněné mouky (Raciol) s bodovým hodnocením 72,05. Druhý nejlépe hodnocený vzorek byl vzorek kontrolní (70,80 bodů). Průměrné hodnocení bylo 61,38 bodů. Za vzorek nejméně preferovaný byl považován vzorek s obsahem 10 % konopné mouky, s celkovým hodnocením 50,50 bodů.

Graf 13: Senzorické hodnocení - celková příjemnost chuti

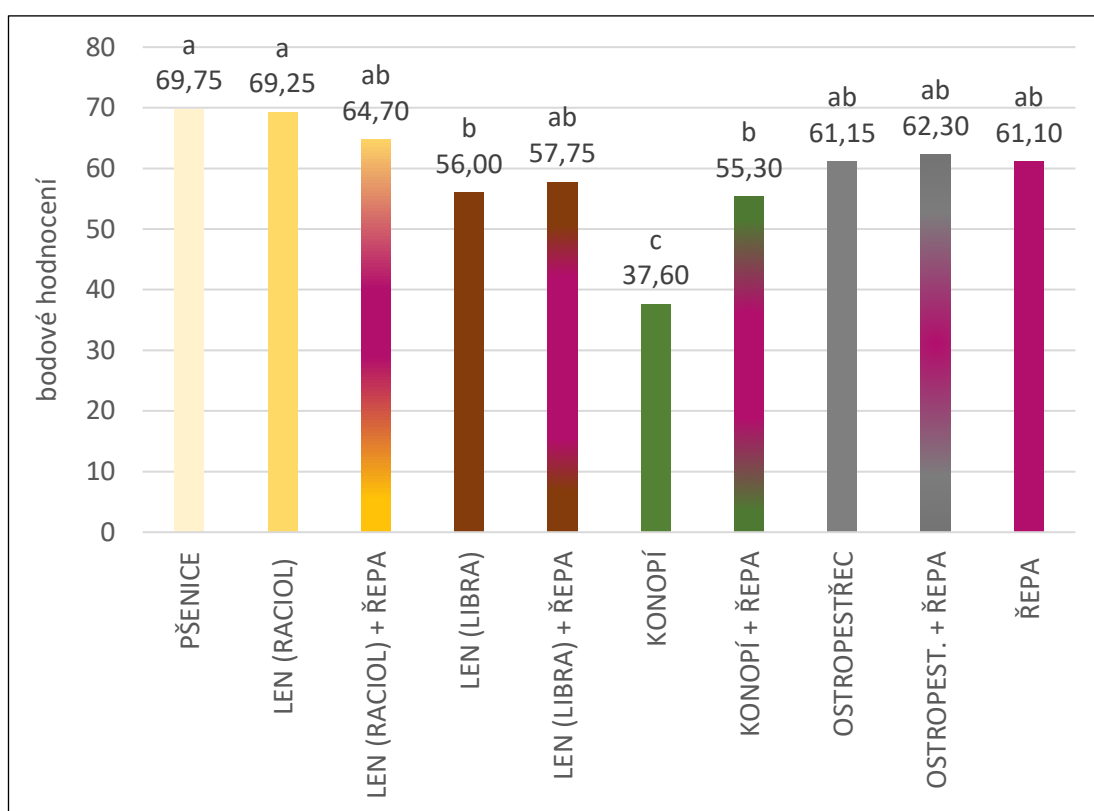


Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

4.9.5 Hodnocení parametru celková přijatelnost

Za celkově nepřijatelnější vzorek byla hodnocena bulka s obsahem pouze pšeničné mouky, tedy kontrolní vzorek, s bodovým hodnocením 69,75. Nicméně jako druhý nepřijatelnější vzorek s minimálním bodovým rozdílem (69,25 bodů) byla hodnocena bulka s přídavkem lněné mouky (Raciol). Nejméně přijatelnou bulkou podle hodnotitelů byla bulka s přídavkem 10 % konopné mouky (37,60 bodů). Graf č. 12 znázorňuje celkové hodnocení přijatelnosti u všech 10 vzorků.

Graf 14: Senzorické hodnocení - celková přijatelnost



Pozn.: Odlišná písmena indikují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Fisherův LSD test).

