

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Mlynářská a pekařská jakost pšenice s barevným zrnem

Bakalářská práce

Autor práce: Adéla Břeňová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Mlynářská a pekařská jakost pšenice s barevným zrnem" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18.4.2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce prof. Ing. Ivaně Capouchové, CSc. za odborné vedení, cenné rady a také za velmi vstřícný a trpělivý přístup. Rovněž bych tímto ráda poděkovala Ing. Michaele Dočkalové za její ochotu, čas a informace, které mi poskytla.

Mlynářská a pekařská jakost pšenice s barevným zrnem

Souhrn

V posledních letech se u nás začínají objevovat odrůdy pšenice s barevným zrnem, které obsahují zvýšené množství biologicky aktivních látek, především pigmentů z řad karotenoidů a antokyanů, u nichž je znám prospěšný vliv v oblasti prevence některých civilizačních onemocnění. I přes tento nutriční benefit může být širší využití těchto pšenic do značné míry omezeno jejich technologickými vlastnostmi, o kterých je doposud k dispozici jen velmi omezené množství informací.

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení mlynářských a pekařských vlastností souboru vybraných genotypů ozimé pšenice s barevným zrnem. Těmito genotypy byly odrůdy Citrus, PS Karkulka a Scorpion a novošlechtění KM 53-14 a KM 178-14; jako kontrola byla použita běžná odrůda ozimé pšenice Annie. Vzorky zrn pocházely z přesného polního maloparcelkového pokusu, který probíhal na pokusných pozemcích výzkumné stanice Katedry rostlinné výroby v Praze – Uhřetěvesi v experimentálním ročníku 2015/2016. Tento pokus byl veden v podmínkách ekologického a konvenčního způsobu pěstování v základní intenzitě, 4 odrůdy pak byly pěstovány ekologickým i konvenčním způsobem v intenzitě zvýšené.

Samotné hodnocení technologické jakosti spočívalo nejprve ve stanovení základních jakostních charakteristik zrna, tedy objemové hmotnosti zrna, obsahu dusíkatých látek a mokrého lepku v sušině zrna, stanovení Gluten Indexu, sedimentačního indexu a čísla poklesu. Poté byl proveden mlecí pokus, díky kterému byly zjištěny hodnoty výtěžnosti mouk a otrub. Po mlecím pokusu následovalo hodnocení reologických charakteristik mouk na farinografu. Nakonec proběhl pekařský pokus a hodnocení pečiva.

Z výsledků pokusů vyplývá, že hodnocené genotypy pšenice s barevným zrnem dosahovaly v řadě jakostních parametrů srovnatelných výsledků, jako kontrolní odrůda Annie; v některých případech dokonce tuto elitní odrůdu předčily. Nadprůměrných výsledků základních jakostních ukazatelů zrna dosahovalo nšl. KM 53-14 (problémem zde bylo pouze nižší číslo poklesu), poměrně dobrých výsledků dosahovaly i genotypy PS Karkulka a Scorpion. Horších výsledků dosahovala odrůda Citrus, která měla zároveň i horší hodnoty vaznosti mouky, ovšem v senzorickém hodnocení pečiva dosáhla nejlepšího výsledku ze všech barevných genotypů. Nejvyššího měrného objemu pečiva dosáhla odrůda Scorpion.

Pokud jde o rozdíly v systémech pěstování, celkově lepších výsledků hodnocené genotypy dosahovaly v konvenčním způsobu pěstování.

Klíčová slova: pšenice, barevné zrno, odrůdy, mlynářská a pekařská jakost

Milling and baking quality of wheat with coloured grain

Summary

In recent years, the interest in wheat varieties with different grain colour has increased. These genotypes are appreciated for a significant number of bioactive compounds, such as carotenoids and anthocyanins which are known to prevent numerous chronic diseases. Despite the nutritional benefit, the use of these wheats can be limited by their technological quality and the amount of information available is limited, so far.

The aim of this thesis was to assess milling and baking quality of selected genotypes of coloured grain winter wheat – varieties Citrus, PS Karkulka, Scorpion and newly bred cultivars KM 53-14 and KM 178-14. Quality of these genotypes was compared with the common wheat variety, Annie. Samples came from an exact field experiment made in the research station in Prague – Uhřetěves during a 2015-2016 experimental year. All cultivars were pursued in conditions of organic and conventional farming with a basic intensity while four varieties were pursued in conditions of organic and conventional farming with a higher intensity of cultivation.

The actual evaluation of technological quality consisted in assessments of basic qualitative parameters: wheat grain, such as grain volume mass, protein and wet gluten content in a dry matter of kernel, Gluten Index, Zeleny sedimentation test, and falling number. Afterwards, the milling experiment was made and the milling yields were measured, followed by the assessment of rheological properties using the farinograph. As the last one was made, the baking experiment and evaluation of bakery products occurred.

Our results show that coloured seed cultivars reached comparable results as the control elite variety, Annie, in many parameters. In some cases they reached even better results. Newly bred cultivar, KM 53-14, reached above-average results in many basic parameters of grain quality (the only problem was a lower falling number) while the results of genotypes PS Karkulka and Scorpion were comparably good. Worst results of basic parameters (except falling number) was the Citrus variety, which also had the worst water absorption capacity. Despite this adverse evaluation, the sensory assessment of bakery products made from the Citrus sample was the best of all coloured genotypes. The highest specific volume of bakery product reached Scorpion variety.

The discussion about differences between farming systems concluded with better results for genotypes cultivated in a conventional way.

Keywords: wheat, coloured grain, varieties, milling and baking quality

OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Jakost pšenice.....	12
3.1.1	Nutriční jakost.....	12
3.1.2	Hygienická jakost	13
3.1.3	Senzorická jakost	13
3.1.4	Technologická jakost	14
3.1.5	Charakteristika jakostních ukazatelů pšenice	15
3.2	Odrůdy s barevným zrnem	19
3.2.1	Nutričně výhodné složky	19
3.2.2	Využití ve výživě zvířat.....	23
3.2.3	Genetické aspekty	23
3.2.4	Technologická jakost odrůd pšenice s barevným zrnem	26
4	Materiál a metody	29
4.1	Základní údaje o pokusech.....	29
4.1.1	Základní údaje o agrotechnice pokusu na ekologické pokusné ploše	29
4.1.2	Základní údaje o agrotechnice pokusu na konvenční pokusné ploše	29
4.2	Stručná charakteristika hodnocených genotypů.....	30
4.3	Hodnocení ukazatelů technologické jakosti.....	31
4.3.1	Stanovení základních jakostních charakteristik zrna pšenice.....	31
4.3.2	Mlecí pokus.....	32
4.3.3	Reologické hodnocení na farinografu.....	32
4.3.4	Pekařský pokus	32
5	Výsledky	33
5.1	Hodnocení základních jakostních ukazatelů zrna	33
5.1.1	Objemová hmotnost zrna	33
5.1.2	Obsah N-látek v sušině zrna	34
5.1.3	Obsah mokrého lepku v sušině zrna	35
5.1.4	Gluten Index	37
5.1.5	Sedimentační index – Zelenyho test	38
5.1.6	Číslo poklesu.....	40
5.2	Výsledky mlecího pokusu	42

5.2.1	Výtěžnost šrotových mouk	42
5.2.2	Výtěžnost vymílacích mouk	42
5.2.3	Celková výtěžnost mouk.....	42
5.2.4	Výtěžnost hrubých otrub.....	44
5.2.5	Výtěžnost jemných otrub	44
5.3	Farinografické hodnocení.....	44
5.3.1	Vaznost mouky	44
5.3.2	Doba vývinu těsta	46
5.3.3	Doba stability těsta.....	47
5.3.4	Pokles konzistence těsta.....	48
5.4	Pekařský pokus.....	50
5.4.1	Hodnocení měrného objemu pečiva	50
5.4.2	Poměr výšky a šířky pečiva	50
5.4.3	Senzorické hodnocení	50
6	Diskuse.....	53
7	Závěr	58
8	Seznam literatury	60
9	Přílohy.....	67

1 ÚVOD

Obiloviny jsou základním stavebním kamenem výživy obyvatelstva na celé naší planetě. Pšenice má mezi nimi výsadní postavení – jedná se o jednu z nejstarších obilovin, jejíž původ je třeba hledat na Blízkém východě, a zároveň jde také o nejrozšířenější plodinu se širokým spektrem využití. Zabezpečuje obživu pro většinu lidstva, ať už přímo, jako základní surovina pro výrobu chleba, nejrůznějších druhů pečiva, těstovin a dalších potravin, nebo jako krmivo pro hospodářská zvířata. Dále se pšenice využívá pro výrobu piva, lihu nebo škrobu.

V posledních letech se zájem nemalé části spotřebitelů obrací k tradičním zemědělským plodinám, které byly nedílnou součástí jídelníčku našich předků, ale byly na čas opomíjeny či pozapomenuty. Zájem zákazníků o pestřejší nabídku potravinářských výrobků zároveň podporuje mimo obnovení pěstování dosud opomíjených plodin také hledání nových odrůd plodin pěstovaných běžně. Zájem o zdravější potraviny, které dodají tělu více prospěšných látek než potraviny běžně nabízené, fenomén „superfoods“, to vše podporuje v oblasti potravinářství hledání nových cest a možností.

V posledních letech se u nás začínají objevovat odrůdy pšenice s barevným zrnem, které zpravidla obsahují více nutričně výhodných látek než běžné odrůdy pšenice seté. Jedná se zejména o pigmenty z řad karotenoidů a antokyanů, u nichž je znám prospěšný vliv v oblasti prevence některých civilizačních onemocnění, především díky jejich antioxidační aktivitě.

K dispozici je již řada informací o nutriční jakosti odrůd pšenice s barevným zrnem, avšak zdrojů, které by hodnotily jejich technologickou jakost, není zatím mnoho. Cílem mé bakalářské práce je proto získat informace o mlynářské a pekařské jakosti vybraného souboru odrůd ozimé pšenice s barevným zrnem, porovnat je s kontrolní, běžnou odrůdou ozimé pšenice a prověřit rozdíly v technologické jakosti těchto pšenic vypěstovaných ekologickým a konvenčním způsobem.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je zhodnotit soubor vybraných odrůd pšenice s barevným zrnem z hlediska mlynářské a pekařské jakosti, porovnat je s klasickou odrůdou pšenice seté a posoudit možnosti jejich využití k potravinářským účelům.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Jakost pšenice

Jakostí obilovin rozumíme soubor fyzikálních a chemických vlastností hlavního produktu obilovin – tedy zrna (Burešová, Palík, 2005).

Vzhledem k rozdílným potřebám spotřebitelů a zpracovatelů je na jakost obilovin možno pohlížet z několika úhlů. Celkovou jakost tedy utváří několik různých, ale vzájemně propojených oblastí – nutriční jakost, jakost hygienická, sensorická, technologická a užitná (Zimolka et al., 2005).

3.1.1 Nutriční jakost

Obecně se ve vztahu k nutriční jakosti obilovin hodnotí zejména obsah hrubého proteinu, frakce proteinu, obsah zásobních a strukturálních sacharidů, vitaminů, minerálních látek a stopových prvků. Nutriční kvalita je pak hodnocena z hlediska obsahu těchto látek ve vztahu k výživovým doporučením (Petr, 2001; Zimolka et al., 2005).

Obiloviny jsou především významným zdrojem sacharidů, jež se nachází téměř ve všech částech zrna. Lze je nalézt ve formě zásobních sacharidů, které jsou pro lidské tělo dobře stravitelné a jsou cenným zdrojem energie pro jeho metabolismus; jejich hlavním představitelem je škrob. Vyskytují se zde také ve formě sacharidů strukturních, které tvoří především nestravitelnou, přesto ve výživě člověka nepostradatelnou vlákninu. Vlákna ovlivňuje vlastnosti pekařských výrobků zásadním způsobem – zvyšuje nutriční hodnotu výrobků, zároveň snižuje jejich energetickou hodnotu a snižuje jejich glykemický index. Kromě těchto nutričních benefitů také zlepšuje zpracovatelnost a strukturu těsta, vláčnost střídy, sensorické vlastnosti kůrky a také prodlužuje životnost výrobků (Příhoda, Hrušková, 2007; Gabrovská et al., 2015).

Proteinů obsahuje zrna pšenice seté cca 10 až 13 %. Z nutričního hlediska se nejedná o bílkoviny tzv. plnohodnotné, přesto ve velké části světa představují základní zdroj bílkovin ve výživě. Téměř 80 % pšeničných proteinů tvoří dvě ve vodě nerozpustné frakce - gliadiny a gluteniny, jež obvykle společně nazýváme lepek. Gliadiny ovlivňují viskozitu a tažnost pšeničného těsta, zatímco gluteniny se podílejí především na jeho pružnosti (Gabrovská et al., 2015; Příhoda, Hrušková, 2007). Nutričně velmi cenné frakce, albuminy a globuliny, bývají více zastoupeny v zrna z ekologického způsobu pěstování; ekologicky vypěstovaná pšenice se tedy zpravidla vyznačuje vyšší nutriční kvalitou, ale na úkor pekařsky významných bílkovin, a tedy horší jakostí technologickou, pekárenskou (Václavíková et al., 2012).

Tuku obsahuje pšeničné zrno jen velmi malé množství, ovšem jedná se o výživově velmi kvalitní tuk s vysokým obsahem polynenasycených masných kyselin (Parczewska-Plesnar et al., 2016).

Dalšími nutričně významnými látkami, které se v obilovinách vyskytují, jsou například polyfenoly, karotenoidy, β -glukany, fytosteroly, vitaminy skupiny B, vitamin E a fytoestrogeny; z minerálních látek je zde nejhojnější hořčík, vápník a železo (Gabrovská et al., 2015; Liu, 2007).

3.1.2 Hygienická jakost

Velice důležitým parametrem v hodnocení jakosti pšenice je její hygienická jakost – tedy skutečnost, že neobsahuje nežádoucí látky, které by mohly mít vliv nejen na jakost potravinářských surovin a výrobků, ale i na zdraví konzumentů jak při přímé spotřebě, tak i v případě, že by se dostaly do krmných směsí pro hospodářská zvířata a tím následně i do živočišných výrobků (Chrpová et al., 2012).

Obiloviny mohou být jakožto vstupní surovina pro výrobu potravin vystaveny možným fyzikálním, chemickým, biologickým a mikrobiologickým znečištěním. Fyzikálním nebezpečím chápeme především přítomnost cizích předmětů, hlavně organických a anorganických nečistot (písek, prach, kaménky, úlomky stébel, semena plevelů a jiné), kovových nečistot (ze strojů, sklízecí techniky), skleněných střepů a úlomků materiálů z umělých hmot. Chemické nebezpečí představuje například přítomnost pesticidů, těžkých kovů, mykotoxinů, maziv a ropných látek z technických zařízení nebo výskyt nebezpečných alkaloidů. Biologické nebezpečí způsobuje přítomnost roztočů, hmyzu, brouků, motýlů či hlodavců. Mikrobiologické nebezpečí pak charakterizuje přítomnost některých druhů kvasinek, bakterií a plísní (Martinek, Filip, 2012).

3.1.3 Senzorická jakost

Hodnocení sensorické jakosti zahrnuje hodnocení vzhledu, struktury, vůně a chuti potravinářského výrobku a pro konečného spotřebitele představuje rozhodující kritérium při jeho koupi (Petr, 2001). U pekárenských výrobků je možno posuzovat znaky vnější, které můžeme posuzovat pouhým okem, a vnitřní znaky. Mezi vnější znaky řadíme objem, který je předním znakem pro posuzování kvality pekárenských výrobků, jelikož jej lze objektivně stanovit pomocí měření. Dalším znakem je vzhled výrobku, tedy především jeho tvar, vyklenutí, ulpělé zbytky mouky a podobně. Kromě těchto znaků je také možné hodnotit barvu a strukturu kůrky a také rovnoměrnost pečení. Z vnitřních znaků je hodnocena vůně

pečiva, zejména pak přítomnost cizích pachů, chuť pečiva, pórovitost a struktura střídky a krájitelnost výrobku (Hampl, 1981).

3.1.4 Technologická jakost

Podle chování suroviny v technologickém procesu určujeme její technologickou jakost. Tu utváří dvě základní kritéria – jakost mlynářská a jakost pekařská (Příhoda, Hrušková, 2007). Technologická jakost závisí především na chemickém složení zrna, poměru jednotlivých složek v něm a také na enzymatické činnosti (Hubík, Mareček, 2002).

Mlynářská jakost se posuzuje na základě pokusného zámelu. Jeho jednotlivé parametry, zejména výtěžnost mouk, výtěžnost krupic a luštitelnost krupic patří k přímým ukazatelům mlynářské jakosti. V praxi se užívá také hodnocení mlynářské jakosti, založené na nepřímých metodách. Zahrnuje hodnocení vyrovnanosti, velikosti a tvaru zrna, tvrdosti zrna a obsahu popelovin (Martinek, Filip, 2012; Pelikán, 1999).

K hodnocení přímých ukazatelů pekařské jakosti se užívá pekařský pokus, přičemž hlavním kritériem je stanovení objemu pečiva. V praxi se používá i řada nepřímých ukazatelů pekařské jakosti, ke kterým patří obsah N-látek, obsah lepku a jeho kvalita, sedimentační hodnota, číslo poklesu a reologické hodnocení (Pelikán, 1999).

Pro technologickou jakost zrna pšenice je kromě meteorologických podmínek, oblasti pěstování a agrotechnického zpracování zásadním faktorem zvolená odrůda. Z hlediska pekařského zpracování, vhodnosti především pro kynutá těsta, řadíme odrůdy pšenice do 4 skupin jakosti – elitní (E), kvalitní (A), chlebová (B) a ostatní, nevhodné k pekárenskému zpracování (C). Odrůdy pšenice nevhodné pro výrobu kynutých těst mohou být členěny podle způsobu dalšího využití na pšenice pečivářské (pro výrobu oplatek a sušenek), pšenice těstářské (pro výrobu těstovin), pšenice pro speciální využití (pro výrobu škrobu a lihu), pšenice krmné (pro výkrm hospodářských zvířat) (Petr, 2001; Zimolka et al., 2005; Chloupek, 2008).

Tabulka č. 1: Hodnoty jakostních ukazatelů pro potravinářskou pšenici

Jakostní ukazatel	Kritérium hodnocení	
	Pšenice pekárenská	Pšenice pečivářenská
Vlhkost (%)	nejvýše 14,0	nejvýše 14,0
Objemová hmotnost (kg. hl ⁻¹)	nejméně 76,0	nejméně 76,0
Obsah N-látek v sušině (N x 5,7) (%)	nejméně 11,5	nejvýše 11,5
Sedimentační index – Zelenyho test (ml)	nejméně 30,0	nejvýše 25,0
Číslo poklesu (s)	nejméně 220	nejméně 220
Příměsi a nečistoty celkem (%)	nejvýše 6,0	nejvýše 6,0
z toho:		
1. zlomky zrn (%)	nejvýše 3,0	nejvýše 3,0
2. zrnové příměsi (%)	nejvýše 5,0	nejvýše 5,0
z toho tepelně poškozená zrna (%)	nejvýše 0,5	nejvýše 0,5
3. porostlá zrna (%)	nejvýše 2,5	nejvýše 2,5
4. nečistoty (%)	nejvýše 0,5	nejvýše 0,5
z toho tepelně poškozená zrna (%)	nejvýše 0,05	nejvýše 0,05

Zdroj: ČSN 46 1100-2: Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská

3.1.5 Charakteristika jakostních ukazatelů pšenice

Výtěžnost mouk

Výtěžnost mouk, stanovená pokusným zámelem, je přímým ukazatelem mlynářské jakosti (Prugar et al., 2008). Výtěžnost má zásadní ekonomický a jakostní význam, vysokou výtěžností mouk a krupic se vyznačují odrůdy pšenic s tvrdým endospermem. Naopak nízkou výtěžnost mají většinou odrůdy s nepekařskou jakostí – skupiny C (Faměra et al., 2010).

Tvrдость zrna

Nepřímým ukazatelem mlynářské jakosti je tvrdost zrna (Petr, 2001). Ta charakterizuje fyzikálně-chemickou stavbu endospermu obilného zrna a je dána především genetickými předpoklady odrůdy, ale je ovlivněna i vlivem ročníku a agrotechnickými postupy. Během mlecího procesu se zrna tvrdých odrůd pšenice rozpadají na větší nepravidelné ostrohranné částice, kdežto u měkkých odrůd převládají částice mnohem menší, často jde o izolovaná škrobová zrna. Tato frakce se u tvrdých odrůd vyskytuje jen minimálně

nebo zcela chybí. Při mletí tvrdých odrůd pšenice vzniká mnohem vyšší podíl krupic, které mohou být dále vymílány (Faměra et al., 2010).

