

Texturní vlastnosti sušenek ze zrna barevných pšeníc

Bc. Jiří Hamáček

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Jiří Hamáček
Osobní číslo: T20076
Studijní program: N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Texturní vlastnosti sušenek ze zrna barevných pšeníc

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Složky přítomné v zrna barevných pšeníc.
2. Nutriční hodnota zrna barevných pšeníc.
3. Charakteristika sušenek a jejich nejvýznamnější texturní charakteristiky.
4. Technologie výroby sušenek.

II. Praktická část

1. Charakteristika mouky připravené ze zrna barevných pšeníc.
2. Charakteristika dalších surovin použitých při výrobě sušenek.
3. Postup výroby sušenek.
4. Metoda stanovení texturních vlastností sušenek.
5. Popis výsledků a jejich diskuse s literaturou.
6. Formulace závěrů plynoucích z práce.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] Davidson, I. (2018). *Biscuit, cookie and cracker production: process, production and packaging equipment*. Academic Press
- [2] Lachman, J., Hejtmánková, A., Orsák, M., Popov, M., & Martinek, P. (2018). Tocotrienols and tocopherols in colored-grain wheat, tritordeum and barley. *Food Chemistry*, 240, 725-735
- [3] Paznocht, L., Kotíková, Z., Orsák, M., Lachman, J., & Martinek, P. (2019). Carotenoid changes of colored-grain wheat flours during bun-making. *Food chemistry*, 277, 725-734
- [4] Saini, P., Kumar, N., Kumar, S., Mwaurah, P. W., Panghal, A., Attkan, A. K., & Singh, V. (2020). Bioactive compounds, nutritional benefits and food applications of colored wheat: a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-14

Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na vlastnosti pšenice s netradiční barvou zrna, zejména na jejich nutriční hodnoty, vliv na lidské zdraví a jejich praktické využití. Dále je práce zaměřena na možnosti výroby různých druhů sušenek a jejich texturní vlastnosti. Praktická část je zaměřena na výrobu sušenek dle různých metod ze sedmi různých druhů mouk získaných z běžných, ale i netradičně zabarvených odrůd pšenice. Dalším bodem je stanovení texturních vlastností těst, jako je pevnost, houževnatost a lepivost, ale i konečných výrobků, kde nejdůležitější texturní vlastností je tvrdost. V poslední řadě pak určit vliv jednotlivých druhů mouk a použitých metod na senzorické vlastnosti sušenek.

Klíčová slova: barevné odrůdy pšenice, antokyany, karotenoidy, sušenky, pevnost, tvrdost, lepivost

ABSTRACT

The thesis focuses on the properties of wheat with unusual grain colour, especially on their nutritional values, effects on human health and their practical use. Furthermore, the thesis focuses on the possibilities of producing different types of biscuits or cookies and their main textural properties. The practical part focuses on the production of biscuits and cookies according to different methods from seven different types of flours obtained from both common and unusual colored wheat varieties. Another point is the determination of the textural properties of the doughs, such as strength, toughness and stickiness, but also of the final products, where the most important textural property is hardness. Lastly, to determine the effects of the different flours and methods used on the sensory properties of the biscuits and cookies.

Keywords: colored-grain wheat, anthocyanins, carotenoids, biscuits, cookies, hardness, toughness, stickiness

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph. D. za odborné rady, pomoc a vedení při řešení dané problematiky. Velké díky také patří Ing. Romaně Šebestíkové za odbornou pomoc během zpracování praktické části práce.

A samozřejmě patří velké díky rodině a přátelům nejen za morální podporu během celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 NETRADIČNÍ ZBARVENÍ ZRNA PŠENICE	11
1.1 ANTOKYANY	11
1.1.1 Pšenice s modrým aleuronem.....	12
1.1.2 Pšenice s purpurovým perikarpem	12
1.1.3 Pšenice s černým zbarvením zrna	13
1.2 KAROTENOIDY	13
2 DALŠÍ LÁTKY PŘÍTOMNÉ V BAREVNÉM ZRNĚ A JEJICH NUTRIČNÍ HODNOTA	14
2.1 FENOLICKÉ LÁTKY	14
2.1.1 Fenolické kyseliny	15
2.1.2 Flavonoidy.....	16
2.1.3 Antokyany	17
2.2 KAROTENOIDY	17
2.3 TOKOFEROLY	18
2.4 AMINOKYSELINY	19
3 VYUŽITÍ ZRNA BAREVNÉ PŠENICE V PRAXI	20
3.1 CHLĚB KARKULKA	20
3.2 VLOČKY Z MODRÉ PŠENICE	21
3.3 KRMIVÁŘSKÉ POKUSY	21
4 CHARAKTERISTIKA SUŠENEK	22
4.1 COOKIES.....	22
4.2 BISCUITS	22
4.3 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ TEXTURNÍ CHARAKTERISTIKY SUŠENEK	23
4.3.1 Tvrdost	23
4.3.2 Soudržnost.....	23
4.3.3 Lámavost	23
5 TECHNOLOGIE VÝROBY SUŠENEK	24
5.1 DOPRAVA A SKLADOVÁNÍ SUROVIN	24
5.2 PŘÍPRAVA SUROVIN	24
5.3 PŘÍPRAVA TĚSTA	25
5.3.1 Biscuits	25
5.3.2 Cookies.....	25
5.4 VYVALOVÁNÍ A TVAROVÁNÍ	25
5.5 PEČENÍ	26
5.6 SPREJOVÁNÍ OLEJEM	27
5.7 CHLAZENÍ	27
5.8 DODATEČNÁ ÚPRAVA SUŠENEK.....	28
5.9 KONTROLA A BALENÍ	28
5.9.1 Funkce obalů	28
5.9.2 Používané obalové materiály	28
5.9.3 Plnění do obalů.....	29

5.9.4	Kontrola.....	29
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	30
6	CÍL PRÁCE.....	31
7	MATERIÁL A METODIKA.....	32
7.1	CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MOUK.....	32
7.1.1	Mouka světlá hladká.....	32
7.1.2	Mouka celozrnná.....	32
7.1.3	Mouka z červené pšenice.....	32
7.1.4	Mouka ze žluté pšenice.....	33
7.1.5	Mouka z purpurové pšenice.....	33
7.1.6	Mouka z modré pšenice.....	33
7.1.7	Mouka z černé pšenice.....	34
7.2	DALŠÍ POUŽITÉ SUROVINY.....	35
7.2.1	Tuk.....	35
7.2.2	Voda.....	35
7.2.3	Sladidla.....	35
7.2.4	Kypřidla.....	35
7.2.5	Ostatní suroviny.....	36
7.3	POSTUPY VÝROBY SUŠENEK.....	36
7.3.1	Metoda 1.....	36
7.3.2	Metoda 2.....	37
7.3.3	Metoda 3.....	37
7.4	STANOVENÍ VLHKOSTI MOUKY.....	37
7.6	STANOVENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ TĚSTA.....	38
7.7	STANOVENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ SUŠENEK.....	39
7.8	SENZORICKÁ ANALÝZA.....	40
7.9	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ.....	40
8	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	42
8.1	STANOVENÍ VLHKOSTI.....	42
8.2	STANOVENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ TĚST.....	42
8.3	STANOVENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ SUŠENEK.....	46
8.4	SENZORICKÁ ANALÝZA.....	49
	ZÁVĚR.....	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	64
	SEZNAM TABULEK.....	65

ÚVOD

Pšenice jako taková je jednou z nejrozšířenějších zemědělských plodin sloužících k lidské výživě, její význam v potravinářství je znám od nepaměti. Z ekonomického hlediska je nejznámější a nejdůležitější pšenice setá – *Triticum aestivum*. Jedná se o surovinu, která slouží k výrobě celé řadě produktů.

Postupným šlechtěním a selekcí jednotlivých odrůd vznikaly odrůdy nové, které mají vyšší výnos, lepší technologické vlastnosti zrna, jsou odolnější vůči nepříznivým pěstebním podmínkám a také odolnější vůči různým negativním vlivům, jako jsou škůdci nebo choroby. S postupem času se však začínají vyhledávat potraviny s vyšší nutriční hodnotou, a právě k tomuto účelu mohou sloužit odrůdy pšenice s netradičním zbarvením zrna získané cíleným šlechtěním.

Odrůdám s netradičním zbarvením zrna se zejména v poslední době dostává velké pozornosti. Díky vyššímu obsahu antokyanů a karotenoidů, fenolických kyselin a dalších fenolických látek se jedná o surovinu s vysokou antioxidační kapacitou. A právě antioxidanty mohou působit jako prevence proti vzniku častých civilizačních chorob, jako jsou např. cukrovka, rakovina nebo kardiovaskulární nemoci.

Sušenky jsou častým výrobkem právě z pšenice, existuje celá řada druhů a typů sušenek, slané nebo sladké, samotné nebo s polevou, ale co je nejdůležitější, jedná se o trvanlivou potravinu rozšířenou téměř po celém světě a oblíbenou lidmi ze všech věkových kategoriích.

A kombinací oblíbené a často konzumované potraviny s nutričně obohacenou surovinou, jako jsou barevné odrůdy pšenice, je vznik výrobku, který by mohl mít do budoucna velký potenciál. Z tohoto důvodu vznikla tato diplomová práce, která má částečně odhalit, zda by bylo možné opravdu sušenky z barevných odrůd pšenice v budoucnu komerčně vyrábět.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 NETRADIČNÍ ZBARVENÍ ZRNA PŠENICE

Netradiční zbarvení zrna pšenice je způsobeno přítomností vysokého množství antokyanů u modrých, purpurových a černých odrůd pšenic, v případě žlutých odrůd je zbarvení způsobeno přítomností barevných pigmentů, zejména karotenoidů. Zmíněné látky mají pozitivní vliv na lidský organismus, lidské tělo si však tyto látky nedokáže samo syntetizovat, a je tedy nutné, aby tyto látky byly přijímány v potravě. A jelikož je pšenice jednou z nejstarších a nejrozšířenějších zemědělských plodin sloužících k lidské výživě a slouží k výrobě široké škály potravinářských výrobků, je tedy nutno podotknout, že odrůdy s netradičním zbarvením zrna mají do budoucna velký potenciál [1], [2].

1.1 Antokyany

Jak je výše uvedeno, purpurové, modré či černé zbarvení pšenice je způsobeno antokyany. Antokyany patří do skupiny flavonoidů. Jedná se o přírodní, ve vodě rozpustné barevné látky, které se přirozeně vyskytují v široké škále druhů ovoce, zeleniny a rostlin. Typickým příkladem můžou být například maliny, ostružiny nebo červené hrozny révy vinné, které získávají svou typickou barvu právě díky přítomnosti antokyanových barviv [3].

Nejčastěji se antokyany vyskytují ve formě glykosidů. Základním strukturním kamenem je antokyanidin, také znám jako aglykon, který je spojen s jedním či více monosacharidy, nejčastěji glukózy, fruktózy, galaktózy či ramnózy, pomocí glykosidické vazby. Existuje šest běžně se vyskytujících skupin antokyanů: kyanidiny, petunidiny, petonidiny, pelargonidiny, delphinidiny a malvinidy. Rozdíly mezi nimi jsou způsobeny zejména pozicí glykosidické vazby, typem a množstvím navázaných monosacharidů či počtem hydroxylových skupin [3].

S přibývajícím výzkumy se potvrzuje, že antokyany jsou silnými antioxidanty a v lidském těle mohou působit jako imunomodulátory, tedy látky podporující funkci imunitního systému, nebo jako látky protinádorové či protizánětlivé. Tyto vlastnosti pak mohou dohromady vést se snížení rizika vzniku civilizačních chorob, jako je například rakovina, cukrovka či kardiovaskulární onemocnění [3], [4].

Všeobecně lze říci, že čím tmavší barvu obilka má, tím více je v ní obsaženo antokyanů. V černé pšenici tedy bude antokyanů nejvíce, v modré a purpurové bude antokyanů méně a v bílé pšenici bude obsah antokyanů téměř nulový [4].

Bohužel jsou antokyany velmi nestabilními látkami. Díky přítomnosti vysokého počtu nenasyčených dvojných vazeb mohou být antokyany destabilizovány za pomoci světla, tepla, pH či přítomností kyslíku, enzymů a kovových iontů [3].

1.1.1 Pšenice s modrým aleuronem

Původ pšenice s modrým zabarvením obilky se přisuzuje hned několika odrudám pšenice a dalším druhům obilovin. Řadí se mezi ně např. *Triticum monococcum*, *Thinopyrum ponticum* či *Agropyron tricophorum*. Geny všech uvedených rostlin mohli stát za vznikem pšenice s modrým zabarvením, která je využívána v dnešní době [5].

Modré zabarvení zrna je způsobeno přítomností celou řadou antokyanů, nejvíce se vyskytující antokyany u modrých odrud pšenice jsou však delphinidin-3-glukosid, delphinidin-3-rutinosid, kyanidin-3-glukosid a kyanidin-3-rutinosid. V případě pšenice s modrým aleuronem se uvedené antokyany nacházejí v aleuronové vrstvě, tedy povrchové vrstvě endospermu obilky. Jednotlivé zastoupení antokyanů a jejich obsah v zrně se pak s jednotlivými odrudami pšenice liší [6].

1.1.2 Pšenice s purpurovým perikarpem

Původ odrud s purpurovým perikarpem není zcela znám, pravděpodobně však pochází z oblasti dnešní Etiopie. Původci mohou být např. *Triticum turgidum* L., *Triticum polonicum* či *Triticum abyssinicum* [7].

Zabarvení purpurových odrud pšenice je způsobeno obsahem antokyanů v perikarpu, který je součástí obalových vrstev zrna pšenice. Pro využití plného potenciálu antokyanů z odrud s purpurovým perikarpem je tedy nutno používat celozrnných výrobků [8].

Purpurové zabarvení zrna je způsobeno z velké části stejnými antokyany jako u pšenice modré, jako jsou např. kyanidin-3-glukosid nebo delphinidin-3-glukosid. Významnými antokyany u purpurové pšenice jsou pak dále peonidin-3-glukosid, pelargonidin-3-glukosid nebo petunidin-3-rutinosid. Všeobecně je většinou dáno, že u odrud s purpurovým perikarpem je obsah antokyanů nižší než u odrud s modrým aleuronem. Ale jak již bylo zmíněno, vše je dáno odrudou, pěstebními podmínkami atd., a i zde se mohou najít výjimky [4], [8].

1.1.3 Pšenice s černým zbarvením zrna

Černé zbarvení zrna pšenice je způsobeno přítomností antokyanových barviv jak v perikarpu, tak v aleuronové vrstvě. Díky přítomnosti antokyanů v obou zmíněných částech zrna je tedy logické, že v černé pšenici bude obsah antokyanových barviv podstatně vyšší než v odrůdách s modrým aleuronem či purpurovým perikarpem [9].

Černá barva je z velké části opět tvořena již výše zmíněnými antokyany, příkladem může být modré zbarvení aleuronové vrstvy způsobené delphinidin-3-glukosidem a delphinidin-3-rutinosidem; purpurové zbarvení pak může být způsobeno přítomností kyanidin-3-glukosidem a kyanidin-3-rutinosidem [6], [9].

1.2 Karotenoidy

Karotenoidy jsou látky způsobující žluté zbarvení endospermu u pšenice. Jedná se žluté, oranžové a červené pigmenty způsobující typické zbarvení široké škály druhů ovoce a zeleniny. Jedná se o isoprenoidy s konjugovaným dlouhým polyenovým řetězcem, který je zodpovědný za jejich barvu, biologickou aktivitu, ale i nestabilitu [10].

Podobně jako antokyany, tak i karotenoidy mají celou řadu pozitivních účinků na lidské zdraví. Jedná se opět o látky s vysokou antioxidační činností, jsou to tedy látky, které mohou předcházet vzniku civilizačních chorob, např. rakoviny nebo kardiovaskulárních chorob. Mimo to samotné skupiny karotenoidů mohou pozitivně ovlivňovat i jednotlivé orgány, např. β -karoten je prekurzorem vitamínu A, má tedy vliv na lidský zrak, pro změnu lutein podporuje správnou činnost mozku [10], [11].

