

Kvalita zrna barevné pšenice

Jiří Hamáček

Bakalářská práce
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jiří Hamáček
Osobní číslo: T18481
Studijní program: B2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Chemie a technologie potravin
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Kvalita zrna barevné pšenice

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

- 1. Možnosti využití zrna barevných pšeníc.**
- 2. Srovnání nutriční hodnoty zrna běžné pšenice a pšenice s barevným zrnem.**
- 3. Parametry používané k hodnocení kvality pšeničného zrna.**

II. Praktická část

- 1. Popis používané pšenice.**
- 2. Metody hodnocení kvality zrna.**
- 3. Změřené hodnoty parametrů.**
- 4. Závěry plynoucí z práce.**

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] GARG, M., CHAWLA, M., CHUNDURI, V., KUMAR, R., SHARMA, S., SHARMA, N. K., SINGH, S. P. (2016). Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. *Journal of cereal science*, 71, 138-144.
- [2] LI, W., BETA, T. (2011). Flour and bread from black-, purple-, and blue-colored wheats. In *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention* (pp. 59-67). Academic Press.
- [3] LIU, Q., QIU, Y., BETA, T. (2010). Comparison of antioxidant activities of different colored wheat grains and analysis of phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58 (16), 9235-9241.

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

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou 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 – bakalářskou 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 bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské 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 na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na netradičně zbarvené odrůdy pšenice, zejména pak na možnosti využití, srovnání nutričních hodnot a působení na lidské zdraví s běžnou pšenicí a parametry používané k hodnocení pšeničného zrna. Dalším krokem je stanovení základních parametrů, tedy vlhkosti, čísla poklesu, sedimentačního index Zelenyho testem a obsah mokrého lepku, u odrůdy pšenice s modrým aleuronem nazvaném AF Oxana a stanovené hodnoty porovnat s požadavky na pšenicí běžnou.

Klíčová slova: barevné odrůdy pšenice, pekařská jakost, fenolické sloučeniny, antokyany

ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on unconventionally colored varieties of wheat, especially on use of colored wheat, compare of nutrients and health effects with common wheat and parameters used to evaluation of wheat grain. Next step was to determinate basic parameters, like humidity, falling number, sedimentation index by Zeleny's test and content of wet gluten, for variety of wheat with blue aleuron AF Oxana and compare obtained values with requirements for common wheat.

Keywords: colored wheat, baking quality, phenolic compounds, anthocyanins

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce RNDr. Ivě Burešové, Ph. D. za odborné rady a za pomoc a vedení při řešení problematiky. Taktéž bych chtěl poděkovat Ing. Romaně Šebestíkové za odbornou pomoc při praktické části práce.

A samozřejmě patří velké díky rodině a přátelům za nejen 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 PŠENICE OBECNĚ.....	11
1.1 DRUHY PŠENICE	11
1.2 ANATOMICKÁ STAVBA OBILKY	11
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	12
1.3.1 Sacharidy	12
1.3.2 Bílkoviny	12
1.3.3 Lipidy	13
1.3.4 Vitamíny.....	13
1.3.5 Minerální látky	13
2 PŠENICE S NETRADIČNÍM ZBARVENÍM OBILKY	14
2.1 PŠENICE S MODRÝM ALEURONEM.....	14
2.1.1 Skorpion	15
2.1.2 AF Oxana	15
2.2 PŠENICE S PURPUROVÝM ZRNEM	15
2.2.1 AF Jumiko	16
2.2.2 PS Karkulka	16
2.3 PŠENICE ČERNÁ	17
2.4 PŠENICE ŽLUTÁ	17
3 TECHNOLOGICKÁ KVALITA A JAKOST ZRNA PŠENICE	18
3.1 MLYNÁŘSKÁ JAKOST	18
3.1.1 Objemová hmotnost	18
3.1.2 Hmotnost tisíce zrn	19
3.1.3 Tvrdost zrna	19
3.1.4 Tvar zrna	19
3.1.5 Výtěžnost mouky	20
3.2 PEKAŘSKÁ JAKOST	20
3.2.1 Objemová výtěžnost.....	21
3.2.2 Obsah dusíkatých látek	21
3.2.3 Sedimentační index	21
3.2.4 Číslo poklesu.....	22
3.2.5 Vaznost mouky.....	22
4 ROZDÍLY V NUTRIČNÍ HODNOTĚ BAREVNÝCH A BĚŽNÝCH ODRŮD PŠENICE	24
4.1 OBSAH FENOLICKÝCH LÁTEK	24
4.1.1 Fenolické kyseliny	25
4.1.2 Flavonoidy.....	26
4.1.3 Antokyany	26

4.2	KAROTENOIDY	27
4.3	TOKOFEROLY	28
5	VYUŽITÍ ZRNA BAREVNÉ PŠENICE.....	29
5.1	VYUŽITÍ ZRNA S MODRÝM ALEURONEM V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	29
5.2	VYUŽITÍ ZRNA S PURPUROVÝM PERIKARPEM V POTRAVINÁŘSTVÍ	30
5.3	VYUŽITÍ BAREVNÝCH ODRŮD V KRMIVÁŘSTVÍ.....	31
6	PŮSOBENÍ ZRNA PŠENICE S VYSOKÝM OBSAHEM ANTOKYANŮ NA KRYSY	32
II	PRAKTICKÁ ČÁST	33
7	CÍL PRÁCE	34
8	MATERIÁL A METODIKA	35
8.1	ANALYZOVANÝ VZOREK	35
8.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	35
8.3	METODIKA	35
8.3.1	Stanovení vlhkosti.....	35
8.3.2	Stanovení čísla poklesu	36
8.3.3	Stanovení obsahu mokrého lepku	36
8.3.4	Stanovení sedimentačního indexu.....	37
9	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	38
9.1	VLASTNÍ STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ	38
	ZÁVĚR	40
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	41
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	45
	SEZNAM OBRÁZKŮ	46
	SEZNAM TABULEK.....	47

ÚVOD

Pšenice jako taková patří k nejstarším kulturním plodinám. Její význam v potravinářství je znám již dlouhou dobu a dnes se řadí k vůbec nejdůležitějším potravinovým zdrojům, kdy představuje zdroj potravy pro velkou část populace po celém světě. Z ekonomického hlediska je pro nás nejznámější a nejdůležitější pšenice setá (*Triticum aestivum*).

Postupnou selekcí a šlechtěním do dnes vznikly odrůdy, které jsou výnosnější, mají lepší vlastnosti zrna a jsou mnohem odolnější vůči chorobám či vnějšímu prostředí. S postupem času se však více a více vyhledávají nutričně hodnotnější potraviny, k čemuž právě můžou posloužit různě barevné odrůdy pšenice.

Barevným odrůdám se dříve nedostalo tolik pozornosti, v dnešní době se však zájem o tyto odrůdy rapidně zvedl, a to díky vyššímu obsahu fenolických látek, zejména antokyanů, a pigmentů, které v organismu slouží jako antioxidanty a pozitivně tak ovlivňují lidské zdraví. Právě pravidelná konzumace pečiva s vyšší antioxidační aktivitou by mohla vést ke snížení výskytu civilizačních chorob, kterými jsou např. cukrovka, kardiovaskulární choroby či rakovina.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŠENICE OBECNĚ

Pšenice je vůbec jednou z nejstarších plodin pěstovaných pro lidskou výživu. Dle historických nálezů se datuje její pěstování před více jak 12 tisíci lety. Jelikož se jedná o velmi nenáročnou plodinu, je její výskyt takřka celosvětový. Jak se její postup jednotlivými oblastmi rozšiřoval, přizpůsobovala své vlastnosti daným podmínkám. To je důvod, proč dnes existuje celá řada druhů a odrůd. Taktéž s postupem vědy a techniky se začala pšenice šlechtit a vznikaly tak nové typy. Existuje několik způsobů, jak pšenici klasifikovat na jednotlivé druhy [1], [2].

Pšenici můžeme obecně dělit na jarní a ozimou. Pšenice jarní se seje na jaře a sklízí se ten samý rok, zatímco pšenice ozimá má delší vegetační dobu, seje se na podzim a sklízí se následující rok v létě [1], [2].

Další možnost dělení pšenice je dle zbarvení obalových vrstev. Dělíme je na červenou a bílou. Bílá pšenice má vyšší aktivitu amylolytických enzymů, je tedy náchylnější k předsklizňovému porůstání. Z tohoto důvodu se v ČR v podstatě nepěstuje. Většina pšenice, která je pěstována u nás je právě pšenice červená. Existují však i druhy pšenice s netradičním zbarvením obilky, jako je černá, purpurová, žlutá či modrá. Tyto druhy se projevují odlišným obsahem látek, např. barevných pigmentů a fenolických látek, zejména pak antokyanů, a má tak své specifické vlastnosti [1], [2].

1.1 Druhy pšenice

Pšenice obecně spadá do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Vůbec nejrozšířenějším pěstovaným druhem je pšenice setá (*Triticum aestivum*). Mezi další nejznámější druhy patří pšenice tvrdá (*Triticum durum*) a pšenice špalda (*Triticum spelta*). Dále však samozřejmě existuje celá řada botanických druhů pšenice, ty však nejsou tak komerčně využívány v tak velkém měřítku [3].

1.2 Anatomická stavba obilky

Květenstvím pšenice je klas. Plodem v klasu je obilka. Obilka je suchým jednosemenným plodem, zpravidla oválného tvaru. Na jedné straně obilky se nachází zárodek, na druhém konci pak vlásky. Od shora obilky je vedena rýha k dolní straně. Jedná se o bezpluchý, neboli nahý plod [1], [3].