Obsah popelovin

Obsah popelovin se stanovuje na základě rozdílu hmotnosti původního vzorku mouky a hmotnosti vzorku po spálení. Toto spalování se provádí přímo, v muflové peci. Pokud je obsah popela vyšší, mouka obsahuje více minerálních látek a je proto nutričně bohatší. Tyto minerální látky se nacházejí více v obalových vrstvách zrna, v endospermu se vyskytují mnohonásobně méně (Příhoda, Hrušková, 2007).

Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je podle Jurečky, Novotného (1998) ukazatelem mlynářské jakosti a určitým indikátorem výtěžnosti mouk při mlýnském zpracování. Tato veličina vyjadřuje poměr hmotnosti obiloviny k objemu, který tato obilovina zaujímá po volném nasypání do příslušné nádoby (Hubík, Mareček, 2002). Zimolka et al. (2005) uvádí, že objemová hmotnost má úzkou souvislost s výtěžností mouky. Podle Posnera, Hibbse (1997) však může být stanovení objemové hmotnosti ovlivněno řadou faktorů, např. obsahem poškozených a scvrklých zrn, tvarem obilek, tloušťkou obalů zrna, podmínkami prostředí a vztah objemové hmotnosti k výtěžnosti mouky úzký být nemusí.

Hmotnost tisíce semen (zrn)

Hmotnost tisíce zrn je široce užívaným znakem především v oblasti šlechtitelství, jde tedy o charakteristiku ovlivněnou hlavně odrůdou, uplatňuje se ale i vliv ročníku a pěstitelských podmínek (Příhoda, Hrušková, 2007). Čím větší je zrno, tím je zpravidla větší i podíl endospermu k ostatním částem zrna, tudíž z HTS můžeme odvodit i výtěžnost mouky (Hubík, Mareček, 2002).

Obsah N-látek

Obsah dusíkatých látek v zrnu významně ovlivňuje technologické vlastnosti zrna. Z hlediska pekárenského zpracování je zásadní fakt, že obsah N-látek kladně koreluje s obsahem lepkových bílkovin, ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti těsta a objem pečiva. Obsah dusíku v sušině vzorku je stanoven titrací, následně je pak obsah dusíkatých látek

v sušině dopočten vynásobením množství dusíku přepočítávacím koeficientem – pro pšenici je tento koeficient 5,7. Obsah N-látek je základním ukazatelem pekařské jakosti, protože zásadním způsobem ovlivňuje výsledný objem pečiva (Burešová, Palík, 2005).

Obsah mokrého lepku

Pšeničný lepek tvoří dvě frakce bílkovin – gliadiny a gluteniny, které ve spojení s vodou a za přítomnosti kyslíku tvoří při procesu hnětení pevný, ale pružný gel. Právě tento gel nazýváme lepek. Vypíráním proudem vody je možno jej izolovat – vodou se vypírají látky rozpustné ve vodě a škrob, přičemž za určitou dobu zde zůstane pouze tzv. „mokrý lepek“. Většinu mokrého lepku tvoří bílkoviny, ale nachází se zde i malé množství glykoproteinů a lipoproteinů. Mokrý lepek obsahuje také přebytečnou vodu, kterou lze vymačkat či odstředit (Příhoda, Hrušková, 2007). Pro mlynářské zpracování by měl být obsah mokrého lepku minimálně 23 % v sušině – čím vyšší tento obsah je, tím většího objemu a s tím zároveň i jakosti pečiva lze dosáhnout (Hubík, 1995a). Lepek díky svým viskoelastickým vlastnostem během procesu kynutí umožňuje zadržovat oxid uhličitý v těstě a tím zvětšovat objem pečiva (Hubík et Mareček, 2002).

Gluten Index

Stanovením lepkového indexu (GI) se posuzuje tzv. síla lepku, která má souvislost s důležitou vlastností těsta – jeho tažností. Tato metoda slouží pro rychlé posouzení jakosti mokrého lepku a odlišení špatné kvality pšenice při jejím příjmu v mlýnech (Příhoda, Hrušková, 2007). GI udává poměr množství lepku, které zůstalo na síti po procesu odstředování k celkovému množství lepku, který byl na síto vložen (Prugar et al., 2008). Velmi vysoké hodnoty, blíží se hodnotě 100, poukazují na lepek tuhý s nízkou elasticitou, naopak hodnoty nízké ukazují na lepek slabý a roztékavý (Hubík, 1995a).

Sedimentační test

Metoda pro zjištění objemu sedimentu zkoušeného vzorku ve standardizovaném roztoku se nazývá sedimentační index – Zelenyho test a v jeho výsledcích se promítá nejen množství, ale i jakost bílkovin. Čím vyšší je jakost mouky, tím pomalejší je rychlost sedimentace a tím pádem i větší objem sedimentu; vyšší sedimentační objem proto poukazuje na lepší viskoelastické vlastnosti lepku (Příhoda, Hrušková, 2007). Tento znak je výrazně

geneticky založen a umožňuje selekci odrůd s nevhodnými vlastnostmi lepkové bílkoviny (Prugar et al., 2008).

Číslo poklesu (pádové číslo)

Prostřednictvím čísla poklesu je možné posoudit aktivitu amyláz pšeničného zrna, které při vysoké aktivitě způsobují ztekucení škrobu a tím zvyšují schopnost mouky vázat vodu. Pokus se provádí přístrojem, který měří rychlost poklesu tělíska (v sekundách) v suspenzi mouky a platí, že čím vyšší číslo poklesu je, tím nižší je aktivita alfa-amyláz a tím sušší je výsledný pekařský produkt (Petr, 2001). V praxi je možno výsledek tohoto pokusu uplatnit při nákupu pšenice do mlýnů, číslo poklesu mouky pro požadavky pekáren je možné upravit například přidáním sladové moučky nebo mícháním obilí či mouk na směs o požadované hodnotě čísla poklesu (Příhoda, Hrušková, 2007). Nízké číslo poklesu poukazuje na možné porůstání obilí, které snižuje kvalitu škrobu zrna a způsobuje přílišnou tažnost a lepivost těsta (Souza et al., 2002).

Farinografické hodnocení

Farinograf charakterizuje proces hnětení těsta z pšeničné mouky a vody za konstantní teploty, těsto je namáháno definovaným způsobem až do přehnětení. Nejprve dochází k hydrataci částic mouky, postupně se během hnětení spojují jednotlivé molekuly bílkovin a vzniká trojrozměrná síť, díky které těsto získává pružnost, další hnětení pak zpevňuje strukturu těsta. Při pokračujícím namáhání těsto ztrácí elasticitu, zvyšuje se jeho tažnost a často i lepivost. Na farinografu jsou sledovány reologické charakteristiky mouk jako je vaznost vody, doba vývinu těsta, jeho stabilita a stupeň změknutí těsta (Hrušková et al., 2004). Reologické vlastnosti těsta jsou ovlivněny především obsahem lepkových bílkovin a je důležitý i vzájemný poměr gliadinů a gluteninů (Gil, 2012).

Měrný objem pečiva (objemová výtěžnost)

Je stanoven Rapid Mix Testem – pekařským pokusem (Prugar et al., 2008). Ten představuje rozhodující test technologické jakosti pšenic pro pekařské účely. Měrný objem se zjišťuje u upečeného pečiva a přepočítá se na 100 g mouky. Čím vyšší objem je, tím je mouka pro pekařské účely vhodnější (Hubík, Mareček, 2002).

Hodnocení pečiva

Na základě pekařského pokusu jsou kromě měrného objemu pečiva hodnoceny vlastnosti jako například pružnost, vzhled povrchu a lepivost těsta, hnědnutí pečiva, křehkost kůrky, její parcelace, stejnoměrnost pórů, pružnost střídy a chuť pečiva (Prugar et al., 2008).

3.2 Odrůdy s barevným zrnem

3.2.1 Nutričně výhodné složky

Zrno pšenice je zdrojem mnoha cenných látek pro lidský organismus. Kromě základních živin, zejména sacharidů a bílkovin, obsahuje i množství látek ceněných pro svůj pozitivní vliv na lidské zdraví – vlákninu, širokou skupinu fenolických látek, tokoferoly, karotenoidy, enzymy a další látky. Mnoho z těchto výživově zajímavých látek je součástí obalových vrstev zrna, proto se při mlecím procesu dostávají do otrub, zatímco bílou mouku tvoří především endosperm zrna, který obsahuje těchto látek mnohem méně a je tvořen z velké části škrobem (Martinek et al., 2016). Nutriční hodnota produktů vyrobených z hladké mouky je tedy mnohem nižší, než u výrobků celozrnných – bílé mouky obsahují pouze kolem 20-30 % původního obsahu vitaminů skupiny B, 60 % tuků, 70-80 % bílkovin a 40 % vlákniny. Mnohé studie prokázaly vztah mezi příjmem celozrnných produktů a nižším výskytem kardiovaskulárních chorob, diabetu druhého typu, některých typů nádorových onemocnění a hodnotou BMI, proto ke konzumaci celozrnných produktů vyzývají výživová doporučení. Snaha o rozšíření sortimentu cereálních produktů s vyšším obsahem zdraví prospěšných látek s sebou přináší mnoho možností, jednou z nich může být i využití netradičních forem obilovin (Laknerová et al., 2014). Těmi by mohly být pšenice s barevným zrnem, jež mohou rozšířit spektrum výživově zajímavých látek o některé pigmenty z řad antokyanů a karotenoidů (Martinek et al., 2016). V rostlinách tyto látky zajišťují ochranu proti chorobám a jiným stresovým faktorům, mohou mít vliv na dormanci a klíčení obilky a také plnit roli atraktantů při opylování (Šťiasna et al., 2014).

Antokyany

Antokyany jsou vodorozpustné pigmenty způsobující purpurové až modré zbarvení zrn některých odrůd pšenice. Jsou ovlivněny hodnotou pH, teplotou, rozpouštědly a přítomností ko-pigmentů, jejich konkrétní zastoupení v rostlině se tedy může značně lišit nejen vlivem odrůdy, ale i vlivem podmínek pěstování (Martinek et al., 2016). Je známo, že nepříznivé podmínky jako je přílišná intenzita světla, nízké teploty, zasolení půd nebo

vodní stres zvyšují množství antokyanů (Havrlentová et al., 2014). Jejich množství v rostlině, respektive v zrně, vzrůstá během průběhu zrání, v době zralosti pak množství naopak postupně klesá (Kniewel et al., 2009).

Přestože Bartl et al. (2013) zaznamenali v kultivarech pšenice s barevným zrnem až 15x nižší obsah antokyanů, než uvádějí jiné vědecké práce, v otázce kvalitativního zastoupení antokyanů panuje shoda. Vyšší celkový obsah antokyanů byl zaznamenán u pšenic s modrým aleuronem; Abdel-Aal, Hucl (1999) jich v celozrnném šrotu stanovili 157 mg/kg a v otrubách 458 mg/kg, zatímco celozrnný šrot z purpurového zrna obsahoval 104 mg/kg a otruby obsahovaly 251 mg/kg. Naproti tomu Bartl et al. (2013) uvádějí obsah antokyanů ve vzorcích pšenice s modrým zrnem pouze 8,3 mg/kg, u purpurového zrna pak 12,3 mg/kg.

Distribuce pigmentů v zrně je díky genetické podmíněnosti přesně lokalizována. Pšenice s modrým zrnem obsahuje antokyany v aleuronové vrstvě, zatímco u purpurového zrna jsou barviva lokalizována v perikarpu (Trojan et al., 2011). Proto se předpokládá využití těchto pšenic hlavně ve formě celozrnné mouky (Vyhnánek et al., 2015).

Z chemického hlediska se antokyany skládají z necukerné části zvané anthokyanidin a jednoho či více cukerných zbytků (Bartl et al., 2013). Od sebe se pak antokyany odlišují počtem a umístěním hydroxylových a/nebo methylových skupin a také povahou, počtem, umístěním a cukerných zbytků, které se v jejich struktuře vyskytují (Reque et al., 2014). Je známo přes 600 přírodních antokyanů (Havrlentová et al., 2014). Nejhojnějšími antokyany pšenic s modrým zrnem jsou 3-glukosid a 3-rutinosid delfinidinu, purpurová zrna pak obsahují hlavně 3-glukosid a 3-rutinosid kyanidinu. V rostlinách tato barviva vznikají jako sekundární produkty metabolismu flavonoidů (Martinek et al., 2016).

Obecně jsou antokyany charakterizovány jako bioaktivní součásti potravy, které ale neřadíme mezi živiny. Jsou ceněny pro své pozitivní účinky na lidské zdraví, byla u nich zjištěna vyšší antioxidační aktivita než u vitaminů C a E, s vitaminem C a dalšími flavonoidy pak projevují synergický efekt. Prospěšný účinek antioxidantů může být dosažen několika možnými mechanismy, jako je vychytávání volných radikálů, chelatace přechodných kovů, redukce peroxidů a také stimulace enzymatického antioxidačního systému organismu. Epidemiologické studie ukazují, že řada chorob, včetně nádorových onemocnění, diabetu, Alzheimerovy choroby, nemocí oběhového systému a stárnutí organismu, je spojena s oxidativním stresem (Žofajová et al., 2012). Antokyany přitahují pozornost hlavně díky svým protizánětlivým, antimutagením a antikancerogenním účinkům, byly u nich zjištěny také účinky antimikrobiální, byl zaznamenán jejich vliv na snížení rizika onemocnění srdce a cév, zlepšení vidění a také neuroprotektivní účinek (Mazza, 2007).

Teplená stabilita antokyanů je vzhledem k variabilitě jejich chemického složení poměrně proměnlivá. Bartl et al. (2015) zjišťovali obsah antokyanů v chlebu z celozrnné mouky z pšenice s modrým a purpurovým zrnem, konkrétně se jednalo o odrůdy Scorpion (modrá) a Abyssinskaja arrasajta (purpurová). Nejdříve byla provedena identifikace antokyanů v celozrnné mouce: v modrém vzorku bylo zjištěno 19 antokyanů, v purpurovém jich bylo zaznamenáno 26, jejich celkový obsah byl 9,26 mg/kg (modrá) a 13,23 mg/kg (purpurová). V chlebu, který byl z těchto mouk pečen po dobu 21 minut při teplotě 240 °C, došlo k poklesu množství antokyanů o 7,1 % v modrém vzorku a u purpurového došlo k výraznému poklesu jejich množství – o 61 %. Při delší době pečení – 31 minut při 180 °C – docházelo k ještě větším ztrátám antokyanů, v chlebu z modré mouky byl zjištěn pokles o 40,8 %, u purpurového dokonce o 72,8 %.

Karotenoidy

Karotenoidy jsou obsaženy ve zvýšené míře v endospermu pšenice se žlutým zrnem. Jsou to žluté, oranžové až červené rostlinné pigmenty rozpustné v tucích, tvořené dvěma skupinami látek: karoteny (např. α -karoten, β -karoten, lykopen) a xantofyly (lutein, kryptoxantin, zeaxantin). Žluté zbarvení endospermu pšenice je tvořeno z 86 až 94 % xantofylem luteinem, ostatní karotenoidy (např. zeaxantin, karoteny) jsou zde přítomny v množství 3 až 5 % (Martinek et al., 2016; Hussain et al., 2015).

Pokud hovoříme o karotenoidech obecně, je důležité si uvědomit skutečnost, že tyto pigmenty jsou syntetizovány pouze rostlinami a mikroorganismy, živočichové je musí přijímat v potravě – typickými zdroji karotenoidů jsou ovoce a zelenina. Výsledky epidemiologických studií svědčí o pozitivní korelaci mezi zvýšeným příjmem karotenoidů a nižším výskytem některých chronických onemocnění. Karoteny snižují riziko kardiovaskulárních onemocnění a určitých nádorových onemocnění, lutein a zeaxantin chrání před výskytem očních chorob. Za hlavní mechanismus pozitivního účinku karotenoidů je považován jejich antioxidační účinek, mají ale mnoho dalších důležitých funkcí při zajišťování mezibuněčné komunikace, regulaci růstu buněk, ovlivnění genové exprese, imunitní odpovědi i metabolické přeměně léků či drog. Kromě toho mají karotenoidy jako α - a β -karoten a β -kryptoxantin funkci provitaminu A. Je ovšem nutné zmínit, že kromě těchto pozitivních vlastností byl u β -karotenu zjištěn za jistých okolností i prooxidační efekt, především při vysokých dávkách (Rao et Rao, 2007).

Obsah karotenoidů v zrnech pšenice závisí na mnoha faktorech, v první řadě na druhu a odrůdě rostliny, dále pak na průběhu sezóny, stupni zralosti, způsobu zpracování a dalších

(Šulová, 2011). Stejně tak poměr zastoupení karotenoidů v jednotlivých částech zrna není konstantní (Adom et al., 2005). Bylo prokázáno, že intenzita žlutého zabarvení souvisí s odolností rostlin vůči stresovým podmínkám, během nepříznivých pěstitelských podmínek jako je chlad, zasolení nebo nevhodný vodní režim se množství barevných látek s antioxidačními účinky zvyšuje (Martinek et al., 2016).

V původních odrůdách pšenice, z nichž byly vyšlechtěny odrůdy současné, bylo karotenoidů obsaženo vysoké množství, kolem 1000 μg na 100 g, naproti tomu v současné době k výrobě potravin nejpoužívanější pšenice, hexaploidní *Triticum aestivum*, jich obsahuje obvykle jen asi 200 μg na 100 g. Výrazně žlutá je diploidní jednozrnka, *Triticum monococcum*, ta má ale nízké výnosy a také nevyhovující pekařské vlastnosti. Nápadně žluté varianty také nabízí tetraploidní pšenice *Triticum durum*, která je nejčastěji používaná pro výrobu těstovin. Její použití se ovšem díky její barvě i dalším senzoryckým, technologickým a nutričním vlastnostem rozšiřuje i na výrobu pečiva (Šulová, 2011).

Co se týká již zmíněné pšenice seté, *Triticum aestivum*, máme nyní k dispozici vyšlechtěné odrůdy se žlutým endospermem, které mají dobré technologické vlastnosti i výnos a jejich pěstování je možné i v oblastech, kde se *Triticum durum* pěstovat nedaří. V pokusu ÚKZÚZ z roku 2011 byl analyzován obsah karotenoidů ve žlutých odrůdách Citrus (pšenice ozimá) a Luteus (pšenice jarní), které byly porovnány s pozdní elitní ozimou odrůdou Akteur. Hlavní podíl obsažených karotenoidů tvořila směs izomerů luteinu, vzorky dále obsahovaly i stopy β -karotenu. Ve vzorcích odrůdy Citrus bylo naměřeno průměrně 0,34 mg luteinu na 100 g vzorku, v odrůdě Luteus pak 0,31 mg na 100 g, což je přibližně dvojnásobek oproti odrůdě Akteur (0,16 mg/100 g) (Šulová, 2011).

Celkový obsah karotenoidů se během celého procesu výroby potravin snižuje, ztráty pigmentů probíhají během mletí a také skladování, nicméně enzymatická aktivita a výrobní podmínky a výrobní postupy mají na zachování barviv velký vliv. Díky jejich antioxidační aktivitě jsou karotenoidy snadno degradovány účinkem kyslíku, na tuto oxidaci má významný vliv teplota, světlo a také přítomnost hydroperoxidů. Během zpracování mouky dochází účinkem nativních enzymů k oxidaci polynenasycených mastných kyselin, během těchto reakcí vznikají volné radikály, které jsou následně zodpovědné za oxidaci karotenoidů (Hidalgo et al., 2010).

Pokud se zaměříme na výrobu chleba, byl zkoumán vývoj obsahu karotenoidů během výrobního procesu. Hidalgo et al. (2010) získali z pokusů se vzorky chlebové pšenice Blasco a jednozrnky Monlis následující výsledky: během hnětení docházelo průměrně ke snížení celkového obsahu karotenoidů o 15 %, během kynutí byl pokles minimální – 3 %, během

pečení pak došlo k poklesu v kůrce chleba o 29 %, ale ve střídě jen o 3 %. V kůrce chleba bylo tedy množství karotenoidů během výrobního procesu sníženo o 47 %, ve střídě pak o 21 %.

Ostatní látky

Kromě zvýšeného množství pigmentů byl u pšeníc s barevným zrnem zaznamenán i vysoký obsah vitamínu B1, B2, B6, niacinu, kyseliny pantotenové, vitamínu E, katechinu a ferulové kyseliny (Laknerová et al., 2010).