Podobně jako u antokyanů, tak i karotenoidy jsou látky nestabilní, a to díky vysokému počtu dvojných vazeb. Na degradaci karotenoidů se může podílet např. pH či vyšší teplota. Znamená to, že podobně jako u dalších barevných odrůd, se během potravinářského zpracování bude teoreticky biologická aktivita karotenoidů i antokyanů snižovat [12], [13].

Zástupci vyskytující se v největší míře v pšenici se žlutým endospermem jsou α -karoten, β -karoten, lutein, zeaxantin a antheraxantin [12], [13].

2 DALŠÍ LÁTKY PŘÍTOMNÉ V BAREVNÉM ZRNĚ A JEJICH NUTRIČNÍ HODNOTA

Nutriční hodnota potravin z pšenice může být zásadně ovlivněna výběrem suroviny, popřípadě výběrem specifických částí zrna, a také jejím následným zpracováním. Každá část obilného zrna totiž obsahuje jiné specifické látky a jejich obsah se taktéž může lišit. Samotný obsah daných látek a případně i jejich stabilita pak může být ovlivněna již zmíněným následným zpracováním. V prvních fázích výroby se jedná zejména o mlecí procesy, které ovlivňují obsah žádoucích látek v otrubách, resp. v samotné mouce a tím i v samotném výrobku z dané mouky vyrobeného. V pozdějších výrobních procesech se pak jedná zejména o tepelnou úpravu, kde právě vysoké teploty mají vliv na stabilitu zdraví prospěšných látek [14], [15].

Jelikož je pšenice jednou z nejrozšířenějších zemědělských plodin vůbec a z velké části slouží k výrobě celé řady potravin, např. pečiva a těstovin, tak není divu, že postupem času je větší zájem o výrobky vhodnější pro lidské zdraví. Třeba celozrnné výrobky se stávají postupem času stále více populární. Vysoký obsah obalových vrstev, tedy vlákniny u celozrnných výrobků má totiž pozitivní vliv na funkci střevního traktu, mimo to však takové výrobky obsahují i více vitaminů a minerálních látek [15].

S moderní dobou však přicházejí nové trendy, ne vždy však ty kladné. Uspěchaný životní může vést k horším stravovacím návykům a lidské tělo je vystavováno různým zátěžím dnešní doby. To jsou důvody, které vedou ke hledání nových zdrojů látek, které by lidskému tělu mohly s působením těchto negativních vlivů pomoci. A právě barevné odrůdy pšenice by mohly být jedním ze zdrojů takových látek. Díky vysokému obsahu nejen zmíněných antokyanů a karotenoidů, ale i dalších fenolických látek, se jedná o velmi slibnou surovinu pro budoucnost a není tedy divu, že v posledních letech přibývá mnoho nových odrůd a výzkumy se na ně zaměřují čím dál více [2], [3], [4], [10].

2.1 Fenolické látky

Fenolické látky jsou sekundární metabolity rostlin, hlavním zdrojem můžou být např. obiloviny, olejnatá semena, ovoce nebo zelenina. Hlavním stavebním kamenem těchto sloučenin je hydroxylová skupina přímo vázaná na aromatické jádro. Mezi fenolické látky se řadí např. flavonoidy, flavonoly, fenolické kyseliny či stilbeny. Všeobecně se jedná o látky s vysokou antioxidační kapacitou a v lidském těle mohou působit jako neutralizátory

volných kyslíkových radikálů, hydroxylových radikálů či superoxidových aniontových radikálů. Také se jedná o látky, které se podílejí na správné funkci buněčné signalizace [4], [16].

Stanovení celkového obsahu fenolických sloučenin v obilovinách se nejčastěji provádí kyselou methanolovou extrakcí, popř. extrakcí vodným roztokem acetonu. Metoda extrakcí acetonem je však pravděpodobně méně přesná, během extrakce je možné, že dochází k extrakci jen malé části fenolických látek. Pro ukázkou, jak se liší jednotlivé obsahy fenolických látek u různých odrůd pšenice, je použito výzkumu od LIU, Q., QIU, Y. a T. BETA [4]. Cílem zmíněného výzkumu bylo stanovení např. celkového množství fenolických látek, flavonoidů či antokyanů nebo kapacita zachytávání volných radikálů u šesti různých druhů odrůd pšenice včetně několika různých barevných odrůd a jedné bílé odrůdy pšenice seté [4].

Nejvyšší obsah celkových fenolických sloučenin byl stanoven u purpurové odrůdy Charcoal na 226 mg fenolických sloučenin na 100 g vzorku, nejnižší obsah byl stanoven nečekaně u bílé odrůdy pšenice AC Vista na asi 150 mg ve 100 g vzorku, uvedené hodnoty byly získány pomocí methanolové extrakce. Za zmínku však stojí, že u purpurové odrůdy Indigo byl stanovený celkový obsah fenolických sloučenin jen o něco málo vyšší než u pšenice bílé. Jak již tedy bylo řečeno, tak stále velmi záleží na jednotlivých odrůdách. Nelze dělat závěry z jednoho výzkumu, přesto lze ale říci, že barevné odrůdy mají v tomto směru slibnou budoucnost [4].

2.1.1 Fenolické kyseliny

Fenolické kyseliny jsou organické kyseliny, obsahují alespoň jednu karboxylovou skupinu a jednu hydroxylovou skupinu. V praxi se označují jako kyselina benzoová nebo kyselina skořicová a jejich deriváty. V pšeničném zrně se fenolické kyseliny vyskytují v rozpustné formě jen z malé části, hlavní podíl tvoří jejich nerozpustné formy nacházející se v buněčných stěnách. Právě nerozpustná forma je podstatně hůře využitelná lidským organismem. Mezi hlavní zástupce nacházející se v pšeničném zrně lze zařadit kyselinu vanilovou, kávovou, p-kumarovou, ferulovou a sinapovou [4], [17].

Fenolické kyseliny, jako většina ostatních fenolických sloučenin, mají nezpochybnitelný pozitivní vliv na lidským organismus. Jedná se o látky s vysokou antioxidační a antikarcinogenní aktivitou, také působí protizánětlivě [4], [17].

Kyselina vanilová má velmi pozitivní vliv na lidský organismus, zejména v oblasti kardiovaskulárních, gastrointestinálních a jaterních onemocnění, kde působí jako silná prevence proti vzniku zmíněných chorob. Pro příklad, v jaké míře se nachází různé fenolické kyseliny v pšeničném zrně, bylo opět použito výzkumu od LIU, Q., QIU, Y. a T. BETA [4]. Právě kyselina vanilová byla v největší míře stanovena u purpurových odrůd, u odrůd Indigo a Charcoal se obsah kyseliny vanilové pohyboval kolem 3,2 mg/100 g, u purpurové odrůdy Konini kolem 2,6 mg/100 g. U ostatních odrůd, tedy bílé, žluté a červené, se obsah kyseliny vanilové pohyboval kolem 1,3 mg/100 g. U purpurových odrůd je tedy obsah této zdraví prospěšné kyseliny i více než 2x vyšší v porovnání s ostatními odrůdami [4].

V největší míře vyskytující se fenolická kyselina v zrně pšenice je kyselina ferulová. Nejvyšší obsah byl stanoven na 87 mg/100 g u purpurové odrůdy Charcoal. U žluté a ostatních purpurových odrůd byl obsah vyšší než 80 mg/100 g, u bílé odrůdy se obsah pohyboval kolem 75 mg/100 g, nejnižší obsah byl pak stanoven u červené odrůdy na asi 69 mg/100 g [4].

Znatelný rozdíl byl zjištěn ještě v obsahu kyseliny sinapové. U bílé odrůdy byl obsah této kyseliny stanovena na 0,7 mg /100 g, u žluté odrůdy na dvojnásobek této hodnoty, u ostatních odrůd byl obsah ještě vyšší, nejvyšší obsah byl stanoven u purpurové odrůdy Charcoal na 3 mg /100 g [4].

Dále byl stanoven obsah kyseliny kávové a *p*-kumarové, u těchto kyselin však nejsou rozdíly tak významné. Opět lze říci, že obsah fenolických kyselin je ovlivněn zejména odrůdou, všeobecně však mají barevné odrůdy vyšší obsah fenolických kyselin než například bílé odrůdy [4].

2.1.2 Flavonoidy

Flavonoidy a jejich působení na lidské zdraví jsou známy již desítky let. Podobně jako ostatní látky spadající pod fenolické sloučeniny, tak i flavonoidy vykazují značné biochemické účinky. Jedná se o látky protizánětlivé, antialergenní, antikarcinogenní a zabraňují oxidaci lipoproteinů nízké hustoty, což vede ke snížení rizika vzniku aterosklerózy. Nejdůležitější vlastností je však již několikrát zmíněná antioxidační aktivita. Díky této aktivitě zabraňují flavonoidy oxidaci volných radikálů a oxidaci lipoproteinů. Také jsou schopny vázat ionty některých kovů, např. mědi a železa, a tvořit s nimi komplexy, jinak přítomnost těchto iontů ve volné formě vede ke zvýšení počtu reaktivních forem

kyslíku. Flavonoidy také zabraňují degradaci vitamínu C v organismu, jedná se tedy o významnou součást antioxidačního systému [4], [18], [19].

Pro porovnání bylo použito již 2x zmíněného výzkumu. Celkový obsah flavonoidů byl značně vyšší u všech tří zkoušených purpurových odrůd, zejména u odrůdy Charcoal byl celkový obsah flavonoidů stanoven na téměř 103 mg/100 g, tato hodnota je několikanásobně vyšší než u ostatních odrůd. U bílé odrůdy byl celkový obsah flavonoidů stanoven na necelých 10 mg/100 g, u žluté a červené odrůdy byl obsah jen o několik jednotek mg vyšší než u odrůdy bílé. Rozdíly mezi celkovým obsahem flavonoidů je zde zřejmý [4].

2.1.3 Antokyany

Antokyany jsou látky spadající pod flavonoidy, jejich účinky na lidský organismus tedy již není nutné zmiňovat. Na obsah celkových flavonoidů má tedy obsah antokyanů přímý vliv. Dle, již několikrát zmíněného výzkumu, je samozřejmé, že purpurové odrůdy obsahují podstatně více antokyanů než ostatní testované odrůdy. Celkový obsah antokyanů u bílé odrůdy byl stanoven na necelých 0,8 mg/100 g, u žluté a červené odrůdy nepřekročil celkový obsah antokyanů 1 mg/100 g. U purpurové odrůdy Konini se obsah antokyanů pohyboval kolem 2,5 mg/100 g a u odrůdy Indigo 7,2 mg/100 g. Největší rozdíl byl však zaznamenán u odrůdy Charcoal, kde byl celkový obsah antokyanů stanoven na téměř 23,5 mg/100 g [4].

Jednou částí výzkumu od SHARMA, N. a kol. [20] bylo stanovení celkového obsahu antokyanů v mouce z bílé, modré, purpurové a černé pšenice. Obsah antokyanů se pohyboval v rozmezí od 6,61 mg do 95,04 mg na 1 kg mouky. V mouce z černé pšenice byl předvídatelně obsah antokyanů nejvyšší, následovala mouka z modré pšenice, dále z purpurové pšenice a nejnižší obsah antokyanů byl podle předpokladů stanoven v mouce z bílé pšenice [20].

2.2 Karotenoidy

Již bylo zmíněno, že se v zrně pšenice nachází několik různých karotenoidů. Hlavním zástupcem je lutein a jeho estery. Ve velké míře se v zrně nachází zeaxanthin, antheraxanthin, α -karoten a β -karoten. V minimálním množství se pak v zrně vyskytuje několik dalších karotenoidů, například β -kryptoxanthiny, triticoxanthiny či flavoxanthiny [12], [13].

Již bylo zmíněno, že karotenoidy mají taktéž vysokou antioxidační schopnost. Jejich přítomnost tedy zvyšuje, stejně jako antokyany, nutriční hodnotu potravin. Bohužel se však

jedná o látky tepelně nestabilní, za vyšších teplot tedy degradují. Procesy vaření či pečení tedy mohou znatelně snižovat obsah karotenoidů ve výrobcích a tím tedy snižovat jejich pozitivní vliv na organismus [12], [13].

Pro příklad je použito výzkumu od PAZNOCHT, L. a kol. [12], kde bylo testováno 9 různých odrůd pšenice na obsah karotenoidů. Bylo použito dvou červených, dvou žlutých, tří modrých a tří purpurových odrůd pšenice. Z výsledků lze konstatovat, že nejvyšší obsah karotenoidů se nacházel v moukách získaných ze žlutých odrůd pšenice a to v množství vyšším než $2,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Vyšší obsah antokyanů byl také stanoven u purpurové odrůdy Konini na přibližně $1,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. U všech ostatních mouk z ostatních odrůd, tedy červených, modrých a zbylých dvou purpurových, se pohyboval obsah antokyanů v rozmezí $0,3 - 0,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Již bylo zmíněno, že právě karotenoidy stojí za specifickým zbarvením zrna žlutých odrůd pšenice, což výzkum potvrzuje. Také však poukazuje na to, že se může vyšší obsah karotenoidů vyskytovat i u jiných barevných odrůd pšenice, což by v kombinaci s vyšším obsahem antokyanů mohlo značně zvyšovat nutriční hodnotu potravin [12].

Výše zmíněný výzkum se však nezabýval pouze stanovením karotenoidů v mouce, ale i v hotových výrobcích, u kterých již na obsah karotenoidů působila vyšší teplota. Například v mouce ze žluté pšenice byl stanoven obsah karotenoidů na téměř $2,24 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, v hotovém výrobku byl však obsah karotenoidů stanoven již na pouhých necelých $0,45 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Během pečení se tedy obsah karotenoidů u této odrůdy snížil několikanásobně. Naopak v mouce z modré pšenice V1 135-15 byl celkový obsah karotenoidů stanoven na $0,73 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a v hotovém výrobku byl obsah karotenoidů stanoven na téměř $0,47 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. V samotné mouce tedy nebyl obsah karotenoidů nikterak významný, v hotovém výrobku však byl obsah karotenoidů vyšší než u výrobku ze žluté pšenice. Je tedy pravděpodobné, že tepelná stabilita karotenoidů je dána samotnou odrůdou pšenice a přítomností dalších látek, které tepelnou stabilitu karotenoidů mohou ovlivňovat [12].

2.3 Tokoferoly

Tokoferoly, jinak známy jako vitamin E, se řadí mezi vitaminy rozpustné v tucích. Tokoferoly se dělí do dvou skupin na nasycené tokoferoly a tokotrienoly se třemi dvojnými vazbami. Existují v osmi formách jako α -, β -, γ - a δ - tokoferoly a α -, β -, γ - a δ - tokotrienoly. Samotné tokoferoly tvoří převážnou část a nacházejí se zejména v klíčku zrna. Tokotrienoly tvoří menší část a vyskytují se hlavně v endospermu a perikarpu. Všeobecně jsou tokoferoly

známy pro svou antioxidační aktivitu. Mimo to jsou některé frakce známy pro svou schopnost redukovat hladinu LDL cholesterolu v krvi [22], [23].

Výzkum od LACHMAN, J. a kol. [2] byl zaměřen na stanovení celkového obsahu tokoferolů u 12 různých odrůd pšenice a u 3 různých odrůd ječmene. Zde je zřejmé, že obsah tokoferolů je opravdu hodně ovlivněn odrůdou. Všeobecně se nejvyšší obsah tokoferolů nacházel u modrých odrůd pšenice, u purpurových odrůd byl obsah podobný jako u bílé odrůdy. U některých barevných odrůd byl však obsah tokoferolů i nižší ve srovnání s bílou odrůdou. Zde tedy nelze jednoznačně říci, že barevné odrůdy obsahují více tokoferolů než bílé odrůdy. Nicméně výběrem správné barevné odrůdy, která je bohatá na antokyany či karotenoidy, by se jednalo o nutričně bohatší surovinu [22].