Obilka je složena ze tří základních částí, těmi jsou obalové vrstvy, endosperm a zárodek. Největší část tvoří endosperm, který tvoří přibližně 85 % hmotnosti celé obilky, zárodek tvoří asi 2 % a obalové vrstvy pak zbylých asi 13 %. Zastoupení jednotlivých částí je však dáno nejen botanickým druhem či odrůdou pšenice, ale i například díky podmínkám, ve kterých byla pšenice pěstována [1].

1.3 Chemické složení

Zastoupení jednotlivých složek je definováno pro pšenici setou (*Triticum aestivum*). Právě pšenice setá je pro nás nejdůležitější z hlediska netradičně zbarveného zrna.

1.3.1 Sacharidy

V obilném zrně se nachází přibližně 65 % sacharidů, tvoří tedy největší podíl obilky. Z uvedených 65 % jsou pouhá asi 2-3 % tvořena jednoduchými cukry, zbytek je tvořen škrobem. V obilce se nachází ve formě škrobových granulí a slouží jako zásobní polysacharid. Dělíme jej na 2 frakce, na amyložu a amylopektin, kde přibližně 25 % je tvořeno amyložou a zbylých 75 % amylopektinem. Škrob jako takový je ve vodě nerozpustný, adsorbuje však omezeně vodu, což vede ke zvětšení objemu [1], [4].

1.3.2 Bílkoviny

Obilka pšenice seté pěstovaná v našich podmínkách zpravidla obsahuje 8-15 % bílkovin. Z hlediska technologického a nutričního se jedná o nejdůležitější složku obilky. Podle Osbornova klasického dělení dle rozpustnosti dělíme bílkoviny pšenice do čtyř základních frakcí: albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny [1], [2].

Albuminy tvoří přibližně 5 % z celkového obsahu bílkovin pšenice. Jedná se o bílkovinu rozpustnou ve vodě. Globuliny tvoří asi 6-10 % z celkového obsahu bílkovin. Jedná se o bílkovinu rozpustnou v solných roztocích. Obě uvedené bílkoviny však nemají velký vliv na pekárenskou kvalitu zrna [1], [2].

Prolaminy, také zvané jako gliadiny, tvoří až polovinu z celkového obsahu bílkovin a jsou rozpustné v roztocích alkoholu. Ovlivňují viskozitu a tažnost lepku, což následně ovlivňuje i vlastnosti těsta [1], [2].

Gluteliny, také označovány jako gluteniny, tvoří zbylých 30-40 % z celkového obsahu bílkovin a jsou rozpustné v roztocích kyselin či zásad. Jedná se o nejdůležitější bílkovinu

pšeničného zrna. Právě gluteliny mají největší vliv na pekárenskou kvalitu zrna, ovlivňují totiž pružnost, pevnost a bobtnavost těsta [1], [2].

1.3.3 Lipidy

V obilce pšenice se nachází velmi malé množství lipidů, z toho asi 40 % z celkového obsahu lipidů v obilce se nachází v klíčku. Hojně jsou též zastoupeny v obalových vrstvách. V endospermu se naopak nachází velmi malé množství tuků, mají však velký význam z pohledu technologického, kdy při nesprávném skladování zrna může oxidovat a měnit tak vlastnosti zrna [1].

1.3.4 Vitaminy

Vzhledem k nízkému obsahu tuku obsahuje pšeničné zrna velmi malé množství vitaminů rozpustných v tucích, tedy vitaminů A, D, E, K a velký podíl z uvedených vitaminů se nachází v klíčku. Na druhou stranu je pšeničné zrna dobrým zdrojem vitaminů B, především pak vitaminů B1 a B2. Ty se zase hojně nacházejí v obalových vrstvách [1], [5].

1.3.5 Minerální látky

Minerální látky, také souhrnně nazývány jako popel, tvoří přibližně 2 % z celkových složek pšeničného zrna, z největší části jsou pak obsaženy v obalových vrstvách. Popel pšenice se skládá především z oxidu fosforečného, dále pak z kovů, především hořčíku, vápníku a železa [1], [5].

2 PŠENICE S NETRADIČNÍM ZBARVENÍM OBILKY

Netradiční zbarvení zrna je způsobeno vysokým obsahem antokyanů, popř. přítomností vyššího množství barevných pigmentů, především karotenoidů. Jelikož si tyto látky neumí lidské tělo syntetizovat samo, tak je musíme přijímat v potravě. A jelikož chléb, pečivo a těstoviny konzumuje v podstatě každý z nás, tak mají barevné odrůdy do budoucnosti pšenice velký potenciál [6], [7].

Antokyanany způsobují specifické zbarvení např. purpurové, modré či černé pšenice. Dá se říci, že čím tmavší obilka je, tím vyšší obsah antokyanů se v ní nachází. Černá pšenice bude mít tedy teoreticky obsah antokyanů nejvyšší, v purpurové či modré pšenici bude jejich obsah nižší a v pšenici bílé bude obsah absolutně nejnižší. Přímo obsah antokyanů je však dán odrůdou, ale také podmínkami, ve kterých byla pšenice pěstována. Antokyanany se vyznačují vysokým antioxidačním účinkem. Právě konzumace potravin s vysokým antioxidačním účinkem může vést ke snižování rizika vzniku civilizačních chorob, jako jsou kardiovaskulární onemocnění, cukrovka, rakovina apod. Není tedy žádným překvapením, že se na barevné odrůdy pšenice zaměřují výzkumy stále více [7], [8].

Karotenoidy zase způsobují specifické zbarvení např. žluté pšenice. Podobně jako u antokyanů, tak i karotenoidy jsou považovány za zdraví prospěšné látky a podobně jako u antokyanů, tak i karotenoidy jsou látky s vysokým antioxidačním účinkem. Pod karotenoidy spadá např. β -karoten, což je hlavní prekurzor vitamínu A. Mimo to se v lidském těle nachází několik desítek dalších karotenoidů, jedná se např. o lykopen, lutein či zexanthin. Karotenoidy působí na celou řadu orgánů v lidském těle. β -karoten má pozitivní vliv na lidský zrak, lykopen předchází vzniku kardiovaskulárních onemocnění nebo vzniku rakoviny a lutein podporuje správnou činnost mozku [6].

2.1 Pšenice s modrým aleuronem

První zmínky o modrém zbarvení obilky se přisuzují hned několika odrůdám pšenice a jiných obilovin. Můžeme mezi ně zařadit např. *Triticum monococcum*, *Thinopyrum ponticum* či *Agropyron tricophorum*. Geny všech těchto uvedených rostlin mohly stát za vznikem dnešní pšenice s modrým aleuronem [9].

Přímo za modré zbarvení zrna mohou především antokyanany delphinidin-3-glukosid, delphinidin-3-rutinosid, kyanidin-3-glukosid a kyanidin-3-rutinosid. které se nacházejí

v aleuronové vrstvě, tedy blízko endospermu. Každá odrůda modře zbarvené pšenice pak může obsahovat trochu jiný poměr uvedených antokyanů [6], [8].

2.1.1 Skorpion

Skorpion, odrůda ozimé pšenice s modrým aleuronem, byla vyšlechtěna v České republice a registrována byla již roku 2011. Parametry pekařské jakosti této pšenice jsou na úrovni pekařské kvality B. V porovnání s ostatními odrůdami má odrůda Skorpion podstatně nižší výnos, a to až o 20 %. Jedná se o středně pozdní až pozdní odrůdu, která je vhodná spíše do oblastí s vyšší zásobou vody. Vyznačuje se velmi nízkou objemovou hmotností, což je dáno častým zasycháním zrna. Výtěžnost mouky a tvrdost zrna se pohybují kolem průměru, avšak obsah hrubých bílkovin a lepku je vyšší, zatímco číslo poklesu bývá velmi nízké. Celkový obsah antokyanů (vyjádřeno jako kyanidin-3-glukosid) v zrně sklizeném v roce 2008 byl $31,6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, což je obsah v porovnání s červenými a bílými odrůdami několikanásobně vyšší. Obsah antokyanů u odrůdy Compleat (červené zrně) a Heroldo (bílé zrně) nepřesáhl $9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, právě zde je vidět velký potenciál pro netradičně zbarvené odrůdy pšenice [10].

2.1.2 AF Oxana

AF Oxana je druhou českou odrůdou se zrnem s modrým aleuronem. Odrůda byla registrována v dubnu roku 2019. Jedná se o ozimou, středně ranou odrůdu s pekařskou jakostí kategorie B. Stejně jako Skorpion, tak i AF Oxana se vyznačuje vysokým obsahem barevných látek, zejména antokyanů, v aleuronové vrstvě. V porovnání s odrůdou Skorpion se jedná se o odrůdu mnohem více tolerantní k suchu. Výnos se pohybuje mezi 90 až 93 %, ošetřená varianta v řepařských oblastech pak kolem 95 %, výnos je tedy přijatelnější než u odrůdy Skorpion. Hodnoty objemové výtěžnosti pečiva, obsahu dusíkatých látek a Zeleného testu jsou vysoké, hodnota čísla poklesu středně vysoká až nízká a objemová hmotnost nízká [11].

Obsah celkových antokyanů (vyjádřeno jako kyanidin-3-glukosid), dle výsledků České zemědělské univerzity v Praze ze sklizně zrna z roku 2017, byl $69,27 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, tedy téměř dvakrát vyšší obsah než u odrůdy Skorpion [11].