5 DISKUZE

Výsledky senzorického hodnocení ukazují jako celkově nejpříjemnější vzorek kontrolní. Avšak rozdíl v bodovém hodnocení u prvního a druhého nejpreferovanějšího vzorku je minimální (rozdíl 0,5 bodu). Jako druhý nejpreferovanější vzorek byla vyhodnocena bulka s obsahem lněné mouky (odrůd Raciol). Tato bulka byla také hodnocena jako nejchutnější. Nejlepší bodové hodnocení získala také u měřeného parametru příjemnosti barvy a konzistence (textury). Lze tedy říci, že bulka s obsahem 10 % lněné mouky (odrůdy Raciol) byla senzorickým hodnocením vyhodnocena jako nejpříjemnější. Předpokládá se, že takových výsledků bylo dosaženo díky světlé barvě semen této odrůdy. Tmavší odrůda Libra tak dobrých výsledků senzorického hodnocení nedosahovala.

Jarošová et al. (2022) uvádí, že přidáním mouky z výlisků lněných semen lze docílit vyšší antioxidační aktivity v potravinářských výrobcích (pekářských). De Lamo B., Gómez M. (2018) ve své studii píší, že začlenění olejnatých semen zlepšuje nutriční profil pekařských výrobků s lepkem i bez něj a poskytuje několik zdravotních benefitů. Dále pak potvrzují, že přestože se organoleptické vlastnosti pečiva s obsahem olejnatých semen, výliskových mouk mění, pro spotřebitele není negativně vnímána fortifikace do obsahu 10-15 % těchto složek.

Všechna tyto tvrzení výsledky této práce potvrzují. Bulka s obsahem mouky ze lnu setého (odrůda Raciol) byla oproti kontrolnímu vzorku obohacena o značné množství dusíkatých látek, tuku. Byla naměřena vyšší antioxidační aktivita i obsah celkových polyfenolů.

O zdravotních benefitech u těchto typů výrobků, kde je část pšeničné mouky nahrazena moukou alternativní (z olejnatých semen, z červené řepy, luskovin) není pochyb. Obecně platí, že zapracování těchto mouk do pekařských výrobků zvyšuje obsah vlákniny, bílkovin, vitamínů, minerálních látek, omega – 3 a omega - 6 mastných kyselin atd. Avšak, aby byly tyto výrobky pro zákazníka přijatelné, musí vykazovat dobré senzorické vlastnosti (De Labo, Gómez, 2018). Tento problém popisuje i Hofmanová et al., (2014) ve své studii. Obsah konopné mouky v chlebu sice zvýšil obsah minerálních látek a dalších nutričně zajímavé látky, ale způsobil zhoršení jak objemu chleba, tak i textury. Výsledky této studie potvrzují výsledky této práce. Bulka s obsahem konopné mouky při senzorickém hodnocení byla vždy hodnocena nejhůře u všech sledovaných deskriptorů.

O využití červené řepy pro pekařské účely je zatím jen minimálně poznatků. Kohajdová et al., (2018) ve své studii doporučuje mouku z červené řepy jako vhodnou a prospěšnou přísadu do pekařských výrobků. Pekařské výrobky s přídavkem 10 % mouky z červené řepy obsahovaly vysoký obsah minerálních látek, byla naměřena vysoká hodnota antioxidační aktivity a vykazovaly i relativně vysoké hydratační vlastnosti. Bohužel senzorická analýza ukázala, že přídavek 5-10 % řepné mouky negativně ovlivnil smyslové vlastnosti pečiva. Pravděpodobně hlavně kvůli výrazným rozdílům v barvě, chuti a vůni těchto produktů. Výsledky této práce jsou částečně v rozporu s již zmíněnou prací. Výsledky senzorické analýzy bulek s přídavkem červené řepy nebyly hodnoceny negativně u hodnocení parametru příjemnosti, chuti a konzistence, kde byla bulka hodnocena jako 3. nejlepší.

Důležitým sledovaným parametrem byla antioxidační aktivita. Nejvyšší antioxidační aktivitu vykazovala bulka s obsahem mouky z ostropestřce mariánského a červené řepy - 2,53 mg EAA na gram sušiny. Všechny bulky obsahující část mouky z červené řepy vykazovaly násobně vyšší antioxidační aktivitu. Například bulka s obsahem 10 % mouky z ostropestřce vykazovala antioxidační aktivitu pouze 0,77 mg EAA na gram sušiny. Smícháním výliskových mouk z olejnin a červené řepy, byla vytvořena kompozitní mouka, u které se projevil synergický účinek zvýšením obsahu celkových polyfenolů a antioxidační aktivity.