2.4 Aminokyseliny

Aminokyseliny jsou základním stavebním kamenem proteinů, látkou, která je podstatou všech živých organismů. Z chemického hlediska jsou to látky obsahující dvě funkční skupiny, aminovou a karboxylovou. Z hlediska výživového je dělíme do dvou skupin, na esenciální a neesenciální. Esenciální AK musí člověk přijímat potravou, jelikož si tyto aminokyseliny nedokáže tělo samo syntetizovat.

Výzkum od SHARMA, N. a kol. [23] byl zaměřen na obsah proteinů, samostatných aminokyselin a vliv působení teplot na jejich obsah ve výrobcích. U barevných odrůd byl stanoven vyšší obsah bílkovin, logicky tedy stanoven i vyšší obsah některých aminokyselin. Rozdíly v porovnání s běžnou pšenicí však nejsou velké, ale i přesto se jedná o pozitivum. Nicméně hlavní výhoda barevných odrůd spočívá v něčem jiném, bylo u nich totiž stanoveno velmi nízký procentuální úbytek aminokyselin během tepelné úpravy. Všeobecně největší úbytky aminokyselin byly stanoveny u bílé odrůdy, následně u modré, pak purpurové a nejmenší úbytky pak u černé. Například úbytek methioninu, jedné z esenciálních aminokyselin, byl u bílé odrůdy pšenice stanoven na téměř 34,5 %, u modré na 26,8 %, u purpurové na 7,8 % a u černé na pouhých 6,5 %. Z velké části je to podobně i u ostatních aminokyselin. Je to způsobeno pravděpodobně přítomností vysokého množství antokyanů, které stabilizují aminokyseliny a zabraňují tak jejich denaturaci a degradaci [23].

3 VYUŽITÍ ZRNA BAREVNÉ PŠENICE V PRAXI

S postupem času roste mezi lidmi zájem o tzv. funkční potraviny, tedy potraviny, které pozitivně působí na lidský organismus. V porovnání s běžnými odrůdami mají ty netradičně zbarvené hned několik výhod, jejich potenciál je tedy obrovský a není divu, že se takové odrůdy stávají velmi atraktivními pro výrobu potravin. Nicméně se dá říci, že barevné odrůdy pšenice jsou stále ve vývojové fázi. Šlechtí se stále nové odrůdy s co nejlepšími zemědělskými vlastnostmi, tedy aby měli přijatelný sklizňový výnos, dostatečnou odolnost proti škůdcům a chorobám atd. Takové odrůdy jsou pak zkoumány na přítomnost a obsah různých látek a jejich vliv na organismus. V praxi se tedy zatím s výrobky z barevné pšenice běžně nesetkáme, nicméně několik příkladů je možno uvést.

3.1 Chléb Karkulka

Chléb Karkulka je vyráběn z pšenice nesoucí jméno PS Karkulka. Jedná se o odrůdu s purpurovým perikarpem. Odrůda PS karkulka byla registrována na Slovensku roku 2014. Již bylo zmíněno, že perikarp je součástí obalových vrstev, aby tedy výsledný produkt měl vyšší nutriční hodnotu díky přítomnosti antokyanů, bylo tedy nutné, aby bylo použito celozrnné mouky vyrobené z uvedené purpurové pšenice [24].

Výrobcem chleba Karkulka je Karlova pekárna v Brně, spolupracující s Mendelovou univerzitou v Brně a s firmou SEMO, producentem osiv. Chléb byl běžně dostupný v řetězci prodejen COOP a Brněnka. 60 % chleba je tvořeno celozrnnou moukou z odrůdy PS Karkulka. Chléb nemá nijak výraznou purpurovou nebo červenou barvu, v porovnání s běžným pšeničným chlebem má spíše trochu tmavší barvu. Díky vyššímu obsahu antokyanů v celozrnné mouce se dá taková chléb jistě zařadit mezi funkční potraviny [25].



Obrázek 1 Chléb Karkulka z purpurové pšenice [25]

3.2 Vločky z modré pšenice

Již bylo zmíněno, že modré zbarvení zrna je způsobeno antokyany, které se nacházejí v aleuronové vrstvě. U modrých odrůd je tedy výhodou, že i v mouce bez obalových vrstev se nachází velká část barviv. V České republice byly prozatím vyrobeny vločky z modré odrůdy pšenice AF Oxana. Jedná se však o produkt s využitím v krmivářství [26].



Obrázek 2 Vločky z modré pšenice [26]

3.3 Krmivářské pokusy

Na Mendelově univerzitě v Brně byly prováděny pokusy na zvířatech pomocí přidavku barevné pšenice do krmných dávek. Potkanům krmeným modrou pšenicí byla následně stanovena nižší hladina cholesterolu v krvi. Nosnicím byla podávána krmná dávka složená ze 60 % z purpurové pšenice. U starších nosnic byla následně naměřena vyšší snáška vajec, u mladých nosnic naopak nižší. Teoreticky tedy barevná pšenice působí pozitivně na starší, více opotřebovaný organismus. Ve všech případech pak byla naměřena vyšší antioxidační kapacita v krevní plazmě [26].

4 CHARAKTERISTIKA SUŠENEK

Vyhláška č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta definuje sušenky jako trvanlivé pečivo získané upečením hmoty, nekypřené nebo chemicky kypřené. Vzhled by měl být celistvý, tvar typický pro daný výrobek; kůrka čistá, odpovídající barvy dle charakteru výrobku, nepřipálená; střída a struktura křehká, pórovitá; vůně a chuť příjemná, typická pro daný výrobek, odpovídající použitým surovinám, bez cizích pachů a cizích příchutí. Více však česká legislativa v oblasti sušenek nedefinuje [27].

Jedná se o potravinu, která nevyžaduje žádnou kuchyňskou úpravu, z obalu je možné sušenky konzumovat přímo. Jako potravina spadající pod trvanlivé pečivo má velmi dlouho trvanlivost, která se pohybuje většinou v rozmezí 6-12 měsíců. Surovinovou skladbou lze ve velké míře ovlivnit jejich nutriční a energetickou hodnotu [28].

Sušenky jsou celosvětovým fenoménem a napříč světem se lze setkat s mnoha různými typy, můžou se lišit tvarem i složením. Zaměření této diplomové práce však bude zejména na sušenky s obsahem velkého množství tuku a cukru, z americké angličtiny také známy jako cookies a také na nesladké pečivo, z angličtiny též známy pod název biscuits [28].

4.1 Cookies

Cookies jsou jednou z nejoblíbenějších kategorií sušenek vůbec. Vyrábí se v několika formách jako jsou např. s obsahem čokoládových kousků či máslové cookies. Většinou se vyrábí z jemného těsta, s vysokým obsahem tuku a cukru, které se ihned po vyhnětání a vytvarování dává péci. Tento typ sušenek se často peče dlouho dobu, aby se dosáhlo nízké vlhkosti výrobku a dosáhlo se tak dlouhé trvanlivosti a požadované textury a křupavosti [28], [29].

4.2 Biscuits

Biscuits je forma sušenek, u kterých je obsah cukru velmi nízký, v některých případech se cukr při výrobě nepoužívá vůbec a lehce nasládlou chuť získávají např. přidávkou sušeného mléka. Těsto pro výrobu biscuits bývá více elastické a v prvních fázích pečení se smršťuje a následně spíše nabývá na objemu do výšky [28], [29].

4.3 Nejvýznamnější texturní charakteristiky sušenek

Textura se vyjadřuje jako všechny mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku, které jsou vnímatelné pomocí mechanických, dotykových a případně zrakových a sluchových receptorů [30].

Dle ČSN ISO 11036 se mezi mechanické vlastnosti potravin řadí tvrdost, viskozita, pružnost, přilnavost, lámavost a soudržnost hmoty. Geometrické vlastnosti jsou spojeny s velikostí, tvarem a uspořádaností částic v produktu. Povrchové vlastnosti souvisejí s pocity vyvolanými přítomností vlhkosti nebo obsahem tuku a jakým způsobem jsou určité složky uvolňovány v ústech [30].

Ve spojitosti se sušenkami patří mezi ty nejvýznamnější charakteristiky tvrdost a lámavost spadající pod mechanické, také označované jako reologické vlastnosti [31].

4.3.1 Tvrdost

Tvrdost souvisí se silou potřebnou k dosažení deformace nebo penetrace výrobku. Pro přesné stanovení tvrdosti se v dnešní době využívá speciálních zařízení, které stanoví přesnou tvrdost pomocí daných jednotek. Možnými způsoby deformace je např. stlačování, vtlačování (penetrace), krájení, ohýbání atd. Typicky používaným způsobem deformace pro stanovení tvrdosti u sušenek je vtlačování, kdy shora na výrobek působí sonda ve formě čepele [30].

Senzoricky se dá tvrdost stanovit v ústech, skusem mezi zuby, nebo rukou, kdy se tlačí rukou na produkt proti pevnému plochému povrchu, popř. stiskem produktu dvěma prsty [30].

4.3.2 Soudržnost

Soudržnost nebo také koheze je texturní vlastností, která se vztahuje k míře možné deformace do doby prasknutí. Dle fyzikální definice je soudržnost silou vnitřních vazeb, tedy míra deformace, kdy nedochází k jakémukoliv porušení vnitřních vazeb [30].

4.3.3 Lámavost

Lámavost, také možné vyjádřit jako křehkost, je podle fyzikální definice vyjadřována jako síla, která je potřebná pro rozpad produktu na kusy. Lámavost je výsledkem vysokého stupně tvrdosti a nízkého stupně soudržnosti [30].

5 TECHNOLOGIE VÝROBY SUŠENEK

Technologie výroby sušenek je relativně nenáročným procesem. Různé druhy sušenek se však mohou lišit způsobem výroby, obecně však technologie výroby sušenek zahrnuje tyto základní kroky: příprava surovin, příprava těsta, formování, pečení, chlazení a balení.

5.1 Doprava a skladování surovin

Mouka a cukr v malém množství, popř. jiné minoritní suroviny mohou být dopravovány např. v pytlích, skladování je pak možné v temných a suchých skladech. Mouka a cukr ve velkém množství je do výroben dopravována většinou za pomoci tankerů a následně jsou tyto suroviny skladovány v silech, kde je zajištěno, aby se nezvyšovala vlhkost daných surovin. Ze sil je pak většinou dopravována pomocí pneumatických dopravníků [28], [29].

5.2 Příprava surovin

Důležitým procesem během přípravy surovin je prosévání sypkých materiálů. Provádí se často na vibračních prosévačích a slouží k odstranění cizích těles, které by se do suroviny mohou dostat např. během mletí nebo dopravy [28].

Dalším procesem je mletí cukru v případě, že je cukr dodáván ve formě velkých krystalů, v České republice označovaný jako cukr krystal nebo cukr krupice. Velikost krystalů cukru je totiž důležitým faktorem ovlivňujícím texturu sušenek. Cílem mletí cukru je dosáhnout velikosti krystalů pod 150 μm , v České republice se takový cukr označuje jako moučkový [28].

V některých případech může být přípravným procesem také recyklace surovin. Např. poškozené sušenky je možno namlít a přidat do surovinové skladby při přípravě těsta, maximálně však do 10 % z celkové hmotnosti [28].

Nejčastěji využívané tuky při výrobě sušenek, tedy hydrogenované tuky, bývají skladovány v chladírenských prostorách. V takovém případě je nutným krokem temperace, kdy ideálně tuk dosáhne teploty 27 °C. Konzistence tuku je důležitým faktorem ovlivňující přípravu těsta, díky měkčímu tuku se lépe dosáhne homogenity a rovnoměrnému rozprostření všech surovin v těstě [28].

5.3 Příprava těsta

Dle typu sušenek se liší příprava těsta. Všeobecně však během přípravy těsta dochází k několika dějům: disperzi všech ingrediencí a vznik homogenní hmoty, hydratace mouky, emulzifikace tuku a vody, vývoj lepku v těstě (v některých případech) a aktivace kypřidel. Příprava těsta většinou probíhá jako vsádkový proces [28].

5.3.1 Biscuits

Těsto při výrobě biscuits obsahuje relativně hodně vody, ale málo tuku a cukru, což vede ke vzniku velmi pevného těsta. Během míchání dochází k intenzivnímu prořezávání hmoty, což vede k rychlému rozvoji lepku. Takové těsto je dobře roztažitelné, ideální pro rozvalování a rozdělování na kusy. Těsta tohoto typu se připravují smícháním všech surovin najednou a následným hnětením [28], [29].

5.3.2 Cookies

Cookies obsahují hodně tuku a cukru, což vede ke vzniku relativně jemného těsta. Díky jemnosti se při dávkování a tvarování využívá vytlačování, většinou rovnou na pečicí pás. Příprava těsta u tohoto výrobku se dělí na 2 fáze. První fází je roztírání tuku a smíchání s kapalnými přísadami, tento krok se nazývá krémování. Následně se přimíchají sypké suroviny, hnětení těsta u cookies je krátké, ale intenzivní. Je nutné, aby dávkování a tvarování proběhlo co nejrychleji a okamžitě došlo k samotnému pečení. Díky rychlým postupům totiž nedochází k rozvoji lepku, těsto tak zůstává jemné a finální výrobek má ideální křehkost [28], [29].

5.4 Vyvalování a tvarování

Uhnětené těsto je nutné dopravit do dávkovače, to už bývá proces kontinuální. Dopravníky bývají často opatřeny detektorem kovu, aby se zabránilo poškození následujících zařízení. Pro tvarování sušenek je možno využít celé řady zařízení, každé je pak vhodné pro tvarování určitých typů těsta [28].

V případě biscuits se formuje plát těsta určité šířky lisováním, který je následně krájen do požadované velikosti a tvaru. Proces zahrnuje několik kroků a zařízení:

1. přívod těsta mezi 3 válce, vyválením vzniká počáteční plát těsta

2. následuje řada několika kalibrovaných těžkých válců, které postupně redukují tloušťku těsta až na požadovanou tloušťku potřebnou pro vykrajování
3. relaxační dopravník, který slouží k redukci stresu těsta způsobeného válci, jinak se sušenky během pečení nadměrně smršťují
4. krájecí zařízení s jedním krájecím válcem
5. zvedák na zbytky těsta, který vyzvedne zbytky těsta kolem vytvarovaných sušenek a pomocí zpětného dopravníku tyto zbytky vrací zpět za účelem zakomponování do nového těsta
6. případné zařízení pro nanesení různých surovin, např. vaječného obsahu pro dosažení specifické barvy výrobku
7. dopravník sloužící k posunu vytvarovaného těsta do pece

V případě cookies, tedy jemného těsta, se pro tvarování spíše využívá vytlačování, kdy je těsto tlačeno jedním otvorem specifického tvaru udávající vzhled sušenky. Během vytlačování jsou plátky krájeny strunou na požadovanou tloušťku. U takového produktu se již většinou neprovádí úprava povrchu [28].

5.5 Pečení

Ve velkovýrobě se pro výrobu sušenek nejčastěji využívají tunelové pece, které mívají na délku několik desítek metrů. Skrze tunelové pece se pohybují dopravníky s vytvarovanými sušenkami. Pásové dopravníky bývají z drátěné sítě nebo uhlíkové oceli a jsou opatřeny ovládáním rychlosti, aby bylo možné nastavit délku pečení produktu [28], [31].

Pro pečení sušenek se nejčastěji využívá pecí fungujících na vyzařování elektromagnetických vln, přesněji infračerveného záření vznikajícího přímým spalováním plynu. Toto záření je pronikavé a velmi efektivní, zároveň nedochází k nežádoucím vedlejším účinkům ovlivňujících daný výrobek, jako je rychlé vysychání a praskání povrchu sušenek [28], [29].

Dalším typem jsou pece s přímým vedením tepla, kdy je teplo vedené z pásu přímo do spodu těsta. Vedení tepla je ovlivňováno teplotou a tepelnou vodivostí materiálu, ze kterého je pečící pás vyroben, a také velikostí plochy, kterou těsto na pásu zaujímá. Je nutné, aby

pás byl přehřátý a došlo tak k rychlému přenosu tepla do těsta, díky tomu totiž sušenka dosáhne požadované struktury a textury [28], [29], [31].