3.2.2 Využití ve výživě zvířat

Rückschloss et al. (2010) uvádí, že zařazením pšenice s purpurovým zrnem do krmné dávky pro vysokoprodukční nosnice bylo dosaženo zlepšení parametrů snášky za současného snížení spotřeby krmiva na jednotku produkce a také se zvýšila průměrná živá hmotnost nosnic. U kvalitativních parametrů vajec nebyl zaznamenán rozdíl oproti kontrolní skupině, průměrné vybarvení žloutku bylo dokonce nižší. Šťastník et al. (2017) sice nepotvrdili vliv na parametry výkrmu u brojlerových kuřat při zkrmování purpurové pšenice, ale antioxidační kapacita u těchto kuřat byla zaznamenána vyšší než u kuřat krmených běžnou pšenicí. Při zkrmování modré pšenice nebyl vliv na kvalitu brojlerů prokázán.

Mareš et al. (2015) zaznamenali příznivý vliv pšenice s purpurovým zrnem na růstové parametry kaprů a také na jejich kondiční faktor.

V pokusech s laboratorními potkany byla při zařazení pšenice s purpurovým a také modrým zrnem zjištěna vyšší antioxidační kapacita oproti kontrolní skupině, navíc skupina s modrým zrnem měla prokazatelně nižší hladinu cholesterolu v krvi.

Byl také zjišťován vliv žluté pšenice na kvalitu kuřecího masa, během těchto pokusů byla zaznamenána vyšší jatečná výtěžnost u brojlerů krmených přídatkem žluté pšenice. Pokud jde o senzorické vlastnosti, ty byly hodnoceny lépe u skupiny kontrolní (Šťastník et al., 2015).

3.2.3 Genetické aspekty

Studium genů, které určují technologickou kvalitu zrna, je důležité pro proces šlechtění. V případě barevných pšeníc jde o vhodnou kombinaci genů pro biosyntézu pigmentů a zároveň vysokou technologickou jakost (Šťasna et al., 2014), současně se také šlechtitelské programy zaměřují na zvýšení výnosu barevných odrůd, neboť nyní dosahují výnosů nižších, než běžně pěstované odrůdy (Martinek et al., 2013).

Možnosti technologického využití pšenice mohou být hodnoceny na základě genetických markerů, které mají k technologické jakosti vztah (Vyhnánek et al., 2015). Jsou známé markery pro tyto znaky: sedimentace, obsah bílkovin, gliadiny, vysoko a nízkomolekulární podjednotky gluteninů, obsah škrobu a jeho vlastnosti, alveografická hodnota W, mixografická síla, tvrdost zrna, obsah a aktivita enzymů, výtěžnost mouky (Prugar et al., 2008).

Genetické založení technologické jakosti barevných pšenic

Byla již provedena detekce přítomnosti alel lokusu Glu-A3 determinující nízkomolekulární podjednotky gluteninů. Barevné pšenice byly z tohoto pohledu hodnoceny kladně, byl u nich zaznamenán vysoký výskyt alel *Glu-A3f*, *Glu-A3c* a *Glu-A3d*, které mají pozitivní efekt na odpor a tažnost těsta (Vyhnánek et al., 2015). Také přítomnost alel pro vysokomolekulární podjednotky gluteninů předpovídá u mnoha odrůd barevných pšenic dobrou technologickou kvalitu, především díky výskytu alely *Glu-D1d*. Sekalinový lokus *Sec-1*, který je spojován se zhoršenou kvalitou zrna zde nebyl detekován (Musilová et al., 2011). Rovněž Chňápek et al. (2010) na základě zastoupení gluteninových podjednotek předpokládají dobrou až velmi dobrou technologickou kvalitu barevných pšenic.

Dále byla provedena detekce nulových alel pro *waxy* geny, které ovlivňují množství a kvalitu škrobu zvyšováním poměru mezi amylózou a amylopektinem. Typický pšeničný škrob obsahuje 25–30 % amylózy. Nulové alely snižují množství amylózy, což je výhodné především pro výrobu asijských nudlí udon (Souza et al., 2002). Při porovnávání stravy obsahující škrob s vysokým podílem amylózy a s vysokým podílem amylopektinu bylo zjištěno, že inzulinová odezva u osob konzumujících škrob s vysokým podílem amylózy byla znatelně nižší (Cornell, 2012). Nulová alela byla detekována pouze v jednom lokusu u některých genotypů barevné pšenice (Štiasna et al., 2014).

Zjišťování přítomnosti alel pro puroindolin a a b ovlivňujících tvrdost obilky prokázalo přítomnost alel *Pina-D1a*, *Pinb-D1b*, *Pinb-D1a* a *Pinb-D1d*, přičemž alely *Pinb-D1b* a *Pinb-D1d* jsou typické pro evropské a severoamerické odrůdy pšenice s tvrdým zrnem (Štiasna et al., 2014).

Barvy pšenice seté a jejich geny

U nás nejběžnější varianty pšenice mají zrno červené barvy, kterou zajišťuje alespoň jedna ze tří dominantních alel *R-A1* (na chromosomu 3AL), *R-B1* (3BL) a *R-D1* (3-DL). Červená barva zrna je spojena s vyšším obsahem hořkých fenolických látek (především

taninů), nižší aktivitou hydrolytických enzymů a také lepší odolností k porůstání. Bílá barva je určena recesivními alelami *r-A1*, *r-B1* a *r-D1*, tyto pšenice jsou náchylnější k porůstání, ale mají vyšší výtěžnost mouk a tyto mouky jsou přirozeně sladší, proto mohou být vhodnější například do cukrářských výrobků (Martinek et al., 2013).

Purpurová barva zrna je způsobena geny pro purpurový perikarp *Pp*, které byly přeneseny do pšenice seté z tetraploidní pšenice *Triticum turgidum* L. subsp. *Abyssinicum*, pocházející z oblasti Etiopie. Geny pro purpurový perikarp *Pp1*, *Pp2* a *Pp3* se nachází na chromosomech 7B, 7A a 2A. U genů *Pp1* a *Pp3* byl zaznamenán komplementární efekt (Martinek et al., 2013). Tyto linie mají často drobné zrno, zato jejich odolnost vůči fuzariózám je většinou dobrá (Martinek, Vyhnánek, 2014). Je známa poměrně široká škála odrůd tohoto zbarvení, některými z nich jsou například Konini, Indigo, Purple Feed nebo Purple (Martinek, 2016).

Modrá barva je řízena geny pro modrý aleuron *Ba* a bylo zjištěno, že intenzita modrého zbarvení závisí na dávce genů pro modrý aleuron (Syed Jaafar et al., 2013). U většiny linií s modrým zrnem se vyskytuje poměrně nízká odolnost vůči fuzarióze klasů (Martinek, Vyhnánek, 2014) a je u nich také znatelný nižší výnos, který je podmíněn negativním vlivem genů spojených s geny pro modrý aleuron na části chromosomu pocházející z planě rostoucích druhů (Martinek et al., 2013). V tomto směru již probíhají výzkumy zjišťující možnost přenosu chromozomu nebo jeho ramena z barevných odrůd na odrůdy s vysokým výnosem, u některých těchto kříženců byly výsledky výnosů srovnatelné s původními kultivary s vysokými výnosy (Garg et al., 2016). Známým donorem je linie UC66049 (modrá barva pochází z křížení s *Thinopyrum ponticum*), Thatcher Blue (ze pšenice jednozrnky) nebo odrůda Scorpion (vyšlechtěna na základě *T. aestivum* var. *Tschermakianum* Mansf.), která je v současnosti velmi využívána do křížení (Martinek, 2016).

Žlutý endosperm je podmíněn geny *Psy* pro enzym fytoensyntetázu, který ovlivňuje biosyntetickou dráhu karotenoidů. Stejně jako u modrého zbarvení dochází k ovlivnění odstínu zbarvení zrna dávkou genu. Ke šlechtění jsou využívány především odrůdy Citrus a Bona Vita (Martinek, 2016).

V současné době úspěšně probíhají pokusy o křížení různých barevných linií navzájem za účelem zvýšení obsahu barevných látek. Při kombinaci genů pro modrý aleuron a purpurový perikarp bylo dosaženo velmi tmavého zbarvení, u kterého se předpokládá nejvyšší obsah antokyanů (Garg et al., 2016; Martinek, 2016).

3.2.4 Technologická jakost odrůd pšenice s barevným zrnem

Vaculová et al. (2010) hodnotili jakostní parametry souboru odrůd pšenice s netradičním zabarvením zrna. Jejich výsledky ukázaly značné rozdíly mezi jednotlivými genotypy. Všechny testované pšenice splňovaly požadavky normy na jakost pekárenské pšenice z hlediska obsahu N-látek. Také Chňapek et al. (2012) zjišťovali obsahy bílkovin zrn barevných pšenice a porovnávali je s běžnými odrůdami. Výsledkem byl vyšší průměrný obsah bílkovin u pšenice barevných (průměrně 11,88 %) oproti běžným odrůdám (11,11 %). Pokud jde o lepkové bílkoviny, ty tvořily u barevných pšenice 64,87 % až 71,63 % bílkovin, což je srovnatelné s běžnými odrůdami. Gliadinů bylo v barevných pšenicích oproti konvenčním pšenice více, gluteninů méně. Výživově významné albuminy a globuliny byly zastoupeny ve srovnatelném množství, nicméně ze zastoupení jednotlivých frakcí bílkovin vyplývá lepší nutriční kvalita u konvenčních pšenice.

Pokud jde o další technologické parametry, Vaculová et al. (2010) dále u testovaného souboru zjistili, že požadavek na objemovou hmotnost zrna byl splněn u všech vzorků kromě odrůdy Abissinskaja arrasajta. Hodnoty čísla poklesu byly poměrně vysoké, obdobně ovšem byly hodnoceny i vzorky pšenice seté v rámci monitoringu na území České republiky ze stejného sklizňového ročníku. Dle výsledků Zeleného testu vyhověly všechny vzorky kromě Abissinskaja arrasajta normě pro pekárenskou pšenici. Hodnoty Gluten indexu vykazovaly značné rozdíly, u odrůdy Abissinskaja arrasajta byl lepek hodnocen jako slabý, zatímco například Citrus nebo UC 66049 patřily mezi genotypy se silným lepem. Přesto byla mouka odrůdy Citrus hodnocena jako pekařsky slabá až střední. Další materiály vykazovaly střední až vysoké hodnoty reologických parametrů a jejich mouky mohou být posuzovány jako střední, silné až velmi silné.

Žlutozrná odrůda Citrus byla společně s odrůdou Luteus se stejně zabarvenými zrny registrována v roce 2011. Jejich výnosy byly klasifikovány jako velmi nízké, pekařská jakost byla ovšem kvalitní (kategorie A). Objem pečiva z odrůdy Citrus byl velmi vysoký, středně vysoký byl obsah N-látek, hodnota Zeleného testu, vaznost mouky, hodnota čísla poklesu i objemová hmotnost. Odrůda Luteus se vyznačovala vysokým objemem pečiva, obsahem dusíkatých látek a hodnotou Zeleného testu, dále středně vysokou vazností mouky, hodnotou čísla poklesu a objemovou hmotností (Horáková, 2011). Hrušková et al. (2012) u těchto dvou odrůd zjistili spíše průměrnou pekařskou kvalitu.

V roce 2011 byla registrována také odrůda Scorpion s modrým zrnem. Tato odrůda se vyznačovala vysokou hmotností tisíce semen s velmi nízkou objemovou hmotností (důsledek častého zasychání zrna). Byla zjištěna střední výtěžnost mouky a střední tvrdost

zrna, velmi vysoký obsah hrubých bílkovin a lepku, střední až vysoká bobtnavost lepku, velmi nízké číslo poklesu, velmi vysoká vaznost vody, nízká až velmi nízká stabilita těsta, velmi vysoká tažnost těsta a velmi nízký odpor těsta. Zpracovatelnost těsta byla spíše normální až horší se zvýšenou lepivostí těsta. Důsledkem takto nevyrovnaných technologických parametrů je problém s uplatněním odrůdy ve větších pekárenských provozech (Martinek et al., 2012).

Během pokusů na Mendelově univerzitě v Brně byly podrobně zkoumány technologické vlastnosti odrůdy Konini, která má zrna s purpurovým perikarpem. V těchto pokusech byly zaznamenány velmi dobré výsledky týkající se technologických parametrů, byla zjištěna vysoká objemová hmotnost zrna a vysoký podíl plných zrn, velmi dobrá výtěžnost mouk a poměrně kvalitní bílkovinný komplex. Výsledkem pekařského pokusu bylo pečivo s velmi dobrým vyklenutím, vysokým měrným objemem a velmi dobrými texturními vlastnostmi. Zkoumány byly také pekařské vlastnosti v závislosti na přidávku různého množství otrub. Především texturní vlastnosti, ale i vaznost mouky a měrný objem pečiva byly jejich přidávkem zhoršeny. Úprava otrub jejich dalším rozemletím měla na kvalitu pečiva pozitivní vliv, ačkoli se přidávkem otrub objem pečiva snížil, celistvost kůrky a pórovitost střídy byla hodnocena velmi dobře (Vyhnánek et al., 2015).

Také bylo provedeno porovnání pekařských vlastností odrůd pšenic s purpurovým perikarpem Konini (ročník sklizně 2013 a 2014) a Rosso a genotypů s modrým aleuronem Scorpion a UC66049. Pekařský pokus zahrnoval i varianty, kde byla část mouky nahrazena otrubami. V tomto pokusu byly zaznamenány značné rozdíly mezi hmotností a také měrným objemem hotových výrobků. Nejvyšší měrný objem byl zaznamenán u vzorku UC66049 bez přidávku otrub (291 ml/100 g), aktivita amyláz tohoto vzorku byla hodnocena jako střední, ostatní vzorky vykazovaly aktivitu amyláz nízkou. Všechny vzorky bez přidávku otrub, kromě odrůdy Rosso, ukázaly vyšší hodnotu měrného objemu pečiva než kontrolní vzorek z běžné mouky. Varianta Rosso s otrubami měla měrný objem nejnižší a bylo u této odrůdy zaznamenáno také nejnižší množství lepku v souboru. Celkově byl měrný objem pečiva přidávkem otrub snížen. Byly hodnoceny i další vlastnosti pečiva. Pokud jde o tvar či vlastnosti střídy, mezi vzorky nebyly zásadní rozdíly. Konzistence také nevykazovala extrém, byla hodnocena jako průměrná. Většina vzorků pečiva pak měla horší texturu než kontrolní vzorek. Nejpříjemnější aroma měla varianta Rosso s otrubami, naopak aroma vzorků genotypu UC 66049 bylo hodnoceno negativně – jako houbové. Zrno této odrůdy mělo obecně horší kvalitu, jednalo se o zrno s nejnižším měrným objemem a HTS ze všech vzorků. Celkově byly nejlépe hodnoceny po sensorické stránce tyto varianty: pečivo

obsahující pouze mouku odrůdy Konini, pečivo s moukou a otrubami odrůdy Rosso a pečivo s moukou a otrubami odrůdy Scorpion (Janečková et al., 2015).

Podobně byla zjišťována kvalita pečiva z hladké mouky z běžně pěstované odrůdy Mulan s přidavkem otrub odrůdy Rosso s purpurovým perikarpem a s otrubami z odrůdy Scorpion s modrým aleuronem. Některé technologické parametry byly přidavkem otrub v jistých ohledech zhoršeny, ale například na tvar výrobku měl přídavek otrub pozitivní vliv a stejně tak na sensorické hodnocení pečiva (Kučerová et al., 2014).

Pasqualone et al. (2015) uvádějí, že kvalita sušenek z celozrnné mouky z pšenice s purpurovým zrnem *Triticum turgidum* ssp. *durum* byla mírně horší oproti sušenkám z konvenční tvrdé pšenice, zato tyto sušenky vykazovaly větší podíl celkových antokyanů, fenolických látek a antioxidační aktivitu. Kvalitativní charakteristiky této tvrdé purpurové a konvenční tvrdé pšenice byly srovnatelné, jen gluten index byl vyšší u pšenice purpurové.

4 MATERIÁL A METODY

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit mlynářskou a pekařskou jakost souboru genotypů ozimé pšenice s barevným zrnem, porovnat je s klasickou odrůdou pšenice ozimé a na základě získaných informací posoudit možnosti využití pšenice s barevným zrnem k potravinářským účelům.

4.1 Základní údaje o pokusech

Soubor vzorků zrna vybraných genotypů ozimé pšenice s barevným zrnem a kontrolní odrůdy ozimé pšenice Annie pocházel z přesného polního maloparcelkového pokusu, který probíhal na pokusných pozemcích výzkumné stanice Katedry rostlinné výroby v Praze – Uhřetěvesi v experimentálním ročníku 2015/2016. Do pokusu bylo zařazeno 5 genotypů ozimé pšenice s barevným zrnem, jako kontrola byla použita běžná odrůda ozimé pšenice Annie. Pokus byl veden v ekologickém i konvenčním způsobu pěstování.

Soubor všech 6 genotypů (5 barevných + kontrola) byl na ekologické i konvenční pokusné ploše veden v tzv. základní intenzitě; zúžený soubor 3 barevných genotypů + kontrola byl současně jak v ekologickém, tak i konvenčním způsobu pěstování veden i ve intenzitě zvýšené.

4.1.1 Základní údaje o agrotechnice pokusu na ekologické pokusné ploše

Základní intenzita

Předplodinou byla peluška jarní. Použitý výsevek 400 klíčivých obilek na m². V průběhu vegetace (odnožování – sloupkování) bylo 3x použito vláčení porostu plecími branami.

Zvýšená intenzita

Shodný postup jako při intenzitě základní; navíc byla v průběhu vegetace (sloupkování) provedena aplikace botanického fungicidu proti listovým chorobám.

4.1.2 Základní údaje o agrotechnice pokusu na konvenční pokusné ploše

Základní intenzita

Předplodinou byla rovněž peluška jarní. Použitý výsevek 400 klíčivých obilek na m². Celková dávka dusíku 100 kg N.ha⁻¹, rozdělená do dávky regenerační a produkční. V průběhu vegetace byla provedena herbicidní ochrana.

Zvýšená intenzita

Shodný postup jako při intenzitě základní. Navíc byla použita fungicidní ochrana proti listovým chorobám a celková dávka dusíku byla navýšena o 50 kg N.ha⁻¹.

4.2 Stručná charakteristika hodnocených genotypů

Annie

Středně raná elitní (E) odrůda. Rostliny středně vysoké, středně odolné až odolné proti poléhání. Zrno velké. Výnos zrna v závislosti na oblasti a způsobu pěstování středně vysoký až velmi nízký. Velmi vysoký objem pečiva, obsah N-látek velmi vysoký, hodnota Zelenyho testu vysoká, vaznost mouky velmi vysoká, hodnota čísla poklesu velmi vysoká, objemová hmotnost vysoká až velmi vysoká. Registrace v ČR v roce 2014.

Citrus

Pozdní až velmi pozdní pekařsky kvalitní (A) odrůda s vysokým obsahem žlutého pigmentu. Rostliny vysoké, náchylné k poléhání. Zrno malé až velmi malé. Výnos velmi nízký. Velmi vysoký objem pečiva, středně vysoký obsah N-látek, hodnota Zelenyho testu středně vysoká, vaznost mouky středně vysoká, hodnota čísla poklesu středně vysoká, objemová hmotnost středně vysoká. Registrace v ČR v roce 2011.

PS Karkulka

Odrůda s vysokým obsahem antokyanů v perikarpu zrna. Je středně raná, středně vysoká, středně odolná k vyzimování a méně odolná k poléhání. Zrno drobné. Velmi vysoký obsah N-látek a lepku, vysoké a stabilní číslo poklesu, vysoká vaznost mouky. Registrace na Slovensku v roce 2014.

Scorpion

Středně pozdní až pozdní odrůda s kvalitou na úrovni B (chlebová pšenice), má modré zbarvení zrna díky vysokému obsahu antokyanů v aleuronové vrstvě. Střední délka stébla. Vysoká HTS, vysoký obsah bílkovin, vysoký Zelenyho test, vysoká vaznost mouky, nízká objemová hmotnost zrna, nízká stabilita těsta a střední objem pečiva. Vyžaduje ošetření proti poléhání a houbovým chorobám. Registrace v Rakousku v roce 2011.

KM 53-14

Novošlechtění s modrým zbarvením zrna. Zdroj: Agrotest Fyto, s.r.o.

KM 178-14

Novošlechtění s purpurovým zbarvením zrna. Zdroj: Agrotest Fyto, s.r.o.

4.3 Hodnocení ukazatelů technologické jakosti

Po sklizni přesných polních pokusů na VS Praha-Uhřetěves byly odebrány vzorky zrna pro jakostní hodnocení, které probíhalo v laboratořích na FAPPZ. Pro hodnocení mlynářské a pekařské jakosti testovaných vzorků byly použity následující metody.