Celkový obsah polyfenolů ve sledovaných vzorcích byl stanoven na 0,13 mg EKG/g sušiny u kontrolního vzorku až po 2,61 mg EKG/g sušiny u vzorku s obsahem mouky z ostropestřce a řepy. Podle výsledků práce Bárta et al. (2019), ve které byly analyzovány mouky z výlisků olejnatých semen, byla naměřena nejvyšší hodnota obsahu celkových polyfenolů u mouky z ostropestřce mariánského. Výsledky této práce ukazují, že ještě vyšší hodnotu celkového obsahu polyfenolů vykazuje mouka z červené řepy.

Velmi zajímavé výsledky byly zjištěny u bulky s obsahem 5 % mouky z ostropestřce mariánského a 5 % mouky z červené řepy. Jak již bylo zmíněno, u této varianty byl naměřen nejvyšší obsah celkových polyfenolů a nejvyšší antioxidační aktivita. Pozitivně lze vnímat zvýšení minerálních látek a tuku, bohatého na α -linolenovou a α -linolovou mastnou kyselinu. Bodové hodnocení jednotlivých deskriptorů senzorické analýzy této varianty bylo vždy mezi nejlépe hodnocenými.

V poslední době se objevuje široké spektrum výzkumných článků zaměřených na využití vedlejších rostlinných materiálů v pekárenském průmyslu. Stále je ovšem málo

informací zaměřených na využití červené řepy pro pekařské účely. Mouka z červené řepy je velmi přínosná a zajímavá přísada do pekařských výrobků, především díky bioaktivním látkám a vláknině. Proto bude potřeba provést další studie, které optimalizují nežádoucí vliv mouky z červené řepy na vlastnosti a zpracování těsta a zlepší přijatelnost finálních výrobků spotřebiteli.

ZÁVĚR

Diplomová práce na téma: Využití kompozitních mouk pro přípravu běžného pečiva zkoumala vliv přidavku mouk z různých druhů výlisků semen z olejnin a červené řepy v pekařských výrobcích.

U všech variant bulek proběhlo senzorické hodnocení a byly provedeny objektivní analýzy zaměřené na hodnocení změn v barvě a jejich chemickém složení.

Na základě získaných výsledků byly vyvozeny tyto závěry:

- Ztráta hmotnosti po upečení se pohybovala v rozmezí 12,7 – 18,6 %.
- Výsledkem stanovení sušiny bylo v rozmezí 65,7 – 74 %. Nejméně celkové sušiny bylo naměřeno u bulky s obsahem lnu setého (Raciol) naopak nejvíce sušiny obsahovala bulka s přidavkem lněné mouky (Raciol) a červené řepy.
- Naměřené hodnoty obsahu popelovin u vzorků se pohybovali v rozmezí 3,3 – 4,3 %. Nejnižší obsah byl naměřen u kontrolního vzorku, nejvyšší u bulky s obsahem lnu setého (Raciol) a červené řepy.
- Obsah tuku u kontrolního vzorku byl téměř 0, bylo naměřeno pouze 0,02 %. Ostatní vzorky vykazovaly hodnoty kolem 1,46 %. Nejvyšší obsah tuku byl naměřen u bulky s obsahem lnu setého (Libra).
- Metoda stanovení obsahu dusíkatých látek prokázala nejvyšší obsah 14,12 % u bulky s přidavkem lněné mouky (Raciol). Nejméně dusíkatých látek obsahovala bulka s moukou z červené řepy.
- Nejvyšší antioxidační aktivita i obsah celkových polyfenolů byl naměřen u vzorku s přidavkem ostropestřce mariánského a červené řepy. Nejnižší hodnota byla naměřena u kontrolního vzorku.
- Výsledek sledování barev upečených bulek potvrdil spojitost s barvou použité alternativní mouky.
- Senzorická analýza prokázala rozdíly mezi běžně prodávaným pečivem s obsahem pouze pšeničné mouky a pečivem, u kterého byla použita jako náhrada minoritní mouka.
- Celkově nejlépe hodnocenou variantou v rámci senzorické analýzy byla bulka s obsahem lněné mouky (odrůda Raciol).
- Z výsledků diplomové práce vyplývá, že použití minoritních mouk v pekařských výrobcích je jedna z možných cest, jak nutričně obohatit běžnou stravu spotřebitele.