Posledním typem jsou konvekční pece, které vedou horký vzduch přímo na povrch těsta a na spod pečícího pásu. Tento systém efektivně vysušuje těsto a produkt zároveň dosáhne specifické barvy. Nicméně díky rychlému vysušení téměř nedochází k expanzi těsta a finální produkt má velmi suchou kůrku [28], [29].

Je možné se také setkat s hybridními pecemi. Ty využívají kombinace uvedených typů přenosu tepla, což umožňuje použít specifický typ přenosu tepla v různých fázích pečení a dosáhnout tak lepších vlastností finálního výrobku [28], [29].

Po procesu pečení je nutné, aby byl výrobek přesunut z horkého pečícího pásu na pás studený. Následný dopravník bývá opatřen vyřazovacím zařízením, které odděluje poškozené či jinak nekvalitní sušenky od těch kvalitních. Po vytrídění pokračují sušenky k procesu sprejování olejem [28], [29].

5.6 Sprejování olejem

Některé druhy sušenek mohou být po pečení sprejovány rostlinným olejem, v některých případech může olej nést nějaké příchutě. Sušenky, ještě teplé z procesu pečení, absorbují olej velmi rychle [28].

Sušenky na nerezových dopravnících jsou přiváděny do zařízení, které je založeno na pumpování oleje do série několika rychle se rotujících disků rozprašujících olej na velmi jemné a malé částice. Po sprejování je podstatné, aby měl výrobek čas absorbovat olej ještě před začátkem procesu chlazení [28].

5.7 Chlazení

Před samotným balením je nutné, aby hotový výrobek dosáhl pokojové teploty. Běžně se takové teploty dosahuje jednoduchým procesem, kdy se sušenky nechají vychladnout na dopravnících, chlazení trvá asi dvojnásobnou dobu než samotné pečení. Po této době jsou sušenky dostatečně vychlazené pro samotné balení. Díky času nutnému pro vychlazení také dochází k částečnému vyrovnání vlhkosti mezi relativně vlhkým středem a suchou povrchovou vrstvou sušenky [31].

5.8 Dodatečná úprava sušenek

Některé druhy sušenek mohou projít ještě další úpravou, jako je např. slepování, máčení či nanášení polevy. V dnešní době se jedná o automatizované procesy [28].

Ke slepování se používá různých krémů nebo džemů. Nanášení probíhá buď jedním krátkým vytlačáním nebo delším pohybem kopírujícím tvar sušenky. Po přitlačení druhé sušenky se plnidlo vytlačí do volného prostoru okolo a vyplní tak celý nebo téměř celý prostor mezi sušenkami [28].

Dále je možné sušenky obohatit o různé polevy, ovocné či čokoládové, popř. čokoládou samotnou. V tomto případě je možné máčení, kdy se do polevy ponoří celý výrobek nebo pouze jeho určitá část. Další možností je nanášení, kdy stroj vytlačuje tekutou polevu na výrobek, z pravidla se tedy poleva nachází jen na vrchní straně sušenky. Po těchto úpravách je ještě nutné dodatečné chlazení, aby poleva ztuhla a dosáhla tak správné textury a výrobek byl připraven na proces balení [28].

5.9 Kontrola a balení

Před samotným balením probíhá kontrola pomocí detektorů kovu v hotových výrobcích, aby se zajistila nepřítomnost případných kovových částí. Následuje kontrolní vážicí systém, který vyřazuje výrobky s nesprávnou váhou. Dále se může kontrolně stanovit např. vlhkost či barva výrobku, aby bylo dosaženo určitého standardu dané šarže. Po kontrole následují výrobky k balícím zařízením [28].

5.9.1 Funkce obalů

Obaly plní celou řadu funkcí. Prezентují výrobek v atraktivní formě, obsahují informace o typu, složení, váze a výrobci, udržují čerstvost výrobku během skladování, zajišťují ochranu proti vlhkosti a cizím pachům, chrání výrobky proti poškození během manipulace a dopravy, zamezují prosakování tuků a olejů, chrání proti světlu a usnadňují jejich manipulaci a rovnání během vyrovnávání do polic [32].

5.9.2 Používané obalové materiály

Obalové materiály jsou vybírány zejména dle jejich nepropustnosti pro vlhkost. Pro balení sušenek se nejčastěji využívají tyto materiály:

- polypropylen, metalizovaná polypropylenová fólie (OPP), biaxiálně orientovaná polypropylenová fólie (BOPP)
- biaxiálně orientovaný polyethylentereftalát (BOPET)
- laminovaný papír s PE fólií, hliníkové fólie
- PET a recyklovaný PET pro výrobu plastových vaniček [28]

5.9.3 Plnění do obalů

V případě sušenek malých rozměrů se využívá vertikálního balení do pytlíků či sáčků. Sušenky jsou vedeny skrze vícehlavé váhy, které rozvádí určené množství sušenek do individuálních balení. Po naplnění se vrchní část obalu zataví. Příkladem tohoto balení je např. produkt Opavia Zlaté Polomáčené mini [28], [31].

U výrobků větších rozměrů se využívá tzv. balení na hraně, kdy je do balícího přístroje přivedeno určené množství sušenek, které jsou následně obaleny balící fólií. Následuje zatavení či zalepení otevřeného konce. Typickým příkladem tohoto balení je Opavia Zlaté Věnečky či Opavia BeBe Rodinné [31].

Dalším typem je balení ve vaničkách, kde se sušenky narovnají do vaničky a jako celek se následně zabalí do obalu. Méně často se pak můžeme setkat s kartónovými obaly, které slouží spíše jako sekundární nebo skupinový obal. Výjimečně se pak k balení sušenek využívá plechových obalů [28], [31].

5.9.4 Kontrola

Posledním bodem je kontrola kompletního produktu. To zahrnuje kontrolu správnosti údajů na obalu, zda je obal správně uzavřený a neprodyšný atd. Po tomto kroku už je výrobek připraven k distribuci [28].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovit, zda mouky vyrobené z netradičně zbarvených odrůd pšenice mají vliv na texturní vlastnosti těsta a na sušenky z těsta vyrobených. Následně také určit, zda mají mouky z barevné pšenice vliv na senzorickou jakost hotových výrobků a případně jak senzorickou jakost ovlivňují. Úkolem bylo připravit těsta a sušenky z jednotlivých druhů mouk dle 3 standardizovaných metod vytvořených sdružením The American Association of Cereal Chemists (AACC), stanovit texturní vlastnosti těsta i sušenek a výsledky porovnat se sušenkami vyrobenými z běžně dostupné mouky.

Dílčí cíle práce:

- stanovit vlhkost jednotlivých mouk a vykalkulovat přesné přídatky surovin pro přípravu těsta dle dané metody
- připravit těsto dle dané metody a u připraveného těsta stanovit texturní vlastnosti
- z připraveného těsta upéct sušenky dle dané metody a stanovit jejich texturní vlastnosti
- provést senzorickou analýzu
- statisticky vyhodnotit získaná data
- shrnout a porovnat výsledky v diskuzi, formulovat závěr práce

7 MATERIÁL A METODIKA

Tato kapitola je zaměřena na charakterizaci použitých mouk a dalších surovin použitých při výrobě sušenek. Kapitola se také zabývá popisem použitých metod a postupů během praktické části diplomové práce.

7.1 Charakteristika použitých mouk

Pro výrobu sušenek bylo použito 7 různých druhů mouk, světlá pšeničná hladká a pšeničná celozrnná, které jsou na trhu běžně dostupné, dále pak mouky vyrobené z červené, žluté, purpurové, modré a černé pšenice. Všechny mouky z barevných odrůd pšenice byly mouky celozrnné o stejné granulaci.

7.1.1 Mouka světlá hladká

První použitou běžně dostupnou moukou byla mouka ARO pšeničná světlá hladká, 00 EXTRA. Výrobce je GoodMills Česko s.r.o. Jedná se o mouku té nejjemnější granulace. Získává se mletím zrna pšenice zbavené klíčku a obalových vrstev.

7.1.2 Mouka celozrnná

Druhou použitou běžně dostupnou moukou byla mouka PROBIO Bio pšeničná celozrnná jemně mletá. Výrobce je PRO-BIO s.r.o., Česká republika. Jedná se o mouku vymletou z celých zrn, obsahuje tedy vysoký podíl otrub, ale také má vyšší obsah dalších látek přecházejících do mouky z klíčku zrna.

7.1.3 Mouka z červené pšenice

Mouka byla vyrobena z pšenice odrůdy Vanessa. Odrůda byla registrována roku 2013 společností SELGEN, a.s. Jedná se o středně ranou odrůdu kategorie C, není tedy vhodná pro pekařské využití. Odrůda se vyznačuje velmi měkkou strukturou endospermu, na druhou stranu má však nízké číslo poklesu, nízkou hodnotu Zeleného testu i nízkou objemovou hmotnost [33].

Rostlina jako taková je nízkého vzrůstu, má však vysokou odolnost vůči poléhání a dobrou mrazuvzdornost. Také dosahuje vysokých výnosů [33].

7.1.4 Mouka ze žluté pšenice

Mouka byla vyrobena z odrůdy pocházející z linie KM 111-18, která procházela odrůdovými zkouškami, jako samotná odrůda však uznána nebyla. Jedná se o pšenici se žlutým endospermem. Mouka má lehce nažloutlý odstín v porovnání s moukou bílou díky vyššímu obsahu karotenoidů. Informace pochází přímo od dodavatele a informace byly sděleny osobně. Dodatečné informace nelze získat z dostupných zdrojů.

7.1.5 Mouka z purpurové pšenice

Mouka byla vyrobena z odrůdy AF Jumiko, jedná se o pšenici s purpurovým perikarpem. Je první registrovanou českou odrůdou pšenice s purpurovým perikarpem. Registrována byla roku 2018, držitelem práv této odrůdy je Agrotest fyto s.r.o. Jedná se o ozimou odrůdu pšenice kategorie B, tedy chlebové jakosti. Objemová výtěžnost pečiva u této odrůdy je velmi nízká, hodnota Zelenyho testu taktéž nízká, číslo poklesu velmi vysoké [34].

Rostlina jsou středně vysoké až vysoké, málo odolné vůči polehání. Taktéž je odrůda málo odolná vůči chorobám. Všeobecně se jedná o odrůdu s velmi nízkým výnosem [34].

Přednostmi této odrůdy je vysoká vaznost mouky a velmi vysoká hodnota čísla poklesu. A samozřejmě přítomnost velkého množství antokyanů a celkových polyfenolů, což vede k vyšší antioxidační aktivitě v mouce v porovnání s běžnými odrůdami [34].

7.1.6 Mouka z modré pšenice

Mouka byla vyrobena z odrůdy AF Oxana, pšenice s modrým aleuronem. Je druhou českou registrovanou odrůdou pšenice s modrým aleuronem, první byla odrůda Skorpion. Registrována byla roku 2019, držitelem práv je Agrotest fyto s.r.o. Jedná se o ozimou, středně ranou odrůdu kategorie B. Objemová výtěžnost pečiva je vysoká, hodnota Zelenyho testu vysoká, hodnota čísla poklesu nízká až středně vysoká [26].

Rostliny jsou středně vysoké a jsou středně odolné jak vůči polehání, tak proti chorobám. Je velmi odolná vůči suchu. Všeobecně se jedná o odrůdu s nízkým výnosem [26].

Obsah celkových antokyanů byl stanoven na vyšší hodnotu než u AF Jumiko, celková antioxidační kapacita však byla nižší, pravděpodobně z důvodu nižšího obsahu celkových

polyfenolů. I tak se však jedná o odrůdu z nutričního hlediska vhodnější, než je mouka bílá [26].

7.1.7 Mouka z černé pšenice

Mouka byla vyrobena z testovací pšenice pod označením KM 15-17, dnes je tato odrůda registrována pod jménem AF Zora. Registrována byla roku 2021 společností Agrotest fyto s.r.o. a byla vůbec první oficiálně registrovanou Evropskou odrůdou pšenice s černou barvou zrna. AF Zora je přímo určena pro výrobu potravin se zvláštním nutričním přínosem. Černé barvy zrna bylo docíleno kombinací genu pro modrý aleuron z odrůdy Skorpion s názvem *Ba2* a genů pro purpurový perikarp pocházejících z odrůdy Indigo [35].

Výsledkem je mouka pekařské jakosti B. Má vysokou objemovou výtěžnost pečiva a vysoký obsah dusíkatých látek. Vaznost mouky a číslo poklesu jsou hodnoty středně vysoké, hodnota Zelenyho testu nízká [35].

Rostlina je středně vysoká až vysoká, středně odolná vůči poléhání a středně odolná vůči chorobám. Obecně má odrůda nízké výnosové parametry [35].

Díky přítomnosti antokyanů v perikarpu i aleuronové vrstvě dosahuje neobvykle vysokého obsahu antokyanů v mouce. Zatímco u odrůdy AF Oxana byl stanoven obsah antokyanů na 22,1 mg/kg, u AF Zora byla hodnota stanovena na 42,9 mg/kg [35].



Obrázek 3 Použité vzorky mouk

7.2 Další použité suroviny

7.2.1 Tuk

Pro výrobu všech sušenek byla použita Hera s obsahem tuku 72 %. Tukový podíl je tvořen palmovým tukem, řepkovým a slunečnicovým olejem a sušenou syrovátkou. Výrobce je firma Upfield ČR spol. s.r.o.

7.2.2 Voda

Jak pro samotné přísady do těsta, tak pro přípravu všech použitých roztoků bylo použito destilované vody.

7.2.3 Sladidla

Jako hlavní sladivá složka byl použit cukr krupice od výrobce Cukrovar Vrbátky a.s. Česká republika. Jedná se o cukr bílý, řepný. Pro potřeby standardizovaných metod byl cukr krupice pomocí mixéru převeden na jemnější formu.

Dalším použitým sladidlem byla dextróza neboli D-glukóza, lidově známá pod označením hroznový cukr. Výrobce použité dextrózy je Naturamyl a.s. Česká republika. Pro účely metody byla dextróza použita v roztoku, připraveno rozpuštěním 8,9 g dextrózy ve 150 ml destilované vody.

7.2.4 Kypřidla

Jako hlavní kypřidlo u všech metod byl použit hydrogenuhličitan sodný, triviálním názvem jedlá soda od výrobce MÁNYA, spol. s.r.o. Slovenská republika. Jedná se o běžně používané kypřidlo, případně může být jedlá soda součástí jiných kypřících směsí. Tepelným rozkladem hydrogenuhličitanu sodného vzniká oxid uhličitý, který se zabudovává v těstě a tím ho kypří [36].

Dalším použitým kypřidlem byl dihydrogenfosforečnan vápenatý, zkratkou MCP. Výrobce byla firma Carl Roth, dodavatel P-LAB a.s. Jedná se o acidickou látku, často se tedy kombinuje s dalším zásaditým kypřidlem, nejčastěji s hydrogenuhličitanem sodným. MCP urychluje produkci oxidu uhličitého z hydrogenuhličitanu sodného, zrychluje tedy proces kypření [36].

7.2.5 Ostatní suroviny

Do všech výrobků byla použita jedlá kamenná sůl s jodem, jemně mletá od výrobce K+S Czech Republic a.s., závod Solné mlýny.

Další použitou surovinou bylo sušené mléko odstředěné s max. obsahem tuku 1,5 % od výrobce Madeta a.s. Česká republika. Sušené mléko bylo použito jak v sušené, tak v obnovené formě.

Poslední použitou látkou byl chlorid amonný od firmy Lach-Ner, s.r.o. Jedná se o látku často využívanou při výrobě křupavých suchých sušenek. Jeho funkce spočívá v tvorbě amoniaku a oxidu uhličitého za přítomnosti vlhkosti a tepla. Právě amoniak podporuje hnědnutí výrobku při pečení, ale také vytváří porézní a křupavou strukturu sušenek, která je žádoucí. Sekundárně pak vzniklý oxid uhličitý funguje jako kypřící látka. Chlorid amonný se všeobecně používá zejména u malých výrobků a v malém množství, zajistí se tak, aby v konečných výrobcích nebyl přítomný zbytkový amoniak, který by následně ovlivňoval senzoričnou jakost výrobku. Chlorid amonný byl použit ve formě roztoku, tedy rozpuštěním pevného chloridu amonného v destilované vodě. Místo chloridu amonného se v pekárenství často využívá hydrogenuhličitanu amonného [36].