4.3.1 Stanovení základních jakostních charakteristik zrna pšenice

Objemová hmotnost

Analýza vzorku: dle ČSN ISO 7971

Nástroj: obilní zkoušeč

Stanovená hodnota: objemová hmotnost zrna ($\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$)

Ke stanovení obsahu N-látek v sušině zrna, obsahu mokrého lepku v sušině zrna a čísla poklesu byl použit šrot získaný semletím vzorku zrna na šrotovníku PSY MP 40 se sítkem s otvory o průměru 0,8 mm; ke stanovení sedimentačního indexu – Zelenyho testu byla použita mouka získaná semletím zrna na speciálním mlýnku FQC pro Zelenyho test.

Obsah N-látek

Analýza vzorku: dle ČSN ISO 1871

Přístroj: Foss-tecator, 2200 Kjeltec

Stanovená hodnota: obsah N-látek v sušině zrna (%)

Obsah mokrého lepku

Analýza vzorku: dle ČSN ISO 5531

Přístroj: Glutomatic 2200

Stanovená hodnota: obsah mokrého lepku v sušině zrna (%); současně byl stanoven Gluten Index (%)

Sedimentační index – Zelenyho test

Analýza vzorku: dle ČSN ISO 5529

Přístroj: seditester

Stanovená hodnota: Sedimentační index – Zelenyho test (ml)

Číslo poklesu

Analýza: dle ČSN ISO 3093

Přístroj: Falling number 1400

Stanovená hodnota: číslo poklesu (s)

4.3.2 Mlecí pokus

Příprava vzorku: přečištění zrna, loupání, nakropení

Vlastní mletí: laboratorní mlýn Bühler (typ MLU-202)

Stanovené hodnoty: výtěžnost šrotových mouk, vymílacích mouk, celková výtěžnost mouk, výtěžnost jemných otrub a výtěžnost hrubých otrub (%)

4.3.3 Reologické hodnocení na farinografu

Analýza: dle ČSN ISO 5530-1

Přístroj: farinograf Brabender

Stanovené hodnoty: vaznost mouky (%), doba vývinu těsta (min.), doba stability těsta (min.), pokles konzistence (FJ – farinografické jednotky)

4.3.4 Pekařský pokus

Analýza: dle interního předpisu převzatého z bývalého VÚMPP

receptura: 300 g mouky, 12 g droždí, 3 g tuku, 4,5 g cukru, 5,1 g soli, 1,5 g diasty

Stanovené hodnoty: měrný objem pečiva (ml / 100 g mouky), poměr výšky a šířky pečiva, senzorické vlastnosti pečiva

5 VÝSLEDKY

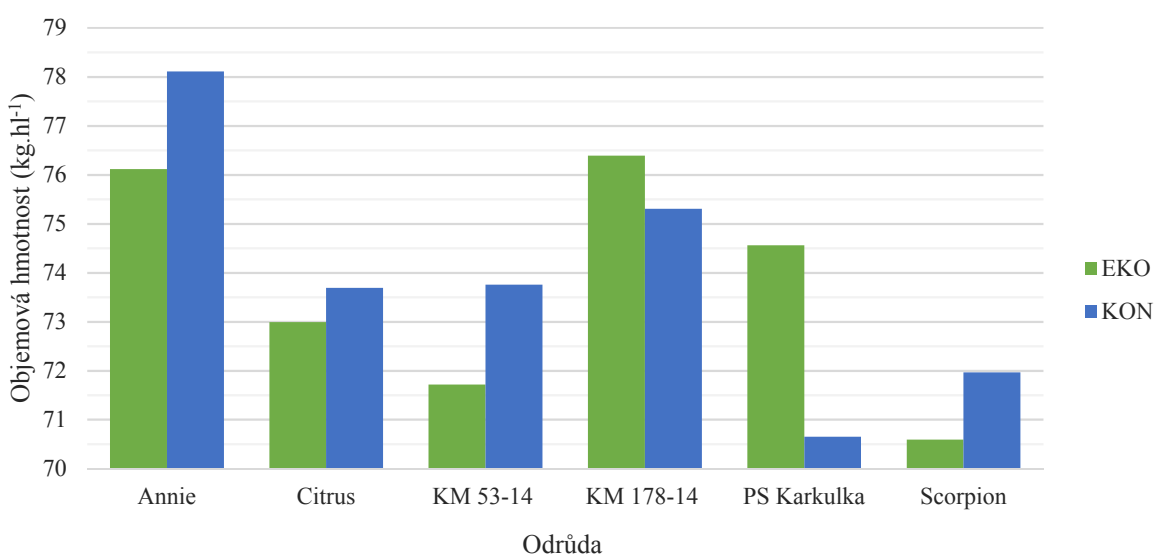
5.1 Hodnocení základních jakostních ukazatelů zrna

U souboru testovaných genotypů ozimé pšenice s barevným zrnem a kontrolní odrůdy Annie byly hodnoceny základní ukazatele technologické kvality zrna. Těmito ukazateli byla objemová hmotnost zrna, obsah dusíkatých látek v sušině zrna, obsah mokrého lepku v sušině zrna, Gluten Index, sedimentačního index – Zelenyho test a číslo poklesu.

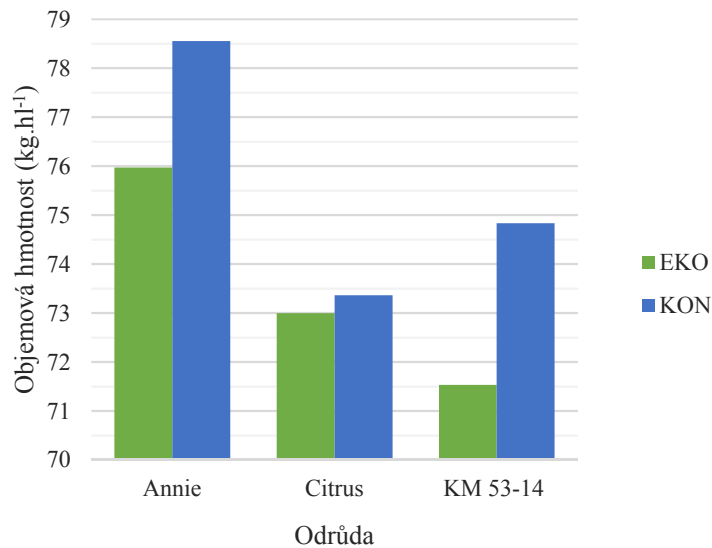
5.1.1 Objemová hmotnost zrna

Výsledky hodnocení objemové hmotnosti zrna sledovaných genotypů ozimé pšenice ze základní a zvýšené intenzity ekologického a konvenčního způsobu pěstování uvádí grafy č. 1 a 2. Potravinářská pšenice by měla mít objemovou hmotnost minimálně 76 kg.hl⁻¹. V testovaném souboru tento požadavek splňovaly pouze dva genotypy – Annie a nšl. KM 178-14. Kontrolní odrůda Annie daný požadavek splnila v obou způsobech pěstování, v základní i zvýšené intenzitě (OH od 76,0 kg.hl⁻¹ do 78,6 kg.hl⁻¹); vyšší OH dosáhla v konvenčním způsobu pěstování, a to ve zvýšené intenzitě. V případě genotypů s barevným zrnem byl vliv způsobu pěstování na OH nejednoznačný; genotypy KM 178-14 a PS Karkulka dosáhly vyšší OH v ekologickém způsobu pěstování, zbývající genotypy v konvenčním – patrně se zde negativně projevilo intenzivní polehnutí porostu, ke kterému došlo u všech genotypů pšenice s barevným zrnem, nejvíce však právě u genotypů KM 178-14 a PS Karkulka.

Graf č. 1: Hodnocení objemové hmotnosti zrna vzorků z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě



Graf č. 2: Hodnocení objemové hmotnosti zrna vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě



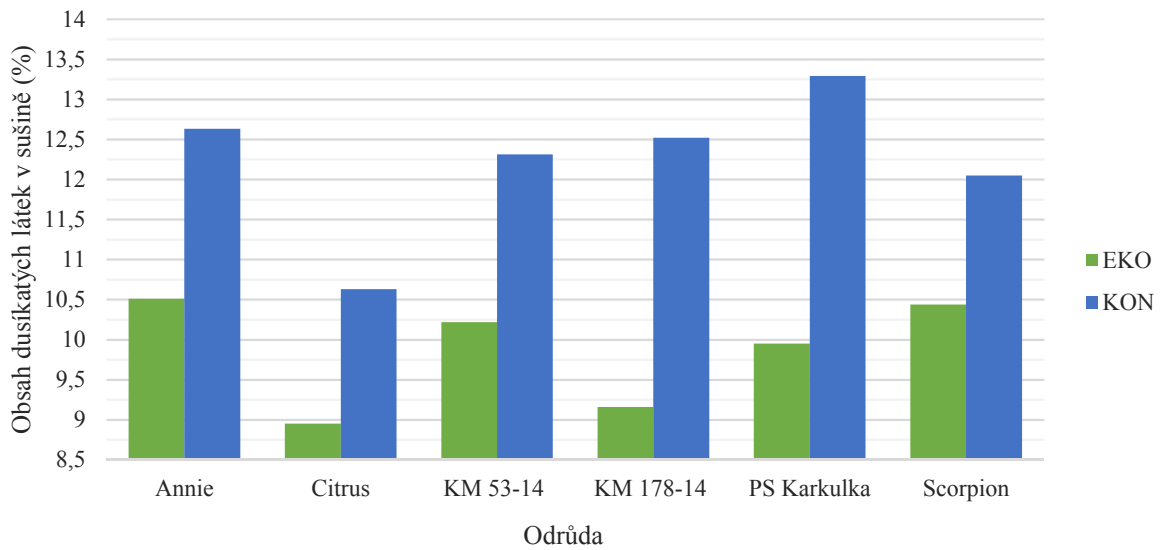
Nšl. KM 178-14 pěstované ekologickým způsobem překonalo jako jediné z barevných pšeníc požadovaný limit OH pro pšenici potravinářskou a dosáhlo OH 76,4 kg.hl⁻¹. Celkově nejnižší hodnoty objemové hmotnosti dosáhla odrůda Scorpion pěstovaná ekologickým způsobem (70,6 kg.hl⁻¹) a PS Karkulka v konvenčním pěstování (70,7 kg.hl⁻¹).

5.1.2 Obsah N-látek v sušině zrna

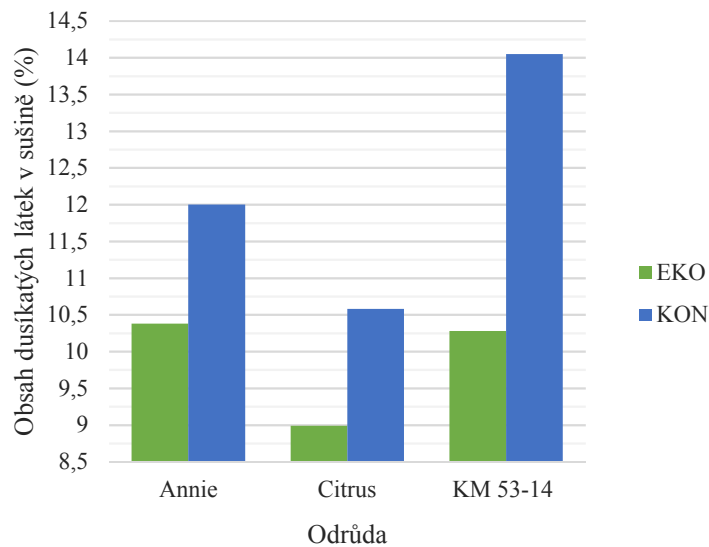
Výsledky hodnocení obsahu N-látek v sušině zrna jsou uvedeny v grafech č. 3 a 4. Je z nich patrné, že v základní i zvýšené intenzitě pěstování dosahovaly vyšších hodnot obsahu N-látek v sušině zrna genotypy pěstované konvenčním způsobem oproti genotypům z ekologického pěstování. Průměrný obsah N-látek u genotypů konvenčně pěstovaných byl 12,2 %, u ekologicky pěstovaných 9,9 %. Mezi hodnotami základní a zvýšené intenzity pěstování nebyly zjištěny výraznější rozdíly, s výjimkou nšl. KM 53-14, které ve zvýšené intenzitě konvenčního způsobu pěstování dosáhlo obsahu N-látek v sušině zrna 14,05 %, tedy o cca 1,5 % vyššího oproti intenzitě základní.

Nadprůměrného obsahu N-látek v sušině zrna dosáhla i odrůda PS Karkulka z konvenčního způsobu pěstování (13,29 %). V konvenčním způsobu pěstování jak v základní, tak i zvýšené intenzitě všechny genotypy kromě Citrusu splnily min. požadavek na obsah N-látek v sušině zrna pšenice potravinářské – pekárenské (11,5 %), v ekologickém způsobu pěstování tento limit nesplnil ani jeden z hodnocených genotypů. Celkově nejnižší hodnota obsahu N-látek v sušině zrna byla zaznamenána u odrůdy Citrus pěstované v základní intenzitě ekologickým způsobem (8,95 %).

Graf č. 3: Obsah N-látek v sušině zrna hodnocených vzorků z ekologického a konvenčního způsobu pěstování v základní intenzitě



Graf č. 4: Obsah N-látek v sušině zrna hodnocených vzorků z ekologického a konvenčního způsobu pěstování ve zvýšené intenzitě

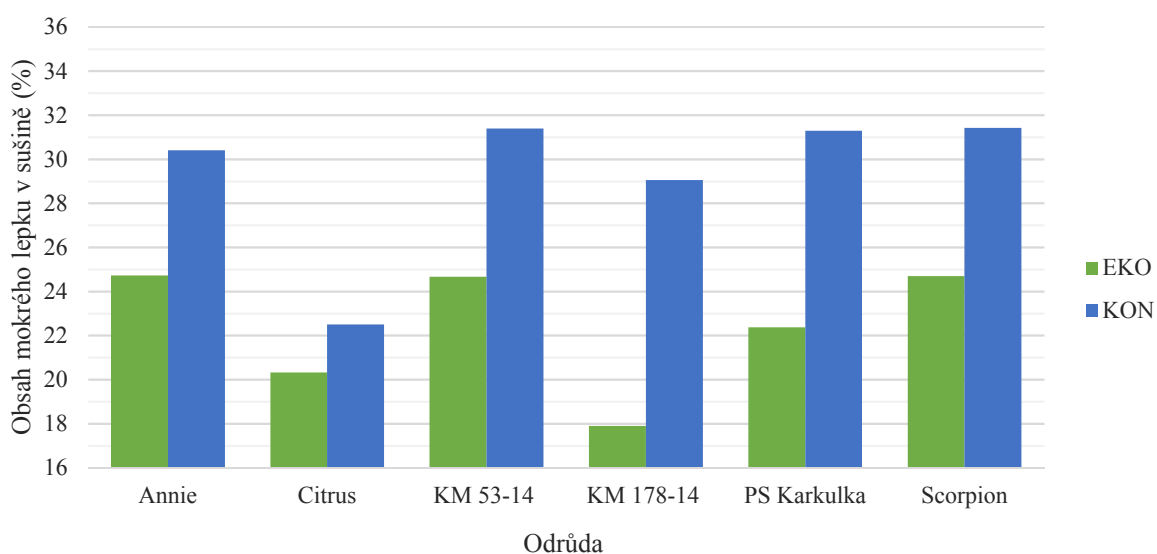


5.1.3 Obsah mokrého lepku v sušině zrna

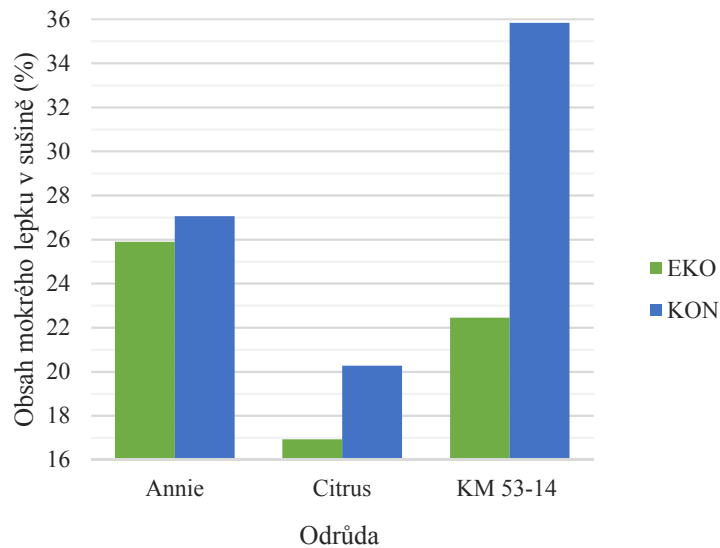
Výsledky hodnocení obsahu mokrého lepku v sušině zrna jsou uvedeny v grafech č. 5 a 6. Stejně jako v obsahu N-látek, i v obsahu mokrého lepku v sušině zrna byly zaznamenány poměrně výrazné rozdíly jak mezi hodnocenými genotypy, tak i mezi způsobem, resp. intenzitou pěstování. Průměrný obsah mokrého lepku v sušině zrna u ekologicky pěstované pšenice byl 22,2 %, u konvenčně pěstované pak 28,8 %. Zatímco v konvenčním

způsobu pěstování dosahovaly genotypy pšenice s barevným zrnem obdobným hodnot obsahu mokrého lepku v sušině zrna jako kontrolní pšenice setá, v ekologickém způsobu pěstování byl u nich v některých případech, např. u genotypů KM 178-14 či PS Karkulka obsah mokrého lepku znatelně nižší. Celkově nejvyššího obsahu mokrého lepku v sušině zrna dosáhly v konvenčním způsobu pěstování genotypy PS Karkulka, Scorpion a KM 53-14, v ekologickém způsobu pěstování to byla kontrolní odrůda Annie a dále genotypy barevných pšenic KM 53-14 a Scorpion. Z hodnocení obsahu mokrého lepku v sušině zrna ve zvýšené intenzitě pěstování (graf 6) je patrné, že v některých případech (konvenčně pěstovaná odrůda Annie a Citrus z ekologického i konvenčního systému) měla zvýšená intenzita pěstování mírně negativní dopad. Výjimku tvořilo nšl. KM 53-14, které vykazovalo ve zvýšené intenzitě konvenčního způsobu pěstování znatelně vyššího obsahu mokrého lepku v sušině zrna ve srovnání s intenzitou základní.

Graf č. 5: Hodnocení obsahu mokrého lepku v sušině zrna vzorků z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě



Graf č. 6: Hodnocení obsahu mokrého lepku v sušině zrna vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě

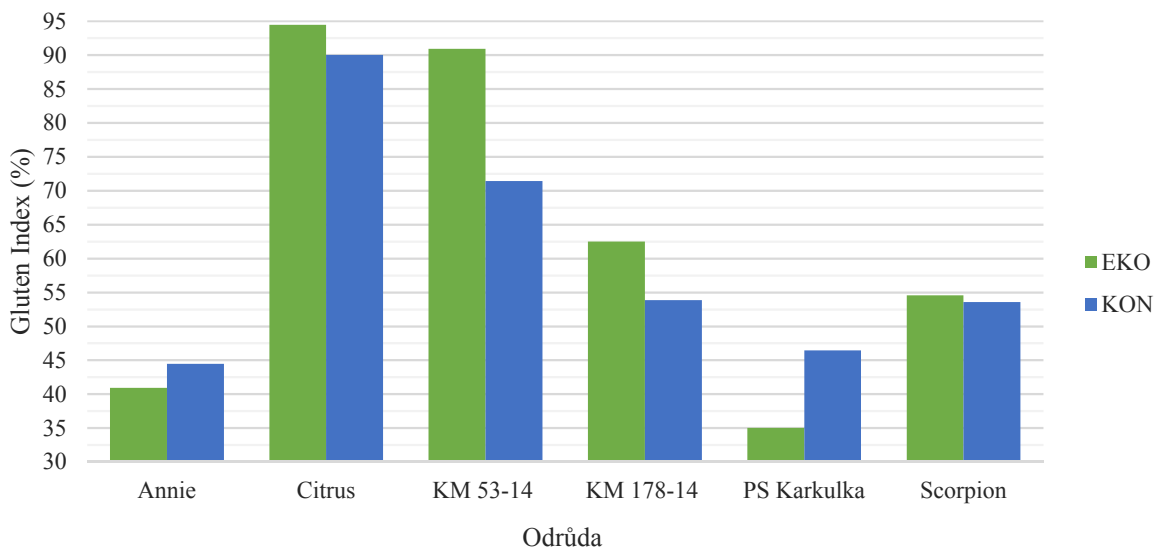


5.1.4 Gluten Index

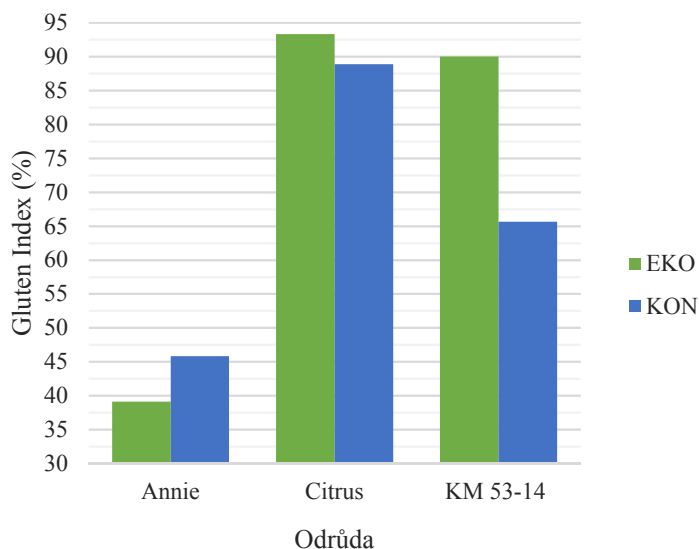
Souběžně s obsahem mokrého lepku byl stanoven i Gluten Index. Výsledky jsou uvedeny v grafech č. 7 a 8. Je z nich patrné, že v hodnotách Gluten Indexu byly v rámci testovaného souboru genotypů zjištěny značné rozdíly. Velmi vysoké hodnoty byly zjištěny u ekologicky pěstovaných vzorků odrůdy Citrus (94,4 % v základní a 93,3 % ve zvýšené intenzitě). V konvenčním pěstování dosáhla tato odrůda GI 90 % v základní a 88,9 % ve zvýšené intenzitě, podobně jako KM 53-14 v ekologickém pěstování 90,9 % v základní a 90,0 % ve zvýšené intenzitě. Ostatní hodnocené genotypy dosahovaly podstatně nižších hodnot Gluten Indexu – nejnižší hodnotu vykazala odrůda PS Karkulka v ekologickém pěstování (35 %), poměrně nízkých hodnot dosáhla rovněž kontrolní odrůda Annie (od 39,1 % do 45,8 %).