2.2 Pšenice s purpurovým zrnem

Zatímco zbarvení modré pšenice je způsobeno vysokým obsahem antokyanů v aleuronové vrstvě, tak u pšenice purpurové se převážná většina nachází v perikarpu, tedy

ve vnějších obalových vrstvách. Pro plnohodnotnější využití antokyanů je tedy potřeba u odrůd s purpurovým perikarpem využívat např. celozrnných výrobků. Většina antokyanů obsažených v purpurové pšenici se nachází i v pšenici modré, jako např. kyanidin-3-glukosid či delphinidin-3-glukosid. Hlavním antokyanem u odrůd s purpurovým perikarpem je peonidin-3-glukosid. Všeobecně má purpurová pšenice nižší obsah antokyanů než pšenice modrá, avšak jak již bylo řečeno, tak obsah antokyanů je dán zejména odrůdou a nemusí tomu tak být pokaždé [6], [12], [13].

Genetický původ není zcela znám, pravděpodobně však geny dnešních purpurově zbarvených odrůd pochází z tetraploidních obilnin nalezených v Etiopii. Jedná se například o *Triticum turgidum* L., *Triticum polonicum* či *Triticum abyssinicum* s již obsaženými antokyaniny v perikarpu [12].

2.2.1 AF Jumiko

První českou odrůdou pšenice s purpurovým perikarpem je AF Jumiko. Registrace této odrůdy byla provedena v dubnu roku 2018. Jedná se o ozimou pšenici, středně ranou odrůdu s pekařskou jakostí chlebovou, tedy kategorií B. Objemová výtěžnost pečiva z této pšenice je nízká, obsah dusíkatých látek nízký, hodnota Zelenyho testu taktéž nízká. Naopak u vaznosti mouky a čísla poklesu jsou hodnoty vysoké. Výnos je nižší než u odrůdy s modrým aleuronem AF Oxana, u ošetřených variant purpurové pšenice klesá výnos k 85 %, u neošetřených variant pak až k 72 % [13].

Průměrný obsah antokyanů (vyjádřeno jako kyanidin-3-glukosid) v zrně ze sklizně roku 2017 byl dle České zemědělské univerzity v Praze 17,96 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Obsah celkových antokyanů je tedy téměř čtyřikrát nižší než u odrůdy AF Oxana. Nejvíce obsaženým antokyanem u této odrůdy je peonidin-3-glukosid [13].

2.2.2 PS Karkulka

Jedná se o ozimou odrůdu pšenice s purpurovým perikarpem, která byla vyšlechtěna na Slovenku a registrována roku 2014. Zrno této odrůdy je malé, má však vysoký obsah N-látek. Taktéž se vyznačuje vysokým číslem poklesu a také vysokou vazností mouky. Šlechtitel uvádí, že obsah antokyanů může být až 20x vyšší než u pšenice běžné [14].



Obrázek 1 Různé zbarvení obilí [15]

2.3 Pšenice černá

Jak již bylo zmíněno, v černých odrůdách pšenice je obsah antokyanů teoreticky nejvyšší. Pro srovnání nelze zatím použít české odrůdy černé pšenice vypěstované v našich podmínkách. Pro srovnání tedy bylo použito výzkumu od Sharma S. a kol. [6], kde v jejich vzorku černé pšenice stanovili celkový obsah antokyanů až na $135 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. V porovnání s českou odrůdou AF Oxana je to obsah téměř 2x vyšší. Je však potřeba zmínit, že sice obsah antokyanů závisí zejména na odrůdě, ale i např. na vnějších podmínkách. Kdyby tedy obě odrůdy byly pěstovány ve stejných podmínkách, rozdíl by nemusel být tak zásadní. Nicméně pro názorné porovnání to postačí [6].

2.4 Pšenice žlutá

Žluté varianty pšenice nejsou nijak významné obsahem antokyanů, nýbrž vyšším obsahem barevných pigmentů, zejména pak karotenoidů. Dva nejvíce obsažené karotenoidy v pšenici seté jsou zeaxantin a lutein. Podobně jako antokyaniny, i karotenoidy působí jako antioxidantní látky, jedná se tedy o látky prospěšné pro lidské zdraví. Jelikož je velká část pigmentů obsažena v endospermu, tak se i velká část pigmentů dostane do mouky a následně i do konečných výrobků. Obsah pigmentů u žlutých variant může být několikanásobně vyšší než u pšenice červené [16].

3 TECHNOLOGICKÁ KVALITA A JAKOST ZRNA PŠENICE

Kvalita zrna je vyjadřována jako jeho skutečné parametry daného zrna, které se porovnávají s určitým standardem. Kvalita zrna je veličina tvořená mnoha prvky a není to veličina pevně daná, jelikož každý zpracovatel může mít na zrno trochu jiné požadavky. Například požadavky na zrno pro výrobu těstovin budou jiné, než na výrobu chleba, škrobu či lihu [1].

Pro definici technologické kvality zrna se u nás používají tzv. České technické normy (ČSN). Požadavky pro potravinářskou pšenici jsou dány ČSN 46 1100, která je dále dělena na samostatné části, kde část 2 je určena pro pšenici potravinářskou [1].

Pro požadavky na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta je zde Vyhláška č. 18/2020 Sb., která po 23 letech nahradila Vyhlášku č. 333/1997 Sb. Dle této vyhlášky mohou mít obiloviny pro přímou spotřebu vlhkost nejvýše 14 %, zlomky nejvýše 1 %, příměsi nejvýše 1 % a minerální nečistoty nejvýše 0,10 % [17].

3.1 Mlynářská jakost

Mlynářská jakost zrna je definována především anatomickými, morfologickými a fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. Do této kategorie spadá hodnota objemové hmotnosti, hmotnosti tisíce zrn (HTZ), tvrdost zrna, hmotnostní podíl na sítích, vyrovnanost a tvar zrna. Všeobecně je žádoucí zrno s jednotnou velikostí. Tyto vlastnosti určují požadavky pro mlýnské zpracování a výtěžnost mouk [18].

3.1.1 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je jednoduchým ukazatelem hodnotící obilku a velmi úzce souvisí s výtěžností mouky. Obecně platí, že malé zrno má malou objemovou hmotnost. Taktéž platí, že štíhlé, dlouhé obilky mají nižší objemovou výtěžnost než obilky kulatější. Objemová hmotnost je ovlivňována několika faktory, např. odrůdou, zdravotním stavem, polehlostí rostlin a pěstitelskými podmínkami, ve kterých byla plodina pěstována. Samotné měření pak může být ovlivněno přítomnými nečistotami. Vliv na měření má i zrno sklizené za špatných podmínek, zejména za vyšší vlhkosti, kdy objemová hmotnost zrna klesá. Pro správné stanovení objemové hmotnosti je tedy potřeba vzorek zrna nejdříve zbavit příměsí a nečistot a vysušit na požadovanou vlhkost. Výsledek se uvádí jako $\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ [1], [4].

Dle ČSN 46 1100-2 pro pšenici potravinářskou je požadována objemová hmotnost nejméně 76,0 kg.hl⁻¹. Hodnoty objemové hmotnosti se dle Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž (VÚKROM) pohybují u odrůdy AF Oxana kolem 77,0 kg.hl⁻¹, u AF Jumiko kolem 81,5 kg.hl⁻¹. Obě odrůdy tedy splňují tento požadavek [11], [13], [19].

3.1.2 Hmotnost tisíce zrn

Hmotnost tisíce zrn (HTZ) je tzv. výnosový prvek obilnin a charakterizuje tvar a hustotu zrna. Obecně čím vyšší je hodnota HTZ, tím vyšší je výnos při mletí. HTZ je také ovlivněno podmínkami pěstování, odrůdou atd. Hodnota HTZ se udává v g [18].

Hodnota HTZ není nijak udána normou či vyhláškou, záleží čistě na odběrateli, zda má nějaké minimální požadavky. Hodnota HTZ se pohybuje kolem hodnoty 40 g a výše. HTZ, dle VÚKROM, se u odrůdy AF Jumiko pohybuje kolem 35 g, u odrůdy AF Oxana kolem 47 g. V tomto srovnání má AF Oxana podstatně vyšší výtěžnost [11], [13], [18].

3.1.3 Tvrdost zrna

Tvrdost zrna v ČR také není nijak standardizována. Ukazatel tvrdosti zrna je úzce spjat s fyzikálně-chemickými vlastnostmi endospermu. Tvrdost zrna může být ukazatelem, podle kterého můžeme určit, za jakým účelem může být zrna použito. Dále tvrdost úzce souvisí s vlhkostí a vazností vyrobené mouky. Také může být ukazatelem poškození škrobu v endospermu. Obecně zrna s velmi nízkou tvrdostí je spíše vhodné pro krmné účely, naopak zrna s vyšší tvrdostí vykazuje podstatně lepší technologické vlastnosti pro pekárenské využití [18], [20].

Tvrdost zrna se stanovuje na speciálních zařízeních, příkladem může být tzv. Brabenderův tvrdoměr. Hodnota se uvádí v jednotkách Wheat Hardness Index (WHI) nebo jako Particle Size Index (PSI) dle metody AACC 55-30, jednotka se udává v % [18], [20].

Tvrdost zrna, dle VÚKROM, se u odrůdy AF Jumiko v jednotkách PSI pohybuje kolem 9 %, u odrůdy AF Oxana 13 %. U obou odrůd se jedná o velmi tvrdé zrna a v tomto případě se jedná o zrna vhodná pro pekárenské využití [11], [13].