7.3 Postupy výroby sušenek

Jak už bylo zmíněno, tak sušenky byly vyráběny dle 3 standardizovaných metod od AACC. Metody se liší surovinovou skladbou, postupem přípravy těsta, rozměry sušenek i teplotou a dobou pečení.

Všeobecný postup výroby sušenek:

1. Připravit těsto z daných surovin.
2. Vyválet těsto do požadované výšky.
3. Vytvarovat sušenky vypichováním, použití vykrajovátek se specifickými mírami.
4. Pečení za podmínek daných metodou.

7.3.1 Metoda 1

Sušenky byly vyrobeny dle metody 10-31B od AACC – pekařská kvalita mouky pro výrobu biscuit.

Tato metoda je specifická tím, že během výroby nebyl použit cukr. Jako kypřidlo byl mimo hydrogenuhličitanu sodného použit i MCP. Jako další zajímavé suroviny bylo použito obnoveného odtučněného mléka [37].

7.3.2 Metoda 2

Druhý typ sušenek byl vyroben dle metody 10-50D od ACC – pekařská kvalita mouky pro výrobu cookies.

U této metody již byl použit cukr, ale také roztok dextrózy, jinak nebylo použito dalších specifických surovin.

7.3.3 Metoda 3

Třetí typ sušenek byl vyroben dle metody 10-52 od AACCC – pekařská kvalita mouky pro výrobu cookies.

Při přípravě těsta bylo mimo běžných surovin použito i cukru a odtučněného sušeného mléka. Jedná se o jedinou metodu, kde byl při výrobě použit chlorid amonný.

7.4 Stanovení vlhkosti mouky

Vlhkost mouky je jednou ze základních vlastností mouky. V případě této diplomové práce však bylo stanovení vlhkosti pro jednotlivé mouky nutností pro korekci přídatku mouky a případně přídatku vody pro přípravu těsta dle použité metody.

Vlhkost je definována jako procentuální úbytek hmotnosti vzorku během sušení. Stanovení vlhkosti mouky je definována v normě ČSN EN ISO 712 [37].

Vlhkost byla stanovena pomocí analyzátoru vlhkosti od firmy OHAUS Europe GmbH, model 120. Na misku přístroje bylo rozprostřeno 5 až 6 g mouky, pomocí halogenové lampy je vyvinuto potřebných 130 °C. Vzorek byl sušen do konstantní hmotnosti. Po dosažení konstantní hmotnosti byla vlhkost odečtena z displeje přístroje v %. Stanovení vlhkosti bylo u každého vzorku stanoveno 3x.

7.5 Stanovení strukturních vlastností těsta

Texturní vlastnosti byly stanoveny na přístroji TA.TXplus od firmy Stable Micro Systems UK. Pro správné stanovení bylo použito speciální sady na přípravu těsta.



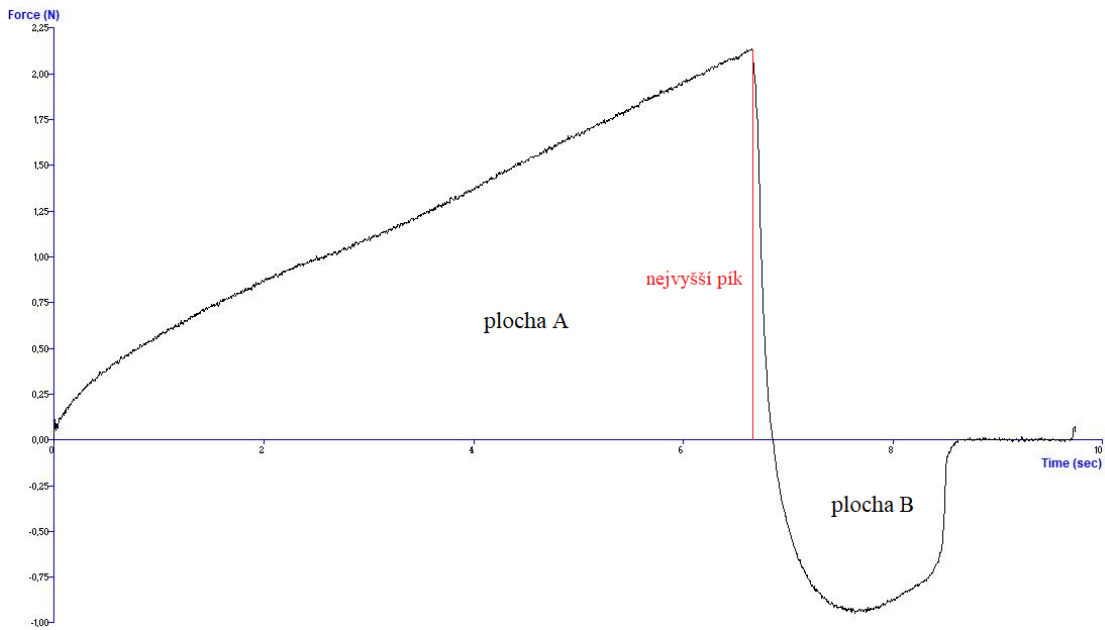
Obrázek 4 Sada na přípravu těsta [38]

Z připraveného těsta dle uvedených metod bylo vždy odváženo 110 g vzorku. Navážený vzorek byl vložen do válcové nádoby, případné vzduchové kapsy byly odstraněny nástavcem s bodci a následně bylo dosaženo rovného povrchu pomocí zarovnávacího nástavce, kterým byla plocha zarovnána působením co největší síly.

Válcová nádoba byla vložena na podstavec textuometru a následně byl spuštěn měřicí program. Pro měření byla použita 6mm cylindrická sonda, aplikována do hloubky 20 mm. Pro každé těsto bylo měření provedeno 5x.

7.6 Stanovení texturních vlastností těsta

Na obrázku 5 lze vidět graf znázorňující průběh měření u vzorku těsta. Plocha A značí potřebnou sílu v čase, která je nutná pro deformaci materiálu. Nejvyšší pík značí pevnost těsta. Plocha B pak vyjadřuje adhezivnost těsta, která je měřena sondou vracející se na startovní pozici.

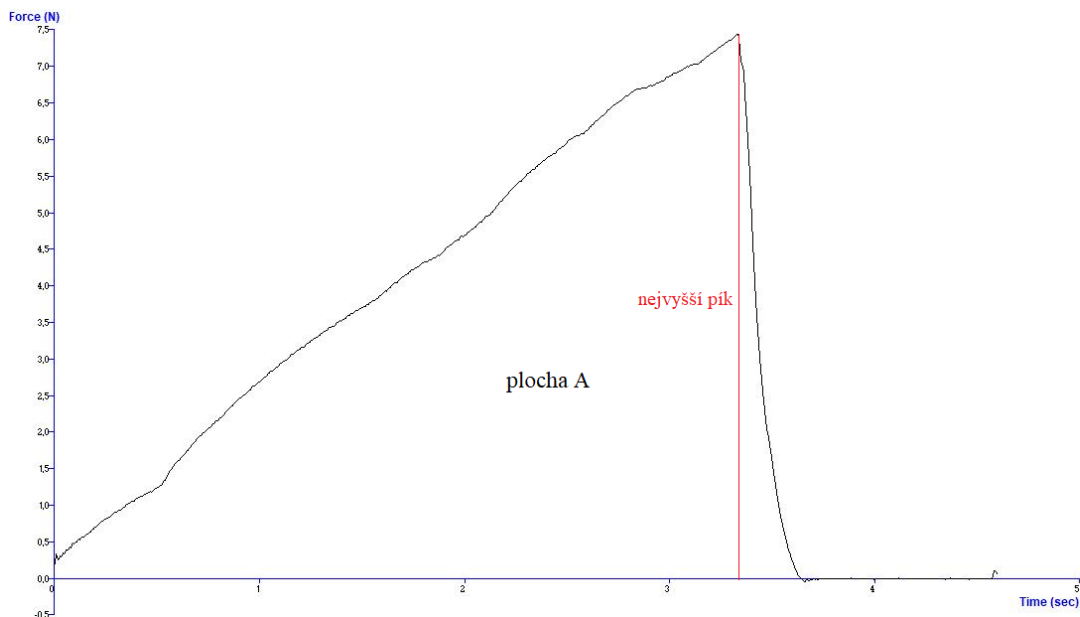


Obrázek 5 Příklad naměřených dat – těsto

7.7 Stanovení texturních vlastností sušenek

Texturní vlastnosti sušenek byly taktéž stanoveny na přístroji TA.XTplus.

Sušenka byla vložena na podstavec přístroje a byl spuštěn měřicí program. Pro měření byl použit Warner Bratzler nůž, který přímo hranou působí silou na daný výrobek. Po prvním odporu bylo měřeno do hloubky 3 mm. Bylo měřeno 5 různých sušenek z jedné šarže, tzn. sušenek vyrobených z jednoho vzorku mouky a dle jedné metody.



Obrázek 6 Příklad naměřených dat - sušenka

Plocha A vyznačuje sílu potřebnou pro deformaci materiálu. Nejvyšší pík vyjadřuje tvrdost sušenky.

7.8 Senzorická analýza

Jako vedlejší bod této diplomové práce byla provedena senzorická analýza finálních výrobků. Posuzovatelé dané parametry bodově hodnotili o 0 do 10. Hodnoceno bylo celkem 10 parametrů:

- barva kůrky – kde 0 značí velmi světlou barvu a 10 velmi tmavou intenzitu barvy
- rovnoměrnost kůrky – kde 0 značí rovnoměrnou, hladkou a 10 hrubou, popraskanou či s trhlinami
- textura kůrky – kde 0 značí kůrku tuhou, kožovitou a 10 kůrku křupavou, drobivou
- barva střídy – kde 0 značí velmi světlou barvu a 10 velmi tmavou intenzitu barvy
- velikost pórů – kde 0 značí velmi malé póry a 10 velké póry
- rovnoměrnost pórů – kde 0 značí póry nerovnoměrné, shluky dutin a 10 pravidelné póry, rovnoměrně kypřenou střídu
- intenzita vůně – kde 0 značí prázdnou, nevýraznou či žádnou vůni a 10 plnou, velmi intenzivní
- přítomnost přípachů – kde 0 značí nepřítomnost přípachů a 10 přítomnost přípachů, např. nahořklý, kyselý, zatuchlý
- intenzita chuti – kde 0 značí prázdnou, nevýraznou a 10 výraznou, velmi intenzivní chuť
- přítomnost pachutí – kde 0 značí nepřítomnost pachutí a 10 přítomnost pachutí, např. nahořklá, trpká, zatuchlá
- celkový dojem – kde 0 znamená velmi neuspokojivý výrobek a 10 vynikající výrobek s výbornými vlastnostmi

7.9 Statistické vyhodnocení

Pro vyhodnocení dat bylo použito analýzy rozptylu (ANOVA). Byl použit Tukeyův HSD test, rozdíly byly testovány na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. V tabulkách výsledků jsou uvedeny průměrné hodnoty s odchylkou. Rozdíly statisticky průkazné jsou v tabulkách

označeny indexy písmen *a* až *m*. Hodnoty s odlišným indexem se statisticky prokazatelně liší na hladině $p < 0,05$. Vyhodnocení dat bylo provedeno v programu Statistica 13 od společnosti StatSoft, Inc., ČR.

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

Naměřené hodnoty byly zaznamenány do následujících tabulek, hodnoty jsou zprůměrované a uvedené včetně odchylek. Nejprve jsou uvedeny výsledky stanovení vlhkosti mouk, následně hodnoty texturních vlastností těsta, dále hodnoty texturních vlastností sušenek a v poslední řadě senzorická analýza.

8.1 Stanovení vlhkosti

Tabulka 1 udává průměrnou naměřenou vlhkost jednotlivých druhů mouk. Dle těchto hodnot byl korigován správný přírůstek mouk k daným recepturám.

Tabulka 1 Stanovení vlhkosti

Mouka	Vlhkost [% ± SD]
Hladká	11,46 ± 0,02 ^b
Celozrnná	12,60 ± 0,06 ^c
Žlutá	11,63 ± 0,04 ^a
Červená	11,59 ± 0,06 ^a
Purpurová	11,53 ± 0,03 ^{a,b}
Modrá	11,60 ± 0,06 ^a
Černá	11,65 ± 0,04 ^a

Vlhkost mouky je však jedním ze základních parametrů mouky a dle Vyhlášky č. 18/2020 Sb. může být vlhkost mouky maximálně 15 %. Všechny použité vzorky mouk tedy splňují požadavky dané vyhlášky [27].

8.2 Stanovení texturních vlastností těst

Tabulka 2 uvádí získané hodnoty pro všechna vyrobená těsta. Všeobecně se hodnoty nachází v širokém rozmezí bez ohledu na to, jaká mouka či metoda byla použita, z tohoto důvodu vliv samostatných vzorků mouk či samostatných metod budou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 2 Texturní vlastnosti těst

Mouka	Metoda	Pevnost [N ± SD]	Plocha [N·s ± SD]	Adhezivnost [N ± SD]
Hladká	1	1,9 ± 0,2 ^{d, e}	7,3 ± 0,9 ^{b, c, d}	-0,9 ± 0,3 ^e
	2	1,48 ± 0,05 ^{b, c}	6,0 ± 0,3 ^b	-1,6 ± 0,2 ^{b, c, d}
	3	2,49 ± 0,09 ^{f, g}	10,8 ± 0,5 ^{f, g, h}	-1,1 ± 0,3 ^{d, e}
Celozrná	1	1,7 ± 0,2 ^{b, c, d, e}	19,2 ± 0,6 ^b	-0,9 ± 0,5 ^e
	2	1,0 ± 0,1 ^a	3,8 ± 0,6 ^a	-0,8 ± 0,1 ^e
	3	2,4 ± 0,2 ^f	10,1 ± 0,5 ^{e, f, g, h}	-0,8 ± 0,2 ^e
Žlutá	1	2,5 ± 0,2 ^{f, g}	9,5 ± 0,6 ^{e, f, g}	-1,30 ± 0,07 ^{c, d, e}
	2	1,55 ± 0,05 ^{b, c, d}	6,4 ± 0,2 ^b	-1,2 ± 0,2 ^e
	3	2,0 ± 0,1 ^e	8,9 ± 0,6 ^{d, e}	-1,2 ± 0,3 ^{c, d, e}
Červená	1	1,73 ± 0,06 ^{b, c, d, e}	7,0 ± 0,2 ^{b, c}	-1,2 ± 0,1 ^{c, d, e}
	2	1,39 ± 0,07 ^b	6,0 ± 0,5 ^b	-1,8 ± 0,2 ^{b, c}
	3	2,8 ± 0,2 ^{g, h}	11,6 ± 0,8 ^h	-2,7 ± 0,3 ^a
Purpurová	1	2,8 ± 0,2 ^{g, h}	11,2 ± 0,9 ^{g, h}	-1,2 ± 0,2 ^{d, e}
	2	1,8 ± 0,1 ^{c, d, e}	8,5 ± 0,5 ^{c, d, e}	-1,0 ± 0,4 ^{d, e}
	3	3,41 ± 0,03 ^{i, j}	14,7 ± 0,7 ⁱ	-0,9 ± 0,5 ^{d, e}
Modrá	1	2,4 ± 0,3 ^f	9 ± 1 ^{e, f}	-1,1 ± 0,2 ^{d, e}
	2	1,4 ± 0,1 ^b	6,6 ± 0,4 ^b	-0,6 ± 0,3 ^e
	3	4,0 ± 0,1 ^k	19,2 ± 0,6 ^j	-0,71 ± 0,08 ^e
Černá	1	3,7 ± 0,2 ^{j, k}	16 ± 2 ⁱ	-1,1 ± 0,4 ^{d, e}
	2	1,48 ± 0,03 ^{b, c}	6,2 ± 0,5 ^b	-2,0 ± 0,2 ^b
	3	3,1 ± 0,2 ^{h, i}	14 ± 1 ⁱ	-1,1 ± 0,2 ^{d, e}

Průkazně nejnižší pevnost byla stanovena u těsta z celozrné mouky připraveného podle metody 2, toto těsto má též prokazatelně nejmenší naměřenou plochu (plochu je možné označit také jako houževnatost). Naopak průkazně nejpevnější těsta byla připravena z mouky modré dle metody 3 a z mouky černé dle metody 1, obě těsta mají i průkazně největší naměřenou plochu.