Jak již bylo uvedeno, rozdíly v hodnotách GI mezi jednotlivými hodnocenými genotypy byly značné, rozdíly mezi oběma způsoby, resp. intenzitami pěstování byly menší. Kromě nšl. KM 53-14, které dosáhlo vysokých hodnot GI především v ekologickém způsobu pěstování, se ostatním vzorkům vymykala odrůda Citrus, která v ekologickém i konvenčním způsobu pěstování dosáhla hodnot GI nejvyšších, na úrovni 90 – 95 %. K tomuto efektu občas dochází u odrůd s velmi nízkým obsahem mokrého lepku; pokud se tento podaří vyprat, bývá mimořádně pevný a při odstředování prakticky neprochází na druhou stranu sítky.

Graf č. 7: Hodnoty Gluten Indexu vzorků z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě



Graf č. 8: Hodnoty Gluten Indexu vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě



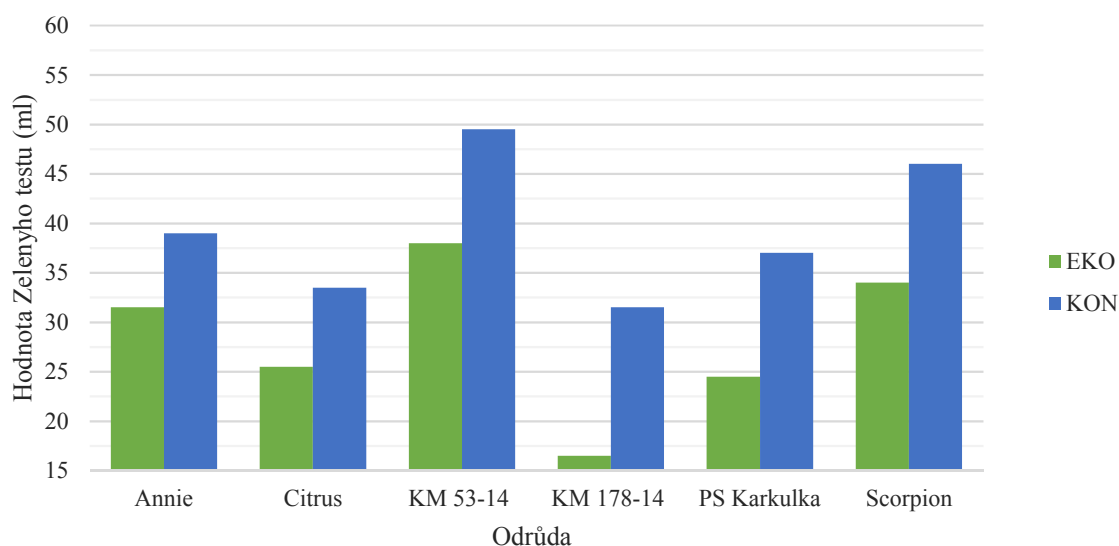
5.1.5 Sedimentační index – Zelenýho test

Výsledky hodnocení Zeleného testu jsou uvedeny v grafech č. 9 a 10. Zelenýho test patří k jakostním ukazatelům, které informují o kvalitě bílkovinného komplexu pšenice z pohledu vhodnosti k pekárenskému zpracování velmi objektivně a mají značnou vypovídací schopnost. Z našich výsledků je patrné, že v testovaném souboru byly zjištěny poměrně výrazné rozdíly v hodnotách Zeleného testu mezi ekologicky a konvenčně pěstovanými vzorky, rozdíly byly zřejmé i mezi jednotlivými genotypy. Průměrná hodnota Zeleného testu u ekologicky pěstovaných genotypů činila 29,6 ml, u konvenčně pěstovaných pak 40,7 ml.

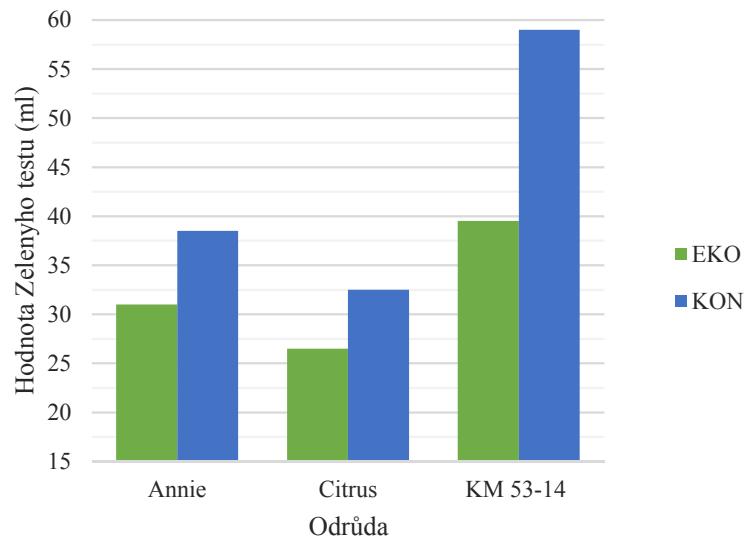
Pro pšenici potravinářskou – pekářenskou je stanovena minimální hodnota Zeleného testu 30 ml. Toto kritérium splnily z ekologického systému pouze genotypy Annie a nšl. KM 53-14 (v základní i zvýšené intenzitě) a dále odrůda Scorpion; genotypy z konvenčního způsobu pěstování by dané kritérium splnily všechny.

Nejvyšších hodnot Zeleného testu z daného souboru dosáhlo nšl. KM 53-14, a to jak v konvenčním způsobu pěstování (59,0 ml ve zvýšené intenzitě a 49,5 ml v základní intenzitě), tak i v ekologické variantě (v základní intenzitě 38,0 ml, ve zvýšené 39,5 ml). Druhého nejlepšího výsledku dosáhla odrůda Scorpion (38,5 ml v konvenčním a 34,0 ml v ekologickém způsobu pěstování). Až na třetím místě se umístila kontrolní odrůda Annie. Naopak nejnižší hodnota Zeleného testu byla zaznamenána u nšl. KM 178-14 z ekologického způsobu pěstování (16,5 ml) i z konvenčního způsobu pěstování (31,5 ml).

Graf č. 9: Hodnoty Zeleného testu vzorků z ekologického a konvenčního způsobu pěstování v základní intenzitě



Graf č. 10: Hodnoty Zeleného testu vzorků z ekologického a konvenčního způsobu pěstování ve zvýšené intenzitě

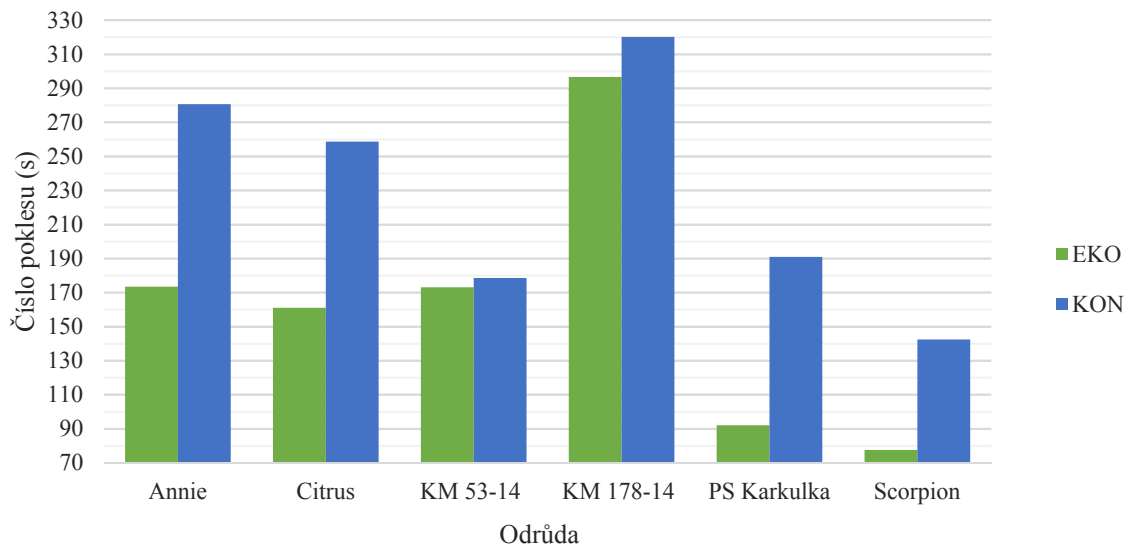


5.1.6 Číslo poklesu

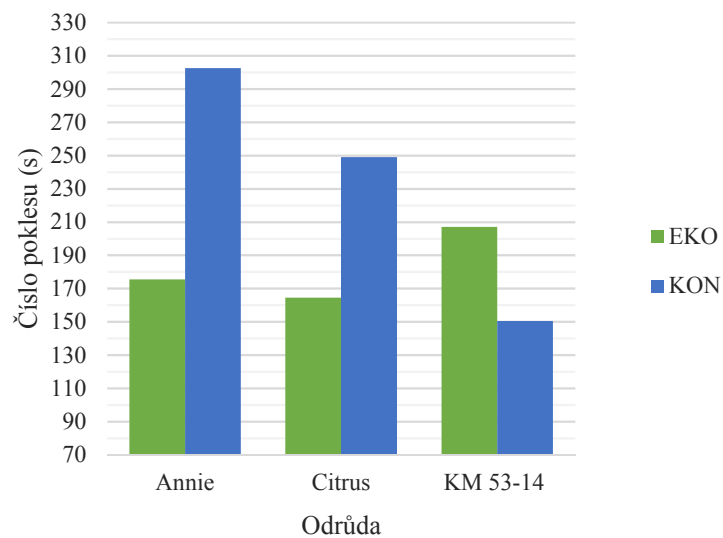
Číslo poklesu je posledním z hodnocených základních jakostních ukazatelů zrna. Jeho hodnota pro potravinářskou pšenici by neměla klesnout pod 220 s. Z grafů č. 11 a 12 je však patrné, že v hodnotách čísla poklesu existovaly poměrně výrazné rozdíly jak mezi jednotlivými genotypy, tak i mezi způsoby, resp. intenzitami pěstování a požadované min. hodnoty čísla poklesu dosáhly jen některé vzorky. Patřilo k nim nšl. KM 178-14 v ekologické i konvenční variantě (toto nšl. dosáhlo celkově nejvyššího čísla poklesu z hodnoceného souboru vzorků); dále pak odrůdy Annie a Citrus z konvenčního způsobu pěstování v základní i zvýšené intenzitě. Naopak nejnižšího čísla poklesu z celého testovaného souboru dosáhly ekologicky pěstované odrůdy Scorpion (78 s) a PS Karkulka (92 s).

V konvenčním způsobu pěstování dosahovaly hodnocené genotypy zpravidla znatelně vyšších hodnot čísla poklesu ve srovnání s ekologickým. Pouze nšl. KM 53-14 mělo v základní intenzitě konvenčního i ekologického způsobu pěstování číslo poklesu srovnatelné a ve zvýšené intenzitě pěstování v ekologickém systému dokonce vyšší ve srovnání s konvenčním.

Graf č. 11: Hodnocení čísla poklesu vzorků z ekologického a konvenčního způsobu pěstování v základní intenzitě



Graf č. 12: Hodnocení čísla poklesu vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě



5.2 Výsledky mlecího pokusu

Další částí hodnocení technologické jakosti souboru genotypů pšenice s barevným zrnem bylo provedení mlecího pokusu na laboratorním mlýnu Bühler a stanovení výtěžnosti laboratorně vyrobených mouk a otrub. Výsledky mlecího pokusu jsou uvedeny v tab. č. 2 a 3.

5.2.1 Výtěžnost šrotových mouk

V průměru byla vyšší výtěžnost šrotových mouk zaznamenána u ekologicky pěstovaných genotypů (25,3 %), než u genotypů pěstovaných konvenčním způsobem (21,6 %). Ve zvýšené intenzitě pěstování (ekologické i konvenční) byla ve srovnání s intenzitou základní výtěžnost šrotových mouk zpravidla srovnatelná či mírně vyšší. Nejvyšší výtěžnost šrotových mouk byla zjištěna u odrůdy Citrus v ekologickém způsobu pěstování (v základní intenzitě 29,2 %, ve zvýšené 30,2 %), naopak nejnižší výtěžnost šrotových mouk měly konvenčně pěstované genotypy KM 178-14 (16,0 %) a PS Karkulka (17,3 %).

5.2.2 Výtěžnost vymílacích mouk

V průměru byly zjištěné hodnoty výtěžnosti vymílacích mouk vyšší u konvenčně pěstovaných genotypů (52,3 %), než u genotypů z ekologického způsobu pěstování (45,0 %). Nejvyšší výtěžnosti vymílacích mouk dosáhlo nšl. KM 53-14 ve zvýšené intenzitě konvenčního způsobu pěstování (55,3 %), druhou nejvyšší výtěžnost vymílacích mouk měla konvenčně pěstovaná odrůda PS Karkulka. Nejnižší výtěžnost vymílacích mouk byla zaznamenána u ekologicky pěstovaného nšl. KM 178-14 (40,4 %).

5.2.3 Celková výtěžnost mouk

Průměrná hodnota celkové výtěžnosti mouk testovaného souboru činila 72,1 %. Konvenčně pěstované genotypy vykázaly v průměru vyšší celkovou výtěžnost mouk (73,9 %), než vzorky pěstované ekologicky (70,4 %). Nejvyšší celkové výtěžnosti mouk dosáhlo nšl. KM 53-14 z konvenčního způsobu pěstování (v základní intenzitě 76,2 %, ve zvýšené 75,7 %), podobného výsledku dosáhla rovněž konvenčně pěstovaná odrůda Citrus v základní intenzitě (76,1 %). Nejnižší celkovou výtěžnost mouk vykázalo ekologicky pěstované nšl. KM 178-14 (62,8 %).

Tabulka č. 2: Výtěžnost šrotových mouk, vymílacích mouk, celková výtěžnost mouk, výtěžnost hrubých a jemných otrub hodnocených vzorků z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě

odrůda	Annie		Citrus		KM 53-14		KM 178-14		PS Karkulka		Scorpion	
	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON
způsob pěstování	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON
šrotové mouky (%)	22,8	21,7	29,2	24,8	25,2	22,6	22,4	16,0	23,1	17,3	25,7	24,1
vymílací mouky (%)	45,7	52,1	44,5	51,3	47,0	53,6	40,4	50,7	44,0	54,4	47,6	51,3
mouky celkem (%)	68,5	73,8	73,7	76,1	72,2	76,2	62,8	66,7	67,1	71,7	73,3	75,4
hrubé otruby (%)	21,9	20,6	21,0	21,4	21,0	18,4	25,0	22,0	26,2	20,5	21,4	19,6
jemné otruby (%)	8,3	7,7	5,0	3,9	6,4	5,5	8,9	11,4	8,3	7,4	5,7	4,5

Tabulka č. 3: Výtěžnost šrotových mouk, vymílacích mouk, celková výtěžnost mouk, výtěžnost hrubých a jemných otrub hodnocených vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě

odrůda	Annie		Citrus		KM 53-14	
	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON
způsob pěstování	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON
šrotové mouky (%)	23,5	22,7	30,2	24,7	26	20,4
vymílací mouky (%)	45,5	51,8	43,8	50,2	46,8	55,3
mouky celkem (%)	69,0	74,5	74,0	74,9	72,8	75,7
hrubé otruby (%)	23,4	19,3	22,5	19,7	21,9	17,8
jemné otruby (%)	10,2	5,4	4,9	4,7	6,8	5,8

5.2.4 Výtěžnost hrubých otrub

Vyšší výtěžnost hrubých otrub byla v průměru zjištěna u genotypů pěstovaných ekologickým způsobem (22,7 %), genotypy z konvenčního způsobu pěstování dosáhly výtěžnosti hrubých otrub v průměru nižší (19,9 %). Nejvyšší výtěžnost hrubých otrub byla zaznamenána u ekologicky pěstovaného nšl. KM 178-14 (25,0 %) a odrůdy PS Karkulka (26,2 %); nejnižší naopak u konvenčně pěstovaného nšl. KM 53-14 (v základní intenzitě 18,4 %, ve zvýšené 17,8 %).

5.2.5 Výtěžnost jemných otrub

Stejně jako průměrná výtěžnost hrubých otrub, i průměrná výtěžnost otrub jemných byla vyšší u genotypů pěstovaných ekologickým způsobem (7,7 %) oproti genotypům z pěstování konvenčního (6,6 %). Nejvyšších hodnot výtěžnosti jemných otrub dosáhlo nšl. KM 178-14 z konvenčního pěstování (11,4 %) a kontrolní odrůda Annie z ekologického pěstování ve zvýšené intenzitě (10,2 %); nejnižší výtěžnost jemných otrub vykázala odrůda Citrus z konvenčního způsobu pěstování (3,9 % v základní intenzitě a 4,7 % v intenzitě zvýšené) a také odrůda Scorpion pěstovaná konvenčně (4,5 %).

5.3 Farinografické hodnocení

V následující části hodnocení technologické jakosti genotypů pšenice s barevným zrnem jsme se věnovali stanovení reologických vlastností na farinografu. Sledovanými charakteristikami byla vaznost mouky, doba vývinu těsta, doba stability těsta a pokles konzistence těsta.