Seznam použité literatury

Avramenko, N. A., Tyler, R. T., Scanlon, M. G., Hucl, P., Nickerson, M. T. (2018). The chemistry of bread making: The role of salt to ensure optimal functionality of its constituents. *Food Reviews International*, 204–225. ISSN 8755-9129.

Axe, J. (2017). Hemp seed benefits and nutrition profile. [cit. 15.03.2023] Dostupné z: <https://draxe.com/nutrition/7-hemp-seed-benefits-nutrition-profile>

Bárta, J. et al. (2019). Výlisky semen lnu a konopí a jejich zpracování na mouky a bílkovinné koncentráty. In: *Úroda 12/2019, vědecká příloha časopisu, Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko*, pp. 95-100.

Biggs, Matthew, Jekka Mcvicar a Bob Flowerdew. (2004). *Velká kniha zeleniny, bylin a ovoce*. Praha: Volvox Globator. ISBN 80-720-7537-3.

Bláha, L. et al. (2014). *Suroviny pro obor vzdělání Cukrář. 5.*, aktualizované. vydání. Informatorium, Praha. ISBN 978-80-7333-108-5.

Brennan, J. G. (2006). *Food processing handbook*, Weinheim: Wiley-VCH, 2006. 582 p. ISBN 3-527-30719-2.

Briggs M. (2009). *Červená řepa, mangold a špenát: nenáročná lahodná zelenina*. Praha: Fortuna Libri. ISBN 978-80-7321-493-7.

Bulková, V. (2011). *Rostlinné potraviny*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7.

Burešová I. a Lorencová E. (2013). *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-278-7.

Callaway, J.C. (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140 (1-2): 65-72. ISSN 0014-2336.

Carrillo, Celia, Rey R., Hendrickx M., Del Mar Cavia M. a Alonso-Torre S. (2017). Antioxidant Capacity of Beetroot: Traditional vs Novel Approaches. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(3), 266-273.

Costa, Dalla A. P., Hermes V., Rios a Flôres S. (2017). Minimally processed beetroot waste as an alternative source to obtain functional ingredients. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 2050-2058.

Česká společnost chemická, Odborná skupina pro tuky, detergenty a kosmetickou chemii (2014). *Sborník příspěvků z mezinárodní konference o olejích a tucích*. Praha. ISBN:978-80-88307-10-5

Dalal S. D., Bobade H. P. (2018): Applications of composite flour in development of bakery products. *International Journal of Agricultural Engineering* 11 (Special Issue): 65-69.

De Lamo B., Gómez M. (2018): Bread Enrichment with Oilseeds. A Review. *Foods* 7, 191; doi:10.3390/foods7110191.

Decaux, C. (2009). *Domácí chléb a jiné pečivo*. Computer Press, Brno. ISBN 978-80-251-2498-7.

Delcour J. A. a Hosney R. C. (2010). *Principles of cereal science and technology*. 3rd ed. St. Paul, Minn.: AACCC International. ISBN 978-1-891127-63-2.

Dostálová R., Horáček J., Skřivan P., a Sluková M. *Obiloviny a luštěniny*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů. ISBN isbn978-80-88019-09-1.

Eita, Bedeir A. (2021). Milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.): An overview about its pharmacology and medicinal uses with an emphasis on oral diseases. *Journal of Oral Biosciences*. ISSN 13490079.

Folegatti, L. et al. (2014): *Hemical characterization of the flour obtained after cold pressing of Cannabis sativa L. seed*. *Innovhub Ssi*, 91(1): 3-13. ISSN 0035-6808.

Freidig AK, Goldman IL. Geosmin (2014). (2 β ,6 α -dimethylbicyclo[4.4.0]decan-1 β -ol) production associated with *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* is cultivar specific. *J Agric Food Chem*, 5;62(9):2031-6.