Průkazně nejvíce adhezivní (lepivé) těsto bylo připraveno metodou 3 z mouky červené. Naopak nejpevnějších těst bylo statisticky vyhodnoceno hned několik, patří mezi ně např. těsta z celozrné mouky připravených podle všech použitých metod.

Vlastnosti těsta mohou být ovlivněny celou řadou faktorů, zejména pak samotnou odrůdou, rokem sklizně, mlecím procesem, obsahem bílkovin nebo mírou schopnosti absorbovat vodu [40].

Tabulka 3 Průměrné hodnoty pro mouky bez ohledu na metody

Mouka	Pevnost [N ± SD]	Plocha [N·s ± SD]	Adhezivnost [N ± SD]
Hladká	1,9 ± 0,1 ^b	7,9 ± 0,5 ^b	-1,2 ± 0,3 ^{a, b}
Celozrná	1,6 ± 0,3 ^a	6,5 ± 0,6 ^a	-0,8 ± 0,3 ^a
Žlutá	2,0 ± 0,1 ^b	8,3 ± 0,5 ^b	-1,2 ± 0,3 ^{a, b}
Červená	2,0 ± 0,1 ^b	8,2 ± 0,5 ^b	-1,9 ± 0,2 ^d
Purpurová	2,7 ± 0,1 ^{c, d}	11,4 ± 0,7 ^c	-1,0 ± 0,3 ^{a, b}
Modrá	2,6 ± 0,2 ^c	11,5 ± 0,6 ^c	-0,8 ± 0,2 ^a
Černá	2,8 ± 0,1 ^d	12 ± 1 ^d	-1,4 ± 0,2 ^c

Tabulka 3 obsahuje zprůměrovaná data jednotlivých druhů mouk bez ohledu na metodě přípravy těsta. Z dat je zřejmé, že průkazně nejnižší pevnost měla těsta z mouky celozrné. Těsta připravená z hladké, žluté a červené mouky měla pevnost vyšší a průkazně nejvyšší pevnost vykazovala těsta z pšenice černé.

Průkazně nejmenší plocha byla stanovena u těst z celozrné mouky, o něco vyšší plocha byla naměřena u těst z hladké, žluté a červené mouky. U těst z purpurové a modré pšenice pak byla plocha ještě vyšší, průkazně největší naměřená plocha pak byla stanovena u těst z pšenice černé.

Lze tedy říci, že pevnost ani houževnatost těsta není ovlivněna granulací mouky, jelikož těsta z hladké mouky mají podobnou pevnost jako těsta ze žluté či červené mouky, což byly mouky celozrné. Již bylo zmíněno, že vlastnosti těsta mohou být ovlivněny např. obsahem bílkovin, zejména pak gluteninem a gliadinem, a právě u některých barevných odrůd byl stanoven o něco vyšší obsah bílkovin než u odrůd běžných. Mohl by to být tedy jeden z faktorů ovlivňující pevnost a houževnatost připravených těst [23], [40].

Průkazně nejméně lepivá těsta byla připravena z celozrné a modré mouky, naopak průkazně nejvíce lepivá těsta byla připravena z červené pšenice. Adhezivita těsta je ovlivněna zejména přítomností volné vody, důležitým faktorem je tedy schopnost mouky absorbovat vodu [41].

Ve výzkumu od TROJAN, V. a kol. [40] testovali lepivost těsta z purpurové pšenice Konini, modré pšenice UC66049 a kontrolní bílé mouky. Nejvyšší lepivost těsta byla stanovena u purpurové odrůdy, nejnižší pak u modré. Mezi těmito výsledky a výsledky dle Tabulky 3 je tedy určité podobnost, kde průkazně těsta z modrých pšenic byla méně lepivá než ty z purpurových pšenic [40].

Tabulka 4 Průměrné hodnoty pro metody bez ohledu na druh mouky

Metoda	Pevnost [N ± SD]	Plocha [N·s ± SD]	Adhezivnost [N ± SD]
1	2,4 ± 0,2 ^b	9,5 ± 0,8 ^b	-1,1 ± 0,3 ^b
2	1,43 ± 0,07 ^a	6,2 ± 0,4 ^a	-1,3 ± 0,2 ^a
3	2,9 ± 0,1 ^c	12,8 ± 0,7 ^c	-1,2 ± 0,3 ^{a, b}

Tabulka 4 obsahuje průměrné hodnoty jednotlivých metod bez ohledu na to, jaká mouka byla použita. Průkazně nejméně pevná i průkazně nejmenší naměřená plocha byla u těst připravených metodou 2, pevnější i větší naměřená plocha pak byla stanovena u těst připravených metodou 1 a průkazně nejpevnější i naměřená plocha byla u těst připravených podle metody 3.

Naměřené hodnoty lepivosti byly velmi podobné, průkazně však nejméně lepivá těsta byla připravena metodou 1, naopak průkazně nejvíce lepivá těsta byla připravena podle metody 3.

Vlastnosti těst dle použitých metod jsou ovlivněny zejména surovinovou skladbou. Právě těsta připravená dle metody 2, tedy průkazně nejméně pevná, byla jediná těsta, při kterých nebylo při přípravě použito sušené/obnovené mléko. Již bylo zmíněno, že vlastnosti těsta mohou být značně ovlivněny bílkovinami, a právě sušené mléko obsahuje vysoký obsah bílkovin [40].

Nejpevnější těsta, tedy připravená podle metody 3, měla vysoký obsah cukru a nižší obsah tuku v porovnání s méně pevnými těsty připravenými podle metody 1. Nemalý vliv na vlastnosti těsta mají i kypřící látky. Kombinace těchto faktorů jistě ovlivnila texturní vlastnosti těst [42].

Jednotlivé postupy přípravy těst texturní vlastnosti pravděpodobně nijak výrazně neovlivňovaly, všeobecně si v postupu přípravy těsta byly metody velmi podobné, zásadní rozdíly v postupech nastaly až během vyvalování, tvarování a pečení sušenek.

8.3 Stanovení texturních vlastností sušenek

Tabulka 5 obsahuje naměřené hodnoty všech měřených typů sušenek. Zde již na první pohled lze říci, že tvrdost i plocha jsou ovlivněny především metodou výroby, to však bude blíže specifikováno dále.

Tabulka 5 Texturní vlastnosti sušenek

Mouka	Metoda	Tvrdost [N ± SD]	Plocha [N·s ± SD]
Hladká	1	7 ± 1 ^a	14 ± 2 ^a
	2	13,0 ± 0,9 ^{a, b, c, d}	24 ± 1 ^a
	3	80 ± 20 ^{f, g, h}	140 ± 20 ^{d, e, f, g}
Celozrná	1	5,0 ± 0,4 ^a	10 ± 2 ^a
	2	70 ± 20 ^{e, f, g}	100 ± 20 ^{b, c, d, e}
	3	90 ± 20 ^{g, h, i}	160 ± 30 ^{f, g}
Žlutá	1	10 ± 1 ^{a, b}	18 ± 3 ^a
	2	70 ± 20 ^{e, f, g, h}	120 ± 40 ^{c, d, e, f}
	3	100 ± 20 ^{h, i}	190 ± 60 ^{g, h}
Červená	1	6,8 ± 0,5 ^a	13 ± 1 ^a
	2	40 ± 20 ^{c, d, e}	70 ± 20 ^{a, b}
	3	100 ± 20 ^{h, i}	150 ± 30 ^{e, f, g}
Purpurová	1	10 ± 1 ^{a, b, c}	20 ± 2 ^a
	2	40 ± 10 ^{b, c, d, e, f}	70 ± 20 ^{a, b, c}
	3	60 ± 10 ^{e, f, g}	120 ± 30 ^{b, c, d, e, f}
Modrá	1	7,6 ± 0,5 ^a	15 ± 3 ^a
	2	80 ± 20 ^{g, h}	140 ± 40 ^{c, f, g}
	3	100 ± 20 ^{g, h, i}	160 ± 60 ^{f, g}
Černá	1	9 ± 1 ^{a, b, c}	18 ± 2 ^a
	2	50 ± 30 ^{d, e, f}	90 ± 50 ^{b, c, d}
	3	120 ± 20 ⁱ	230 ± 30 ^h

Průkazně nejméně tvrdé sušenky byly připraveny podle metody 1 z mouky hladké, celozrné, červené a modré. Naopak průkazně nejpevnější sušenky byly připraveny z černé pšenice podle metody 3.

U sušenek vyrobených podle metody 2 byly průkazně nejméně pevné sušenky z mouky hladké, kombinací metody a mouky by tedy výsledná tvrdost sušenek mohla být ovlivněna granulací mouky a nepřítomností obalových vrstev zrna v mouce.

Tabulka 6 Průměrné texturní vlastnosti sušenek bez ohledu na metodu

Mouka	Tvrdost [N ± SD]	Plocha [N·s ± SD]
Hladká	32 ± 6 ^a	57 ± 8 ^a
Celozrnná	60 ± 10 ^{b, c}	100 ± 20 ^{b, c}
Žlutá	60 ± 10 ^b	120 ± 30 ^d
Červená	60 ± 20 ^{b, c}	80 ± 20 ^{a, b, c}
Purpurová	56 ± 8 ^{a, b}	80 ± 20 ^{a, b, c}
Modrá	70 ± 10 ^c	120 ± 20 ^d
Černá	60 ± 20 ^{b, c}	110 ± 30 ^{c, d}

Tabulka 6 obsahuje hodnoty pro sušenky vyrobené z jednotlivých druhů mouk bez ohledu na to, jakou metodou byly sušenky připraveny. Průkazně nejtvrdší sušenky byly vyrobeny z modré pšenice, o něco nižší tvrdost pak měly sušenky z ostatních netradičně zbarvených odrůd a průkazně nejnižší tvrdost byla stanovena u sušenek z hladké mouky.

Co se houževnatosti týče, tak průkazně největší plocha byla stanovena u sušenek ze žluté a černé pšenice, naopak průkazně nejmenší plocha byla naměřena u sušenek z hladké mouky.

Dle těchto výsledků lze říci, že na tvrdost sušenek má vliv zejména přítomnost obalových vrstev v mouce, popř. granulace mouky, jelikož mouka hladká, která neobsahuje obalové vrstvy, má průkazně nejnižší naměřené hodnoty u daných texturních vlastností. Naopak všechny zbylé sušenky byly vyrobeny právě z celozrnných mouk a stanovované texturní vlastnosti byly u všech těchto sušenek statisticky velmi podobné, vyjma zmíněných sušenek z modré pšenice, které měli pevnost průkazně nejvyšší.

I když sušenky z celozrnné/barevné mouky byly podstatně více tvrdé i houževnaté, tak to neznamená, že by nebylo možné tyto mouky použít pro komerční výrobu sušenek, poněvadž tvrdost u daných výrobků byla senzoricky přijatelná. Je nutno dodat, že sušenky

z netradičně zbarvených odrůd pšenice jsou zatím velice neprozkoumanou oblastí a nejsou k dispozici vhodné zdroje, se kterými by se získané hodnoty daly porovnat.

Tabulka 7 Průměrné texturní vlastnosti metod bez ohledu na mouky

Metoda	Tvrdość [N ± SD]	Plocha [N·s ± SD]
1	7,9 ± 0,8 ^a	15 ± 2 ^a
2	60 ± 20 ^b	90 ± 30 ^b
3	90 ± 20 ^c	160 ± 30 ^c

Tabulka 7 obsahuje hodnoty pro sušenky vyrobené dle jednotlivých metod bez ohledu na to, z jakého vzorku mouky byly vyrobeny. Průkazně nejméně tvrdé byly sušenky vyrobené podle metody 1, více tvrdé pak byly sušenky připravené podle metody 2 a průkazně nejtvrďší sušenky byly připraveny podle metody 3. S naměřenou plochou to bylo obdobně.

Podobně jako u těst, tak i zde jsou texturní vlastnosti ovlivněny zejména surovinovou skladbou. Surovinová skladba dle metody 1 neobsahovala cukr. Cukr slouží jako ochucující látka, ale mimo to má i velký vliv na texturu sušenek. Cukr totiž zamezuje mazovatění škrobu a vývoji lepku což má za následek vznik křupavější, a tedy i tvrdší kůrky [28], [42].



Obrázek 7 Sušenky vyrobené metodou 1 a 2

Pro výrobu sušenek podle metody 3, tedy průkazně nejtvrdějších sušenek, byl použit mimo dalších surovin i chlorid amonný. Již bylo zmíněno, že chlorid amonný se za přítomnosti vody a vysoké teploty rozkládá na amoniak (a samozřejmě další látky), který ovlivňuje texturní vlastnosti sušenek a tvoří tak více křupavou a tvrdší texturu [29].

8.4 Senzorická analýza

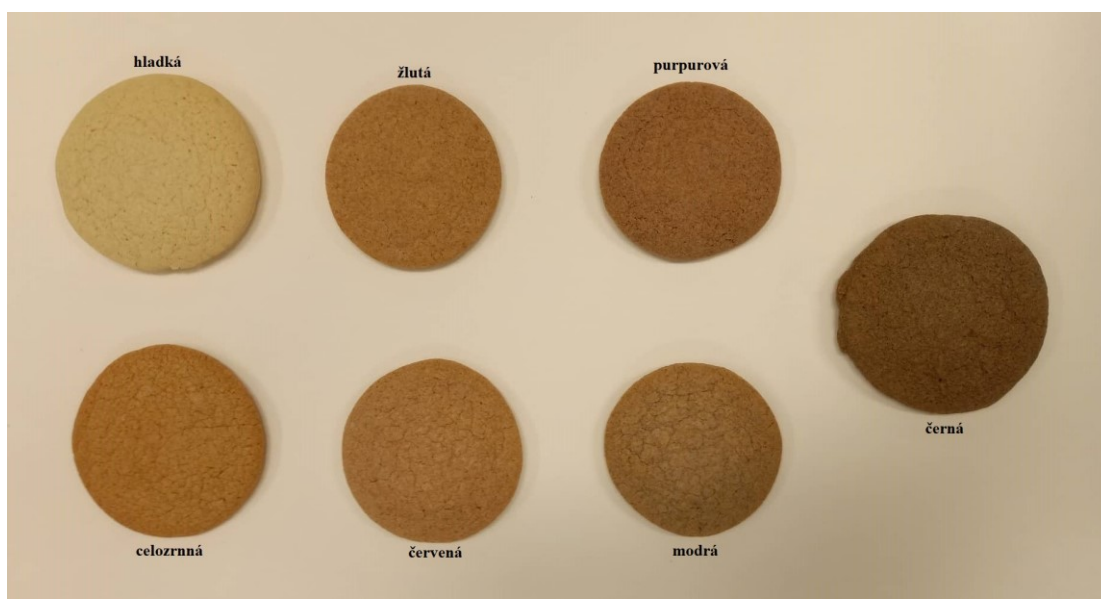
Následující tabulky obsahují vyhodnocená data ze senzorické analýzy pro všechny druhy sušenek.

