

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav technologie potravin



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



Kvalita pšeničné mouky českých a zahraničních výrobců

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Viera Šottníková, PhD.

Vypracovala:

Bc. Veronika Zigmundová

Brno 2016

ZADÁNÍ DP

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci **Kvalita pšeničné mouky českých a zahraničních výrobců** vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala mé vedoucí práce, Ing. Věře Šottníkové, PhD., za odborné vedení této diplomové práce a RNDr. Ivu Mollovi, CSc. za připomínky a rady vztahující se ke statistickému zpracování dat. Velké poděkování patří rovněž mé rodině za veškerou podporu po celou dobu mého studia a během psaní této diplomové práce.

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo porovnat kvalitu pšeničné mouky českých a zahraničních výrobců. Hodnotila se pšeničná hladká mouka od 14 výrobců z České republiky a 21 výrobců ze zahraničí (z Rakouska, Slovenska, Rumunska, Ukrajiny, Austrálie a Nového Zélandu). Byly provedeny základní technologické rozbory mouk a na farinografu stanoveny farinografické vlastnosti vyrobených těst. Byl proveden pekařský pokus s vyhodnocením parametrů kvality, provedena senzorická analýza upečených výrobků a stanovena barva mouky a hotového pečiva a jeho pevnost.

Kvalita českých mouk se významně ($\alpha = 0,05$) nelišila od skupiny mouk zahraniční výroby. Odlišné bylo stanovení Zelenyho sedimentačního testu a poklesu konzistence těsta, kde lepších hodnot dosahovaly české mouky.

Klíčová slova: pšeničná hladká mouka, kvalita, farinograf, pekařský pokus, senzorická analýza, barva, pevnost

ABSTRACT

The aim of this thesis was to compare the wheat flour quality of Czech and foreign producers. Soft wheat flour was evaluated from 14 producers from the Czech Republic and 21 foreign producers (from Austria, Slovakia, Romania, Ukraine, Australia and New Zealand). The basic technological analysis of these flour samples was made and farinograph properties of doughs were carried out on farinograph device. The baking experiment with the quality parameters evaluation and sensory analysis of baked products were made, the flour and crust colour was determined and the baked products compactness was carried out as well.

The Czech flour quality didn't differ from foreign flour significantly ($\alpha = 0,05$). Only Zeleny sedimentation test and drop dough consistency were different, where the Czech flour was evaluated better.

Key words: soft wheat flour, quality, farinograph, baking experiment, sensory analysis, colour, compactness

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
3.1	Mezinárodní trh s obilovinami a pšenicí.....	10
3.2	Anatomická stavba pšeničného zrna a rozložení chemických látek	12
3.2.1	Obalové vrstvy	12
3.2.2	Aleuronová vrstva	12
3.2.3	Endosperm.....	13
3.2.4	Klíček (embryo)	13
3.3	Chemické složení pšeničného zrna	13
3.3.1	Dusíkaté látky.....	14
3.3.1.1	Albuminy, globuliny a triticiny	15
3.3.1.2	Prolaminy a gluteliny	15
3.3.2	Sacharidy.....	18
3.3.2.1	Škrob.....	18
3.3.2.2	Další sacharidické složky pšeničného zrna.....	19
3.3.3	Voda	20
3.3.4	Lipidy a barevné pigmenty.....	20
3.3.5	Enzymy	21
3.3.6	Vitaminy.....	22
3.3.7	Minerální látky	22
3.4	Faktory ovlivňující potravinářskou jakost pšenice	23
3.5	Technologická jakost pšenice	26
3.5.1	Mlynářská jakost	27
3.5.2	Pekařská jakost.....	28
3.5.2.1	Vlastnosti pekárenské mouky	28
3.5.3	Významné komponenty technologické jakosti pšenice	29

3.6	Využití pšeničného zrna a požadavky na jeho kvalitu.....	30
3.6.1	Kritéria hodnocení potravinářské pšenice pro pekárenské zpracování	32
4	MATERIÁL A METODIKA	33
4.1	Materiál.....	33
4.2	Metody stanovení.....	34
4.3	Statistické vyhodnocení	41
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	42
5.1	Laboratorní stanovení kvality	42
5.2	Farinografické hodnocení kvality	52
5.3	Hodnocení pekařského pokusu	56
5.3.1	Hodnocení kvality těsta.....	56
5.3.2	Hodnocení kvality pečiva.....	57
5.3.3	Senzorické hodnocení pečiva	61
5.4	Hodnocení barvy.....	65
5.4.1	Hodnocení barvy mouky	66
5.4.2	Hodnocení barvy upečených výrobků.....	67
5.4.3	Celková barevná diference	68
5.5	Pevnost upečených výrobků - TIRA TEST	70
5.6	Korelační analýza	71
5.6.1	Korelace mezi laboratorním stanovením a farinografickým hodnocením	72
5.6.2	Korelační analýza hodnocení barvy	73
6	ZÁVĚR	75
7	LITERATURA.....	78
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	88
9	SEZNAM TABULEK.....	90
10	PŘÍLOHY	91

1 ÚVOD

Nejrozšířenější obilovinou a zároveň základním zdrojem potravy pro lidskou populaci z hlediska obsahu bílkovin, sacharidů, vitamínů, minerálních a dalších látek obsažených v zrna je pšenice setá (*Triticum aestivum* L.). Pšenice setá má dlouhou historii, patří tedy k jedné z nejstarších zemědělských plodin a její pěstování souvisí s rozvojem moderní civilizace. V současnosti světová produkce i spotřeba pšenice neustále vzrůstá. Za posledních několik let přesáhla hranici 700 milionů tun ročně. Potravinářská pšenice je využívána pro výrobu řady pekárenských kynutých výrobků, pečivářských výrobků i těstovin. Kromě lidské výživy nachází široké uplatnění i v oblasti výživy hospodářských zvířat, ve zpracovatelském průmyslu je využívána na výrobu škrobu a lihu.

Pšeničné zrna se díky svému chemickému složení a struktuře přítomných složek podílí výrazně na kvalitě mouky. V menší míře se do kvality mouky promítá i vliv mletí. Mlýnsko-pekárensko-pečivářský průmysl tak klade na kvalitu zrna přísné požadavky. Kvalita mouky, jako hlavní suroviny, má pro pekařské zpracování značný význam, neboť ovlivňuje technologii výroby, kvalitu a finální podobu konečných výrobků. Nejvýznamnějšími složkami pšeničného zrna jsou z technologického hlediska zásobní bílkoviny, především gliadiny a gluteniny, jež mají schopnost vytvářet při hnětení těsta komplex zvaný lepek s významnými viskoelastickými vlastnostmi a polysacharid škrob se schopností bobtnat a mazovatět v průběhu pečení pečiva. Zastoupení chemických látek v jednotlivých částech zrna však není rovnoměrné ani kvantitativní, což je dáno řadou faktorů. Jedná se o faktor odrůdy, její genetický potenciál a agroekologické vlivy. Průmysl vyžaduje především vyrovnanou kvalitu mouk v požadovaných jakostních parametrech. Kritéria hodnocení potravinářské pšenice rozhodují o zařazení odrůdy do jakostní skupiny a zpřesňují popis kvality odrůdy.

Teoretická část diplomové práce je věnována trhu s pšenicí, anatomické stavbě a chemickému složení obilky a faktorům ovlivňující její potravinářskou jakost. Dále je pozornost věnována technologické jakosti pšenice, jejímu využití a požadavkům na kvalitu zrna. Praktická část se zabývá hodnocením jednotlivých kvalitativních parametrů mouk, výrobků z ní upečených a jejich statistickým vyhodnocením.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce na téma Kvalita pšeničné mouky českých a zahraničních výrobců bylo:

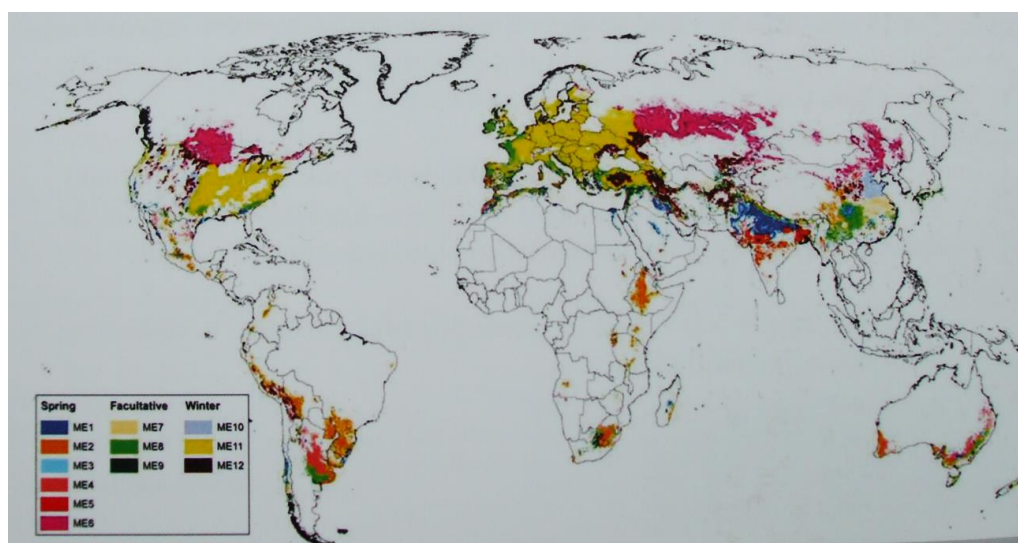
- zakoupení pšeničné hladké mouky od různých výrobců a z různých států,
- provést základní technologické rozbory těchto mouk (stanovení zrnitosti, vlhkosti, kyselosti, obsahu popela, dusíkatých látek a lepku, čísla poklesu, Zelenyho sedimentačního testu a spektrofotometrické stanovení barvy),
- na farinografu určit farinografické vlastnosti (vaznost mouky vodou, vývin a stabilitu těsta, pokles konzistence a číslo farinografické kvality),
- provést pekařský pokus s vyhodnocením parametrů kvality,
- senzorické zhodnocení upečených výrobků a zjištění jejich fyzikálních vlastností (pevnosti a barvy),
- statisticky jednotlivé parametry vyhodnotit a udělat závěry.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Mezinárodní trh s obilovinami a pšenicí