Gabrovská D., Hálová I., CHrpová D., Ouhrabková J., Sluková M., Vavreinová S., Faměra O., Kohout, P., Pánek J. a Skřivan P. (2015). *Obiloviny v lidské výživě: stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku*. 1. vydání. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-87250-28-0.

Goesaert, H., Brijs, W.S., Veraverbeke, C.M., Gerbruers, K., Delcour, J.A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact quality, and how to impact their functionality. *Trends Food Science Technology*, vol. 16, p. 12–30. ISSN: 0924-2244.

Hall, C. a M.C. Tulbek. Omega-3-enriched bread. (2008). *Technology of Functional Cereal Products*, s. 362-387.

Hofmanová T., Hrušková M., Švec I. (2014): Evalaution of Wheat/Non-Traditional Flour Composites. *Czech Journal of Food Science*, 32: 288-295.

Hrabě, J., Buňka, F., Hoza, I. (2008). *Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium*, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, p. 189. ISBN 978– 80-7318-520-6.

Hrušková M., Burešová I., Capouchová I., Faměra O., Hanišová A., Horáková V., Horčíčka J., Hřivna L., Novotný F., Petr J. a Prugar J. (2008). *Pšenice*, In: Prugar J., 2008: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, s 75–96. ISBN 978-80-86576-28-2.

Hrušková, M. a Heroudková, K. (2015). Kvalita potravin a názorové hrátky: Potravinářské užití semene konopí setého. *Výživa a potraviny*, 70(3): 63-65.

Hui, Y. H., Corke, H., DE Leyn, I., Nip, W. K., Cross, N. A. (2008). *Bakery products: science and technology*. 1. vyd. John Wiley & Sons. ISBN 978-0-8138-0187-2.

Chalupníková, R. (2019). *Využití lnu a lněné vlákniny v pekařské výrobě*. Bakalářská práce, Mendlova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.

Chloupek O. (2008). *Kvalita produkce pšenice*. Vyd. 1. České Budějovice. ISBN 978-80-87111-12-3.

Joshi A. U., Liu C., Sathe S. K. (2015): Functional properties of select seed flours. *LWT - Food Science and Technology*, 60: 325-331.

Kadlec, P. et al. (2012). *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Key Publishing, Ostrava. ISBN 978-80-7418-145-0.

Khouryieh, Aramouni H a F. (2012). Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11):2366-2372.

Kohajdová Z., Karovičová J., Kuchtová V., Lauková M. (2018). Utilisation of beetroot powder for bakery applications. *Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences*.
Kučerová J. (2004). *Technologie cereálií*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-811-8.

Kučerová, J. (2016). *Technologie cereálií*. 2nd ed. Brno: Mendelu, 130 p. ISBN 978-80-7509-442-1.

Kumar, Pawan, et al. (2011). Nutritional contents and medicinal properties of wheat: a review. *Life Sciences and Medicine Research*, 22.1: 1-10.

Kumar, S., & Brooks, M. S. L. (2018). Use of red beet (*Beta vulgaris* L.) for antimicrobial applications-A critical review. *Food and Bioprocess Technology*, 11, 17–42.

Lachman, J. et al. (2006). Vliv vybraných faktorů na obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu hlíz brambor. *Chemické Listy*. 100: 522-527.

Lai, H., Lin, T. (2006). *Bakery products*. In Hui, Y. H. (ed.). Handbook of food science, technology, and engineering. Florida: CRC Press Boca Ranton, p. 1–52. ISBN 9781420027518.

Livia Apostol, Iorga S., Mosoiu C, Racovita R. C., Niculae O. M. (2017). The effects of partially defatted milk thistle (*silybum marianum*) seed flour on wheat flour. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture & Food* 5, 120 (1):74-84.

Luthria, Devanand L., Yingjian LU a K.M. Maria John. (2015). Bioactive phytochemicals in wheat: Extraction, analysis, processing, and functional properties. *Journal of Functional Foods*, 18, 910-925-1.

Maintz, R. et al., (2002). *Technológia pekárskej výroby*. Cech pekárov a cukrárov. Bratislava: PROMP, Predpekané a mrazené výrobky, p. 187–190. ISBN 80-968366-4-1.