Tabulka 8 Vyhodnocení senzorické analýzy

Mouka	Met.	Barva kůrky	Rovnom. kůrky	Textura kůrky	Barva střídý
Hladká	1	2,4 ± 0,2 ^a	2,3 ± 0,3 ^{a, b}	0,97 ± 0,06 ^{a, b}	2,4 ± 0,2 ^{a, b}
	2	2,5 ± 0,3 ^a	5,8 ± 0,3 ^{i, j}	6,3 ± 0,3 ^d	3,1 ± 0,4 ^b
	3	2,5 ± 0,3 ^a	6,4 ± 0,3 ^j	5,4 ± 0,2 ^c	2,5 ± 0,3 ^{a, b}
Celozrná	1	1,8 ± 0,3 ^a	2,1 ± 0,3 ^a	0,7 ± 0,2 ^{a, b}	1,8 ± 0,3 ^a
	2	4,97 ± 0,06 ^{b, c}	6,1 ± 0,1 ^{i, j}	9 ± 0 ^h	4,97 ± 0,06 ^{c, d}
	3	4,97 ± 0,06 ^{b, c}	5,6 ± 0,2 ^{g, h, i}	8,9 ± 0,1 ^{g, h}	4,97 ± 0,06 ^{c, d}
Žlutá	1	4,6 ± 0,4 ^b	3,3 ± 0,3 ^c	0,77 ± 0,06 ^{a, b}	4,4 ± 0,4 ^c
	2	5,3 ± 0,3 ^c	4,97 ± 0,06 ^{f, g}	8,4 ± 0,1 ^{g, h}	5,3 ± 0,3 ^d
	3	5,3 ± 0,3 ^c	5,13 ± 0,06 ^{f, g, h}	8,9 ± 0,2 ^{g, h}	5,3 ± 0,3 ^d
Červená	1	4,9 ± 0,4 ^{b, c}	3,3 ± 0,3 ^c	0,93 ± 0,06 ^{a, b}	4,9 ± 0,4 ^{c, d}
	2	4,6 ± 0,3 ^{b, c}	5,1 ± 0,4 ^{f, g, h}	7,7 ± 0,2 ^{e, f}	4,6 ± 0,3 ^{c, d}
	3	4,6 ± 0,3 ^{b, c}	4,2 ± 0,3 ^{d, e}	7,7 ± 0,2 ^{e, f}	4,6 ± 0,3 ^{c, d}
Purpurová	1	6,8 ± 0,3 ^d	5,7 ± 0,3 ^{h, i}	0,7 ± 0,2 ^{a, b}	6,8 ± 0,3 ^e
	2	6,77 ± 0,6 ^d	2,0 ± 0,2 ^a	8,3 ± 0,2 ^{f, g}	6,77 ± 0,06 ^e
	3	6,77 ± 0,6 ^d	2,1 ± 0,1 ^a	8,3 ± 0,2 ^{f, g}	6,77 ± 0,06 ^e
Modrá	1	7,7 ± 0,2 ^e	4,5 ± 0,3 ^{e, f}	1,2 ± 0,5 ^b	7,7 ± 0,2 ^f
	2	7,83 ± 0,06 ^e	3,6 ± 0,2 ^{c, d}	8,6 ± 0,2 ^{g, h}	7,83 ± 0,06 ^f
	3	7,83 ± 0,06 ^e	3,2 ± 0,2 ^c	8,6 ± 0,2 ^{g, h}	7,83 ± 0,06 ^f
Černá	1	9,0 ± 0,2 ^f	2,9 ± 0,1 ^{b, c}	0,5 ± 0,3 ^a	9,0 ± 0,2 ^g
	2	9,4 ± 0,2 ^f	4,4 ± 0,1 ^k	8 ± 0 ^e	9,4 ± 0,2 ^g
	3	9,4 ± 0,2 ^f	8,4 ± 0,2 ^m	8 ± 0 ^e	9,4 ± 0,2 ^g

Průkazně nejsvětlejší byly sušenky vyrobené z mouky hladké vyrobené podle všech 3 metod, a také z mouky celozrnné vyrobené podle metody 1. Tmavší pak byly sušenky z mouky celozrnné vyrobené podle metod 2 a 3, a také z mouky žluté a červené. Postupně pak byly průkazně tmavší sušenky z purpurové, následně modré a průkazně nejtímavší byly sušenky z černé pšenice.

Barva kůrky je jednoznačně ovlivněna přítomností antokyanů, čím více antokyanů se v pšenici, resp. v mouce nacházelo, tím tmavší výrobek byl.



Obrázek 8 Sušenky připravené metodou 2 – rozdíl v barvě

Průkazně nejméně rovnoměrnou kůrku měly sušenky z černé pšenice vyrobené dle metody 3. Tyto sušenky měly velké póry a během pečení nabraly značně nejvíce na objemu, což mohlo vést až k poprskání kůrky a vzniku trhlin na povrchu výrobku. Tento jev musel být způsoben kombinací více faktorů, nemohl být způsoben zejména např. surovinovou skladbou. Samozřejmě přídavek několikrát zmíněného chloridu amonného by mohl mít vliv na rovnoměrnost kůrky, jeho dodatečná produkce kypřícího plynu by mohla vést k tomuto jevu. Avšak ostatní sušenky vyrobené podle stejné metody by musely být průkazně podobné, ale není tomu tak. Dalším faktorem by mohla být přítomnost specifických látek v mouce, např. antokyanů či jiných fenolických sloučenin. Sušenky ze stejné mouky, ale vyrobené podle metody 2 však mají průkazně pravidelnější kůrku. Nepravidelnost kůrky tedy může být kombinací zmíněných faktorů.



Obrázek 9 Rozdíly v rovnoměrnosti kůrky mezi metodami 2 a 3

Textura kůrky je silně ovlivněna tvrdostí sušenky, což bylo náplní předchozí kapitoly. Ze sensorického hlediska byly všechny sušenky vyrobené podle metod 2 nebo 3 průkazně křupavější než sušenky vyrobené podle metody 1, které byly průkazně spíše tužší a kožovité. Textura kůrky je samozřejmě ovlivněna surovinovou skladbou, to však již bylo komentováno v přechozí kapitole.

Vzestupnost barvy střídy je v podstatě totožná s barvou kůrky.

Tabulka 9 Vyhodnocení sensorické analýzy

Mouka	Met.	Velikost pórů	Rovnom. pórů	Intenzita vůně	Přítomnost přípachů
Hladká	1	$5,8 \pm 0,2^c$	$7,6 \pm 0,2^{c, d, e}$	$7,3 \pm 0,2^{a, b}$	$0,4 \pm 0,2^{a, b}$
	2	$3,3 \pm 0,3^{a, b}$	$8,7 \pm 0,6^g$	$9,1 \pm 0,4^{f, g, h, i, j}$	0 ± 0^a
	3	$3,5 \pm 0,1^b$	$5,9 \pm 0,6^b$	$9,87 \pm 0,06^j$	0 ± 0^a

Celozrná	1	$6,3 \pm 0,2^{d, e, f}$	$7,8 \pm 0,3^{c, d, e, f}$	$7,6 \pm 0,4^{a, b, c}$	$0,9 \pm 0,2^{b, c}$
	2	$3,6 \pm 0,2^b$	$7,8 \pm 0,2^{d, e, f}$	$9,5 \pm 0,2^{i, j}$	0 ± 0^a
	3	$3,6 \pm 0,2^b$	$7,4 \pm 0,1^{c, d}$	$8 \pm 0^{a, b, c}$	0 ± 0^a
Žlutá	1	$5,9 \pm 0,2^{c, d}$	$8,0 \pm 0,3^{d, e, f, g}$	$9,1 \pm 0,1^{g, h, i, j}$	$8,7 \pm 0,2^{f, g}$
	2	$3,5 \pm 0,1^b$	$8,1 \pm 0,3^{d, e, f, g}$	$8,3 \pm 0,4^{c, d, e, f}$	$0,6 \pm 0,1^{a, b}$
	3	$3,6 \pm 0,2^b$	$8,0 \pm 0,1^{d, e, f, g}$	$8,1 \pm 0,1^{c, d, e}$	$1,1 \pm 0,4^{b, c, d}$
Červená	1	$6 \pm 0^{c, d}$	$7,73 \pm 0,06^{c, d, e, f}$	$9 \pm 0^{d, e, f, g, h}$	9 ± 0^g
	2	$7,03 \pm 0,06^g$	$7,6 \pm 0,2^{c, d, e}$	$8,2 \pm 0,3^{c, d, e}$	$0,6 \pm 0,1^{a, b}$
	3	$7,03 \pm 0,06^g$	$7,9 \pm 0,1^{d, e, f, g}$	$7,7 \pm 0,4^{a, b, c, d}$	$1,7 \pm 0,4^d$
Purpurová	1	$3,0 \pm 0,2^a$	$8,3 \pm 0,2^{e, f, g}$	$8,8 \pm 0,2^{e, f, g, h, i}$	$8,9 \pm 0,4^g$
	2	$6,57 \pm 0,06^f$	$7,0 \pm 0,3^c$	$8,0 \pm 0,3^{b, c, d, e}$	$0,4 \pm 0,1^{a, b}$
	3	$6,57 \pm 0,06^f$	$7,0 \pm 0,1^c$	$7,7 \pm 0,4^{a, b, c, d}$	$7,7 \pm 0,3^e$
Modrá	1	$6,47 \pm 0,06^{e, f}$	$8,4 \pm 0,1^{f, g}$	7 ± 0^a	8 ± 0^e
	2	$6,2 \pm 0,2^{d, e, f}$	$7,7 \pm 0,1^{c, d, e, f}$	$9 \pm 0^{h, i, j}$	$2 \pm 0^{c, d}$
	3	$6,1 \pm 0,1^{c, d, e}$	$8,1 \pm 0,2^{d, e, f, g}$	$7,7 \pm 0,4^{a, b, c, d}$	$0,7 \pm 0,3^{a, b}$
Černá	1	$6,1 \pm 0,1^{c, d, e}$	$7,8 \pm 0,3^{c, d, e, f}$	$9,0 \pm 0,2^{f, g, h, i}$	$8,9 \pm 0,4^g$
	2	$8,4 \pm 0,2^h$	$4,3 \pm 0,2^a$	7 ± 0^a	$8 \pm 0^{e, f}$
	3	$8,9 \pm 0,1^i$	$4,2 \pm 0,2^a$	$8,5 \pm 0,5^{d, e, f, g}$	$7,9 \pm 0,5^e$

Průkazně největší póry byly stanoveny u sušenek z černé pšenice vyrobených podle metody 3, o trochu menší póry pak byly stanoveny u sušenek ze stejného vzorku vyrobených metodou 2. Již bylo řečeno, že velké póry mohly být důvodem nerovnoměrnosti kůrky. Z výsledků je zřejmé, že mouka z černé pšenice je schopna silnějšího kypření v porovnání s jinými druhy mouk. Je to způsobeno tím, že antokyany podporují tvorbu oxidu uhličitého, tedy kypřícího plynu, který se zabudovává ve výrobku. V kombinaci s kypřidlem je tedy možné dosáhnout silnějšího kypřícího účinku. A právě černé odrůdy pšenice mají podstatně vyšší obsah antokyanů než ostatní barevné odrůdy. Pro budoucí výrobu by pravděpodobně bylo vhodné regulovat přidavek kypřících látek, aby nedocházelo k takovému masivnímu nárůstu objemu sušenek během pečení.

Zmíněný objemový nárůst pak zřejmě ovlivňuje i rovnoměrnost pórů. Tytéž sušenky, s největšími póry, jsou i průkazně sušenky s nejméně rovnoměrnými póry. Sušenky nebyly na řezu tak pěkně vypadající, ovlivňují tedy negativně sensorickou jakost výrobku.

Co se intenzity vůně týče, tak průkazně nejvyšší intenzitu vůně pak měly sušenky z hladké mouky vyrobené podle metody 3, tyto sušenky měly nejvíce typickou vůni po pšeničném pečivu. Průkazně nejmenší intenzita vůně pak byla stanovena u sušenek z modré pšenice vyrobených podle metody 1 a u sušenek z černé pšenice vyrobených podle metody 2. I tak se však jednalo o výrobky velmi intenzivní vůně. Intenzita vůně sušenek z barevných odrůd pšenice mohla být negativně ovlivněna např. tepelnou degradací antokyanů, které by mohly mít vliv na senzoričnou jakost výrobku [43].

Průkazně nejnižší, resp. žádná přítomnost pachů byla stanovena u sušenek z hladké a celozrnné mouky připravených podle metody 2 a 3. Vyšší přítomnost přípachů pak byla stanovena u sušenek z hladké a celozrnné mouky vyrobených podle metody 1 a u ostatních typů mouk, průkazně nejvyšší přítomnost přípachů pak byla stanovena u sušenek vyrobených podle metody 1 z purpurové, černé a červené pšenice. U sušenek vyrobených podle metody 1 byla přítomnost přípachů pravděpodobně způsobena použitím MCP. Vyšší intenzita přípachů u sušenek z barevných pšenic byla pravděpodobně opět způsobena antokyaniny, resp. jejich tepelnou degradací [43].

Tabulka 10 Vyhodnocení senzoričké analýzy

Mouka	Met.	Intenzita chuti	Přítomnost pachutí	Celkový dojem
Hladká	1	$7,2 \pm 0,3^c$	$1,8 \pm 0,1^{c, d}$	$8,7 \pm 0,2^{e, f, g}$
	2	$8,4 \pm 0,2^{c, d, e}$	0 ± 0^a	$8,0 \pm 0,5^{e, f}$
	3	$8,8 \pm 0,2^{d, e}$	0 ± 0^a	$9,5 \pm 0,2^{f, g}$
Celozrnná	1	$8 \pm 0^{c, d}$	$2,1 \pm 0,4^d$	$8 \pm 0^{e, f}$
	2	$9,83 \pm 0,06^e$	0 ± 0^a	$9,9 \pm 0^g$
	3	$8,9 \pm 0,2^e$	0 ± 0^a	$8,9 \pm 0,4^{f, g}$
Žlutá	1	$5 \pm 1^{a, b}$	$9,4 \pm 0,2^{h, i}$	$5 \pm 1^{b, c}$
	2	$8,4 \pm 0,6^{c, d, e}$	$1,6 \pm 0,4^{c, d}$	$8,9 \pm 0,2^{f, g}$
	3	$9,4 \pm 0,2^{d, e}$	$1,4 \pm 0,2^{b, c, d}$	$8,1 \pm 0,2^{e, f}$
Červená	1	4 ± 0^a	$9 \pm 0^{g, h}$	$3,2 \pm 0,3^b$
	2	$8,7 \pm 0,2^{c, d, e}$	5 ± 1^e	$6 \pm 1^{c, d}$
	3	$9,4 \pm 0,2^{d, e}$	$1,7 \pm 0,2^{c, d}$	$7,2 \pm 0,2^{d, e}$
Purpurová	1	6 ± 2^b	$4,3 \pm 0,3^e$	5 ± 1^c
	2	$8,4 \pm 0,2^{c, d, e}$	$1,9 \pm 0,1^{c, d}$	$9,3 \pm 0,4^{f, g}$
	3	$9,4 \pm 0,2^{d, e}$	$0,7 \pm 0,2^{a, b, c}$	$7,9 \pm 0,4^{e, f}$

Modrá	1	$5 \pm 0^{a, b}$	$6,8 \pm 0,3^f$	$4,7 \pm 0,3^{b, c}$
	2	$9,2 \pm 0,1^{d, e}$	2 ± 0^d	$9 \pm 0^{f, g}$
	3	$9,4 \pm 0,2^{d, e}$	$0,7 \pm 0,2^{a, b, c}$	$7,9 \pm 0,4^{e, f}$
Černá	1	6 ± 1^b	$7,8 \pm 0,8^{f, g}$	$4,5 \pm 0,3^b$
	2	$8,1 \pm 0,2^{c, d}$	$9,8 \pm 0,3^i$	$1,2 \pm 0,7^a$
	3	$8,5 \pm 0,3^{c, d, e}$	$9,7 \pm 0,6^i$	X

Průkazně nejméně intenzivní chuť byla stanovena u sušenek vyrobených podle metody 1 z červené pšenice, následně pak u sušenek ze žluté, modré, purpurové a černé pšenice vyrobených stejnou metodou. Intenzita chuti byla ovlivněna zejména surovinovou skladbou. Sušenky podle metody 1 byly vyrobeny bez přídavku cukru, jeho nepřítomnost negativně ovlivňovala intenzitu chuti. Negativní vliv na intenzitu chuti mohl mít i použitý MCP. Ještě v kombinaci s přítomnými antokyany v barevných moukách pak bylo dosaženo nižší intenzity chutě, jelikož sušenky vyrobené podle metody 1 z mouky hladké a celozrnné měly průkazně vyšší intenzitu chuti než ty z barevných odrůd. Průkazně nejvíce intenzivní chuť měly sušenky z mouky celozrnné připravené podle metody 2. Při výrobě těchto sušenek byl použit cukr, nebyl použit MCP a celozrnná mouka nemá významný obsah antokyanů, což potvrzuje přechozí domněnku.