Celosvětová produkce obilovin je v marketingovém roce 2015/2016 odhadována na 1 999 milionů tun, tedy o 2 % nižší v porovnání s předchozím rokem. Odhaduje se, že i v následujícím marketingovém roce klesne světová produkce obilovin vlivem poklesu výnosů (IGC, 2016 a). Ke snížení produkce obilovin v roce 2015 významně přispělo nepříznivé suché počasí v Asii, v jižní a východní části Afriky, ve střední Americe, Karibské oblasti a Oceánii. Dopad na celkovou produkci mají i neustálé konflikty v Iráku, Sýrii a v některých zemích severní Afriky, které ovlivňují zemědělský sektor a bezpečnost potravin. Podle údajů Food and Agriculture Organization of the United Nations z prosince 2015 se i navzdory zmíněnému poklesu v produkci očekává dostatečná světová produkce obilovin pro pokrytí většiny celosvětové spotřeby pouze s malým čerpáním z existujících, velkých rezerv (FAO, 2015).

Pšenice se ve světě pěstuje na více než 220 milionech hektarů ve třech základních formách, a to jako jarní, ozimá a přesívková (fakultativní). Pšenice ozimá a přesívková se pěstuje na 75 milionech hektarů, tedy na 1/3 této plochy (Hořčíčka, 2014). Znázornění pěstování pšenice v různých oblastech světa je uvedeno na obrázku 1.



Obr. 1 Znázornění pěstování pšenice v různých klimatických zónách (Hořčíčka, 2014)

Pro rok 2015/2016 se očekává dobrá sklizeň pšenice. Celosvětová produkce by se měla blížit k 730 milionům tun. Nárůst produkce pšenice o 0,5 milionů tun je očekáván v Rusku a Pákistánu. Nižší nárůst se předpokládá v Evropské Unii (o 0,3 milionu tun) a Číně (o 0,2 milionu tun). Velmi malé změny (pod 0,1 milionu tun) nastaly na Novém Zélandu, v Nepálu a jižní Africe. Naopak v Uruguay a sousední Brazílii klesla ostře produkce pšenice vlivem těžkých srážek a záplavových dešťů v době žní, což způsobilo značné ztráty. Obě země očekávají produkci pšenice velmi nízké kvality, především podnormálního obsahu proteinů a hrozbu rozšíření houbových onemocnění (Bond, Liefert, 2016). Celosvětová produkce pšenice je v následujícím marketingovém roce 2016/2017 předběžně odhadována na 705 milionů tun, dojde tedy ke snížení o 3 % oproti minulému roku (IGC, 2016 b). Předpokládá se však, že v následujících pěti letech bude spotřeba pšenice stoupat vlivem růstu populace a jejich poptávkou po potravinách, a to meziročně zhruba o 1 % (IGC, 2016 a). Přehled světového trhu s obilovinami a pšenicí a jeho předpokládaný vývoj do roku 2020/2021 je uveden v tabulce 1.

Tab. 1 Světový trh s obilovinami a pšenicí (miliony tun), (IGC, 2016, a)

Roky	14/15 ¹⁾	15/16 ²⁾	16/17 ³⁾	17/18 ³⁾	18/19 ³⁾	19/20 ³⁾	20/21 ³⁾
Obiloviny							
Produkce	2026	1999	1980	2022	2055	2083	2112
Spotřeba	1985	1991	2001	2031	2060	2088	2117
Obchod	322	315	315	319	324	330	336
Zásoby	447	454	434	425	421	416	412
- meziroční změna	+41	+7	-21	-8	-5	-4	-5
Pšenice							
Produkce	721	726	705	718	726	733	741
- z toho EU	156,1	157,7	145,5	145,5	146,3	147,1	147,8
Spotřeba	707	718	713	721	728	734	742
- z toho potraviny	477	484	489	494	499	505	510
Obchod	153	150	152	153	155	158	161
Zásoby	201	209	200	197	195	195	195
- meziroční změna	+13	+8	-8	-3	-2	-1	-0

Poznámka: 14/15¹⁾ předběžné údaje, 15/16²⁾ odhady, 16/17 – 20/21³⁾ předpokládané údaje

3.2 Anatomická stavba pšeničného zrna a rozložení chemických látek

Anatomická stavba obilného zrna má význam při jeho hodnocení, skladování i následném zpracování (Pelikán, 2001). Plodem pšenice je obilka - jednosemenná nažka. Skládá se z obalových vrstev, endospermu a klíčku, které zaujímají v tomto pořadí 13-17 %, 80-85 % a 2-3 % z hmotnosti zrna (Belderok et al., 2000). Hmotnostní podíl jednotlivých částí zrna je však proměnlivý vlivem jak vnitřních, tak i vnějších faktorů (Taufarová et al., 2014). Proto zastoupení chemických látek v jednotlivých částech zrna není rovnoměrné ani kvantitativní (Foltýn et al., 1970).

3.2.1 Obalové vrstvy

Obalové vrstvy obilky tvoří oplodí a osemení, které k sobě těsně přilínají. Oplodí je tvořeno čtyřmi vrstvami buněk – pokožkou, podélnými, příčnými a hadicovými buňkami. Osemení je tvořeno dvěma vrstvami – barevnými a skelnými buňkami. Obalové vrstvy chrání obilku před vnějšími vlivy, endosperm a klíček před vysycháním a mechanickým poškozením (Martinek, Filip, 2012). V mlýnské technologii jsou označovány jako otruby. Obalové vrstvy jsou významným zdrojem vlákniny a minerálních látek. S pluchatostí zrna jejich obsah stoupá. Z hlediska pekárenské technologie působí ale obalové vrstvy spíše negativně. Ovlivňují kvalitu a zpracovatelnost těsta a často i vzhled hotového výrobku, proto se při výrobě mouky oddělují (Kučerová, 2004).

3.2.2 Aleuronová vrstva

Mezi osemením a endospermem se nachází aleuronová vrstva tvořena hranolovitými buňkami. Technologicky bývá zahrnována do celkového endospermu. Obsahuje vysoký podíl bílkovin, především protoplazmatických, který je téměř třikrát vyšší než v endospermu (Kopáčová, 2007). Tyto bílkoviny však většinou nepatří k lepkotvorným a nejsou nositeli pekařské síly mouky. V aleuronové vrstvě se nachází i vysoký obsah minerálních látek, dále tuky a vitaminy (Taufarová et al., 2014).

3.2.3 Endosperm

Vnitřní obsah zrna je tvořen endospermem, který představuje jeho největší podíl a zásobárnu živin pro růst a vývoj klíčku. Jedná se o technologicky nejvýznamnější část tvořenou vysokomolekulárními sloučeninami (Kopáčová, 2007). Buňky endospermu jsou vyplněny škrobem, jenž je hlavní složkou, dále bílkovinami a nízkým podílem tuku, vlákniny a minerálních látek (Šramková at al., 2009). Pro pekárenskou technologii jsou však významné bílkoviny (cca 10 % obsahu endospermu). Jejich obsah a rozdílná kvalita ovlivňuje pekárenskou kvalitu pšeničné mouky, což je téměř čistý rozdrčený pšeničný endosperm (Kučerová, 2004).

3.2.4 Klíček (embryo)

Klíček tvoří nejmenší podíl zrna. Je zárodkem nové rostliny a nositelem genetických informací (Martinek, Filip, 2012). Nachází se na štítku odděleném od endospermu vrstvou palisádových buněk. Obsahuje vyšší podíl tuků, je zdrojem jednoduchých cukrů, bílkovin, enzymů, vitaminů (E a skupiny B), růstových hormonů a minerálních látek (Bláha, Šrek, 1999). Vzhledem k vysokému obsahu tuku je klíček při mlýnském zpracování oddělován. V opačném případě by na vzduchu podléhal oxidačním i enzymovým změnám a negativně ovlivňoval sensorickou kvalitu mouky a její trvanlivost. Kromě krmných účelů nacházejí obilné klíčky své uplatnění v potravinářském a farmaceutickém průmyslu (Kopáčová, 2007).

3.3 Chemické složení pšeničného zrna

Z technologického hlediska jsou nejvýznamnějšími složkami pšeničného zrna dusíkaté látky a sacharidy, kterým je v této kapitole věnována větší pozornost. V následující kapitole jsou blíže rozvedeny faktory, které mají vliv na chemické složení pšeničného zrna a ovlivnění vlastností jednotlivých složek.

3.3.1 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky mají největší význam z hlediska technologické i nutriční jakosti. Podstatný podíl dusíkatých látek tvoří bílkoviny, jejichž stavebními složkami jsou aminokyseliny spojené peptidovou vazbou. Množství bílkovin v sušině pšeničného zrna kolísá v rozmezí 8-20 % (Minějev, Pavlov, 1981). Obsah bílkovin vnějších částí zrna je znatelně vyšší než u vnitřních částí. Jejich obsah v mouce značně závisí na stupni vymletí zrna, odrůdě a dalších faktorech. Pšeničná mouka obvykle obsahuje 7-15 % bílkovin. Jednotlivé bílkovinné frakce se výrazně liší zastoupením aminokyselin (Velíšek, Hajšlová, 2009). Nebílkovinná část je zastoupena převážně amidy a aminokyselinami nacházejícími se v aleuronové vrstvě a klíčku. Ve srovnání s živočišnou bílkovinou je zrno pšenice chudé na aminokyseliny methionin, lysin, valin a threonin. Naopak nejméně limitujícími aminokyselinami jsou fenylalanin a tryptofan (Foltýn et al., 1970).