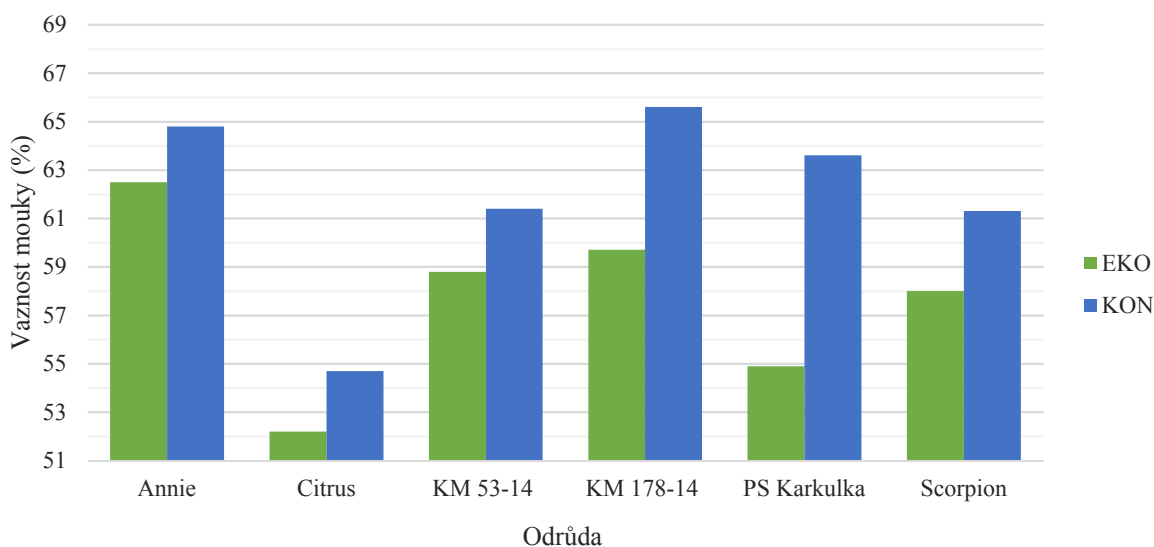
5.3.1 Vaznost mouky

Hodnoty vaznosti mouky testovaného souboru genotypů pšenice jsou uvedeny v grafech č. 13 a 14. V průměru byly zaznamenány vyšší hodnoty vaznosti u genotypů z konvenčního způsobu pěstování oproti ekologickému způsobu. Konvenčně pěstované genotypy dosáhly v průměru vaznosti 61,8 %, genotypy z ekologického pěstování 57,4 %. Ve zvýšené intenzitě (zejména v konvenčním způsobu pěstování) dosáhly hodnocené genotypy zpravidla mírně vyšší vaznosti než v intenzitě základní.

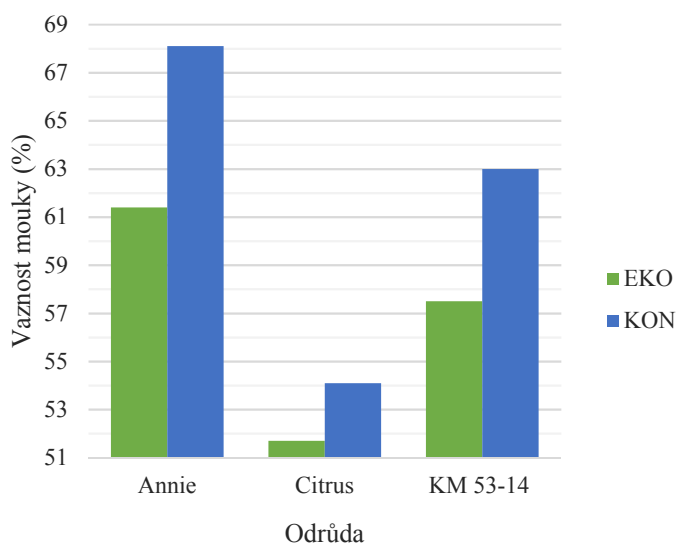
Celkově nejvyšší vaznost mouky byla zjištěna u kontrolní odrůdy Annie (68,1 % ve zvýšené intenzitě konvenčního pěstování); tato odrůda dosáhla též nejvyšší vaznosti i v ekologickém způsobu pěstování. Z genotypů pšenice s barevným zrnem dosáhlo nejvyšší

vaznosti nšl. KM 178-14 pěstované konvenčním způsobem (65,6 %). Nejnižší vaznost byla naproti tomu zaznamenána u odrůdy Citrus, a to jak v ekologickém, tak i konvenčním způsobu pěstování, při základní i zvýšené intenzitě (od 51,7 % - ekologický způsob, zvýšená intenzita, do 54,7 % - konvenční způsob, základní intenzita).

Graf č. 13: Hodnocení vaznosti mouky vzorků z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě



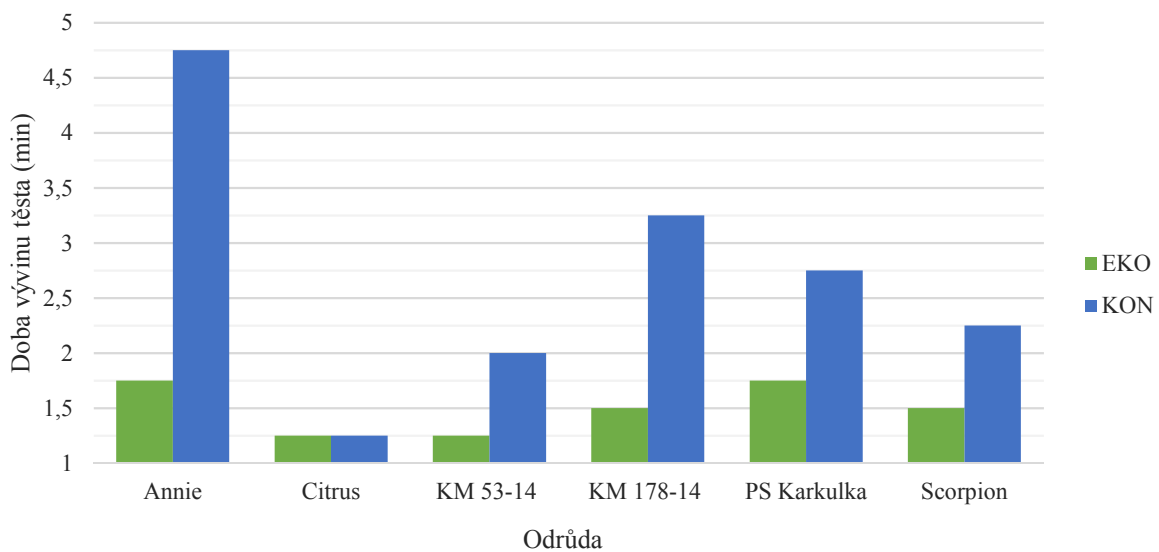
Graf č. 14: Hodnocení vaznosti mouky vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě



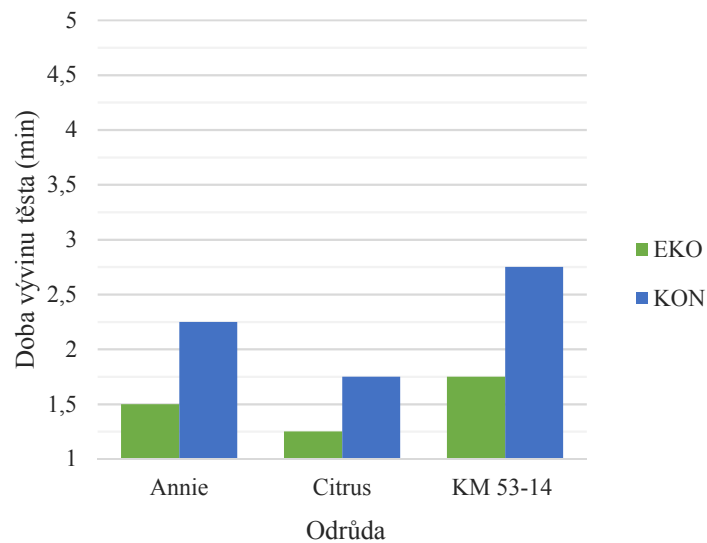
5.3.2 Doba vývinu těsta

Výsledky hodnocení doby vývinu těsta udávají grafy č. 15 a 16. Z výsledků je patrné, že u genotypů pěstovaných ekologickým způsobem nebyly zaznamenány v hodnotách doby vývinu těsta větší rozdíly ani mezi jednotlivými genotypy, ani mezi základní a zvýšenou intenzitou pěstování – doba vývinu těsta se u ekologicky pěstovaných genotypů pohybovala mezi 1,25 min (Citrus v obou intenzitách, KM 53-14 v základní intenzitě) a 1,75 min (Annie a PS Karkulka v základní intenzitě a KM 53-14 ve zvýšené intenzitě). Z konvenčně pěstovaných genotypů se ostatním vymykala kontrolní odrůda Annie, která dosáhla v základní intenzitě celkově nejvyšší doby vývinu těsta (4,75 min), ve zvýšené intenzitě však vykázala dobu vývinu těsta cca poloviční (2,25 min). Nejnižší dobu vývinu těsta i v konvenčním způsobu pěstování, v základní i zvýšené intenzitě vykázala opět odrůda Citrus.

Graf č. 15: Hodnocení doby vývinu těsta vzorků z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě



Graf č. 16: Hodnocení doby vývinu těsta vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě

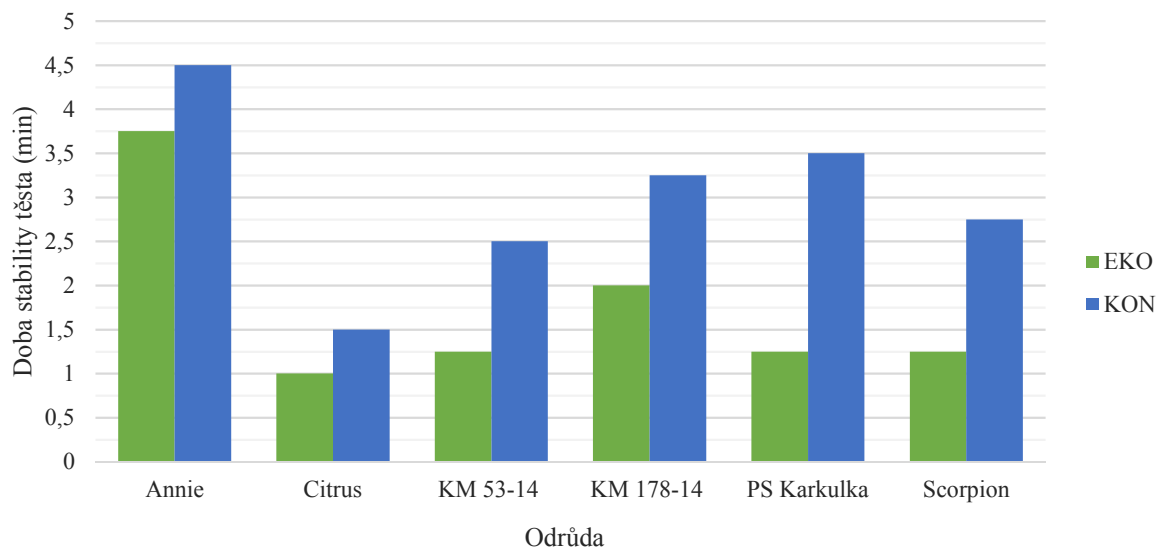


5.3.3 Doba stability těsta

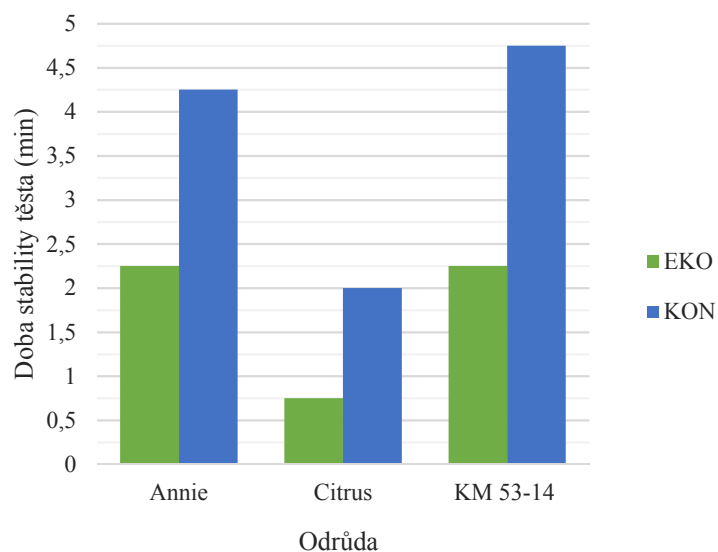
Výsledky hodnocení doby stability těsta jsou uvedeny v grafech č. 17 a 18. U genotypů pěstovaných konvenčním způsobem byla zaznamenána delší doba stability těsta (v průměru 3,20 min) ve srovnání s průměrnou dobou stability těsta genotypů z ekologického způsobu pěstování (1,75 min). Zvýšená intenzita pěstování ovlivnila u genotypů pšenice s barevným zrnem Citrus a zejména KM 53-14 dobu stability těsta pozitivně, a to jak u ekologického, tak i konvenčního způsobu pěstování; u kontrolní odrůdy Annie tomu bylo naopak. Kontrolní odrůda Annie dosáhla v ekologickém systému nejvyšší hodnoty doby stability těsta, a to při základní intenzitě (3,75 min).

V konvenčním způsobu pěstování byla nejvyšší hodnota doby stability těsta zaznamenána u nšl. KM 53-14 (4,75 min ve zvýšené intenzitě), za ní následovala odrůda Annie s dobou stability těsta na úrovni 4,50 min v základní intenzitě. Nejkratší dobu stability v obou způsobech i intenzitách pěstování vykazala opět odrůda Citrus (od 0,75 min do 2,00 min).

Graf č. 17: Hodnocení doby stability těsta vzorků z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě



Graf č. 18: Hodnocení doby stability těsta vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě

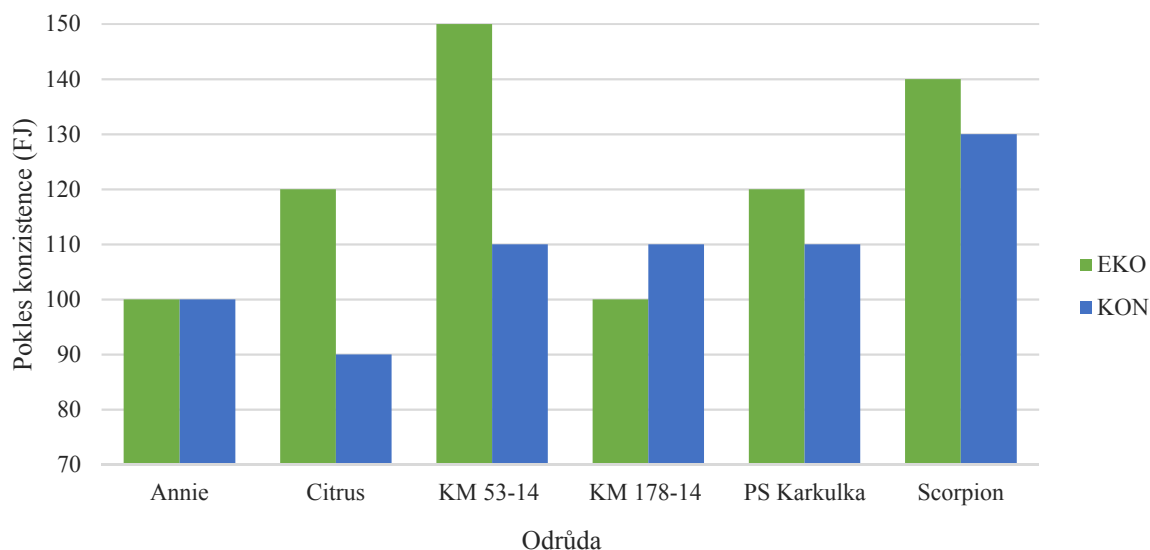


5.3.4 Pokles konzistence těsta

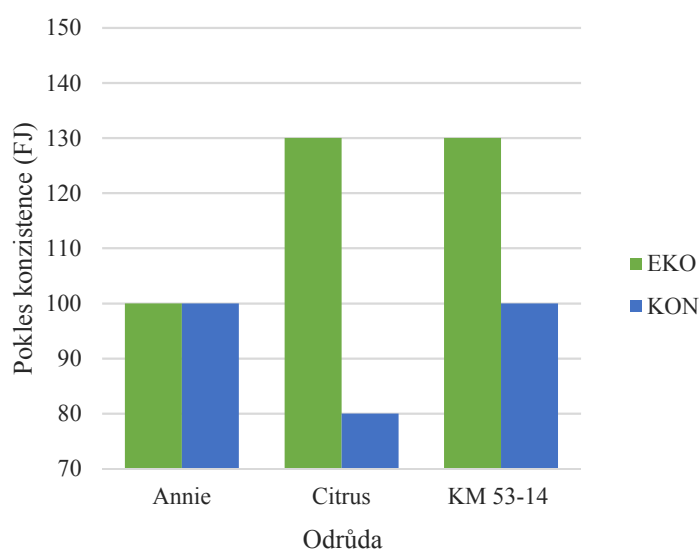
Výsledky hodnocení poklesu konzistence těsta jsou uvedeny v grafech č. 19 a 20. Nižší, a tedy příznivější hodnoty poklesu konzistence byly (až na nšl. KM 178-14) zaznamenány u hodnocených genotypů z konvenčního způsobu pěstování. Celkově nejnižší pokles konzistence byl zjištěn v konvenčním způsobu pěstování u odrůdy Citrus (v základní intenzitě 90 FJ, ve zvýšené 80 FJ), ostatní konvenčně pěstované genotypy se pohybovaly

v rozmezí od 100 FJ (Annie v základní i zvýšené intenzitě pěstování, KM 53-14 ve zvýšené intenzitě pěstování) po 130 FJ (Scorpion). Hodnoty poklesu konzistence těsta ekologicky pěstovaných genotypů se pohybovaly mezi 100 FJ (opět Annie shodně v základní i zvýšené intenzitě a KM 178-14 – základní intenzita) a 150 FJ (KM 53-14 v základní intenzitě); následovala odrůda Scorpion se 140 FJ.

Graf č. 19: Hodnocení poklesu konzistence těsta ve vzorcích z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě



Graf č. 20: Hodnocení poklesu konzistence těsta ve vzorcích z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě



5.4 Pekařský pokus

Poslední součástí hodnocení technologické jakosti genotypů pšenice s barevným zrnem byl pekařský pokus. V rámci pekařského pokusu byly hodnoceny základní charakteristiky pečiva, tedy jeho měrný objem a poměr výšky a šířky pečiva. Zároveň bylo provedeno i senzorické hodnocení pečiva; byl hodnocen tvar výrobku, jeho vzhled (barva kůrky, její parcelace), pružnost a pórovitost střídky a celkový chuťový vjem. Výsledky pekařského pokusu jsou uvedeny v tabulkách 4 a 5.

5.4.1 Hodnocení měrného objemu pečiva

Větší měrný objem pečiva byl zjištěn u vzorků z konvenčního způsobu pěstování (v průměru 393 ml/100 g), než u vzorků z ekologického pěstování (v průměru 336 ml/100 g). Vliv zvýšené intenzity pěstování (v konvenčním i ekologickém systému) na měrný objem pečiva byl nejednoznačný; v některých případech byl u genotypů ze zvýšené intenzity pěstování měrný objem pečiva větší, u jiných naopak menší.

Největší měrný objem byl zjištěn u vzorků pečiva z konvenčně pěstované odrůdy Scorpion (415 ml/100 g) a konvenčně pěstované odrůdy Annie – ze základní intenzity (414 ml/100 g). Naopak nejnižší měrný objem pečiva měl vzorek nšl. KM 178-14 pěstovaný ekologickým způsobem (300 ml/100 g).

5.4.2 Poměr výšky a šířky pečiva

V průměrných hodnotách poměru výšky a šířky pečiva nebyly zaznamenány mezi ekologicky a konvenčně pěstovanými genotypy výraznější rozdíly. Nejvyšší hodnota poměru výšky a šířky pečiva byla zaznamenána u vzorku odrůdy PS Karkulka z konvenčního způsobu pěstování (0,84), nejnižší hodnota byla zaznamenána u nšl. KM 53-14 pěstovaného konvenčně ve zvýšené intenzitě (0,59).

5.4.3 Senzorické hodnocení

Tvar výrobků byl hodnocen jako středně až dobře klenutý u většiny vzorků. Pouze u vzorků z nšl. KM 53-14 ve vyšší intenzitě konvenčního způsobu pěstování byl tvar označen jako méně klenutý.

Barva kůrky většiny vzorků byla hodnocena jako normální, typicky pečivová. U vzorků nšl. KM 53-14 v základní i zvýšené intenzitě konvenčního způsobu pěstování byla barva označena jako tmavší lesklá, ve zvýšené intenzitě ekologického pěstování měly

výrobky této odrůdy světlou matnou barvu. Vzhledem kůrky se také odlišoval vzorek nšl. KM 178-14 z ekologického pěstování, jehož barva byla světlejší lesklá.

Velmi dobrou až dobrou parcelaci kůrky měly vzorky odrůdy Annie. Dobrá parcelace byla také zjištěna u konvenčně pěstovaných vzorků odrůdy Citrus (v základní intenzitě pěstování), nšl. KM 178-14, odrůd PS Karkulka a Scorpion. Méně výrazná až neznatelná parcelace byla zjištěna u zbylých vzorků.

Střídka byla téměř u všech vzorků hodnocena jako velmi dobrá až dobrá, jemná. Pouze vzorek odrůdy PS Karkulka z ekologického pěstování měl střídku hodnocenou jako dostatečnou.