3.1.4 Tvar zrna

Tvar zrna může ovlivňovat např. objemovou hmotnost či HTZ. Nicméně stanovení tvaru zrna nikterak nenachází využití v mlynářské praxi a jedná se tedy spíše o ukazatel ekonomické jakosti či vyrovnanosti obilné masy [20].

3.1.5 Výtěžnost mouky

Výtěžnost mouky je jediným přímým ukazatelem mlynářské jakosti pšenice. Stanoví se tzv. pokusným zámelem. Před samotným stanovením je nejprve potřeba zrno zbavit příměsí a nečistot a provést tzv. hydrotermickou úpravu zrna, která zahrnuje úpravu vlhkosti na požadovanou hodnotu, homogenizaci a odležení zkoušeného vzorku. Samotné zrno při mletí musí projít alespoň dvoustupňovou dezintegrací na rýhovaných a hladkých válcích, na kterých dochází k vymílání zrna a průběžnému vysévání. Ze získaných vymletých frakcí se pak stanovuje samotná výtěžnost mouky, popř. krupic [18], [20].

3.2 Pekařská jakost

Pekařská jakost je úzce spjata s obsahem hlavních složek, tedy především bílkovin a škrobu, a jejich chováním za definovaných podmínek, např. v těstě. Jedná se o ukazatel kvality finálních výrobků a vliv na jejich vlastnosti, jako je objem pečiva, jeho pórovitost, kyprost apod. [18].

Dle stanovení jednotlivých znaků pekařské jakosti můžeme pšenici dělit do 4 kategorií [18]:

- kat. E – pšenice elitní
- kat. A – pšenice kvalitní
- kat. B – pšenice chlebové
- kat. C – pšenice nevhodné pro pekařské zpracování

Tabulka 1 Minimální hodnoty pro zařazení do jednotlivých kategorií [19]

Parametr/kategorie	E	A	B
objemová výtěžnost [ml]	530	500	470
obsah NL [%]	12,6	11,8	11,0
sedimentační index [%]	49	35	21
číslo poklesu [s]	286	226	196
objemová hmotnost [g.l ⁻¹]	790	780	760
vaznost mouky [%]	55,4	53,2	52,1

3.2.1 Objemová výtěžnost

Jedná se o hlavní a nejdůležitější vlastnost pšenice pro zařazení do skupin dle jejího pekárenského využití. Pro stanovení objemové výtěžnosti se používá metoda zvaná pekařský pokus, znám též jako Rapid mix test (RMT). Metoda je založena na intenzivním hnětení těsta, krátkém odležení a vypracování těsta do tvaru. Po upečení se stanoví objemová výtěžnost, kdy právě objemová výtěžnost je přímo úměrná objemu pečiva v ml na 100 g mouky. Zároveň během pekařského pokusu je možné stanovit další vlastnosti těsta a pečiva, příkladem může být stanovení pružnosti a lepivosti těsta, křehkost kůrky, pružnost střídy, stejnoměrnost pórů a chuť, aroma a vzhled pečiva apod. [4], [20], [21].

Objemová výtěžnost, dle VÚKROM, se u odrůdy AF Oxana pohybuje kolem 580 ml. V tomto směru je to hodnota podstatně vyšší, než je minimální požadavek pro pšenici elitní. U odrůdy AF Jumiko se objemová výtěžnost pohybuje něco málo přes 500 ml, což je hodnota ležící na hranici mezi pšenici kvalitní a chlebovou. V porovnání s AF Oxana je to však hodnota podstatně nižší [11], [13].

3.2.2 Obsah dusíkatých látek

Obsah dusíkatých látek, také značeno jako obsah N-látek či obsah NL, je vlastnost ovlivněna např. odrůdou, pěstitelskými podmínkami, ale především však hnojením. Obsah NL ovlivňuje jakost těsta, objemovou výtěžnost a na chování těsta při pečení. Vyšší obsah NL působí na tyto vlastnosti pozitivně, zatímco nižší obsah NL snižuje tažnost lepku a tím snižuje jakost těsta. Obsah NL se stanovuje referenční metodou stanovení hrubých bílkovin dle Kjeldahla s užitím přepočítávacího faktoru 5,7 pro potravinářskou pšenici [18], [19].

Obsah N-látek u odrůdy AF Oxana se, dle VÚKROM, pohybuje kolem 14,7 %, což je o více jak 2 % vyšší hodnota, než je minimální požadavek pro elitní pšenici. U odrůdy AF Jumiko je obsah NL 12,6 %, což je rozmezí mezi pšenici elitní a kvalitní. Obsah dusíkatých látek však může být silně ovlivněn např. minerálním hnojením [11], [13], [19].

3.2.3 Sedimentační index

Sedimentační index je hodnota stanovována tzv. Zeleného testem a udává nám, jak kvalitní bílkoviny se v zrně nacházejí. Pozitivně vzájemně souvisí s obsahem hrubých bílkovin a objemem pečiva. Jedná se zejména o odrůdový znak sloužící k rozdělení odrůd s bílkovinami dobré kvality od odrůd s méně kvalitními bílkovinami. Obecně pšenice

s nízkým sedimentačním indexem vykazují horší viskoelastické vlastnosti, což úzce souvisí s nižší objemovou výtěžností [21].

Sedimentační index, dle VÚKROM, stanovený Zelenyho testem se u odrůdy AF Oxana pohybuje kolem 63 ml. Opět se jedná o hodnoty podstatně vyšší, než je minimální požadavek pro elitní pšenici. Náš praktický výsledek, viz. kapitola 8.1, se však od těchto hodnot značně liší. Sedimentační index u odrůdy AF Jumiko se pak pohybuje kolem 37 ml, což odpovídá pšenici kvalitní [11], [13].

3.2.4 Číslo poklesu

Číslo poklesu (či pádové číslo) může sloužit jako ukazatel poškození zásobních látek v endospermu, které jsou poškozeny hydrolytickými enzymy. Ty v znu syntetizují během doby, kdy zrno začíná klíčit. Důvodem může být předsklizňový nadbytečný příjem vlhkosti. Jedná se tedy o vlastnost ovlivněnou zejména nepříznivým deštivým počasím před sklizní. Číslo poklesu je tedy ovlivněno především vnějšími vlivy, odrůda má vliv o něco menší. Porostlé zrno má zpravidla číslo poklesu velmi nízké. Hodnota se udává v sekundách [4], [21].

Nižší hodnoty čísla poklesu negativně ovlivňují vlastnosti těsta a následně tedy i pečiva. V takovém případě je těsto velmi lepkavé a tím se stává hůře zpracovatelné. Pečivo obvykle nabývá velmi malého objemu, střída je málo pružná a kůrka se hodně trhá. Není však chtěné ani velmi vysoké číslo poklesu, kdy u pečiva je kůrka velice suchá a taktéž nabývá menších objemů. Optimální hodnota čísla poklesu u pšenice obecné pro pekárenské použití se pohybuje v rozmezí 220-300 sekund [4], [21].

Číslo poklesu šrotu u odrůdy AF Oxana se, dle VÚKROM, pohybuje kolem 305 s. Dle našich výsledků, viz. kapitola 8.1, se však hodnoty hodně liší. U odrůdy AF Jumiko se pak číslo poklesu pohybuje kolem 415 s. Obě odrůdy by tedy splňovali požadavek pro elitní pšenici. U AF Jumiko je však hodnota čísla poklesu hodně vysoká, což by mohlo mít negativní vliv na pekárenské využití [11], [13].

3.2.5 Vaznost mouky

Vaznost mouky vyjadřuje, kolik procent vody je mouka schopna vázat. Jedná se o vlastnost, která je úzce spjata s obsahem bílkovin a bobtnavostí mokrého lepku. Jedná se o ukazatel výtěžnosti a stability těsta. Vaznost mouky je ovlivněna zejména tvrdostí zrna, kdy

mouka ze zrna tvrdšího vykazuje mechanicky více poškozený škrob, který na sebe následně váže větší množství vody [4], [21].

Vaznost mouky, dle VÚKROM, se u odrůdy AF Oxana pohybuje kolem 59 %, u odrůdy AF Jumiko kolem 64 %. V tomto směru obě odrůdy splňují minimální požadavek pro zařazení do kategorie pšenice elitní [11], [13].

4 ROZDÍLY V NUTRIČNÍ HODNOTĚ BAREVNÝCH A BĚŽNÝCH ODRŮD PŠENICE

Výběr vhodné suroviny, tedy zrna či nějaké části zrna, může zásadně ovlivnit nutriční hodnotu potraviny ze zrna vyrobeného. Jak již bylo zmíněno, tak v každé části zrna se nachází jiné specifické látky a v různém množství. Taktéž obsah a stabilita daných látek může být ovlivněna různými procesy, zejména pak mletím a tepelnou úpravou. Právě mletí ovlivňuje obsah požadovaných látek v otrubách, mouce a tím i v produktech z těchto surovin vyrobených [16], [22].

Naprostou většinu pěstované pšenice ve světě tvoří odrůdy pšenice bílé nebo červené, přímo v České republice se jedná zejména o pšenici červenou. Z velké části se z takové pšenice vyrábí potraviny jako je pečivo, těstoviny atd. V posledních letech roste zájem o celozrnné výrobky z důvodu jejich pozitivního vlivu na lidské zdraví. Vysoký obsah vlákniny pozitivně ovlivňuje funkci střevního traktu, taktéž je v celozrnných výrobcích vyšší obsah vitaminů či minerálních látek [1], [22].