T. D. Osborne rozdělil bílkoviny dle jejich rozdílné rozpustnosti v různých rozpouštědlech do čtyř skupin (Belderok et al., 2000):

- albuminy – rozpustné ve vodě
- globuliny – rozpustné v roztocích solí
- prolaminy (gliadin) – rozpustné v 70% ethanolu
- gluteliny (glutenin) - rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad

Tab. 2 Podíl jednotlivých frakcí bílkovin pšenice (%), (Velíšek, Hajšlová, 2009)

Frakce	Pšenice
Albuminy	14,7
Globuliny	7,0
Prolaminy	32,6
Gluteliny	45,7

3.3.1.1 Albuminy, globuliny a triticiny

Albuminy a globuliny představují protoplazmatické bílkoviny, jejichž frakce zaujímá téměř 25 % celkového obsahu bílkovin. Nachází se především v aleuronové vrstvě a klíčku (Belderok et al., 2000). Jejich obsah je podmíněn geneticky a je jen v malé míře ovlivnitelný pěstitelskými podmínkami a agrotechnikou (Satorre, Slafer, 1999). Vzhledem k aminokyselinovému složení vykazují vysokou nutriční hodnotu (Bushuk, 1989).

Triticiny nejsou zahrnuty do dělení bílkovin podle Osborna, předpokládá se, že se jedná o typ globulinů. Tyto polymerní bílkoviny – tetrametry, jsou tvořeny čtyřmi různými podjednotkami spojenými disulfidickými vazbami. Oproti lepkovým bílkovinám vykazují vyšší obsah esenciálních aminokyselin, především lyzinu, treoninu a více sirných aminokyselin (Burešová, Lorencová, 2013).

Protoplazmatické bílkoviny, stejně jako triticiny, nemají podstatný vliv na pekárenskou kvalitu zrna, neboť hrají pouze malou roli ve vzájemných interakcích vedoucích k vytvoření soudržného lepku a nacházejí se v částech obilky, které jsou při výrobě mouky záměrně odstraňovány (Satorre, Slafer, 1999; Uthayakumaran, 2010).

3.3.1.2 Prolaminy a gluteliny

Prolaminy (gliadin) a gluteliny (glutenin) jsou označovány jako zásobní bílkoviny a tvoří značnou část endospermu zrna. Tyto frakce jsou zastoupeny přibližně v poměru 2:3 (Příhoda et al., 2004), jsou nositeli technologických vlastností pšeničného zrna a přecházejí do mouky (Prugar et al., 2008). Při hnětení mouky s vodou mají schopnost vytvářet specifický gel, zvaný lepek, s významnými viskoelastickými vlastnostmi a významně tak ovlivňovat výslednou strukturu pšeničného pečiva (Gabrovská et al., 2016). Kvalita lepku je určena především optimální kombinací gliadinu a gluteninu, jež přispívají k reologickým vlastnostem a schopnost pšeničné mouky tvořit viskoelastické vlastnosti těsta závisí na jejich povaze (Bushuk, Bekes, 2002).

Gliadin je viskóznější, snadno peptizovatelný a je obsažen ve větším množství v tažném, měkkém a málo pružném lepku (Foltýn et al., 1970). Vykazuje vysoký obsah glutamové kyseliny a prolinu a nízký obsah lyzinu i ostatních zásaditých aminokyselin. (Černý, Šašek, 1996; Petr, 2001). Gliadiny téměř neobsahují sirné aminokyseliny,

což jim znemožňuje tvorbu disulfidických vazeb. Vyskytují se jako jednoduché řetězce o molekulové hmotnosti v rozmezí 20 000-70 000 Da. Dle velikosti a mobility v elektrickém poli je lze rozdělit na α , β , γ a ω -gliadiny. Jejich vysokého polymorfizmu se využívá k identifikaci odrůd pšenice (Burešová, Lorencová, 2013).

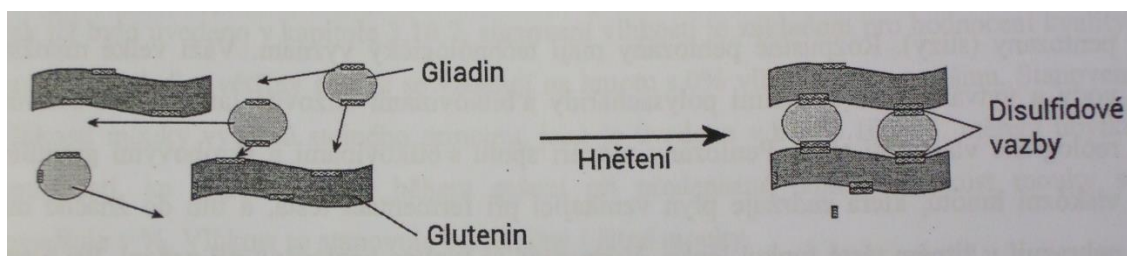
Glutenin je naopak obsažen ve větší míře v lepku kvalitním, pružným a tužším. Gluteniny patří mezi největší bílkovinné molekuly vyskytující se v přírodě o molekulové hmotnosti až několik milionů daltonů. Jsou tvořeny podjednotkami spojenými disulfidickými vazbami, které je možné rozdělit do dvou skupin, a to na podjednotky gluteninů s vysokou molekulovou hmotností (HMW) a s nízkou molekulovou hmotností (LMW) (Cornell, 2012). HMW podjednotky představují minoritní složku gluteninů, avšak jejich přítomnost má na pekárenskou kvalitu zásadní vliv (Satorre, Slafer, 1999). Dobré pekárenské vlastnosti lepku jsou dány vyšším podílem cysteinových zbytků v podjednotce. Tím je umožněna tvorba disulfidických vazeb mezi podjednotkami a tvorba delšího polypeptidového řetězce, která zvyšuje pevnost a pružnost lepku (Černý, Šašek, 1996). I LMW podjednotky obsahující dva či více cysteinových zbytků mohou vytvářet disulfidické vazby a prodlužovat tak délku polypeptidového řetězce. Nejvyšší vliv na pekárenskou kvalitu však mají LMW podjednotky, které tvoří komplexy s HMW podjednotkami. LMW podjednotky obsahující pouze jeden cysteinový zbytek tvorbu řetězce ukončují a pekárenskou kvalitu těsta spíše zhoršují (Burešová, Lorencová, 2013).

Různý poměr elasticity a tažnosti těsta umožňuje použití mouky pro výrobu pekárenských nebo pečivárenských výrobků. Vyvážená elasticita k tažnosti těsta předurčuje použití mouky k pekárenské výrobě kynutých těst. V opačném případě, tedy vysoké tažnosti a nízké elasticitě lepkových bílkovin, je mouka vhodná pro pečivárenské prokypřované výrobky (Zimolka et al., 2005).

O jakosti lepku a tím pádem i zlepšení pekařských vlastností mouky nerozhoduje pouze poměr výše zmíněných složek, ale je důležitý i fyzikálně-chemický charakter stavby makromolekul lepkových bílkovin, způsob vazby mezi nimi, tedy jejich struktura, prostorové uspořádání bílkovinných řetězců a jejich propojení různými příčnými můstky. Významnou roli v bílkovinách hrají sulfhydrylové (-SH) a disulfidické (S-S) skupiny obsažené v tripeptidu zvaném glutathion. Sulfhydrylové skupiny přecházejí při hnětení těsta účinkem oxidace v disulfidickou vazbu. Vzniklé můstky působí na pevnost lepku. Oxidací sulfhydrylových skupin, které působí jako

aktivátor proteolytických enzymů, se předchází štěpení bílkovinných molekul lepku. Na tomto principu fungují i zlepšující přípravky (oxidanty) přidávané do mouky.

Představa vzniku lepkové sítě spojováním gliadinových a gluteninových frakcí je znázorněna na obrázku 2.



Obr. 2 Vznik lepkové sítě (Burešová, Lorencová, 2013)

Množství lepku v pšeničném zrně je ovlivněno vnějším prostředím. Fyzikální a fyzikálně-chemické vlastnosti lepku ovlivňuje převážně odrůda (Foltýn et al., 1970). Podle Černého a Šaška (1996) hraje v případě lepku významnou roli dědičnost, která je u objemu lepku odhadována na 60-90 %, u jeho pružnosti na 70-74 % a u množství lepku pouze na 24-44 %. Dědičnost celkové jakosti lepku je odhadována na 66-72 %.