Převážná část vzorků měla pórovitost střídky méně rovnoměrnou s jemnými stěnami a středními póry. Nerovnoměrná pórovitost s hrubšími stěnami a menšími dutinami byla zjištěna v ekologicky pěstovaných vzorcích odrůd Citrus (základní intenzita) a Annie (zvýšená intenzita) a v konvenčně pěstovaných vzorcích nšl. KM 53-14 a KM 178-14.

Velmi dobrý až dobrý chuťový vjem byl zjištěn u vzorků konvenčně pěstovaných odrůd Annie, PS Karkulka a nšl. KM 53-14 (základní intenzita) a u ekologicky pěstovaných vzorků odrůdy Annie (základní intenzita). Méně dobrý až mdlý chuťový vjem byl zaznamenán u zbylých vzorků testovaného souboru.

Tabulka č. 4: Hodnocení pekařského pokusu včetně sensorického hodnocení pečiva ze vzorků z ekologického a konvenčního pěstování v základní intenzitě

odrůda	Annie		Citrus		KM 53-14		KM 178-14		PS Karkulka		Scorpion	
způsob pěstování	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON
měrný objem (ml/100 g)	355	414	333	348	311,5	396	300	389	325	388	388	415
poměr výšky a šířky	0,75	0,70	0,64	0,69	0,65	0,62	0,66	0,62	0,70	0,84	0,70	0,63
sensorické hodnocení pečiva *												
tvar výrobku	4	4	3	4	3	3	3	3	4	3	4	4
barva kůrky	4	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4
parcelace	3	3	0	3	2	3	2	3	2	3	1	3
vlastnosti střídky – pružnost	3	3	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3
pórovitost střídky	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3
celkový chuťový vjem	4 až 3	4	2	2	1	3	1	1	2	3	1	2

Tabulka č. 5: Hodnocení pekařského pokusu včetně sensorického hodnocení pečiva ze vzorků z ekologického a konvenčního pěstování ve zvýšené intenzitě

odrůda	Annie		Citrus		KM 53-14	
způsob pěstování	EKO	KON	EKO	KON	EKO	KON
měrný objem (ml/100 g)	358	397	328	406	327	383
poměr výšky a šířky	0,72	0,72	0,66	0,68	0,73	0,59
sensorické hodnocení pečiva *						
tvar výrobku	4	4	4	4	3	2
barva kůrky	4	4	4	4	0	3
parcelace	3	4	0	1	0	1
vlastnosti střídky – pružnost	3	4	4	3	3	3
pórovitost střídky	2	3	3	3	3	2
celkový chuťový vjem	2	4	1	2	2	2

*legenda k sensorickému hodnocení pečiva se nachází v tabulce č. 6 v kapitole Přílohy

6 DISKUSE

Prvním sledovaným parametrem technologické jakosti hodnoceného souboru genotypů pšenice byla objemová hmotnost zrna. Ta by dle ČSN 46 1000-2 měla dosahovat pro pšenici potravinářskou minimálně 76 kg.hl⁻¹. Kromě kontrolní odrůdy Annie dosáhlo této hodnoty pouze nšl. KM 178-14 (v ekologickém systému pěstování). Polišenská et al. (2016) uvádí, že hlavním limitujícím faktorem kvality sklizně v roce 2016 byla právě nízká objemová hmotnost zrna. Podle Hubíka (1995b) je vliv genotypu na OH relativně nízký ve srovnání s vlivem ročníku. Pokud jde o rozdíly hodnot OH mezi ekologicky a konvenčně pěstovanými genotypy, většina genotypů dosáhla vyšších hodnot v konvenčním způsobu pěstování. Tento trend potvrzují i Prugar (1999) a Capouchová (2003). Výjimkami v testovaném souboru byly genotypy KM 178-14 a PS Karkulka, které dosáhly vyšší OH v ekologickém způsobu pěstování. Rückschloss et al. (2014) uvádí pro konvenčně pěstovanou odrůdu PS Karkulka vyšší OH – 78,6 kg.hl⁻¹, námi zjištěná OH činila pouze 70,7 kg.hl⁻¹. Také u odrůdy Citrus byla námi zjištěná hodnota OH (73,7 kg.hl⁻¹ v základní intenzitě konvenčního pěstování) nižší oproti údajům jiných autorů; např. Vaculová et al. (2010) uvádí hodnotu 76,7 kg.hl⁻¹. Pokud jde o odrůdu Scorpion, Martinek et al. (2012) považují její OH na základě svých výsledků za velmi nízkou.

Hodnoty obsahu N-látek v sušině zrna pšenice z ekologického pěstování bývají díky absenci používání dusíkatých hnojiv nižší v porovnání s konvenčně pěstovanými pšenicemi (Václavíková et al., 2012). I v rámci hodnoceného souboru byl obsah N-látek v ekologicky pěstovaných genotypech nižší (v průměru 9,9 %) a tyto vzorky nesplňovaly min. požadavek na obsah N-látek v sušině zrna pšenice potravinářské – pekárenské (11,5 %). Nejvyššího obsahu N-látek v sušině zrna v rámci ekologického pěstování dosáhla kontrolní odrůda Annie (10,51 %) následovaná odrůdou Scorpion (10,44 %). U genotypů pěstovaných konvenčním způsobem byla situace příznivější, kromě odrůdy Citrus splnily min. požadavek na obsah N-látek všechny genotypy. I Vaculová et al. (2010) zaznamenali u odrůdy Citrus nejnižší obsah N-látek v jimi testovaném souboru odrůd pšenice s barevným zrnem. Pokud se zaměříme na srovnání obsahu N-látek v sušině zrna odrůd pšenice s barevným zrnem v porovnání s kontrolní odrůdou, v konvenčním pěstování předčily Annie (12,63 % v základní a 12 % ve zvýšené intenzitě) genotypy PS Karkulka (13,29 %) a KM 53-14 (14,05 % ve zvýšené intenzitě), hodnoty srovnatelné s kontrolní odrůdou pak dosáhla nšl. KM 178-14 (12,52 %) i KM 53-14 v základní intenzitě (12,31 %). V témže sklizňovém

roce (2016) byl v rámci monitoringu kvality potravinářské pšenice na našem území zjištěn srovnatelný průměrný obsah N-látek 12,8 % (Polišenská et al., 2016).

Aplikací dusíku se kromě obsahu N-látek v zrně zvyšuje také podíl bílkovinných frakcí typických pro lepek (Krejčířová et al., 2010), proto i v rámci hodnoceného souboru byl zjištěn nižší obsah mokrého lepku v sušině zrn vzorků pěstovaných ekologickým způsobem (v průměru 22,2 %) ve srovnání s konvenčně pěstovanými (28,8 %). Přestože obsah mokrého lepku v sušině zrna není závazným kritériem nákupního hodnocení pšenice pro potravinářské zpracování, Hubík (1995b) uvádí, že pro mlynářské zpracování by měl být obsah mokrého lepku v sušině minimálně 23 %. V ekologickém systému tento požadavek splnily genotypy Annie, KM 53-14 a Scorpion, všechny tři měly v základní intenzitě obsah mokrého lepku shodný - 24,7 %, Annie pak ve zvýšené intenzitě dosáhla hodnoty 25,9 %. V konvenčním pěstování měly všechny genotypy kromě Citrusu obsah mokrého lepku vyšší než 23 %. Také Vaculová et al. (2010) zaznamenali u odrůdy Citrus nejnižší hodnotu v jimi testovaném souboru. Naopak nejvyššího obsahu mokrého lepku z námi testovaných vzorků dosáhlo nšl. KM 53-14 ve zvýšené intenzitě pěstování (35,8 %). V základní intenzitě konvenčního pěstování předčily obsahem mokrého lepku kontrolní odrůdu Annie (30,4 %) barevné genotypy KM 54-14 (31,4 %), PS Karkulka (31,3 %) a Scorpion (31,4 %). Hodnoty obsahu lepku v odrůdě PS Karkulka, které udává Rückschloss et al. (2014), se pohybují od 30,3 % do 35 %. Obsah lepku v odrůdě Scorpion je pak dle Martinka et al. (2012) velmi vysoký a také naše výsledky došly k nadprůměrnému hodnocení v rámci testovaného souboru vzorků.

Síla lepkového komplexu byla posouzena prostřednictvím Gluten Indexu. Mimořádně pevný lepek byl zjištěn u vzorků odrůdy Citrus, jež měla zároveň nejnižší obsah mokrého lepku v sušině zrna. Jak však uvádí Capouchová (2003), k tomuto efektu občas dochází právě u odrůd s velmi nízkým obsahem lepku – lepek, který se podaří na Glutomaticu vyprat, je pak velmi pevný a při odstředování někdy neprochází na druhou stranu sítky. Také Vaculová et al. (2010) zjistili u vzorku odrůdy Citrus hodnotu GI vysokou (84 %), ale o něco nižší než byla zjištěna námi (90 %). Vysoký GI mělo také nšl. KM 53-14 v ekologickém pěstování. Ostatní genotypy měly hodnoty GI podstatně nižší; Annie, KM 178-14 (v konvenčním pěstování), PS Karkulka a Scorpion dosáhly hodnoty pod 60 %, což dle Hubíka (1995b) indikuje zvýšenou viskozitu lepku. Vyšších hodnot GI než Annie dosáhly genotypy KM 53-14, KM 178-14 a Scorpion. Pokud jde o rozdíly mezi způsoby, resp. intenzitami pěstování, byly méně výrazné oproti rozdílům mezi jednotlivými genotypy. Dle Šípa et al. (2000) má tento znak poměrně vysokou heritabilitu a také úzce koreluje s výsledky sedimentačního testu.

Kvalita bílkovinného komplexu z pohledu vhodnosti genotypu k pekárenskému zpracování byla zjišťována pomocí Zeleného testu. Opět byly zaznamenány výrazné rozdíly mezi jednotlivými genotypy i mezi způsoby pěstování. Ekologicky pěstované genotypy měly průměrnou hodnotu sedimentačního indexu 29,6 ml, konvenčně pěstované 40,7 ml. Také Capouchová (2003) zjistila znatelně nižší hodnoty sedimentačního indexu u vzorků z ekologického pěstování. Při porovnání hodnot Zeleného testu barevných pšenic s kontrolní odrůdou byly zjištěny vyšší hodnoty u genotypů KM 53-14 (od 38 ml do 59 ml) a Scorpion (od 34 ml do 49,5 ml), které měly ve stejném systému pěstování společně s Annie nejvyšší obsah mokrého lepku. Zároveň společně s Annie v ekologickém pěstování splnily požadavek na hodnotu Zeleného testu pro pšenici pekárenskou (30 ml), přičemž ostatní ekologicky pěstované vzorky této hodnoty nedosáhly. Nejnižší hodnota v souboru byla zaznamenána u nšl. KM 178-14 (16,5 ml) v ekologickém pěstování. Naproti tomu konvenčně pěstované vzorky splnily normu pro pšenici pekárenskou všechny. Konvenčně pěstovaná PS Karkulka měla hodnotu sedimentačního indexu 37 ml, což je hodnota, kterou uvádí i Rückschloss et al. (2014). Také pokud jde o Zeleného test u odrůdy Citrus, je námi zjištěná hodnota ve shodě s hodnotami, které zjistili Vaculová et al. (2010).

Při hodnocení čísla poklesu se rovněž ukázaly rozdíly mezi jednotlivými genotypy i pěstebními systémy, resp. intenzitou pěstování. Podle Michalíka (2002) se hodnoty čísla poklesu liší v závislosti na oblasti pěstování, ročníku, ale zejména pak v závislosti na odrůdě. U všech vzorků s výjimkou nšl. KM 53-14 ve zvýšené intenzitě bylo číslo poklesu vyšší v konvenčním pěstování. Ekologicky pěstované genotypy ve většině případů nedosahovaly minimální hodnoty čísla poklesu pro pšenici pekárenskou (220 s), pouze nšl. KM 178-14 dosáhlo v tomto systému pěstování požadované hodnoty a společně s nšl. KM 53-14 mělo vyšší hodnotu čísla poklesu než kontrolní odrůda Annie. V konvenčním pěstování splnily limit pro pekárenskou pšenici genotypy Annie, Citrus a KM 178-14, přičemž nejvyšší hodnoty čísla poklesu dosáhlo nšl. KM 178-14 (320 s) následované Annie ve zvýšené intenzitě pěstování (302,5 s). Velmi nízké hodnoty čísla poklesu byly zjištěny u odrůd PS Karkulka (92 s) a Scorpion (77,5 s), obě v ekologickém pěstování. Také Martinek et al. (2012) došel k závěru, že odrůda Scorpion se vyznačuje velmi nízkým číslem poklesu. U genotypu PS Karkulka v konvenčním pěstování byla zjištěna hodnota čísla poklesu 191 s, naproti tomu Rückschloss et al. (2014) uvádí hodnotu více než dvojnásobnou. Také Vaculová et al. (2010) zjistili vyšší číslo poklesu (300 s) u odrůdy Citrus, než bylo zjištěno námi (258,5 s).

Další částí hodnocení technologické jakosti testovaného souboru genotypů bylo provedení mlecího pokusu a následné stanovení výtěžnosti laboratorně vyrobených mouk a otrub, což je dle Prugara et al. (2008) jediný přímý ukazatel mlynářské jakosti pšenice. Faměra (2001) uvádí, že rozdílné podíly mouk, krupic a také odpadu při mletí jsou ovlivněny velikostí a tvarem zrna, velikostí a hloubkou podélné rýhy a strukturou endospermu, resp. jeho tvrdostí. Během šrotování je požadováno získání maximálního počtu krupic a málo šrotové mouky, neboť krupice se dále zpracovávají na kvalitní pekařské mouky (Hrušková et al., 2010). U testovaného souboru pšenice s barevným zrnem byly hodnoty výtěžnosti šrotových mouk vyšší u genotypů z ekologického způsobu pěstování (v průměru 25,3 %) oproti konvenčně pěstovaným (21,6 %). U hodnot výtěžnosti vymílacích mouk byl trend opačný, konvenčně pěstované genotypy měly výtěžnost vymílacích mouk v průměru 52,3 %, ekologicky pěstované pak 45 %. Celková výtěžnost mouk pak v průměru dosáhla 73,9 % u konvenčně pěstovaných genotypů a 70,4 % u ekologicky pěstovaných. Nejvyšší celkovou výtěžnost měly genotypy KM 53-14, Citrus a Scorpion, které dosáhly vyšších hodnot než kontrolní odrůda Annie. Dle Capouchové (2003) má největší vliv na výtěžnost mouk pěstovaná odrůda následovaná lokalitou pěstování, vliv ročníku a intenzity pěstování hodnotí jako nižší.

Hodnocený soubor genotypů pšenice byl dále podroben farinografickému hodnocení. Dle Krejčířové et al. (2010) se ve farinografickém hodnocení lépe osvědčila pšenice z konvenčního pěstování, která se vyznačovala vyšší vazností, delší dobou stability těsta a nižším poklesem konzistence těsta, což potvrzují i naše výsledky. První námi hodnocenou charakteristikou byla vaznost mouky, která u testovaného souboru dosahovala středních až vysokých hodnot. V ekologickém způsobu pěstování byla průměrná vaznost 57,4 %, v konvenčním pak 61,8 %. Capouchová (2003) také uvádí vyšší vaznost u konvenčně pěstovaných vzorků, ale zároveň dodává, že faktorem, který vaznost ovlivňuje nejvíce, je pěstovaná odrůda. Nejvyšší vaznost v našem souboru vzorků vykázala kontrolní odrůda Annie ve zvýšené intenzitě konvenčního způsobu pěstování (68,1 %), nejnižší pak byla zaznamenána u Citrusu ve stejné variantě pěstování (51,7 %). Martinek et al. (2012) uvádí pro odrůdu Scorpion velmi vysokou vaznost, přesto v námi testovaném souboru patřila tato odrůda spíše k průměru. Pokud jde o dobu vývinu těsta, v hodnotách nebyly zaznamenány výraznější rozdíly mezi testovanými genotypy, konvenčně pěstované pšenice měly dobu vývinu těsta jen mírně vyšší, celkově ovšem byly hodnoty poměrně nízké. Výrazně vyšší hodnotu měla oproti zbytku souboru odrůda Annie, ale jen v základní intenzitě konvenčního způsobu pěstování (4,75 min). Ostatní vzorky se pohybovaly v hodnotách od 1,25 min

do 3,25 min. Delší doba stability těsta byla zaznamenána u konvenčně pěstovaných genotypů, pozitivní vliv měla rovněž zvýšená intenzita pěstování (výjimkou byla odrůda Annie s nejdelší dobou stability v základní intenzitě ekologického pěstování). Lepší výsledek doby stability těsta než kontrolní odrůda vykazalo pouze nšl. KM 53-14 ve zvýšené intenzitě pěstování. Nižší, a tedy příznivější pokles konzistence těsta byl zaznamenán rovněž u konvenčně pěstovaných genotypů (výjimkou bylo nšl. KM 178-14). Nejnižší a tedy nejpříznivější pokles konzistence měla odrůda Citrus, která současně dosáhla v hodnoceném souboru nejnižší vaznosti, doby vývinu a doby stability těsta. Naopak nejvyšší pokles konzistence byl zaznamenán u genotypů KM 53-14 a Scorpion. Pokud bychom porovnávali námi zjištěné farinografické údaje s hodnotami dle Vaculové et al. (2010), také v jejich souboru vzorků vykazal Citrus nejnižší vaznost, dobu vývinu i dobu stability těsta z hodnocených pšenic.

Poslední součástí hodnocení technologické kvality našeho souboru genotypů byl pekařský pokus. Měrný objem pečiva je dle Zimolky (2005) hlavním a nejdůležitějším kritériem pro hodnocení pekařské jakosti. Vyšší měrný objem pečiva byl zjištěn u vzorků z konvenčního pěstování (v průměru 393 ml/100 g) oproti ekologicky pěstovaným (336 ml/100 g); zvýšená intenzita pěstování měla v obou pěstebních systémech na měrný objem pečiva nejednoznačný vliv. Nejvyššího měrného objemu pečiva dosáhla odrůda Scorpion, kterou těsně následovala Annie. Naopak nejnižší měrný objem pečiva měl vzorek KM 178-14 z ekologického pěstování (300 ml/100 g), v konvenčním způsobu pěstování ale dosáhl hodnoty znatelně vyšší (389 ml/100 g). Pokud jde o poměr výšky a šířky pečiva, nebyly ve zjištěných hodnotách zaznamenány výraznější rozdíly, hodnoty se pohybovaly od 0,59 (KM 53-14) do 0,84 (PS Karkulka). Dle senzorických parametrů byla nejlépe hodnocena odrůda Annie, po ní následoval Citrus, PS Karkulka a Scorpion. Lépe byly opět hodnoceny vzorky z konvenčního pěstování.

7 ZÁVĚR

V rámci hodnocení mlynářské a pekařské jakosti vybraného souboru genotypů ozimé pšenice s barevným zrnem, vypěstovaného v podmínkách ekologického a konvenčního způsobu pěstování, byly posouzeny základní jakostní ukazatele zrna, dále byl proveden mlecí pokus, následovalo farinografické hodnocení a pekařský pokus.

Mlynářská jakost vzorků byla hodnocena především na základě výtěžnosti mouk; genotypy pšenice s barevným zrnem dosahovaly výsledků vcelku srovnatelných s kontrolní odrůdou Annie. Ve většině případů pak lepších výsledků dosahovaly konvenčně pěstované genotypy. Objemová hmotnost, jakožto nepřímý ukazatel mlynářské jakosti, dosahovala u genotypů pšenice s barevným zrnem zpravidla nižších hodnot ve srovnání s kontrolní odrůdou.

Ekologicky pěstované genotypy rovněž dosahovaly ve srovnání s konvenčně pěstovanými zpravidla horších výsledků základních ukazatelů pekařské jakosti a často nedosahovaly ani minimálních hodnot parametrů pro pšenici pekárenskou. V konvenčním pěstování byl tento jev spíše výjimkou. Z barevných genotypů dosahovalo nadprůměrných výsledků např. nšl. KM 53-14 (zejména v charakteristikách souvisejících s obsahem a kvalitou bílkovin), problémem však bylo nižší číslo poklesu; poměrně dobrých výsledků dosahovaly i genotypy PS Karkulka a Scorpion. Horších výsledků dosáhla odrůda Citrus.

V rámci farinografického hodnocení hodnoty vaznosti mouky neodhalily významné rozdíly mezi vzorky; opět slabších hodnot dosahovaly vzorky odrůdy Citrus. Hodnoty doby vývinu těsta a stability těsta hodnocených genotypů byly spíše nízké, pokles konzistence těsta poměrně vysoký a tedy méně příznivý.