Menasra, Amina, Djamel Fahloul. (2019). Guality characteristics of biscuit prepared from wheat and milk thistle seeds (*Silybum marianum* (L) gaertn) flour. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*.

Mihaljev, Ž. et al. (2015). Comparison of the Kjeldahl method, Dumas method and NIR method for total nitrogen determination in meat and meat products. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 21(4): 365-370.

Mir S. A., Shah M. A., Naik H. R. a Zargar I. A., (2016). Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 49-57.

Moudrý, J. et al. (2011). *Alternativní plodiny*. 1. vyd. Profi Press, Praha. ISBN 978-80-86726-40-3.

Mudgil D., Barak S. a Khatkar B. S., (2016). Optimization of bread firmness, specific loaf volume and sensory acceptability of bread with soluble fiber and different water levels. *Journal of Cereal Science*, 70, 186-191.

Muir, Alister D. (2010). Flax lignans: new opportunities for functional foods. *Food Science & Technology Bulletin: Functional Foods*, 6(6), 61-79. ISSN 1476-2137.

Ninfali P, Angelino D. (2013). Nutritional and functional potential of Beta vulgaris cicla and rubra. *Fitoterapia*.

Nukabadi A., Fariba, Hojjatoleslami M. a Abbasi H. (2021). Optimization of fortified sponge cake by nettle leaves and milk thistle seed powder using mixture design approach. *Food Science & Nutrition*, 9(2):757-771.

Osinková, R. (2018). *Potravinářské využití konopného semene a jeho význam v racionální výživě člověka*. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Panghal, A., Virkar, K., Kumar, V., B. Dhull, S., Gat, Y., Chhikara, N. (2017). Development of probiotic beetroot drink. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 5, 257-262.

Pekárková, E. (2000). *Pěstujeme zeleninu*. 2. upr. vyd. Praha: Grada. Česká zahrada. ISBN 80-247-9040-8.

Porwal, Omji et al. (2019). Silybum marianum (Milk Thistle): Review on Its chemistry, morphology, ethno medical uses, phytochemistry and pharmacological activities, *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(5): 199-206.

Prugar, J. (2008). *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha. ISBN 978-80-86576-28-2.

Příhoda J., (2012). *Pekárenská technologie*. In: Kadlec P., Melzoch K. a Voldřich M.: *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, s. 476–489. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80- 7418-145-0.

Příhoda J., Sluková M. a Dřízal J. (2013). *Chléb a pečivo*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny. Jak poznáme kvalitu? ISBN 9788087719114.

Příhoda, J., Humpolíková, P., Novotná D. (2003). *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář, 362 p. ISBN 80-902922-1-6.

Rai S., Kaur a., Singh B. a Minhas K. S. (2012). Quality characteristics of bread produced from wheat, rice and maize flours. *Journal of Food Science and Technology*, 49(6): 786-789.

Ranawana, Viren, Campbell F., Bestwick Ch., Nicol H., Milne L. Breads Fortified with Freeze-Dried Vegetables: *Quality and Nutritional Attributes*. ISBN 10.3390/foods5030062.

Rosell C. M., Rojas J. A. a Benedito de Barber C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1):75-81.

Ruman, M. a Klvaňová L.B. (2008). *Konopí: staronový přítel člověka*. [Chvaleč]: Konopa. ISBN 978-80-254-1825-3.

Serna-Saldivar, S. O. (2010). *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. 1.st ed. Monterrey: CRC Press/Taylor & Francis Group, 747 p. ISBN 978-1-4398-1560-1.

Shewry, P. R. (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60(6):1537- 1553. ISSN 0022-0957.

Shim, Young Y., Bo Gui, Paul G. Arnison, Yong Wang a Reaney J. T. Flaxseed. (2014). (Linum usitatissimum L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 38(1), 5-20. ISSN 09242244.

Shyamala BN, Jamuna P (2010) Nutritional content and antioxidant properties of pulp waste from Daucus carota and Beta vulgaris. *Malays J Nutr* 16:397–408

Součková, M. (2009). *Hodnocení olejnatosti plodů ostropestřce mariánského [Silybum marianum (L.) Gaertn.] z různých pěstitelských oblastí*. Bakalářská práce, MZLU v Brně.

Sridharan et al., 2020. Pea flour as stabilizer of oil-in-water emulsions: Protein purification unnecessary: Protein purification unnecessary. *Food Hydrocolloids*. 101, 105533. ISSN 0268-005X.