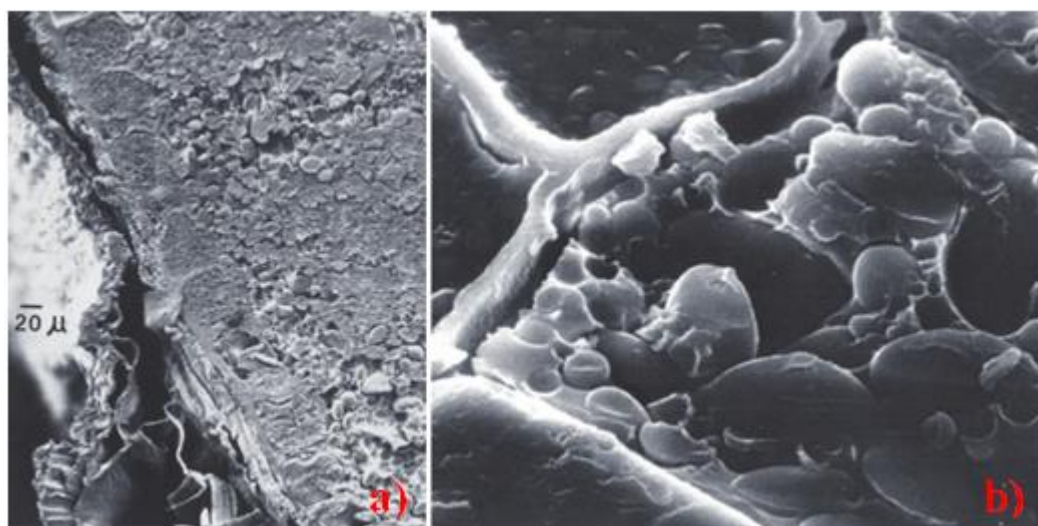
Prugar (1999) uvádí, že právě v obsahu dusíkatých látek a mokrého lepku je nejvýraznější rozdíl u konvenčně a ekologicky vypěstovaných obilovin. Dle zkoumání Krejčířové et al. (2007) vyplývá výrazný rozdíl ve skladbě bílkovin u odrůd pěstovaných konvenčně a ekologicky. Ekologicky vypěstovaná pšenice obsahuje menší podíl lepkových bílkovin a vyšší podíl protoplazmatických bílkovin ve srovnání s pšenicí pěstovanou konvenčním způsobem. Tento rozdíl je způsoben absencí minerálních dusíkatých hnojiv v ekologickém způsobu pěstování v době jeho zvýšené potřeby v pozdních vegetačních fázích při tvorbě zrna a jeho zrání (Prugar, 1999). Výsledky potvrzují, že u ekologicky vypěstované pšenice lze obtížně dosáhnout parametrů pekárenské jakosti, avšak díky vyššímu obsahu albuminů a globulinů ji lze z pohledu výživové hodnoty považovat za kvalitnější a využít tak např. při výrobě speciálních mlýnsko-pekárenských výrobků, müsli apod. (Krejčířová et al., 2007).

3.3.2 Sacharidy

3.3.2.1 Škrob

Z technologického hlediska jsou vedle bílkovin významnou složkou pšeničného zrna i sacharidy, z nichž podstatnou část tvoří polysacharid škrob plnící zásobní funkci (Gabrovská et al., 2016). Uvádí se, že obsah škrobu je v negativním vztahu k obsahu bílkovin (Burešová, Lorencová, 2013), v pšeničném zrně kolísá v rozmezí 50-70 % stejně jako u bílkovin v závislosti na odrůdě, lokálních klimatických a půdních podmínkách a agrotechnických opatřeních (Satorre, Slafer, 1999). Obsah škrobu v mouce, která je tvořena převážně endospermem, je vyšší, a to kolem 82 % sušiny (Cornell, 2012).

Škrob se vyskytuje ve formě škrobových zrn ve dvou velikostních frakcích: škrob A (25-40 μm) a škrob B (5-10 μm), jehož podíl tvoří 88 % (Šramková et al., 2009). Na obrázku 3 a) je uveden snímek škrobových zrn typu A z elektronového mikroskopu, při dalším zvětšení je možné pozorovat i škrobová zrna typu B - obrázek 3 b).



Obr. 3 Snímek pšeničného škrobu pod elektronovým mikroskopem (Uthayakumaran, 2010)

Škrob B je vázán pevnou vazbou na bílkovinnou matici. Problematicky se od ní separuje a tím zhoršuje nejen výtěžnost škrobu, ale ovlivňuje i kvalitu lepku (Capouchová et al., 2003). Během analýzy na Mixolabu byly sledovány fyzikálně-

chemické změny ovlivňující škrob a při výrobě chleba bylo nalezeno optimum 25-35 % škrobu B. Také bylo zjištěno, že škrob A vytváří více provzdušněnou střidu, a že poměr škrobu A a B ovlivňuje absorpci vody (Filip, 2013).

Škrobová zrna jsou složena ze dvou polymerů, jež sestávají z molekul glukózy. Jedná se o amylozu a amylopektin, které jsou zastoupeny v obilných škrobech v poměru cca 25 % amylozy a 75 % amylopektinu (Preiss, 2004). V přímém řetězci amylozy jsou molekuly glukózy spojeny α -1,4 glykosidickou vazbou, v rozvětvenějších molekulách amylopektinu se častěji vyskytují i vazby α -1,6 a tudíž lépe odolává amylytickým enzymům než molekula amylozy (Velíšek, Cejpek, 2008). Poměr amylozy a amylopektinu tak ovlivňuje vlastnosti škrobu, texturu a kvalitu pečiva.

Díky své odlišné struktuře se liší obě frakce jak chemickými, tak i fyzikálními vlastnostmi. Z fyzikálních vlastností škrobu jsou nejvýznamnějšími schopnostmi bobtnání, mazovatění a retrogradace (Hung, 2008). Škrobová zrna ve vodě bobtnají, při zahřátí na určitou teplotu vytváří škrobový maz, silně viskózní koloidní roztok, v důsledku rozpadu vodíkových můstků mezi molekulami amylozy a amylopektinu. Teplota mazovatění škrobu závisí na přítomnosti cukrů, lipidů a solí (Edwards, 2007). Dle Capouchové et al. (2003) dochází k mazovatění škrobu A při nižších teplotách oproti škrobu B. Všechny škroby však při jedné teplotě ihned nezamazovají, úplné zmazovatění nastává až v určitém rozmezí teplot a po určité době. V průběhu pečení ale v těstě nedochází k úplnému zmazovatění škrobových zrn. Dochází především k bobtnání zrn a pravděpodobně může zmazovatět jen jejich povrch, neboť k úplnému zmazovatění není v těstě dostatek vody (Příhoda et al., 2004). Ochlazováním škrobového mazu se zpětně vytváří vodíkové můstky mezi amylozou a amylopektinem a vzniká škrobový gel. Tento děj, označovaný jako retrogradace, významně ovlivňuje texturu pečiva a jeho stárnutí (Tomasik et al., 2008).

3.3.2.2 Další sacharidické složky pšeničného zrna

Mimo škrob se v zrně vyskytují v malé míře i mono- a oligosacharidy, dále polysacharidy a komplexní sacharidy (Gabrovská et al., 2016). Mono- a oligosacharidy vznikají degradací škrobu a jejich obsah v zrně se pohybuje v nízkých koncentracích (stovky $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Z neškrobových polysacharidů převažují hemicelulosa, jejichž hlavními složkami jsou u pšenice arabinoxylany. Ve významném množství se vyskytují

i glukofruktany, celulóza a v otrubách přítomný lignin (Velíšek, Hajšlová, 2009). Obsah hlavních polysacharidů pšeničné mouky je uveden v tabulce 3.

Tab. 3 Obsah hlavních polysacharidů pšeničné mouky (Velíšek, Hajšlová, 2009)

Polymer	Obsah v %	Polymer	Obsah v %
Škrob	60-80		
Neškrobové polysacharidy	3-11		
- celulóza	0,2-3	- xyloglukany	0,2-0,4
- hemicelulózy	2-7	- pektiny	0,3-0,5
- arabinoxylany	1-3	- glukofruktany	1-4
- β -glukany	0,5-2		

3.3.3 Voda

Voda je důležitou složkou zrna. Za účasti vody probíhají v zrně během růstu, zrání a skladování všechny biochemické a fyziologické procesy. Voda přítomná v zrně se nachází ve dvou formách. Voda volná slouží jako rozpouštědlo a snadno se vypařuje. Voda vázaná je tvořena vodou hydratační a sorpční, nemá migrační schopnost (Pelikán, Sáková, 2001). Množství vody ovlivňuje zásadním způsobem senzorycké vlastnosti zrna, jeho údržnost a odolnost vůči mikrobům (Martinek, Filip, 2012). Z technologického hlediska lze dle obsahu vody rozlišit mokré zrně (nad 17 %), vlhké zrně (nad 15,5 %), středně suché (nad 14 %) a suché zrně (do 14 %) (Kučerová, 2004).

3.3.4 Lipidy a barevné pigmenty

V pšeničném zrně tvoří lipidy 1,5-2,5% obsah. Jsou tvořeny převážně kyselinou linolovou, palmitovou a olejovou. Více nenasyčené kyseliny linolová a linoleová tvoří asi 60 %. Díky tomuto vysokému podílu má olej získaný lisováním klíčků vysokou biologickou hodnotu (Hosnedl, 2008). I přes nízký obsah v zrně hrají lipidy důležitou roli i v pekárenské technologii při tvorbě těsta a v průběhu pečení. Jejich značná část se při hnětení těsta váže do struktury lepku a přispívá ke stabilizaci vzniklého kypřícího plynu, čímž významně ovlivňuje objem a texturu pečiva. Velký význam při tomto

procesu mají hlavně polární lipidy, jejichž obsah v pšenici dosahuje 30 % (Carver, 2009; Cornell, 2012; Schaffarczyk et al., 2016). Ovlivňují tak oxidaci sulfhydrylových (-SH) skupin při míchání těsta a tak i jeho reologické vlastnosti (Prugar et al., 2008).

Kromě vlastních tuků tvoří lipidy zrna především fosfatidy, obsahují i kyselinu fosforečnou a dusíkatou bázi. Představitelem je lecitin s dusíkatou bází cholinem. Při skladování obilí i mouky je třeba dbát zvýšené pozornosti, neboť oxidační změny lipidů způsobují žluknutí, vznik kyseliny fosforečné při štěpení fosfatidů, což vede ke zvýšení kyselosti (Foltýn et al., 1970).

K lipidům se připojují i lipofilní žlutá a oranžová barviva skupiny karotenoidů, které mají vliv na barvu mouky. Pšeničné mouky určené k pekařským účelům obsahují nízký podíl těchto pigmentů, zatímco pro výrobu těstovin jsou žádány odrůdy s vyšším obsahem (Taufarová et al., 2014).