Zdraví prospěšných látek však není nikdy dost, začínají se tedy čím dál více šlechtit odrůdy barevných pšenic, které oproti běžné pšenici obsahují výrazně větší množství nejen antokyanů či barevných pigmentů, ale i dalších fenolických látek. Všechny tyto látky působí v organismu jako silné antioxidanty či jako protizánětlivé látky [7], [23].

4.1 Obsah fenolických látek

Hlavním zdrojem fenolických látek jsou např. cereálie, olejnatá semena, ovoce či zelenina. Pod fenolické látky spadají např. fenolické kyseliny, taniny, flavonoidy atd. Jedná se o látky se silnou antioxidační funkcí, uplatňují se tedy např. při neutralizaci hydroxylových radikálů, superoxidových aniontových radikálů a kyslíkových radikálů v lidském těle. Fenolické sloučeniny se také podílejí na správné funkci buněčné signalizace [23], [24].

Stanovení celkového obsahu fenolických sloučenin může probíhat kyselou metanolovou extrakcí nebo extrakcí vodným roztokem acetonu. Metoda kyselou metanolovou extrakcí je pravděpodobně metoda přesnější, jelikož stanovený celkový obsah fenolických sloučenin je u této metody vyšší, extrakce vodným roztokem acetonu pravděpodobně extrahuje pouze malou část fenolických sloučenin. Ve výzkumu od LIU, Q., QIU, Y., & T. BETA [24] bylo těmito metodami zkoušeno 6 odrůd pšenice, z toho 3

purpurové (Charcoal, Indigo, Konini), 1 žlutá (Luteus), 1 červená (Red Fife) a 1 bílá (AC Vista) [24].

Nejvyšší celkový obsah fenolických sloučenin vykazovala purpurová odrůda Charcoal s obsahem 226 mg fenolických sloučenin na 100 g vzorku (stanoveno methalovou extrakcí), druhý nejvyšší obsah vykazovala purpurová pšenice Konini. Červená odrůda pšenice Red Fife vykazovala podobný obsah fenolických látek jako odrůda žluté pšenice Luteus, přibližně 160 mg/100 g, nejnižší obsah pak byl u bílé pšenice AC Vista s asi 150 mg/100 g. Nečekaně nízký obsah fenolických sloučenin obsahovala purpurová odrůda Indigo, u které se celkový obsah fenolických látek pohyboval jen o něco málo výš než u pšenice bílé. Jelikož všechny odrůdy byly pěstovány ve stejných podmínkách, je tedy pravděpodobné, že obsah fenolických sloučenin je dán především odrůdou. Taktéž z výzkumu vyplývá, že ne všechny odrůdy barevných pšenic musí být nutně ve všech směrech lepší a za každých okolností musí obsahovat více fenolických látek. I když pravděpodobně u většiny odrůd tomu tak bude [24].

4.1.1 Fenolické kyseliny

Velká část fenolických kyselin v pšeničném zrně je situována v buněčných stěnách, kde jsou vázány v nerozpustné formě. Pouze malá část fenolických kyselin se v zrně nachází ve formě volné. Hlavními zástupci jsou kyseliny vanilová, kávová, p-kumarová, ferulová a sinapová [24].

Např. přímo u kyseliny vanilové byly prokázány její pozitivní účinky na lidský organismus, zejména co se kardiovaskulárních, gastrointestinálních i jaterních onemocnění týče. A samozřejmě jak již bylo zmíněno, fenolické sloučeniny působí jako antioxidanty, jedná se také o protizánětlivé a antikarcinogenní látky, podobným způsobem působí i další fenolické kyseliny. Právě kyselina vanilová je však obsažena v podstatně větším množství u purpurových odrůd než u odrůd červených, žlutých či bílých. U purpurové odrůdy Charcoal byl obsah kyseliny vanilové přibližně 3,3 mg/100 g vzorku, u odrůdy Indigo pak asi 3,2 mg/100 g, u odrůdy Konini asi 2,6 mg/100 g. U červené, žluté a bílé odrůdy se pak obsah kyseliny vanilové pohybuje kolem 1,3 mg/100 g [24], [25].

Kyselina kávová je v trochu větší míře obsažena v purpurové odrůdě Konini, kde se obsah pohybuje kolem 1,4 mg/100 g. U ostatních odrůd, včetně zbylých purpurových, je obsah kyseliny kávové nižší než 1 mg/100 g, vyjma žluté odrůdy Luteus, kde je obsah jen v nepatrné míře vyšší než 1 mg/100 g [24].

Kyselina ferulová je hlavním zástupcem fenolových kyselin nacházejících se v pšenici. V trochu vyšší míře se nachází u odrůdy žluté a u odrůd purpurových, kde se nachází více jak 80 mg/100 g. Nejnižší obsah je u odrůdy červené Red Fife, kde bylo přibližně 70 mg/100 g [24].

Kyselina p-kumarová se v největší míře nachází v červené odrůdě Red Fife, naopak v nejmenší míře u purpurové odrůdy Indigo. Dále je ve větší míře obsažena u zbývajících purpurových odrůd, naopak v bílé odrůdě je obsah velmi nízký [24].

Co se fenolových kyselin týče, tak jejich obsah v jednotlivých odrůdách se značně liší. Obecně však lze říci, že v tomto směru jsou purpurové pšenice vhodnější, naopak bílá pšenice má obsah daných fenolických kyselin velmi nízký [24].

4.1.2 Flavonoidy

Již desetiletí jsou flavonoidy známy pro své antimikrobiální, antioxidační a protizánětlivé účinky. Pozitivně působí proti různým chronickým zánětům či neurodegenerativním a kardiovaskulárním nemocem [26].

Celkový obsah flavonoidů byl obecně vyšší u všech tří zkoušených purpurových pšenic. Výrazně však vyčnívá purpurová odrůda Charcoal, kde se celkový obsah flavonoidů pohyboval kolem 130 mg/100 g. Pro srovnání např. u bílé pšenice AC Vista obsah flavonoidů nepřekročil 10 mg/100 g. U žluté a červené pšenice byl obsah flavonoidů jen o pár jednotek vyšší v porovnání s bílou odrůdou. Rozdíl v obsahu je zde zřejmý a lze říci, že purpurové odrůdy jsou v tomto směru zdraví mnohem prospěšnější [24].

4.1.3 Antokyany

Antokyany spadají pod skupinu flavonoidů. Jak již bylo zmíněno, tak u barevných odrůd je obsah antokyanů podstatně vyšší než u běžných bílých či červených odrůd. Celkový obsah antokyanů (vyjádřeno jako kyanidin-3-glukosid) nepřesahoval 1 mg/100 g u červené, bílé, ale i žluté odrůdy. Purpurová odrůda Charcoal obsahovala asi 23 mg/100 g, zde je tedy opět viditelné, že obsah antokyanů je u barevných odrůd prokazatelně vyšší. Nicméně u purpurové odrůdy Konini byl celkový obsah antokyanů pouze kolem 2,5 mg/100 g. Obsah antokyanů bude tedy silně ovlivněn odrůdou. Nicméně i tak se jedná o množství značně vyšší než u bílé či červené pšenice [24].

Dle výzkumu LI, W. & BETA, T., [9] vzorek jejich mouky z purpurové odrůdy pšenice obsahoval asi 8 mg/100 g (vyjádřeno jako kyanidin-3-glukosid) antokyanů, zatímco vzorek mouky z bílé odrůdy pšenice neobsahoval detekovatelné množství antokyanů [8].

4.2 Karotenoidy

V zrně pšenice se nachází celá řada karotenoidů. Nejvíce zastoupenými karotenoidy jsou lutein, následován zeaxantinem, anteraxantinem, α -karotenem a β -karotenem. Jsou přítomny i další karotenoidy, jako např. β -kryptoxantin, který je však v zrně obsažen v tak malém množství, že jeho obsah nelze stanovit [27].

Jak již bylo zmíněno, tak barevné pigmenty, zejména karotenoidy, jsou taktéž silné antioxidační látky. Podobně jako antokyaniny tedy zvyšují nutriční hodnotu potravin. Karotenoidy jsou však velmi tepelně nestabilní a jejich obsah při vyšších teplotách rapidně klesá. Procesy jako pečení, vaření či pufování tedy značně snižují obsah karotenoidů v konečných výrobcích [27].

Pro porovnání bylo využito výzkumu od PAZNOCHT, L. a kol. [27], kde testovali 9 různých odrůd pšenice na obsah karotenoidů, z toho 2 červené, 2 žluté, 2 modré a 3 purpurové odrůdy pšenice. Z výzkumu vyplývá, že absolutně nejvyšší obsah karotenoidů mají žluté odrůdy pšenice. Celkový obsah karotenoidů v mouce se u obou žlutých odrůd nacházel v množství vyšším než $2,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Vyšší obsah karotenoidů se taktéž nachází u odrůd s purpurovým perikarpem, kde nejvyšší celkový obsah karotenoidů byl stanoven u odrůdy Konini na asi $1,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. U zbylých dvou odrůd s purpurovým perikarpem (včetně české AF Jumiko) byl celkový obsah karotenoidů asi o polovinu nižší než u odrůdy Konini. Mezi červenými a modrými odrůdami nebyl nikterak značný rozdíl v celkovém obsahu karotenoidů, ten se pohyboval v rozmezí od 0,4 po $0,7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Celkový obsah karotenoidů bude tedy dán především odrůdou [27].