Nejvyššího měrného objemu pečiva dosáhl vzorek odrůdy Scorpion. Dle sensorického hodnocení pak nejlepšího výsledku z genotypů pšenice s barevným zrnem dosáhla odrůda Citrus následovaná PS Karkulkou. I v pekařském pokusu platilo, že lepších výsledků dosahují konvenčně pěstované pšenice.

Ze zjištěných výsledků vyplynulo, že hodnocené genotypy pšenice s barevným zrnem dosahovaly v řadě jakostních parametrů srovnatelných výsledků, jako kontrolní odrůda Annie; v některých případech dokonce tuto elitní odrůdu předčily a lze říci, že by byly vcelku bez problémů využitelné k pekárenskému zpracování. Ovšem v průběhu zpracovatelského procesu by přišly o část výživově prospěšných látek, které jejich zrno obsahuje (zejména karotenoidy jsou dle literárních údajů velmi nestabilní). Proto se nabízí uvažovat

nad šetrnějšími zpracovatelskými technologiemi, jako je například pufování nebo jiné využití celého zrna.

Přestože v konvenčním systému dosáhly hodnocené genotypy pšenice s barevným zrnem celkově lepších výsledků, lze předpokládat, že větší uplatnění najdou spíše v ekologickém zemědělství, i díky větší ochotě pěstitelů a zpracovatelů bioprodukce zkoušet a využívat netradiční, zajímavé plodiny, potravinářské suroviny a výrobky.

8 SEZNAM LITERATURY

- Abdel-Aal, E. -S. M., Hucl, P. 1999. A Rapid Method for Quantifying Total Anthocyanins in Blue Aleurone and Purple Pericarp Wheats. *Cereal Chemistry*. 76 (3). 350-354. ISSN: 0009-0352.
- Adom, K. K., Sorrells, M. E., Liu, R. H. 2005. Phytochemicals and Antioxidant Activity of Milled Fractions of Different Wheat Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (6). 2297-2306. ISSN: 0009-0352.
- Bartl, P., Tremlová, B., Ošťádalová, M., Pokorná, J., Žďárský, M. 2013. Kvalitativní a kvantitativní stanovení anthokyanů v kultivarech pšenice s modrým a purpurovým zrnem. *Potravinářstvo*. 7 (Special Issue). 145-148. ISSN: 1337-0960.
- Bartl, P., Albrecht, A., Skrt, M., Tremlová, B., Ošťádalová, M., Šmejkal, K., Vovk, I., Ulrih, N. P. 2015. Anthocyanins in purple and blue wheat grains and in resulting bread: quantity, composition, and thermal stability. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* [online]. 66 (5). 514-519. [cit. 2017-02-18]. DOI: 10.3109/09637486.2015.1056108. ISSN: 09637486. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/09637486.2015.1056108>
- Burešová, I., Palík, S. 2005. Kvalita obilovin. *Agris* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <www.agris.cz/clanek/139807>
- Burešová, I., Palík, S. 2009. Odrůda jako faktor kvality pšeničného zrna. *Úroda*. LVII (03). 30-31. ISSN: 0139-6013.
- Capouchová, I. 2003. Vliv odrůdy a agroekologických faktorů na škrobářenskou a pečivářenskou jakost ozimé pšenice: habilitační práce. ČZU Praha. 195 s.
- Cornell, H. J. 2012. The chemistry and biochemistry of wheat. Cauvain, S.P (ed.). *Breadmaking: improving quality*. Second edition. Woodhead Publishing Limited. Oxford. s. 35-76. ISBN: 9780857090607.
- ČSN 46 1100-2: Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská; platnost od 1. 7. 2002
- Faměra, O. 2001. Význam stanovení tvrdosti zrna pro hodnocení jakosti. Tematická příloha časopisu *Úroda: Ozimá pšenice*. II. (5). 10. ISSN: 0139-6013.
- Faměra, O., Riljáková, B., Hálová, I., Erhartová, D. 2010. Tvrdost zrna pšenice jako ukazatel charakteristiky mletí. *Obilnářské listy*. XVIII. (3). 67-71. ISSN: 1212-138X.
- Gabrovská, D., Hálová, I., Chrpová, D., Ouhřabková, J., Sluková, M., Vavreinová, S., Faměra, O., Kohout, P., Pánek, J., Skřivan, P. 2015. Obiloviny v lidské výživě: stručně

- shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny. Praha. ISBN: 9788088019077.
- Garg, M., Chawla, M., Chunduri, V., Kumar, R., Sharma, S., Sharma, N. K., Kaur, N., Kumar, A., Mundey, J. K., Saini, M. K., Singh, S. P. 2016. Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. *Journal of Cereal Science*. 71. 138-144. ISSN: 07335210.
- HAMPL, J. 1981. Jakost pekárenských a cukrárenských výrobků. SNTL. Praha.
- Havrlentová, M., Pšenáková, I., Žofajová, A., Rückschloss, L., Kraic, J. 2014. Anthocyanins in Wheat Seed – A Mini Review. *Nova Biotechnologica et Chimica*. 13 (1). 1-12. ISSN: 13386905.
- Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C. 2010. Carotenoids evolution during pasta, bread and water biscuit preparation from wheat flours. *Food Chemistry*. 121 (3). 746-751. ISSN: 03088146.
- Horáková, V. 2011. Pekařská jakost odrůd pšenice a žita registrovaných v roce 2011. *Obilnářské listy*. XIX. (3–4). 82-84. ISSN: 1212-138X.
- Hrušková, M., Bednářová, M., Šmejda, P. 2004. Předpověď reologických parametrů pšeničného těsta analýzou NIR spekter pšeničné mouky. *Chemické listy*. 98 (7). 423-431. ISSN: 1213-7103.
- Hrušková, M., Švec, I., Biolková, M. 2010. Komplexní hodnocení vybraných mlýnských meziproductů a výrobků průmyslového mlýna. *Obilnářské listy*. XVIII. (2). 40-43. ISSN: 1212-138X.
- Hubík, K. 1995a. Metody hodnocení technologické jakosti potravinářské pšenice. *Obilnářské listy*. III. (3). 35-36. ISSN: 1212-138X.
- Hubík, K. 1995b. Vliv hnojení a ročníku na jakost potravinářské pšenice. *Rostlinná výroba*. 41 (11). 521-527. ISSN: 0370-663X.
- Hubík, K., Mareček, J. 2002. Kvalita obilnin. *Farmář: Speciál: Jak letos vypadají obilniny?* 8 (4). 58-61. ISSN: 1210-9789.
- Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R., Olsson, M., Johansson, E. 2015. Carotenoid Content in Organically Produced Wheat: Relevance for Human Nutritional Health on Consumption. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 12 (11). 14068-14083. ISSN: 1660-4601.

- Chloupek, O. 2008. Kvalita produkce pšenice. In: Pšenice – od genomu po rohlík: aktuální poznatky doktorandů získané ve výzkumných laboratořích a na pokusných pozemcích. Kurent. České Budějovice. s. 134-136. ISBN: 978-80-87111-12-3.
- Chňapek, M., Gálová, Z., Tomka, M., Rückschloss, E. 2010. Nutriční a technologická kvalita farebných genotypů pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum* L.). Potravinárstvo. 4 (1). 20-25. ISSN: 1338-0230.
- Chrprová, J., Štočková, L., Šíp, V. 2012. Hygienická jakost pšenice. In: Pšenice 2012 "Od genomu po chleba". Praha. s. 44-50. ISBN: 978-80-7427-122-9.
- Janečková, M., Hřivna, L., Machálková, L., Dostálová, Y., Mrkvicová, E., Vyhnánek, T., Trojan, V., Plucarová, D., Nedomová, Š. 2015. Use of colour varieties of wheat in bakery industry. In: Conference MendelNet 2015. 350-355.
- Jurečka, D., Novotný, F. 1998. Hodnocení jakosti. Speciální příloha k pěstování a kvalitě pšenice. Zemědělec, s. 14-17. ISSN: 1211-3816.
- Knível, D. C., Abdel-Aal, E. -S. M., Rabalski, I., Nakamura, T., Hucl, P. 2009. Grain color development and the inheritance of high anthocyanin blue aleurone and purple pericarp in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Cereal Science. 50 (1). 113-120. ISSN: 07335210.
- Krejčířová, L., Sluková, M., Capouchová, I. 2010. Rozdíly ve skladbě zásobních bílkovin u pšenice ozimé vypěstované ekologicky a konvenčně. Obilnářské listy. XVIII. (2). 35-39. ISSN: 1212-138X.
- Kučerová, J., Hřivna, L., Šottníková, V., Janečková, M., Dostálová, Y. 2014. Pekařské pokusy z pšeničné mouky s přidavkem otrub barevných pšeníc. Vědecká příloha časopisu Úroda: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. LXII. (12). 481-484. ISSN: 0139-6013.
- Laknerová, I., Mašková, E., Holasová, M., Fiedlerová, V., Gabrovská, D., Winterová, R., Vaculová, K., Martinek, P., Stehno, Z., Ehrenbergerová, J. 2010. Kvalitativní hodnocení netradičních forem pšenice pro potravinářské využití. In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů: Sborník z konference Brno 11. - 12. 11. 2010: Vědecká příloha časopisu Úroda. 653-656. ISSN: 0139-6013.
- Laknerová, I., Holasová, M., Fiedlerová, V., Rysová, J., Vaculová, K., Mašková, E., Ehrenbergerová, J., Winterová, R., Ouhřabková, J., Dvořáček, V., Martinek, P. 2014. Utilisation of Non-Traditional Forms of Cereals in Bakery Production. Czech Journal of Food Sciences. 32 (3). 296-301. ISSN: 1212-1800.

- Liu, R. H. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*. 46 (3). 207-219. ISSN: 07335210.
- Mareš, J., Brabec, T., Vyhnánek, T., Trojan, V., Štiasna, K., Presinszká, M., Mrkvicová, E., Hřivna, L., Havel, L. 2015. The effect of feeding wheat with purple pericarp on the growth of carp. *Potravinářstvo*. 9 (1). 263-267. ISBN: 10.5219/477.
- Martinek, V., Filip, P. 2012. Skladování a příprava surovin. Svaz průmyslových mlýnů České republiky. 210 s. Praha. Mlynářská technologie: svazek 2. ISBN: 978-80-239-9475-9.
- Martinek, P., Škorpík, M., Chrpová, J., Fučík, P. 2012. Skorpion – odrůda ozimé pšenice s modrým zrnem. *Obilnářské listy*. XX. (3). 78-79. ISSN: 1212-138X.
- Martinek, P., Jirsa, O., Vaculová, K., Chrpová, J., Watanabe, N., Burešová, V., Kopecký, D., Štiasna, K., Vyhnánek, T., Trojan, V. 2013. Use of wheat gene resources with different grain colour in breeding. In: 64. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2013. 25. - 26. November 2013 Raumberg-Gumpenstein. 75–78. ISBN: 978-3-902849-00-7.
- Martinek, P., Vyhnánek, T. 2014. Barevné zrno pšenice jako zdroj antioxidantů. *Úroda*. LXII. (7). 68-70. ISSN: 0139-6013.
- Martinek, P., Lachman, J., Mrkvicová, E., Anzenbacherová, E., Kobzová, Š. 2016. Využití pšenice s odlišnou barvou zrna. *Úroda*. LXIV (7). 63-66. ISSN: 0139-6013.
- Martinek, P. 2016. Šlechtění pšenice s odlišným zabarvením zrna. *Vědecká příloha časopisu Úroda*. LXIV. (12). 177-180. ISSN: 0139-6013.
- Mazza, G. 2007. Anthocyanins and heart health. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanita*. 43 (4). 369-374.
- Michalík, I. 2002. Molekulárna podstata procesov prerastania zrna vo vzťahu ku chlebopekárskej kvalite pšenice. In: *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín – šľachtenie obilnín na kvalitu: Sb. 8. semináře. 29.5.2002. VÚRV Piešťany*. s. 13-18.
- Musilová, M., Trojan, V., Vyhnánek, T., Martinek, P., Havel, L. 2011. Aplikace genetických markerů u donorů pšenice s nestandardním zabarvením obilek. In: *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín: Zborník z 18. vedeckej konferencie. VÚRV. Piešťany*. s. 13-15.
- Parczewska-Plesnar, B., Brzozowski, R., Gwardiak, H., Białecka-Florjańczyk, E., Bujnowski, Z. 2016. Wheat germ oil extracted by supercritical carbon dioxide with ethanol: Fatty acid composition. *Grasas y Aceites*. 67 (3). 1-8. ISSN: 00173495.

- Pasqualone, A., Bianco, A. M., Paradiso, V. M., Summo, C., Gambacorta, G., Caponio, F., Bianco, A. 2015. Production and characterization of functional biscuits obtained from purple wheat. *Food Chemistry*. 180. 64-70. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.02.025. ISSN: 03088146.
- Pelikán, M. 1999. Prognóza jakosti zrna pšenice. *Úroda*, 3. s. 10. ISSN: 0139-6013.
- Petr, J. 2001. Pěstování pšenice podle užitkových směrů. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 40 s. *Zemědělské informace*. ISBN: 8072710907.
- Polišenská, I., Jirsa, O., Sedláčková, I. 2016. Kvalita potravinářské pšenice sklizně 2016 v České republice. *Úroda*. LXIV. (12). 10-15. ISSN: 0139-6013.
- Posner, E.S., Hibbs, A.N. (1997): Wheat flour milling. Amer. Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA, 1997, pp. 16-19
- Prugar, J. 1999. Kvalita rostlinných produktů ekologického zemědělství: (studijní zpráva). Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 79 s. *Studijní informace*. ISBN: 8072710486.
- Prugar, J. et al. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV. Praha. ISBN: 9788086576282.
- Příhoda, J., Hrušková, M. 2007. Hodnocení kvality: aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi. 187 s. Svaz průmyslových mlýnů České republiky. Praha. *Mlýnářská technologie*. ISBN: 9788023994759.
- Rao, V., Rao, L. G. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*. 55 (3). 207-216.
- Reque, P. M., Steffens, R. S., Jablonski, A., Flôres, S. H., Rios, A. de O., de Jong, E. V. 2014. Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits and juice. *Journal of Food Composition and Analysis*. 33 (1). 111-116. ISSN: 08891575.
- Rückschloss, Ľ., Matúšková, K., Hanková, A., Jančík, D. 2010. Vplyv pšenice s purpurovou farbou zrna na parametre úžitkovosti nosníc a kvalitu vaječ. In: *Potravinárstvo: mimoriadne číslo*, vol. 4. s. 231-235.
- Rückschloss, Ľ., Hanková, A., Matúšková, K. 2014. Súčasný stav šľachtenia pšeníc na Slovensku. In: *Pšenice 2014 "Rez nikdy nespí"*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. s. 16-22. ISBN: 978-80-7427-157-1.
- Souza, E. J., Graybosch, R. A., Guttieri, M. J. 2002. Breeding Wheat for Improved Milling and Baking Quality. *Journal of Crop Production*. 5 (1-2). 39-74.

- Syed Jaafar, S. N., Baron, J., Siebenhandl-Ehn, S., Rosenau, T., Böhmendorfer, S., Grausgruber, H., Hartl, L. 2013. Increased anthocyanin content in purple pericarp × blue aleurone wheat crosses. *Plant Breeding*. 132 (6). 546-552. ISSN: 01799541.
- Šíp, V., Chrpová, M., Šottíková, J., Bártová, Š. 2000. Vliv odrůdy a pěstitelských opatření na výnos zrna a potravinářskou jakost ozimé pšenice. *Rostlinná výroba*. 46 (4). 159-167. ISSN: 0035-8371.
- Štiasna, K., Presinszká, M., Jakubcová, Z., Šťastník, O., Karásek, F., Janečková, M., Dostálová, Y., Trojan, V., Vyhnánek, T., Mrkvicová, E., Hřivna, L., Martinek, P., Havel, L. 2014. Barevné pšenice - studium genetických aspektů a technologického využití. In: *Pšenice 2014 "Rez nikdy nespí"*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. s. 89-94. ISBN: 978-80-7427-157-1.
- Šťastník, O., Karásek, F., Sojková, J., Mrkvicová, E., Vyhnánek, T., Trojan, V., Hřivna, L., Pavlata, L., Doležal, P. 2015. Účinek zkrmování barevné pšenice Citrus na senzoričké vlastnosti masa brojlerových kuřat. In: *Sborník příspěvků XLI. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin*. Mendelova univerzita v Brně. s. 303-309. ISBN: 978-80-7509-220-5.
- Šťastník, O., Vyhnánek, T., Pavlata, L., Mrkvicová, E., Trojan, V., Doležal, P., Martinek, P. 2017. Použití pšenic s barevným zrnem ve výživě zvířat. *Krmivářství*. (1). 27-28.
- Šulová, R. 2011. Zavedení metody stanovení β -karotenu ve vybraných odrůdách pšenice. *Bulletin Národní referenční laboratoře. ÚKZÚZ*. Brno. XV (1). 22-36. ISSN: 1801-9196.
- Trojan, V., Musilová, M., Vyhnánek, T., Havel, L. 2011. Storage of Anthocyanins in Caryopses of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.). Conference MendelNet [online]. 726-733. [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2011/articles/27_trojan_485.pdf
- Vaculová, K., Jirsa, O., Martinek, P., Balounová, M. 2010. Hodnocení kvality zrna vybraných vzorků netradiční pšenice a bezpluchého ječmene. *Obilnářské listy*. XVII. (3). 71-77. ISSN: 1212-138X.
- Václavíková, M., Konvalina, P., Hajšlová, J. 2012. Kvalita pšenice v ekologickém zemědělství. *Zemědělec*. XX (16). 33. ISSN: 1211-3816.
- Vyhnánek, T., Trojan, V., Štiasna, K., Presinszká, M., Jakubcová, Z., Šťastník, O., Karásek, F., Janečková, M., Dostálová, Y., Mrkvicová, E., Hřivna, L., Martinek, P., Havel, L. 2015. Barevné pšenice – genetika a možnosti zpracování. In: *Fulltextový sborník XLI. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin*. Mendelova univerzita v Brně. s. 22-28. ISBN: 978-80-7509-220-5.

Zimolka, J. et al. 2005. Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press. Praha. ISBN: 8086726096.

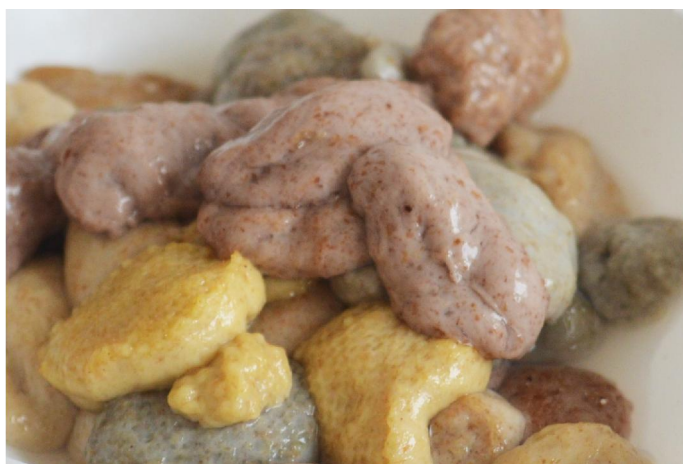
Žofajová, A., Pšenáková, I., Havrlentová, M., Pilarová, M. 2012. Accumulation of Total Anthocyanins in Wheat Grain. *Polnohospodárstvo*. 58 (2). 50-56. ISBN: 10.2478/v10207-012-0006-7.

9 PŘÍLOHY

Obr. č. 1: Semena odrůd PS Karkulka, Citrus a Scorpion



Obr. č. 2: Mokrý lepek testovaných vzorků pšenice s barevným zrnem



Tabulka č. 6: Senzorické hodnocení pečiva

znak	koefficient důležitosti	4	3	2	1	0
tvar výrobku	1	dobře klenutý	středně klenutý	méně klenutý	kulatý	velmi nízký, nepravidelný
barva kůrky	1	normální, typicky pečivová	tmavší lesklá	světlejší lesklá	tmavá matná	velmi světlá matná
parcelace	1,5	velmi dobrá	dobrá	méně výrazná	málo výrazná	neznatelná
vlastnosti střídky – pružnost	1,5	velmi dobrá, jemná	dobrá, jemná	dostatečná	nízká, drolivá střídka	nepružná, lepivá
pórovitost střídky	1,5	rovnoměrná, jemné stěny, střední póry	méně rovnoměrná, jemné stěny, střední póry	nerovnoměrná, hrubší stěny, menší dutiny	nerovnoměrná, hrubé stěny, dutiny	nerovnoměrná, hrubé stěny, husté póry, odfouklá kůrka
celkový chuťový vjem	2	velmi dobrý, typicky pečivový	dobrá	méně dobrý	mdlý	cizí příchut', cizí pach