3.3.5 Enzymy

Enzymy jsou považovány za biokatalyzátory živé buňky, regulují výměnu látek během klíčení, růstu, skladování i technologického zpracování (Pelikán, Sáková, 2001; Kučerová, 2004). Důležitou úlohu mají z technologického hlediska enzymy amylolytické a proteolytické.

K amylolytickým enzymům se řadí α - a β - amyláza. Pokud jsou v mouce již narušená zrna škrobu a vysoká aktivita α -amylázy, dochází k rychlejší hydrolýze škrobu už během fermentace v těstě. Následkem je příliš rychlá tvorba nízkomolekulárních cukrů a lepivost těsta. Během pečení pak α -amyláza silně naruší strukturu těsta, neboť narušený škrob nemá kapacitu k udržení dostatečného množství vody ve střídě. Výsledkem je pak mazlavá či drobivá střída pečiva dle stupně poškození škrobu. Naopak β -amyláza není z hlediska pekárenství tolik nebezpečným enzymem jako α -amyláza. Její aktivita je rozhodující pro tzv. cukrotvornou schopnost mouky, tedy pro vytvoření dostatečného množství maltózy v mouce, jež je substrátem pro kvasinky či bakterie používané pro kypření těsta (Příhoda et al., 2004).

K proteolytickým enzymům patří peptidázy a proteinázy. Činnost proteolytických enzymů je v těstě podmíněna aktivátory a složitými oxido-redukčními pochody. Jejich působením se v porostlém obilí poškozuje struktura pšeničného lepku (Foltýn et al., 1970).

Dalšími významnými enzymy přítomnými v zrně jsou lipázy a lipoxygenázy. Lipoxygenázy oxidují nenasycené mastné kyseliny lipidů pšenice. Vzniklé hydroperoxydy působí jako silná oxidační činidla - oxidují volné thiolové skupiny lepkových bílkovin a polypeptidové řetězce se tak spojují dalšími disulfidovými vazbami, což vede k pozitivnímu ovlivnění objemu a textury pečiva. Současně vzniká i světlejší mouka vlivem degradace karotenoidních barviv (Velíšek, Hajšlová, 2009).

3.3.6 Vitaminy

Vitaminy pšeničného zrna jsou koncentrovány především v klíčku a aleuronové vrstvě. Při mletí přecházejí tyto části do otrub a tmavších mouk, přední mouky tak obsahují nižší podíl vitaminů (Prugar et al., 2008). Dle stupně vymletí zůstává ve světlých moukách zhruba 10-20 % původního obsahu vitaminů. V tmavých moukách je to až 40 % (Příhoda et al., 2004). Jedná se o vitaminy skupiny B jako je thiamin, riboflavin, pyridoxin, nikotinovou kyselinu, z lipofilních vitaminů je v klíčku přítomen vitamin E – tokoferol, který se zde vyskytuje ve vysoké koncentraci (Uthayakumaran, 2010). Nakamura a Kurata (1997) zkoumali vliv vitaminu C (kyseliny askorbové) přidávaného do mouky. Vitamin C ovlivňuje pozitivním způsobem redoxní reakce při hnětení těsta a tím jeho reologické vlastnosti, především pevnost.

3.3.7 Minerální látky

Obsah minerálních látek se stal základem pro hodnocení jakosti mouky (Tauférová et al., 2014). Tyto látky jsou souhrnně nazývány „popel“, tedy anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Obsah popela je základem pro klasifikaci mouk a jejich typové označení, např. mouka T 530 je tisícinásobkem obsahu popela 0,53 % (Příhoda et al., 2004). V pšeničném zrně se jejich obsah pohybuje nejčastěji v obalových částech a klíčku v rozmezí 1,5-2,5 % v závislosti na dané odrůdě a vegetačních podmínkách. Jejich množství v mouce závisí na stupni vymletí a stupni oddělení obalových vrstev a klíčku od endospermu (Kučerová, 2004). Z biogenních prvků má převahu fosfor a draslík (Velíšek, Hajšlová, 2009). Výzkum potvrdil, že z celkového množství biogenních minerálů zrna přechází do mouky vymleté asi

na 76 % necelých 76 % vápníku, 50 % fosforu a 20 % železa. U světlejších mouk je bilance horší. Lze tedy říci, že z hlediska výživy by měly být preferovány mouky tmavší před světlými (Foltýn et al., 1970).

3.4 Faktory ovlivňující potravinářskou jakost pšenice

K dosažení vysoké technologické jakosti potravinářské pšenice je důležitá kombinace mnoha faktorů, nejdůležitějším z nich je obsah bílkovin v zrna. Zvyšující se podíl lepkových frakcí v celkovém obsahu bílkovin směřuje ke zlepšení technologické, obzvláště pekárenské jakosti pšenice. Zároveň však dochází ke snížení biologické a nutriční hodnoty bílkovin vlivem snížení obsahu esenciálních aminokyselin (Bushuk, 1989). Na základě výše uvedeného je tedy zřejmé, že technologická jakost potravinářské pšenice je komplexní záležitostí, zahrnující interakce geneticky podmíněné vnitřní stavby zrna, především bílkovin, s vnějšími agroekologickými faktory (Černý, Šašek, 1996; Satorre, Slafer, 1999).

Podle Petra (2001); Pelikána a Sákové (2001) lze z hlediska technologické hodnoty rozdělit faktory ovlivňující jakost do dvou skupin:

- vnitřní faktory, dané odrůdou
- vnější faktory, označované jako agroekologické

Faktor **odrůdy** významně ovlivňuje některé parametry jakosti a předurčuje směr využití vypěstované produkce. Při šlechtění nových odrůd pšenice proti biotickým a abiotickým faktorům se jeví velmi důležitou pekařská jakost pšenice. Jakostní vlastnosti jsou podmíněny spíše geneticky, proto jsou odrůdy děleny na pekařsky více a méně kvalitní (Hrušková et al., 2006). Na rozdíl od světových producentů vysoce kvalitních pekárenských a pečivárenských pšeníc, jako jsou USA, Kanada a Austrálie, je v nestabilním evropském klimatu technologická jakost zrna silně ovlivněna klimatickými podmínkami a agrotechnickými postupy včetně minerální výživy v průběhu pěstování. Tyto vlivy mohou potlačit nebo zvýraznit geneticky určený potenciál jakosti odrůd. Kvalitní surovina je tak dána zejména odrůdovou skladbou pšeníc (Zimolka et al., 2005). Vliv těchto faktorů na vybrané jakostní ukazatele pšenice je znázorněn v tabulce 4.

Tab. 4 Podíl odrůdy a pěstitelských podmínek na některých jakostních ukazatelích pšenice (%), (Petr, 2001)

Faktor	Obsah bílkovin	Mokrý lepek	Jakost lepku
Odrůda	22,0	28,8	68,3
Pěstitelské podmínky	78,0	76,2	31,7

Z vnějších faktorů ovlivňujících potravinářskou jakost pšenice je třeba na prvním místě zdůraznit **půdně-klimatické podmínky**. V teplejších a úrodnějších oblastech se s větší pravděpodobností dosáhne požadovaných parametrů potravinářské pšenice. Tyto poznatky vedly k určité rajonizaci pěstování potravinářské pšenice, požadované jakosti se s větší jistotou dosáhne v kukuřičné a řepařské oblasti (Křen et al., 1998). Dle Hubíka (1995), Prugara (1999) i Capouchové (2003) je tvorba bílkovin v zrna podporována horkým a především suchým počasím v průběhu tvorby obilky a jejího dozrávání. Také Prugar a Hraška (1986) se domnívají, že ročník má vliv na obsah jednotlivých bílkovin v průběhu dozrávání. Negativní důsledky počasí lze do jisté míry eliminovat a to již zmíněnou oblastní rajonizací, zvolením vhodné odrůdy a pěstebními technologiemi (Palík et al., 2009).

Významným agrotechnickým faktorem vytvářejícím jistotu dosažení dobré jakosti pšenice je i volba vhodné **předplodiny** (Křen et al., 1998). Má mnohostranný vliv na půdu, zejména však ovlivňuje zásobu živin v půdě a dynamiku jejich uvolňování pro pšenici (Pelikán, Sáková, 2001). Vhodnými předplodinami jsou zlepšující plodiny jako jeteloviny, luskoviny, řepka apod. Negativní vliv výběru nevhodné předplodiny je nutno kompenzovat vyššími dávkami hnojiv, pesticidů a dalšími agrotechnickými zásahy (Diviš et al., 2010). Řada pokusů dokázala vyšší vliv předplodiny na obsah lepku a bílkovin oproti vlastnímu hnojení průmyslovými hnojivy (Petr, 2001).

Vedle předplodiny má významný vliv na výnos, látkové složení a technologickou kvalitu pšenice i **hnojení základními živinami**, jako jsou dusík, fosfor a draslík (Palík et al., 2009). Dusíkatá výživa má významný vliv na obsah jednotlivých bílkovinných frakcí a na jejich aminokyselinové složení (Minějev, Pavlov, 1981). Také Prugar (1980), Graveland (1996) a Petr (2001) potvrzují, že aplikace dusíkatých hnojiv zvyšuje obsah dusíkatých látek a podíl lepku v zrna. Účinnost dusíkatého hnojení však může být snižována nedostatečným zásobováním ostatními živinami (Petr, 2001). Syntéza bílkovin by nemohla proběhnout bez fosforu, který je součástí nukleových

kyselin, při jeho nedostatku dochází k inhibici jejich tvorby. Draslík napomáhá transportu glycidů a aminokyselin do obilek, zvyšuje sílu mouky a objemovou výtěžnost pečiva (Minějev, Pavlov, 1981), jeho nedostatek snižuje schopnost ukládání bílkovin v zrně a jejich kvalitu. Obsah fosforu a draslíku v půdě by měl být ve vyrovnaném poměru k příjmu dusíkatých hnojiv (Palík et al., 2009).