Jak bylo výše zmíněno, tak karotenoidy jsou velmi nestabilní látky. Odrůda však může pravděpodobně ovlivnit i jejich stabilitu. Odrůda s modrým aleuronem s názvem V1 135-15 neměla sic nikterak vysoký obsah karotenoidů v mouce, v konečném výrobku se však obsah karotenoidů snížil jen přibližně o polovinu, zatímco u žluté odrůdy Citrus klesl celkový obsah karotenoidů v konečném výrobku téměř na desetinu v porovnání s obsahem karotenoidů v mouce. Ve finále bylo tedy více karotenoidů v pečivu z modré odrůdy pšenice než v pečivu ze žluté odrůdy. Je však možné říci, že barevné odrůdy i v tomto směru jsou vhodnější než bílé nebo červené odrůdy pšenice [27].

4.3 Tokoferoly

Tokoferoly, také známy jako vitamin E, jsou silným antioxidantem, ostatně jako všechny výše uvedené látky. Frakce spadající pod tokoferoly jsou také známy pro svou schopnost redukovat hladinu LDL cholesterolu v krvi. Existují v 8 známých formách jako α -, β -, γ - a δ - tokoferoly a tokotrienoly. Frakce tokoferolů se nacházejí převážně v klíčku, frakce tokotrienolů se nachází v perikarpu a endospermu [28].

Dle výzkumu LACHMAN, J. a kol. [28] se obsah vitamínu E výrazně lišil mezi jarními a ozimými odrůdami, taktéž rok sklizně měl na obsah výrazný vliv. Pro srovnání je tedy využito pouze jarních odrůd ze sklizně z roku 2015. Bylo testováno celkem 15 odrůd, z toho 1 bílá, 1 žlutá, 6 modrých a 4 purpurové odrůdy pšenice. Celkový obsah tokoferolů byl absolutně nejnižší u žluté odrůdy se jménem TA 4024, průměrný obsah u této odrůdy byl cca. 22 mg/kg. U bílé pšenice byl celkový obsah tokoferolů stanoven na přibližně 32 mg/kg. Všechny ostatní barevné odrůdy vykazovaly celkový obsah tokoferolů průměrně o 2 mg/kg více než u bílé odrůdy. Výrazně vyšší obsah tokoferolů se pak nacházel u odrůdy s modrým aleuronem nesoucí jméno H-90-41, u které se obsah pohyboval kolem 43,5 mg/kg [28].

Jak již bylo uvedeno, tak na obsah tokoferolů má vliv celá řada faktorů. Např. při testování ozimých odrůd z roku 2015 vyšla s nejvyšším obsahem tokoferolů nejlépe odrůda červené pšenice Bohemia, i v porovnání s modrými a purpurovými odrůdami. Všeobecně však lze říci, že většina barevných odrůd je i v tomto směru lepší než bílé odrůdy pšenice [28].

5 VYUŽITÍ ZRNA BAREVNÉ PŠENICE

V dnešní době čím dál více roste zájem o tzv. funkční potraviny, tedy potraviny, které nějakým způsobem kladně ovlivňují lidské zdraví. Jelikož netradičně zbarvené odrůdy pšenice disponují vyšším obsahem fenolických látek, zejména antokyanů, disponují tedy i vyšší antioxidační aktivitou. Z tohoto důvodu se v dnešní době stávají atraktivní surovinou pro výrobu potravin a jejich potenciál do budoucna je obrovský.

5.1 Využití zrna s modrým aleuronem v potravinářství

Jak již bylo zmíněno, tak modré zbarvení zrna je způsobeno antokyany, které se nacházejí blízko endospermu. Mletím tedy do mouky přechází velká část přítomných antokyanů a následně tedy i do výsledného produktu. Modré odrůdy pšenice tedy mohou mít širokou škálu využití v potravinářství, pro zatím byl minimálně pokus vytvořit pšeničné vločky z modré odrůdy AF Oxana, viz. Obrázek 2. Modré zbarvení zrna vede k tvorbě našedlého pečiva. Pro začátek výroby potravin je však potřeba danou odrůdu pořádně otestovat, což může zabrat i několik let. Proto se zatím nesetkáváme s potravinami vyrobenými z barevných odrůd pšenice běžně, nicméně toto tvrzení se může změnit za velmi krátkou dobu [6], [11].



Obrázek 2 Pšeničné vločky z odrůdy AF Oxana [11]

5.2 Využití zrna s purpurovým perikarpem v potravinářství

Purpurové zbarvení zrna je způsobeno antokyanany, které se nacházejí v perikarpu, tedy ve vnějších obalových vrstvách. Z tohoto důvodu bude u purpurových odrůd obsah antokyanů záviset zejména na stupni vymletí. V krajním případě by se zvýšení obsahu antokyanů v mouce mohlo docílit přidáním otrub, které obsahují vyšší množství antokyanů. Příliš vysoký přídavek otrub by však mohl mít negativní vliv na vlastnosti výsledného produktu, přídavek se tedy musí korigovat a neměl by přesáhnout určitou hranici [12].

Purpurové odrůdy pšenice budou mít nepochybně širokou škálu využití. Pro zatím se však do výroby chleba z purpurové odrůdy PS Karkulka pustila Karlova pekárna ve spolupráci s Mendelovou univerzitou v Brně a firmou SEMO – producentem osiva [29].

Chléb byl vyroben z 60 % celozrnné mouky, která byla získána z odrůdy pšenice s purpurovým perikarpem PS Karkulka, podle které chléb nese jméno, viz. Obrázek 3. Po upečení sic nemá purpurovou či červenou barvu, nicméně je výrobek o něco tmavší v porovnání s běžným pšeničným chlebem. Chléb Karkulka se jistě dá zařadit mezi funkční potraviny, obsahuje totiž více antokyanů a tím pádem má jako potravina vyšší antioxidační efekt, takže je i zdravější než výrobky běžné. Výrobek byl k dostání v síti prodejen Brněnka a COOP, byl tedy běžně k dostání [29].



Obrázek 3 Chléb Karkulka z odrůdy PS Karkulka [29]

Purpurová odrůda PS Karkulka byla taktéž zkušebně použita pro výrobu piva či pšeničných vloček. Pro výrobu těstovin se však odrůda neosvědčila [29].

5.3 Využití barevných odrůd v krmivářství

Na Mendelově univerzitě v Brně testovali působení barevných odrůd pšenice na brojlerech v rámci diplomových prací. Pro příklady výsledků pokusů bylo použito diplomových prací od POKORNÁ, M. [30] a PSOHLAVCOVÁ, T. [31].

POKORNÁ, M. [30] pro výzkum využila dvou skupin brojlerů. Pokusná skupina byla vykrmována krmnou směsí obsahující modrou odrůdu pšenice Skorpion, kontrolní skupina byla vykrmována běžnou krmnou směsí. Z výsledků vyplývá, že krmná směs s obsahem modré pšenice neměla značný vliv na živou hmotnost brojlerů, ani na konverzi krmiva a jatečnou výtěžnost, i když pokusná směs obsahovala prokazatelně více antokyanů a antioxidační kapacita byla taktéž znatelně vyšší v porovnání s kontrolní směsí [30].

PSOHLAVCOVÁ, T. [31]. využila stejného principu, pokusná krmná směs však obsahovala odrůdu s purpurovým perikarpem s názvem RU 687-12. Podobně jako u krmné směsi se Skorpionem, tak ani zde nevykazovali brojleři znatelný rozdíl u přírůstku hmotnosti, konverzi krmiva a jatečné výtěžnosti. Průkazné rozdíly se objevily u biochemického profilu krve, kde pokusná skupina brojlerů vykazovala vyšší koncentraci hořčíku, železa a glukózy a nižší aktivity glutathionperoxidázy. Rozdíl však mohl být způsoben rozdílným obsahem minerálních látek v daných odrůdách pšenice, nikoliv obsahem antokyanů [31].

Dle uvedených výsledků tedy neměly krmné směsi nikterak pozitivní, ale ani negativní vliv na měřené parametry u drůbeže. Stále je však možné, že krmné směsi měly pozitivní vliv na jiné, autory neměřené parametry. Taktéž využití jiných barevných odrůd by mohlo mít účinek podstatně jiný.

6 PŮSOBENÍ ZRNA PŠENICE S VYSOKÝM OBSAHEM ANTOKYANŮ NA KRYSY

Jak již bylo několikrát zmíněno, tak antokyany jsou významné pro svůj vysoký antioxidační účinek. Výzkum od PROKOP, J. a kol. [32] se tedy zaměřil na působení dvou různých odrůd s modrým aleuronem (UC66049 a Skorpion) a kontrolní běžnou odrůdou pšenice na organismus krys [32].

Nárůst živé hmotnosti nebyl ze začátku nikterak rozdílný pro žádnou z odrůd, po 13 dnech již bylo viditelné, že skupina krmená UC66049 nabývá živé hmotnost pomaleji, než zbylé 2 odrůdy. Na konci testování, tedy po 69 dnech, bylo jasně viditelné, že skupina krmená právě UC66049 má průměrnou hmotnost podstatně nižší než skupiny krmené zbylými odrůdami. Rozdíl mezi jednotlivými skupinami byl téměř 50 g živé hmotnosti. Lze tedy konstatovat, že odrůdy jako je UC66049 by teoreticky mohly najít využití v různých redukčních dietách, jelikož je všeobecně známo, že obezita zvyšuje riziko vzniku diabetu, kardiovaskulárních onemocnění atd. [32].