Šedivý, P., Albrecht J., 2013: *Pekařská technologie*. Praha: Pekař a cukrář, 222 p. ISBN 978-80-905481-0-7.

Šustová, K. a Sýkora, V. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.

Švec, I. a Hrušková, M. (2015). Characteristics of wheat, barley and hemp model composites. *Czech J. Food Sci.*, 33: 66-71.

Tietze, S. et al., (2017). Development of wheat dough by means of shearing. *Journal of Food Engineering*, 20 (1): 1-8.

Uhlířová, L. (2021). *Příprava běžného pečiva s přidavkem alternativních mouk*. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská a technologická fakulta.

Vonapartis, E. et al. (2015). Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *Journal of Food Composition and Analysis*, 39: 8-12.

Vulic, J., J.Čanadanovic-Brunet, G. Cetkovic, V. Tumbas, S. Djilas, D. Četojevic-Smin a V. Čanadanovic. (2012). Antioxidant and cell growth activities of beet root pomace extracts. *Journal of Functional Foods*, 4: 670-678.

Vyhláška č. 18/2020 Sb. Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, In: *Sbírka zákonů*. 27.1.2020. ISSN 1211-1244.

Yadav, D.P. et al. (2009): Role of ingredients and processing variables on the quality retention in frozen bread doughs. *Journal of Food Science and Technology*. 12–20.

Zelený, V. (2000). *Silybum-ostropestřec* in Slavík B. (ed.) Květena České republiky, sv. 6. Academia, Praha. ISBN: 80-200-0306-1.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Použité minoritní mouky	25
Obrázek 2: Fotografie bulek připravených k senzorickému hodnocení.....	27
Obrázek 3: Barva střídy upečených bulek	40
Obrázek 4: Vyjádření barvy bulek v systému CIE-Lab.	41

Seznam grafů

Graf 1: Průměrné procentuální zastoupení ztráty hmotnosti po upečení bulek	33
Graf 2: Obsah sušiny	34
Graf 3: Obsah popelovin v upečených bulkách	35
Graf 4: Obsah tuku	36
Graf 5: Obsah dusíkatých látek	37
Graf 6: Obsah celkových polyfenolů	38
Graf 7: Antioxidační aktivita	39
Graf 8: Senzorické hodnocení – celková příjemnost barvy	42
Graf 9: Senzorické hodnocení - celková příjemnost vůně	43
Graf 10: Senzorické hodnocení - celková příjemnost konzistence (textury)	44
Graf 11: Senzorické hodnocení - celková příjemnost chuti	45
Graf 12: Senzorické hodnocení - celková přijatelnost	46

Seznam tabulek

Tabulka 1: Konečná receptura bulek.....	26
Tabulka 2: Senzorické požadavky pro běžné pečivo (Vyhláška č.18/2020)	29

Přílohy

Příloha 1: Dotazník k senzorickému hodnocení bulek

Senzorické hodnocení bulek

Jméno:

Datum hodnocení: 07. 3. 2023

1. BARVA

Celková příjemnost barvy

velmi špatná (nepříjemná)	uspokojivá	dobrá	velmi dobrá	vynikající (příjemná)
------------------------------	------------	-------	-------------	--------------------------

2. VŮŇ

Celková příjemnost vůně

velmi špatná (nepříjemná)	uspokojivá	dobrá	velmi dobrá	vynikající (příjemná)
------------------------------	------------	-------	-------------	--------------------------

3. TEXTURA (KONZISTENCE)

Celková příjemnost konzistence

velmi špatná (nepříjemná)	uspokojivá	dobrá	velmi dobrá	vynikající (příjemná)
------------------------------	------------	-------	-------------	--------------------------

4. CHUŤ

Celková příjemnost chuti

velmi špatná (nepříjemná)	uspokojivá	dobrá	velmi dobrá	vynikající (příjemná)
------------------------------	------------	-------	-------------	--------------------------

5. CELKOVÉ HODNOCENÍ

Celková přijatelnost

velmi špatná (nepříjemná)	uspokojivá	dobrá	velmi dobrá	vynikající (příjemná)
------------------------------	------------	-------	-------------	--------------------------