Na jakostních ukazatelích potravinářské pšenice se může v menší míře projevit i vliv **přípravy půdy, doba setí a výsevku**. Předset'ová příprava půdy, jež je závislá na předplodinové hodnotě a její včasné sklizni, umožňuje včasné a kvalitní založení porostu (Diviš et al., 2010). Včasné setí se příznivě projevuje na jakosti, neboť se tak prodlouží období tvorby obilky. Obilky jsou větší, což má pozitivní vliv na výtěžnost mouky, s větším podílem předních zrn a vyšším obsahem lepku (Pelikán, Sáková, 2001). Z hlediska organizace struktury porostu jsou výhodnější výsevky na spodní doporučené hranici optimálního rozmezí výsevu (Petr, 2001). S rozšiřující se meziřádkovou vzdáleností je porost pšenice lépe prosvětlen a provzdušněn, což omezuje šíření houbových chorob a zajišťuje delší fotosyntetickou aktivitu rostliny. Tímto je možné podpořit syntézu bílkovin v zrně (Petr et al., 1987). Lafond (1994) naopak tvrdí, že zvýšený obsah bílkovin pšenice je způsoben větší plochou mezi řádky, a tudíž větší možností čerpání živin rostlinami. I z výzkumu Förstera et al. (2004) je patrné, že pěstováním pšenice v širších řádcích je možné dosáhnout vysoké pekařské kvality, neboť dochází ke zvyšování obsahu mokrého lepku a hodnoty Zeleného testu (Palík et al., 2009).

O jakosti potravinářské pšenice rozhoduje i **sklizeň, posklizňová úprava a způsob skladování**. Opožděná sklizeň snižuje objemovou hmotnost zrna, obsah a jakost lepkové bílkoviny, zvyšuje riziko napadení různými patogeny, zejména fuzariózami a může dojít k porůstání, které vede ke snížení čísla poklesu a nežádoucí enzymatické aktivitě (Křen et al., 1998). Naopak předčasná sklizeň může jakost lepku zvýšit. Při sklizni musí být respektovány i požadavky na co nejnižší podíl poškozených zrn (Petr, 2001). Podle Pelikána a Sákové (2001) je cílem skladování nejen hodnotu obilí uchovat, ale i zvýšit pomocí posklizňové úpravy, jako je čištění, třídění či úprava vlhkosti. V obilovinách i po sklizni probíhají nadále fyziologické, enzymatické a chemické procesy. Z toho důvodu je nezbytné jejich uvedení do stavu anabiózy, kdy jsou tyto procesy utlumeny (Burešová, Lorencová, 2013). Jedná se o tzv. posklizňové dozrávání obilovin, během kterého se dotváří struktury bílkovin a škrobu, dýchání

obilék, při kterém dochází k oxidaci zásobních látek, vede k úbytku hmotnosti zrna a je fyziologickou příčinou samozáhřevu obilné masy, dále klíčení zrna, kdy prudce vzroste aktivita amylolytických a proteolytických enzymů, což způsobí rozklad zásobních bílkovin a škrobu. Obiloviny mohou být znehodnoceny také přítomností škůdců a toxickými produkty jejich metabolismu a rozmnožováním mikroorganismů (Martinek, Filip, 2012). Pomnožením plísní rodu *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* a *Claviceps*, které produkují mykotoxiny, může dojít k intoxikaci skladovaných obilovin (Muchová, 2001). V současnosti jsou nejdůležitější *Fusaria*, především druhy *F.culmorum* a *F.graminearum*, které produkují řadu mykotoxinů, zejména deoxynivalenol, zearalenon a nivalenol. Nejznámější z nich je deoxynivalenol. Uvádí se, že obsah deoxynivalenolu je u pšenice ovlivňován zejména prostředím, dále odrudou a předplodinou. Jeho obsah v potravinách je upraven legislativou, která pro potravinářskou pšenici určuje limit 1 250 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Polišenská et al., 2010).

3.5 Technologická jakost pšenice

Dvořáček et al. (2012) definuje termín jakost či kvalita jako „*míru uspokojení potřeb konzumenta nebo jako určitý stupeň naplnění potřeb vůči nějakému standardu*“. Kvalita zrna je pak dle něj vyjádřena jako „*komplexní parametr obecně zahrnující několik základních kvalitativních oblastí, jež se vzájemně úzce ovlivňují*“.

Praktické hodnocení kvality je odvislé od vlastností, které se dají měřit a představují pouze část všech charakteristik produktu. Hodnocení kvality je dále dáno i vnějšími a vnitřními ukazateli jakosti (Petr, 2001).

Na jakost obilovin je třeba pohlížet z několika hledisek. Zimolka et al. (2005) rozlišuje následující typy jakosti:

- hygienická jakost
- nutriční jakost
- senzorická jakost
- technologická jakost
- užitná jakost

V případě pšeničného zrna má zásadní vliv technologická jakost včetně senzorických vlastností určující využitelnost zrna pro jednotlivé finální produkty. Technologická jakost zahrnuje znaky popisující mlynářskou a pekařskou jakost pšenice (Dvořáček et al., 2012). Je třeba posuzovat mlynářské vlastnosti, které se projevují při mletí a přípravě obchodních mouk a vlastnosti pekařské, které se projevují až při pekárenském zpracování mouky a jsou zřetelné na objemu a vlastnostech výrobku (Ingr et al., 2003).

3.5.1 Mlynářská jakost

Z hlediska mlynářské jakosti jsou pro odhad mlecích charakteristik pro mlynáře důležité informace o mechanicko-strukturních vlastnostech zrna (Muchová, 2001). Za přímý ukazatel mlynářské jakosti je považován pokusný zámel, jež slouží k jejímu objektivnímu posouzení. Sleduje se výtěžnost a luštitelnost krupic, výtěžnost mouk, popel a barva mouky, spotřeba energie atd. V praxi se však používají k posouzení převážně nepřímé ukazatele mlynářské jakosti, které zahrnují objemovou hmotnost, charakter endospermu, podíl plných zrn, obsah popela (Pelikán, Sáková, 2001).

Ve mlýnech se zpracovává potravinářská pšenice vyhovující jak požadavkům pro mlynářskou jakost, tak i pro výrobu mouk dobré pekařské jakosti (Kovaříková, Netolická, 2011). Kvalita zpracovávaného zrna udává kvalitu mouky. Do jisté míry se do kvality mouky promítá i vliv mletí (Cornell, 2012). Během mletí dochází k mechanickému poškození části škrobových zrn, která jsou poté citlivější na působení amylolytických enzymů, snáze váží vodu a podléhají hydrolýze (Burešová, Lorencová, 2013). Čerstvě pomletá mouka ale nemá pro výrobu pečiva dostatečnou pekařskou hodnotu, je nutné ji nechat během skladování 3-4 týdny dozrát. Během zrání se mouka stává působením kyslíku bělejší (Tauférová et al., 2014), dochází k výrazným změnám všech jejích hlavních složek a ke změnám pekařských vlastností (Muchová, 2001). Jedná se o změny bílkovinného komplexu, kdy se u lepku snižuje tažnost a rozplývavost a zvyšuje se pružnost (Pelikán, Sáková, 2001). Přídavkem příslušných aditiv a zlepšujících přípravků do mouky lze zvyšovat její pekařskou i biologickou hodnotu (Tauférová et al., 2014).

3.5.2 Pekařská jakost

Pšeničné mouky určené pro pekařské účely se posuzují dle pekařské jakosti, kterou se rozumí schopnost poskytnout pečivo s požadovanou jakostí, jež se vyznačuje maximálním objemem, kyprou, pružnou a jemně pórovitou střídou s dostatečně tlustou kůrkou a příjemnou chutí a vůní. Ke stanovení pekařské jakosti pšenice se využívá řady metod (Černý, Šašek, 1996). Jedná se o obsah hrubých bílkovin, mokrého lepku, Zelenyho test, číslo poklesu a reologické vlastnosti k objektivnímu posouzení vlastností mouky na speciálních přístrojích. Přímým ukazatelem pekařské jakosti je pekařský pokus (Pelikán, Sáková, 2001).

3.5.2.1 *Vlastnosti pekárenské mouky*

Kvalita pekařských výrobků závisí z velké části na vlastnostech pšeničné mouky, jako základní surovině (Muchová, 2001). Jedná se o:

- cukrotvornou schopnost mouky
- plynotvornou schopnost mouky
- sílu mouky

Cukrotvorná schopnost mouky je důležitá pro zajištění substrátu kvasinkám, dostatečné vykynutí výrobku a velký objem pečiva. Je podmíněna činností amylolytických enzymů, které štěpí složité sacharidy na zkvasitelné cukry, množstvím přímo zkvasitelných cukrů v mouce a na charakteru a rozměrech škrobových zrn.

Plynotvorná schopnost mouky je závislá na její cukrotvorné schopnosti. Kvasné plyny se tvoří z původně přítomných zkvasitelných cukrů v prvních fázích kynutí, schopnost jejich zadržení určuje sílu mouky.

Síla mouky je dána množstvím a kvalitou lepkových bílkovin, jež vytváří v průběhu hnětení těsta elastickou síť, která uvnitř těsta zadržuje vznikající kypřící plyn (Burešová, Lorencová, 2013). Silná mouka dosahuje optima svých reologických vlastností pomaleji, těsto má dobré vlastnosti při zpracování, je schopné zadržet více kvasných plynů a uchovává si svůj původní tvar. Slabá mouka naopak dosahuje optima rychle, těsto je rozplývavé a sensorické vlastnosti jsou často nevyhovující (Kovaříková, Netolická, 2011).

3.5.3 Významné komponenty technologické jakosti pšenice

Technologická kvalita zrna je závislá na obsahu a specifických funkčních vlastnostech biochemických složek a jejich interakcích, které určují vhodnost pro mletí a pekařskou či pečivářskou produkci. Všechny složky technologické kvality jsou důležité. Pro predikci kvality existuje řada testů, každá metoda postihuje různé složky kvality a vyžaduje různý přístup.