U pokusných skupin krmených krmivem bohatým na antokyany vykazovaly vzorky krve podstatně vyšší obsah antokyanů, což úzce souvisí s tím, že vzorky taktéž vykazovaly vyšší antioxidační kapacitu. Na samotné biochemické složení krve však jednotlivá krmiva neměla razantní vliv [32].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL PRÁCE

Cílem práce je stanovit základní parametry hladké, polohrubé a hrubé mouky vyrobené z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou AF Oxana a zjištěné parametry porovnat s požadavky na běžně dostupnou pekárenskou mouku z pšenice seté o dané granulaci.

Dílčí cíle práce:

- Stanovení základních parametrů
- Vyhodnocení zjištěných hodnot
- Shrnutí výsledků a diskuze

8 MATERIÁL A METODIKA

Kapitola je zaměřena zejména na vysvětlení jednotlivých postupů a podmínek stanovení vlastností analyzovaného vzorku.

8.1 Analyzovaný vzorek

Pro stanovení základních parametrů bylo využito modré odrůdy pšenice s názvem AF OXANA. Analýza byla provedena na hladké, polohrubé a hrubé mouce z již uvedené pšenice, dělené podle vyhlášky 18/2020 Sb. Pro srovnání bylo využito hodnot stanovených na běžně dostupných moukách.

8.2 Použité chemikálie

Ke stanovení bylo použito chemikálií p. a., voda pro stanovení byla podle postupu buď demineralizovaná, popř. se jednalo o vodu z obecního vodovodu.

Pro stanovení sedimentačního indexu byly použity chemikálie:

- Roztok bromfenolové modři připraven dle normy ISO 5529:2007, výrobce indikátoru bromfenolové modři – PENTA s. r. o.
- Refluxovaná kyselina mléčná připravena dle normy ISO 5529:2007, výrobce použité 90% kyseliny mléčné – Honeywell FLUKA™

8.3 Metodika

8.3.1 Stanovení vlhkosti

Stanovení vlhkosti mouky se provádí dle normy ČSN ISO 712. Obsah vody je definován jako úbytek hmotnosti výrobku, ke kterému dojde za podmínek specifikovaných v normě [33]

Vlhkost analyzovaného vzorku byla zjištěna na analyzátoru vlhkosti OHAUS Europe GmbH, model MB120. Zařízení je schopno vyvinout požadovanou teplotu, vysušit tak analyzovaný vzorek a z úbytku hmotnosti stanovit vlhkost.

Na čistou misku bylo naváženo 5 g analyzovaného vzorku, vzorek je třeba rovnoměrně rozprostřít po celé ploše misky, aby sušení vzorku probíhalo na všech místech stejně. Sušení probíhalo při 130 °C až do konstantní hmotnosti. Přístroj z úbytku hmotnosti stanoví vlhkost analyzovaného vzorku, který byl následně odečten z displeje zařízení [33], [34].

8.3.2 Stanovení čísla poklesu

Stanovení čísla poklesu mouky se provádí dle normy ČSN ISO 3093.

Princip metody je založen na schopnosti mazovatění mouky, kdy působením α -amylázy za vyšších teplot dochází ke ztekucování škrobového gelu. Ten následně klade odpor viskozimetrickému míchadlu padajícímu ve viskozimetrické zkumavce. Rychlost mazovatění mouky je dáno vlastnostmi škrobového gelu [33].

Navážka analyzovaného vzorku byla odečtena z tabulek dle vlhkosti stanovené těsně před stanovením čísla poklesu. Navážený vzorek byl převeden do viskozimetrické zkumavky, ke kterému bylo následně přidáno $25 \pm 0,2$ ml demineralizované vody. Po uzavření zkumavky byl obsah homogenizován a zkumavka byla vložena do vodní lázně. Po dokončení měření byla odečtena hodnota čísla poklesu z dispeleje. Pro stanovení byl použit přístroj Falling Number 1100 od výrobce Perten Instruments [33], [34].

8.3.3 Stanovení obsahu mokrého lepku

Stanovení obsahu mokrého lepku se provádí dle normy ČSN EN ISO 21415-1 – Část 1: stanovení mokrého lepku ručním vypíráním [35].

Ke vzorku mouky o hmotnosti $10 \pm 0,02$ g bylo přidáno 5 ml vodného roztoku chloridu sodného o koncentraci 20 g.l^{-1} . Následně z mouky s roztokem bylo vypracováno těsto do formy kuličky, která se v uzavřené kádince nechala asi 30 minut odležet. Po odležení byla kulička vypírána vodou z obecního vodovodu za stálého promačkávání, natahování a prohnětávání kuličky. Případné pevné zbytky odpadlé z kuličky byly navraceny zpět k těstu tak, aby se minimalizovali ztráty. Vypírání těsta probíhalo až do doby, kdy v odtékající vodě nebyl zpozorován šedý zákal. Následně bylo z těsta vytlačeno přebytečné množství vody a zbylá lepivá hmota byla zvážena s přesností na 0,01 g. Konečný obsah lepku byl vypočítán dle vzorce:

$$X = 10 \cdot m \cdot \frac{100}{100 - w_1}$$

Kde: X ... obsah mokrého lepku [g]

m ... hmotnost mokrého lepku [g]

w_1 ... původní obsah vody ve vzorku [%]

8.3.4 Stanovení sedimentačního indexu

Stanovení sedimentačního indexu se provádí dle normy ČSN ISO 5529.

Prvním krokem bylo navážení vzorku odpovídající $3,20 \pm 0,05$ g o vlhkosti 14 %. Jelikož měřené vzorky měly vlhkost podstatně nižší, bylo potřeba přepočítat jejich navážky odpovídající jejich skutečné vlhkosti. Po přepočítání a navážení správného množství byl vzorek beze zbytku převeden do odměrného válce, ke vzorku bylo následně přidáno $50 \pm 0,5$ ml bromfenolové modři. Válec byl uzavřen zátkou a třepáním po dobu asi 5 vteřin byl obsah promícháván. Ihned po ručním protřepání byl válec protřepáván přesně 5 minut v třepačce. Po uplynutí této doby byl válec vyjmut a k jeho obsahu bylo přidáno $25 \pm 0,5$ ml refluxovaného roztoku kyseliny mléčné. Válec byl opět vložen do třepačky a obsah byl protřepáván 10 minut. Po uplynutí této doby byl válec z třepačky vyjmut, postaven do vzpřímené polohy a ponechán v klidové poloze. Po pěti minutách byl odečten objem sedimentu s přesností na 0,5 ml.

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro výrobu kvalitních pečárenských výrobků je nutné použít kvalitní mouku. Ta musí splňovat určité podmínky a měla by mít optimální vlastnosti. Tato kapitola je zaměřena na srovnání mouky vyrobené z pšenice s modrým aleuronem AF Oxana s moukou běžně dostupnou.

9.1 Vlastní stanovení základních parametrů

Kvalita pšeničné mouky je dána celou řadou vlastností a parametrů. Ty vypovídají o následné možnosti využití či zpracování dané mouky. Mezi základní parametry řadíme vlhkost, číslo poklesu, obsah mokrého lepku a sedimentační index, tedy parametry měřené v této práci a uvedené viz. Tabulka 1. Mezi další stanovované vlastnosti mouky patří např. chování těsta při hnětení, záhřevu či kynutí.

Tabulka 2 Vlastní stanovené hodnoty základních parametrů

Odrůda	Granulace	Vlhkost [%±SD]	Číslo poklesu [s±SD]	Obsah mokrého lepku [%±SD]	Sedimentační index [ml±SD]
AF Oxana	hladká	10,73±0,02	590±10	41,2±0,5	22±0
	polohrubá	10,60±0,07	603±2	38,0±0,9	12±0
	hrubá	10,75±0,05	489±5	36,2±0,5	14±0

Vlhkost jednotlivě granulovaných mouk se pohybuje v rozmezí 10,6 až 10,75 %. Dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. může být vlhkost mouk ze všech druhů obilovin maximálně 14 % [17]. Legislativní kritérium pro vlhkost je tedy splněno pro všechny 3 zkoušené vzorky. Nízké hodnoty vlhkosti i malý rozptyl vlhkostí mezi jednotlivými vzorky značí o správných skladovacích podmínkách analyzovaných vzorků.

Mouka s pečárenským využitím musí mít číslo poklesu nejméně 220 s dle normy ČSN 46 1100-2. Minimální požadavek na číslo poklesu je tedy splněn, naopak hodnoty čísla poklesu jsou pro pečárenské využití až příliš vysoké. Takto vysoké hodnoty značí nízkou aktivitu α -amylasy, což může vést k tvorbě suchého těsta a malé objemové výtěžnosti pečiva. Pro pečárenské využití je tedy mouka nevhodná, hodnota čísla poklesu by se však dala snížit přidávkem amylolytických enzymů. Dle VÚKROM se u odrůdy AF Oxana pohybuje číslo poklesu pro šrot kolem 305 s. Dle našich výsledků má hrubá mouka číslo

poklesu podstatně vyšší než šrot, ale podstatně nižší než mouka polohrubá a hladká. Na první pohled by se tedy dalo říci, že s rostoucí granulací šrot – hrubá mouka – polohrubá mouka roste i číslo poklesu. Hodnoty pro mouku hladkou už však tak průkazné nejsou [11], [21].