Přítomnost pachutí byla průkazně nejnižší, resp. žádná u sušenek z hladké a celozrnné mouky vyrobených podle metod 2 a 3. Tyto sušenky tedy neměly nikterak ovlivněnou chuť, na rozdíl od sušenek vyrobených podle metody 1, kde vznikaly pachutě pravděpodobně kvůli přítomnému MCP. Naopak průkazně nejvyšší přítomnost pachutí byla stanovena u sušenek vyrobených podle metod 2 a 3 z černé pšenice. Tak intenzivní pachutí byla pravděpodobně způsobena několika faktory. Jelikož mouka z černé pšenice byla celozrnným produktem, nacházel se tam i vyšší podíl tuků. Ve velkých pórech pak mohlo dojít k uskladnění kyslíku, mohlo by tak dojít k intenzivní oxidaci tuků a vzniku sensoricky nežádoucích látek.

Celkový dojem byl z velké části ovlivněn příjemností chuti daného výrobku, vůně, vzhled a textura měly vliv na celkový dojem z menší části. Průkazně nejlepší dojem udělaly sušenky z celozrnné mouky vyrobené podle metody 2. O něco nižší dojem pak udělaly sušenky vyrobené podle metody 2 z modré, purpurové a žluté pšenice a také sušenky vyrobené podle metody 3 z mouky hladké a celozrnné, v tomto směru by tedy mohla mít komerční výroba sušenek velký potenciál.

Naopak průkazně nejmenší dojem udělaly sušenky vyrobené z černé mouky podle metody 2 a 3. Sušenky měly velmi nepříjemnou chuť i pachut', tyto negativní vjemy mohly být ovlivněny již výše zmíněnou oxidací tuků. V případě, že tyto negativní vlivy byly skutečně způsobeny oxidací tuků v důsledku nadměrně velkých pórů, jistě by se to dalo napravit korekcí přídavku kypřících látek a zamezit tak nadměrnému kypření sušenek. Další možností, proč byly tyto sušenky sensoricky nepříjemné, je přítomnost vysokého množství antokyanů. Již bylo zmíněno, že antokyaniny za vyšších teplot degradují, což by mohlo vést ke vzniku sensoricky aktivních látek negativně ovlivňující produkt. Zde se nabízí možnost úpravy technologického postupu, např. snížení teploty během tepelného opracování. V nejhorším případě by se pak mouky s hodně vysokým obsahem antokyanů musely používat na výrobu jiných potravinářských produktů.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo stanovení texturních vlastností těst a sušenek připravených z různých druhů mouk, včetně mouk získaných netradičně zbarvených odrůd pšenice a kontrolních komerčních mouk, a vyrobených podle různých standardizovaných metod, získané výsledky vyhodnotit, diskutovat a pokud možno porovnat získané výsledky s dostupnou literaturou. Bohužel netradičně zbarvené odrůdy pšenice se stále intenzivně zkoumají, sušenky z barevných pšenic jsou pro změnu téměř úplně neprozkoumanou oblastí. Na druhou stranu by tato práce mohla být zdrojem alespoň nějakých drobných informací pro budoucí výzkumy týkající se této problematiky.

Co se texturních vlastností týče, tak u připravených těst byla stanovena pevnost, houževnatost a lepivost. Získané hodnoty se značně lišily, průkazně nejpevnější i nejhouževnatější těsta však byla získána z mouk purpurových, modrých a černých. Lze tedy říci, že vyšší obsah antokyanů ovlivňuje pevnost i houževnatost těst. Průkazně nejvyšší lepivost měla těsta připravená z mouky červené, i tak se však jednalo o těsto použitelné pro ruční výrobu sušenek. V automatizované výrobě by však takto lepkavé těsto mohlo způsobit technologické problémy. Lepivost by se však jistě dala upravit změnou surovinové skladby, např. přidáním cukru a mouky nebo naopak snížením množství vody.

U sušenek samotných pak byla stanovena pouze tvrdost a houževnatost. Podle získaných hodnot bylo stanoveno, že průkazně nejméně tvrdé a houževnaté sušenky byly vyrobeny z hladké mouky. Ostatní sušenky, vyrobené z celozrnných mouk, pak měly průkazně vyšší tvrdost. Lze tedy říci, že na tvrdost a houževnatost sušenek má vliv zejména přítomnost obalových vrstev v moukách. Z pohledu konzumenta však vyšší tvrdost a houževnatost sušenek, tedy vlastně i určitá křupavost sušenek, nemusí být negativní vlastnost, naopak je možné, že takové výrobky by u některých konzumentů mohly získat větší oblibu.

Posledním krokem byla senzorická analýza sušenek. Všeobecně sušenky z barevných pšenic vzbuzovaly trochu horší dojem než ty vyrobené z komerčních mouk, za cenu nutričně bohatší potraviny by se však trochu horší chuť dala jistě přehlédnout. Druhou věcí je, že každý člověk má jiné preference a je pravděpodobné, že i tyto výrobky by si našly své příznivce. Na druhou stranu sušenky z černé pšenice, s průkazně nejvyšší intenzitou pachutí, však byly výrobky sensoricky velmi špatné, spíše až nepřijatelné. Tyto negativní vlastnosti by se však z velké části daly z velké části ovlivnit surovinovou skladbou, např. snížením

přídavku kypřících látek. Pokud by ani změna surovinové skladby neobstála, mohly by se zkusit změny v technologické postupu, např. použitím nižších teplot během pečení. A když by ani změna technologického postupu nepomohla, tak nezbývá než pšenici černou, a případně i jiné odrůdy s hodně vysokým obsahem antokyanů, nechat pro výrobu jiných druhů potravin.

Ve zkratce, mouky z netradičně zbarvených odrůd pšenice ovlivňují některé texturní a sensorické vlastnosti sušenek, ale ve většině případů se pro výrobu sušenek mohou bez problémů použít, v některých případech s určitými úpravami. Na závěr lze říci, že sušenky z barevných pšenic mají opravdu velký potenciál.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SHARMA, S. a kol. *Anthocyanin bio-fortified colored wheat: Nutritional and functional characterization* [online]. PLoS ONE, 2018. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194367>
- [2] EGGERSDORFER, M. a A. WYSS. *Carotenoids in human nutrition and health* [online]. Elsevier, 2018. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.06.001>
- [3] TAN, J. a kol. *Extraction and purification of anthocyanins: A review* [online]. Elsevier, 2022. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100306>
- [4] LIU, Q., QIU, Y. a T. BETA. *Comparison of antioxidant activities of different colored wheat grains and analysis of phenolic compounds* [online]. Journal of agricultural and food chemistry, 2010, 58 (16), 9235-9241. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf101700s>
- [5] ZHENG, Q., LI, B., LI, H. a Z. LI. *Utilization of blue-grained character in wheat breeding derived from *Thinopyrum poticum** [online]. Elsevier, 2009. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1673-8527\(08\)60149-6](https://doi.org/10.1016/S1673-8527(08)60149-6)
- [6] LI, W. a T. BETA. *Flour and bread from black-, purple- and blue-colored wheats* [online]. Academic Press, 2011. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10006-6>
- [7] BETA, T. a kol. *Purple wheat (*Triticum sp.*) seeds: Phenolic composition and antioxidant properties* [online]. Academic Press, 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818553-7.00010-3>
- [8] KNIEVEL, D. C. a kol. *Grain color development and the inheritance of high anthocyanins blue aleurone and purple pericarp in spring wheat (*Triticum aestivum* L.)* [online]. Journal of Cereal Science, 2009. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.03.007>
- [9] DHUA, S. a kol. *Composition, characteristics and health promising prospects of black wheat: A review.* [online]. Trends in Food Science & Technology, 2021. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.037>
- [10] PAZNOCHT, L. a kol. *Free and esterified carotenoids in pigmented wheat, tritordeum and barley grains* [online]. Food Chemistry, 2018. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.151>

- [11] FLOWERIK, THANKUR, N. a S. TIWARI. *Correlation of carotenoid accumulation and expression pattern of carotenoid biosynthetic pathway genes in Indian wheat varieties* [online]. Journal of Cereal Science, 2021. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103303>
- [12] PAZNOCHT, L. a kol. *Carotenoids changes of colored-grain wheat flours during bun-making* [online]. Food Chemistry, 2019. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.019>
- [13] ODURO-OBENG, H., FU, B. X. a T. BETA. *Influence of cooking duration on carotenoids, physical properties and in vitro antioxidant capacity of pasta prepared from three Canadian durum wheat cultivars* [online]. Food Chemistry, 2021. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130016>
- [14] MARTINEK, P. a kol. *Netradiční barva obiliek pšenice (Triticum aestivum L.) a její genetická podmíněnost a možnost využití v potravinářství. Nové poznatky z genetiky a šlechtění polnohospodářských rostlin. Sborník z 13. vědecké konference. Piešťany: Výzkumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, 2006, 120 s.*
- [15] MEMON, A. A. a kol. *Impact of flour particle size on nutrient and phenolic acid composition of commercial wheat varieties* [online]. Journal of Food Composition and Analysis, 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103358>
- [16] GAMEL, T. H. a kol. *Absorption and metabolites of anthocyanins and phenolic acids after consumption of purple wheat crackers and bars by healthy adults* [online]. Journal of Cereal Science, 2019. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.11.017>
- [17] YRBAS, M. de los A., MORUCCI, F., ALONSO, R. a S. GORZALCZANY. *Pharmacological mechanism underlying the antinociceptive activity of vanillic acid* [online]. Pharmacology Biochemistry and Behavior, 2015. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2015.02.016>
- [18] OWONA, B. A., ABIA, W. A. a P. F. MOUNDIPA. *Natural compounds flavonoids as modulators of inflammasomes in chronic diseases* [online]. International Immunopharmacology, 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2020.106498>
- [19] WANG, X. a kol. *Metabolomics and gene expression analysis reveal the accumulation patterns of phenylpropanoids and flavonoids in different colored-grain wheats (Triticum*

aestivum L.) [online]. Food Research International, 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109711>

[20] SHARMA, N. a kol. *Evaluation of Anthocyanin Content, Antioxidant Potential and Antimicrobial Activity of Black, Purple and Blue Colored Wheat Flour and Wheat-Grass Juice Against Common Human Pathogens* [online]. Molecules, 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules25245785>

[21] LACHMAN, J. a kol. *Tocotrienols and tocopherols in colored-grain wheat, tritordeum and barley* [online]. Food Chemistry, 2018. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.123>

[22] HUSSAIN, A. a kol. *Is organically produced wheat a source of tocopherols and tocotrienols for health food?* [online]. Food Chemistry, 2012. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.141>

[23] SHARMA, N. a kol. *Anthocyanin biofortified black, blue and purple wheat exhibited lower amino acid cooking losses than white wheat* [online]. LWT, 2022. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112802>

[24] VÚKROM. *PS Karkulka* [online]. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, Agrotest fyto, s.r.o. Dostupné z: <https://www.vukrom.cz/cz/nase-odrudy/ps-karkulka.html>

[25] MENDELU. *Červený chléb Karkulka* [online]. Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně, 2017. Dostupné z: <https://mendelu.cz/28952n-cerveny-chleb-karkulka>

[26] VÚKROM. *AF Oxana* [online]. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, 2019. Dostupné z: https://www.vukrom.cz/userfiles/files/Odr%C5%AFdy/AF_Oxana_popisy_pro_web_opr.pdf

[27] ČESKO. Vyhláška č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. In: *Sbírka zákonů ČR*. 2020.

[28] DAVIDSON, I., *Biscuit, Cookie, and Cracker Production: process, production and packaging equipment*. Academic Press. Vyd. 2. Velká Británie, 2019. 231 s. ISBN: 978-0-12-815579-0.

[29] DAVIDSON, I. *Biscuit Baking Technology: Processing and Engineering Manual*. Academic Press. Vyd. 2. Velká Británie, 2016. 333 s. ISBN: 978-0-12-804211-3

- [30] ČSN ISO 11036 (560034). *Senzorická analýza – Metodologie – Profil textury*. 2020.
- [31] ŞUMNU, S. G. a S. SAHIN. *Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods*. Vyd. 1. Boca Raton, 2008. 304 s. ISBN 9780429140518.
- [32] ŠTENCL, J. *Balení potravin*. Veterinární univerzita Brno, 2013. Dostupné z: https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/13-BP_e-opora2.pdf
- [33] ANONYM. *Obilniny 2021*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně, Národní odrůdový úřad, Brno, 2021. ISBN 978-80-7401-201-3
- [34] VÚKROM. *AF Jumiko* [online]. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, 2018. Dostupné z: https://www.vukrom.cz/userfiles/files/Odr%C5%AFdy/AF%20Jumiko_popisy_pro_web_o_pr.pdf
- [35] VÚKROM. *AF Zora* [online]. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, 2021. Dostupné z: https://www.vukrom.cz/userfiles/files/Odr%C5%AFdy/AF-Zora_PRO_WEB-podrobn%C4%9B.pdf
- [36] FIGONI, P. *How Baking Works: Exploring the Fundamentals of Baking Science*. Vyd. 2. John Wiley & Sons, New Jersey, 2008. ISBN 978-0-471-74723-9
- [37] ČSN EN ISO 712 (461014). *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Referenční metoda*. 2010.
- [38] *Sada na přípravu těsta*. Dostupné z: <https://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2014/10/texture-analysis-in-action-dough.html>
- [39] KRÁL, M. a kol. *Colored wheat: anthocyanins content, grain firmness, dough properties, bun texture profile* [online]. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun, 2018. Dostupné z: <https://doi.org/10.11118/actaun201866030685>
- [40] TIAN, S., CHEN, Z. a WEI Y. *Measurement of colour-grained wheat nutrient compounds and the application od combination technology in dough* [online]. Journal of Cereal Science, 2018. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.018>
- [41] YIN, J. a kol. *Use of two-stage dough mixing process in improving water distribution of dough and qualities of bread made from wheat–potato flour* [online]. Journal of Integrative Agriculture, 2021. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63433-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63433-5)

[42] SINGH, N., GUPTA, S., SODHI, N.S. a R. P. SINGH. *Effects of additives on dough and cookies making properties of flour* [online]. International Journal of Food Properties, 2002. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1081/JFP-120015491>

[43] CORDEIRO, T. a kol. *Anthocyanin content in raspberry and elderberry: The impact of cooking and recipe composition* [online]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2021. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100316>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AACC American Association of Cereal Chemists

AK Aminokyselina

MCP Monocalcium phosphate – dihydrogenfosforečnan vápenatý

LDL Low density lipoprotein

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Chléb Karkulka z purpurové pšenice [25].....	20
Obrázek 2 Vločky z modré pšenice [26]	21
Obrázek 3 Použité vzorky mouk.....	34
Obrázek 4 Sada na přípravu těsta [38].....	38
Obrázek 5 Příklad naměřených dat – těsto	39
Obrázek 6 Příklad naměřených dat - sušenka	39
Obrázek 7 Sušenky vyrobené metodou 1 a 2.....	48
Obrázek 8 Sušenky připravené metodou 2 – rozdíl v barvě	50
Obrázek 9 Rozdíly v rovnoměrnosti kůrky mezi metodami 2 a3	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Stanovení vlhkosti	42
Tabulka 2 Texturní vlastnosti těst.....	43
Tabulka 3 Průměrné hodnoty pro mouky bez ohledu na metody	44
Tabulka 4 Průměrné hodnoty pro metody bez ohledu na druh mouky.....	45
Tabulka 5 Texturní vlastnosti sušenek.....	46
Tabulka 6 Průměrné texturní vlastnosti sušenek bez ohledu na metodu	47
Tabulka 7 Průměrné texturní vlastnosti metod bez ohledu na mouky.....	48
Tabulka 8 Vyhodnocení senzorické analýzy	49
Tabulka 9 Vyhodnocení senzorické analýzy	51
Tabulka 10 Vyhodnocení senzorické analýzy	53