Nejdůležitějším znakem pekařské kvality pšenice je obsah bílkovin včetně hodnocení obsahu a kvality lepku (Dvořáček et al., 2012). Obsah dusíkatých látek je v kladné korelaci s obsahem lepkových bílkovin a ovlivňuje tak fyzikální a chemické vlastnosti těsta a objem pečiva (Palík et al., 2009). Použitelnost pšeničné mouky pro mlýnsko-pekařské zpracování je řízena vlastnostmi bílkovin v ní obsažených. Gliadiny a gluteniny jsou zodpovědné za pružnost a sílu těsta, případně za objem. Pekařská kvalita mouky je přímo závislá na množství gluteninů a na průměrné molekulové hmotnosti této frakce. Podjednotkové složení gluteninů je u různých odrůd odlišné. Různými kombinacemi podjednotek vznikají gluteniny s různými vlastnostmi, což je možnou příčinou rozdílů v pekařské kvalitě příslušných mouk. Předpokladem využití gliadinových a gluteninových markerů pekařské jakosti v konstrukci odrůd pšenic s vyšší pekařskou jakostí je prokázání významných pozitivních korelací mezi zastoupením gliadinových a gluteninových markerů pekařské jakosti a skutečnou jakostí, vyjádřenou výsledkem pekařské zkoušky, případně hodnotou Zelenyho testu (Černý, Šašek, 1996).

S technologickou kvalitou pšeničného zrna významně souvisí i obsah škrobu a jeho vlastnosti, které jsou z velké části ovlivněny následnými vymílacími procesy. V průběhu mletí dochází k různé úrovni separace mouk a mechanickému poškození škrobových zrn v závislosti na typu mlýnu a vlastní, geneticky dané tvrdosti zrna. Rozsah poškození škrobu se uvádí v rozmezí 5-15 %. Poškozený škrob váže vodu odpovídající 2-4 násobku své hmotnosti oproti 0,4 násobku u škrobu nepoškozeného, nativního (Dvořáček et al., 2012). Poškození škrobu je tedy pro dosažení vysoké pekařské kvality v určité míře (6-10 %) žádoucí, neboť pozitivně ovlivňuje enzymatické pochody a schopnost mouky vázat vodu, která působí při přípravě těsta na jeho zpracovatelnost a především na dosažení optimálního tvaru a objemu pečiva. Z toho

důvodu jsou preferovány tvrdozrné odrůdy pšenice vážící vyšší množství vody vlivem vyšší úrovně narušení škrobových zrn (Dubat, 2011).

Významnou roli hraje i obsah neškrobových polysacharidů, konkrétně arabinoxylanů. Tyto komponenty se podílejí na konstrukční funkci lepkového komplexu i vázání vody (Saulnier et al., 1995).

Obsah a složení bílkovin, škrobu a arabinoxylanů se promítají do úrovně vaznosti mouky. Pomocí metody retenční kapacity mouky lze kromě celkové vaznosti mouky nepřímou posoudit i vlastnosti těchto složek zrna. Metoda je založena na specifické schopnosti mouky zadržovat definovaný roztok po následné centrifugaci. Retenční kapacita mouky pro jednotlivé roztoky souvisí s kvalitou lepkového komplexu, mírou poškození škrobu a obsahem pentozanů. Působení všech těchto složek se promítá do vaznosti vody. Kombinace všech hodnot retenční kapacity mouky tak poskytuje ucelený profil kvality mouky (Zhang, 2007).

3.6 Využití pšeničného zrna a požadavky na jeho kvalitu

Hlavní požadavky na kvalitu zrna jsou kladeny ze strany mlýnsko-pekárensko-pečivářského průmyslu. Podle Zimolky et al. (2005) se odrůdy potravinářské pšenice člení dle způsobu jejich dalšího využití do následujících kategorií:

- pšenice pro pekárenské využití – pro výrobu kynutých výrobků
- pšenice pečivářské – pro výrobu prokypřovaných výrobků (sušenky, oplatky)
- pšenice pro speciální využití – pro výrobu lihu a škrobu
- pšenice pro výrobu těstovin
- krmné pšenice

Norma ČSN 46 1100-2 vymezuje dle zjištěných technologických parametrů dvě jakostní kategorie pšenice a to pekárenskou a pečivářskou. Základním faktorem je množství a kvalita bílkovin, jež určují její využitelnost. Požadavky na tento parametr jsou u mouky pro pekárenské a pečivářské využití rozdílné. Výjimkou je pouze pečivářská mouka určená k výrobě biologicky kypřených sucharů a krekrů (Burešová, Lorencová, 2013).

Tab. 5 Rozdíly v technologických požadavcích pro pšenici potravinářskou (ČSN 46 1100-2)

Jakostní znaky pšenice seté	Využití: pekárenské	Využití: pečivářenské
Vlhkost (%)	Nejvýše 14,0	Nejvýše 14,0
Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)	Nejméně 76,0	Nejméně 76,0
Obsah N-látek (Nx5,7), (%)	Nejméně 11,5	Nejvýše 11,5
Zelenyho test (ml)	Nejméně 30,0	Nejvýše 25,0
Číslo poklesu (s)	Nejméně 220	Nejméně 220

Odrůdy pšenice určené pro pekárenské zpracování, zejména pro výrobu kynutých těst, jsou od roku 1998 z hlediska jakosti rozříděny na:

- elitní pšenice E - dříve označované jako velmi dobré, zlepšující
- kvalitní pšenice A - dříve označované jako dobré, samostatně zpracovatelné
- chlebové pšenice B - dříve označované jako doplňkové, zpracovatelné ve směsi
- nevhodné pšenice C – odrůdy nevhodné pro výrobu kynutých těst

Je třeba každoročně sledovat zprávy o nových odrůdách a jejich zařazení do jednotlivých jakostních skupin (Petr, 2001). Zařazení odrůdy do jakostní kategorie umožňuje zvolení optimální odrůdy pro daný užitkový směr (Zimolka et al., 2005). Jednotlivé skupiny, pekařsky využívané, jsou definovány tzv. minimálními hodnotami v tabulce 6.

Tab. 6 Minimální požadavky na zařazení odrůd pšenice do jakostních skupin (ÚKZÚZ, 2011)

Jakostní skupina	E - elitní		A - kvalitní		B - chlebová	
	absolutně	bod (9-1)	absolutně	bod (9-1)	absolutně	bod (9-1)
Vyjádření hodnoty						
Objemová výtěžnost (ml)	530	8	500	6	470	4
Obsah hrubých bílkovin (%)	12,6	6	11,8	4	11	2
Zelenyho test (ml)	49	7	35	5	21	3
Číslo poklesu (s)	286	6	226	4	196	3
Objemová hmotnost (g.l ⁻¹)	790	7	780	6	760	4
Vaznost mouky (%)	55,4	7	53,2	5	52,1	4

3.6.1 Kritéria hodnocení potravinářské pšenice pro pekárenské zpracování

Kritéria hodnocení potravinářské pšenice pro pekárenské zpracování se dělí do dvou skupin. Jedná se o hlavní kritéria, která jsou rozhodující pro zařazení odrůdy do jakostní skupiny a doplňková kritéria zpřesňující popis kvality odrůdy (Zimolka et al., 2005).

Hlavní kritéria:

- Rapid Mix Test – je nejdůležitějším kritériem vyjadřující objem pečiva na základě pekařského pokusu
- Obsah bílkovin – je přesnějším kritériem oproti dříve hodnocenému obsahu lepku, má však k němu vysoký korelační vztah
- Zeleného test – vyjadřuje viskoelastické vlastnosti zásobních bílkovin
- Číslo poklesu – znázorňuje poškození zásobních složek enzymy při klíčení zrna
- Objemová hmotnost – je důležitým ukazatelem mlynářské jakosti, především výtěžnosti mouky
- Vaznost mouky – je znakem obsahu bílkovin, narušení škrobových zrn a stavu pentozanů

Doplňková kritéria:

- Obsah mokrého lepku – je nahrazen tzv. gluten indexem, který charakterizuje viskoelastické vlastnosti lepku
- Farinografické údaje - vývin a stabilita těsta, pokles stability těsta
- Obsah popele v zrně pšenice
- Tvrdost pšenice
- Hmotnost tisíce zrn
- Výtěžnost mouky T-550 (Diviš et al., 2010)

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Materiál

Na experimentální část byly použity pšeničné hladké mouky z různých států a kontinentů a od různých výrobců. Analýza s následným hodnocením byla provedena u celkem 35 vzorků, uvedených v tabulce 7.

Tab. 7 Analyzované vzorky pšeničné hladké mouky

Číslo vzorku	Oblast
1.	Česká republika
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	Rakousko
14.	
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	

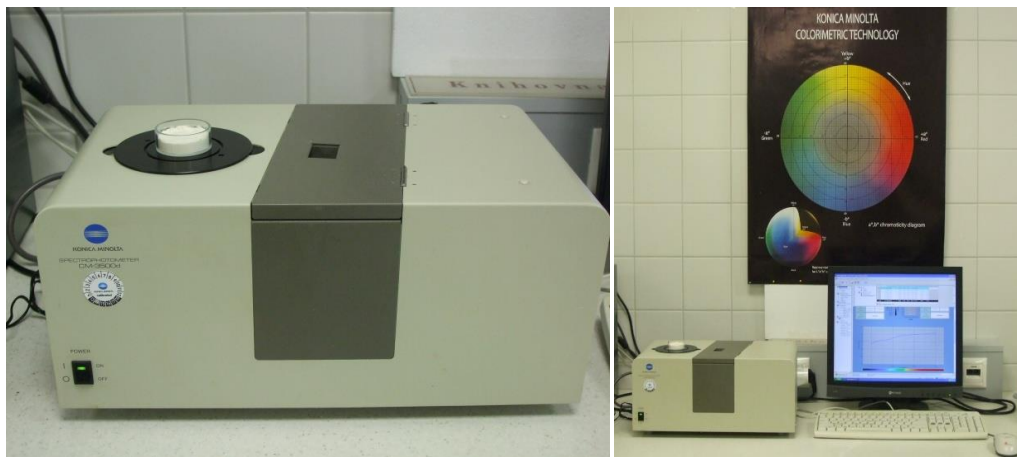
23.	
24.	
25.	Slovensko
26.	
27.	Austrálie
28.	Nový Zéland
29.	Rumunsko
30.	
31.	
32.	Ukrajina
33.	
34.	Česká republika BIO
35.	