Sedimentační index by dle normy ČSN 46 1100-2 pro pekárenskou pšeničnou mouku měl být nejméně 30 ml. V tomto případě ani jeden ze vzorků nesplňuje normu. Dle nařízení komise (EU) č. 1271/2009 se pšenice se sedimentačním indexem 22-30 ml může považovat za pšenici řádnou s uspokojivou obchodní jakostí, pokud je těsto z této pšenice posouzeno jako nelepivé a strojově zpracovatelné. Mouka hladká by tedy ještě mohla být posouzena dle výsledků těchto analýz. Tyto testy však v této práci prováděny nebyly, nelze to tedy určit s přesností. Dle výsledků VÚKROM se u odrůdy AF Oxana pohyboval sedimentační index kolem 63 ml. V porovnání s našimi výsledky se tedy hodnoty odlišují obrovským rozdílem, který ani osobně nedokážu vysvětlit [11], [36].

Požadavek na obsah mokrého lepku býval nejméně 25 %. V tomto směru všechny 3 vzorky splňují kritérium. Dle našich výsledků lze určit, že s rostoucí granulací stoupá i obsah mokrého lepku. Dnes se však v normě neudává požadavek na obsah mokrého lepku, tento parametr byl nahrazen obsahem dusíkatých látek v sušině.

ZÁVĚR

Barevné odrůdy pšenice prokazatelně obsahují více zdraví prospěšných látek než běžné odrůdy pšenice. Ať už se jedná o vyšší obsah karotenoidů, fenolických kyselin nebo antokyanů, vždy barevné odrůdy vykazují vyšší antioxidační účinek. Rozšířením pěstování takových barevných odrůd a následné využití v potravinářství ve větším měřítku by mohlo mít za následek snížení výskytu civilizačních chorob, od diabetu, přes kardiovaskulární onemocnění až po rakovinu. Než se však budeme moci běžně setkat s takovými výrobky, tak nás čeká ještě dlouhá cesta. Otázkou také zůstává, zda netradiční zbarvení potravin nebude vzbuzovat nedůvěru v lidech. V tomto ohledu tedy bude důležitá informovanost veřejnosti.

Dle dostupných zdrojů velká část barevných odrůd vykazuje vhodné parametry pro pekárenské využití. Z našeho výzkumu vyplývá, že u některých základních parametrů pro vzorky mouk z pšenice s modrým aleuronem AF Oxana tomu tak být nemusí. Vzorky nesplňovaly požadavek na minimální hodnotu sedimentačního indexu. Minimální požadavek na číslo poklesu sice splňoval, nicméně hodnota byla až příliš vysoká, takže by se vzorek v tomto směru musel upravit. Vzorky splňovaly požadavek na maximální vlhkost a na minimální obsah mokrého lepku. Výrobky z takové mouky by tedy pravděpodobně nedosahovaly tak vysoké pekařské jakosti, nicméně by se stále jednalo o výrobky s vyšší nutriční hodnotou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BUREŠOVÁ, I. a E. LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 301 s. ISBN 978-80-7454-278-7
- [2] KONVALINA, P. a J. MOUDRÝ. *Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství (metodika pro praxi)*. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2008, 28 s. ISBN 978-80-7394-131-4
- [3] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010, 141 s. ISBN 978-80-7157-811-6
- [4] ZIMOLKA, J. a kol. *Pšenice: pěstování hodnocení a užití zrna*. Praha: Profi Press s. r. o., 2005, 180 s. ISBN 80-86726-09-6
- [5] PAŽOUT, V. a kol. *Hygiena a technologie vegetabilních produktů. Hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekárenských výrobků, těst a těstovin*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012, 84 s. ISBN 978-80-7305-610-0
- [6] SHARMA, S., CHUNDURI, V., KUMAR, A., KUMAR, R., KHARE, P., KONDEPUDI, K. K. a kol. *Anthocyanin bio-fortified colored wheat: Nutritional and functional characterization* [online]. PLoS ONE, 2018. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0194367&type=printable>
- [7] EGGERSDORFER, M. a A. WYSS. *Carotenoids in human nutrition and health* [online]. Elsevier, 2018. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003986118301656>
- [8] LI, W. a T. BETA. *Flour and bread from black-, purple- and blue-colored wheats* [online]. Academic Press, 2011. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123808868100066>
- [9] 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://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1673852708601496>

- [10] MARTINEK, P., ŠKORPÍK, M., CHRPOVÁ, J. a P. FUČÍK. *Skorpion – odrůda ozimé pšenice s modrým zrnem* [online]. Obilnářské listy, 2012. Dostupné z: https://www.vukrom.cz/userfiles/files/obilnarske_listy/2012/2012_3/78-79.pdf
- [11] VÚKROM. *AF Oxana* [online]. Agrotest fyto s.r.o., 2019. Dostupné z: https://www.vukrom.cz/userfiles/files/Odr%C5%AFdy/AF_Oxana_popisy_pro_web_opr.pdf
- [12] BETA, T. a kol. *Purple wheat (Triticum sp.) seeds: Phenolic composition and antioxidant properties* [online]. Academic Press, 2020. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128185537000103?via%3Dihub>
- [13] VÚKROM. *AF Jumiko* [online]. Agrotest fyto s.r.o., 2018. Dostupné z: https://www.vukrom.cz/userfiles/files/Odr%C5%AFdy/AF%20Jumiko_popisy_pro_web_opr.pdf
- [14] VÚRV. *Pšenice 2014: Rez nikdy nespí*. Obilnářské listy 2014. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., 2014. ISBN 978-80-7427-157-1
- [15] *Různé zbarvení obilek*. Dostupné z: <https://kj1bcdn.b-cdn.net/media/16817/color-wheat.jpg>
- [16] MARTINEK, P. a kol. *Netradiční barva obilek 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.
- [17] ČESKO. Vyhláška č. 18/2020 Sb. ze dne 20. ledna 2020 o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta.
- [18] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P. a M. HRUŠKOVÁ. *Cereální chemie a technologie I: Cereální chemie mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2004, 188 s. ISBN 80-7080-530-7
- [19] ČSN ISO 46 1100-2 (461100). *Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská*. 2002.
- [20] PRUGAR, J. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2

- [21] HORÁKOVÁ, V. a O. DVOŘÁČKOVÁ. *Obilniny 2018*. Vyd. 1. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, 2018, 203 s. ISBN 978-80-7401-161-0
- [22] MEMON, A. A. a kol. *Impact of flour particle size on nutrient and phenolic acid composition od commercial wheat varieties* [online]. Elsevier, 2020. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157518307531>
- [23] CHANDRASEKARA, A. *Phenolic acids*. In *Encyclopedia of Food chemistry* [online]. Elsevier, 2019. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965223950?via%3Dihub>
- [24] LIU, Q., QIU, Y. a T. BETA. *Comparison od 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>
- [25] YRBAS, M. de los A., MORUCCI, F., ALONSO, R. a S. GORZALCZANY. *Pharmacological mechanism underlying the antinociceptive activity of vanillic acid* [online]. Elsevier, 2015. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009130571500057X>
- [26] OWONA, B. A., ABIA, W. A. a P. F. MOUNDIPA. *Natural compounds flavonoids as modulators of inflammasomes in chornic diseas* [online]. Elsevier, 2020. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567576919328437?via%3Dihub>
- [27] PAZNOCHT, L. a kol. *Carotenoid changes of colored-grain wheat flours during bun-making* [online]. Elsevier, 2019. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618319460?via%3Dihub>
- [28] LACHMAN, J. a kol. *Tocotrienols and tocopherols in colored-grain wheat, tritordeum and barley* [online]. Elsevier, 2018. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461731275X>
- [29] MENDELU. *Červený chléb Karkulka* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, 2017. Dostupné z: <http://mendelu.cz/28952n-cerveny-chleb-karkulka>

- [30] POKORNÁ, M. *Zařazení barevné pšenice Skorpion do krmné dávky brojlerů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav výživy zvířat a pícninářství, 2017. Diplomová práce.
- [31] PSOHLAVCOVÁ, T. *Využití pšenice s purpurovým perikarpem ve výživě brojlerových kuřat*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav výživy zvířat a pícninářství, 2017. Diplomová práce.
- [32] PROKOP, J. a kol. *In vivo evaluation of effect of anthocyanin-rich wheat on rat liver microsomal drug-metabolizing cytochromes P450 and on biochemical and antioxidant parameters in rats* [online]. Elsevier, 2018. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691518307580>
- [33] BUREŠOVÁ, I. a kol. *Výroba potravin rostlinného původu: návody do cvičení I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 98 s. ISBN 978-80-7454-331-9
- [34] KOVAŘÍKOVÁ, D. a V. NETOLICKÁ. *Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava* [online]. Pardubice: Střední průmyslová škola potravinářská Pardubice, 2011. Dostupné z: <https://docplayer.cz/26342287-Vzdelavaci-material-pro-predmet-technologicka-priprava.html>
- [35] ČSN ISO 21415-1 (461502). *Pšenice a pšeničná mouka – Obsah lepku – Část 1: Stanovení mokrého lepku ručním vypíráním*. 2007.
- [36] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) Č. 1272/2009, *kterým se stanoví společná prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 1234/2007, pokud jde o nákup a prodej zemědělských produktů v rámci veřejné intervence*.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VÚKROM Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž

LDL Low density lipoprotein

HTZ Hmotnost tisíce zrn

NL N-látky; dusíkaté látky

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Různé zbarvení obilí [15]	17
Obrázek 2 Pšeničné vločky z odrůdy AF Oxana [11]	29
Obrázek 3 Chléb Karkulka z odrůdy PS Karkulka [29]	30

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Minimální hodnoty pro zařazení do jednotlivých kategorií [19].....	20
Tabulka 2 Vlastní stanovené hodnoty základních parametrů	38