4.2 Metody stanovení

Všechna stanovení s výjimkou farinografického stanovení a stanovení obsahu mokrého lepku byla provedena v laboratořích Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně. Farinografické stanovení a stanovení obsahu mokrého lepku bylo provedeno na šlechtitelské stanici v Branišovicích. Stanovení byla provedena ve dvojitým opakování.

Spektrofotometrické stanovení barvy mouky a bulek

K spektrofotometrickému stanovení barvy mouky a bulek byl využit spektrofotometr Konica Minolta CM 3500d, který proměřuje celé viditelné spektrum v rozmezí 380-780 nm a je připojen na počítač se softwarovým programem CMs-100w Spektramagic NX verze 2.0 k analýze dat. Ke stanovení barvy byly navoleny režimy reflektance, geometrie d/8 k měření odraženého světla pod úhlem 8°, režim osvětlení D65 (6 500 Kelvinů), eliminace lesku SCE a velikost štěrbin 30 mm. Cílem měření bylo zjistit, který ze vzorků mouk a bulek je nejsvětlejší/nejtmaší a porovnat rozdíly mezi jednotlivými vzorky.



Obr. 4 Spektrofotometr Konica Minolta CM 3500d (vlastní foto)

Stanovení zrnitosti mouky

Zrnitost mouky byla stanovena na laboratorním prosévadle Retsch AS200 se sítí o předepsané velikosti ok 257 a 162 μm . Vzorek o hmotnosti 50 g byl proséván 2 minuty při amplitudě 1,5 mm.g⁻¹. Přepady na sítích a propad byly zváženy a výsledky vyjádřeny v hmotnostních procentech. Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN 56 0512-5 Stanovení zrnitosti.

Stanovení obsahu popela

Popel tvoří nespalitelné látky, které zůstanou po spálení vzorku za stanovených podmínek. Vzorky byly spalovány při teplotě 900 ± 50 °C v muflové peci Elektra MLW. Po vychladnutí v exsikátoru byly nespálené zbytky zváženy a výsledky vyjádřeny v procentech popela v sušině. Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN ISO 2171 Stanovení obsahu popela.

Tab. 8 Požadavky na zrnitost a obsah popela v pšeničné mouce (Příloha č. 2 k vyhlášce č. 182/2012 Sb.)

Podskupina:	Zrnitost ($\mu\text{m}/\%$)	Minerální látky (popel)
Mouka hladká	(velikost ok/propad)	(% hmotnosti v sušině)
	nejméně - nejvýše	nejvýše
pšeničná světlá	257/96 – 162/75	0,60
pšeničná polosvětlá	257/96 – 162/75	0,75

Stanovení obsahu vody

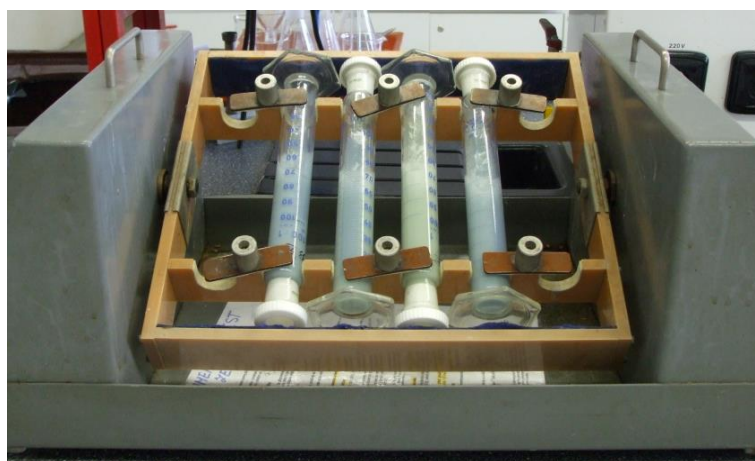
Obsah vody nebo-li vlhkost je definován jako úbytek hmotnosti vzorku, ke kterému dojde za stanovených podmínek. Stanovení bylo provedeno gravimetrickou metodou dle normy ČSN ISO 712 (461014) Stanovení obsahu vody, a to pouze jako doplňkové stanovení.

Stanovení kyselosti

Kyselost byla stanovena titračně a vyjádřena ve stupních kyselosti přepočítaných na sušinu mouky. Jedná se o množství roztoku 0,1 M hydroxidu sodného, potřebného k neutralizaci všech kyselých složek obsažených v 10 g vzorku mouky. Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN 560512-9.

Stanovení Zelenyho sedimentačního testu

Metoda je založena na bobtnavosti pšeničných bílkovin v organické kyselině mléčné. Hodnota Zelenyho testu se vyjadřuje v mililitrech. Objem sedimentu, který vznikl za specifických podmínek ze suspenze analyzované mouky a roztoku kyseliny mléčné, charakterizuje jakost mouky a závisí na množství a jakosti bílkovin. Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN ISO 5529 Stanovení sedimentačního indexu – Zelenyho test.



Obr. 5 Stanovení Zelenyho sedimentačního testu (vlastní foto)

Stanovení dusíkatých látek

Ke stanovení veškerých dusíkatých látek se dle normy ČSN ISO 1871 využívá Kjeldahlovy metody, určený obsah dusíku se přepočítá na bílkoviny faktorem 5,7. Stanovení obsahu dusíkatých látek bylo provedeno dle PN 252/95 na přístroji Inframatic 8100 firmy Percon Hamburg, který pracuje na principu NIR analýzy a je každoročně kalibrován kruhovým testem.



Obr. 6 Přístroj Inframatic 8100 (vlastní foto)

Stanovení obsahu mokrého lepku

Mokrý lepek je ve vodě nerozpustná část pšeničné bílkoviny, která byla získána vypíráním zadělaného těsta a zbavená nadbytečné vlhkosti. Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN 560512-10 Stanovení obsahu mokrého lepku na přístroji Glutomatic 2200 švédské firmy Perten Instruments na šlechtitelské stanici v Branišovicích.

Stanovení čísla poklesu

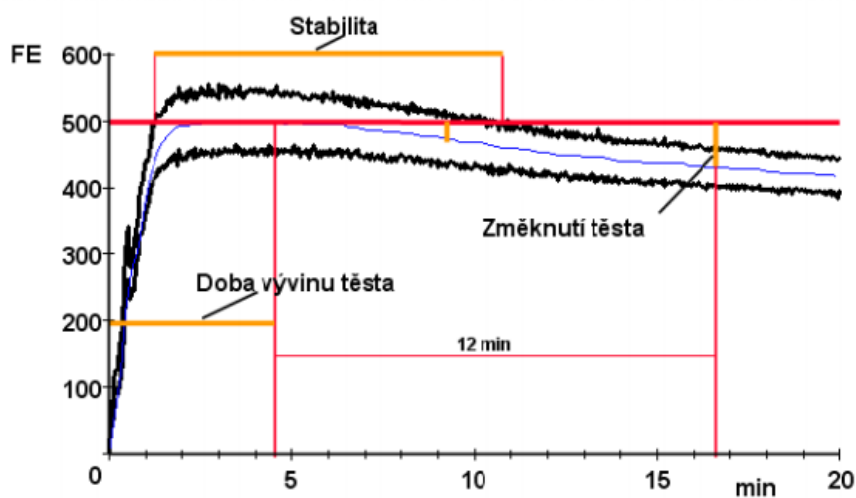
Číslo poklesu umožňuje posoudit stav sacharido-amylázového komplexu zrna, který je ovlivňován aktivitou amylolytických enzymů. Metoda spočívá v určení doby v sekundách poklesu viskozimetrického míchadélka zmazovatělou vodní suspenzí mouky ve vroucí vodě s následným ztekucením škrobu vlivem amylolytických enzymů obsažených ve vzorku. Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN ISO 3093 Stanovení čísla poklesu na viskolázni typu NX4-001 firmy ZEOS Hradec Králové.



Obr. 7 Viskolázeň NX4-001 (vlastní foto)

Stanovení vaznosti vody a reologických vlastností

Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN ISO 5530-1 Stanovení vaznosti vody a reologických vlastností na Brabenderově farinografu. Farinograf zaznamenává za stanovených podmínek odpor hněteného těsta (změnu konzistence) a veškeré změny v průběhu hnětení jsou zaznamenávány na registrační papír v podobě farinografické křivky. Pro vytvoření těsta o maximální konzistenci se k mouce přidává voda. Množství přidané vody je označováno jako vaznost vody moukou a vyjadřuje se v procentech vztažených na hmotnost mouky. Farinografická křivka je ukazatelem síly mouky a lze z ní odvodit tyto znaky: vývin těsta, stabilitu těsta, pokles konzistence (změknutí těsta) a farinografické číslo kvality.



Obr. 8 Farinografická křivka (Kovaříková, Netolická, 2011)

Pekařský pokus – Rapid Mix Test

Pekařský pokus byl recepturně upraven pro podmínky laboratoře Ústavu Technologie potravin. Je založen na intenzivním hnětení a krátké době odležení těsta v kynárně s jeho následným zpracováním na klonky a pečením.

Receptura a podmínky:

500 g mouky

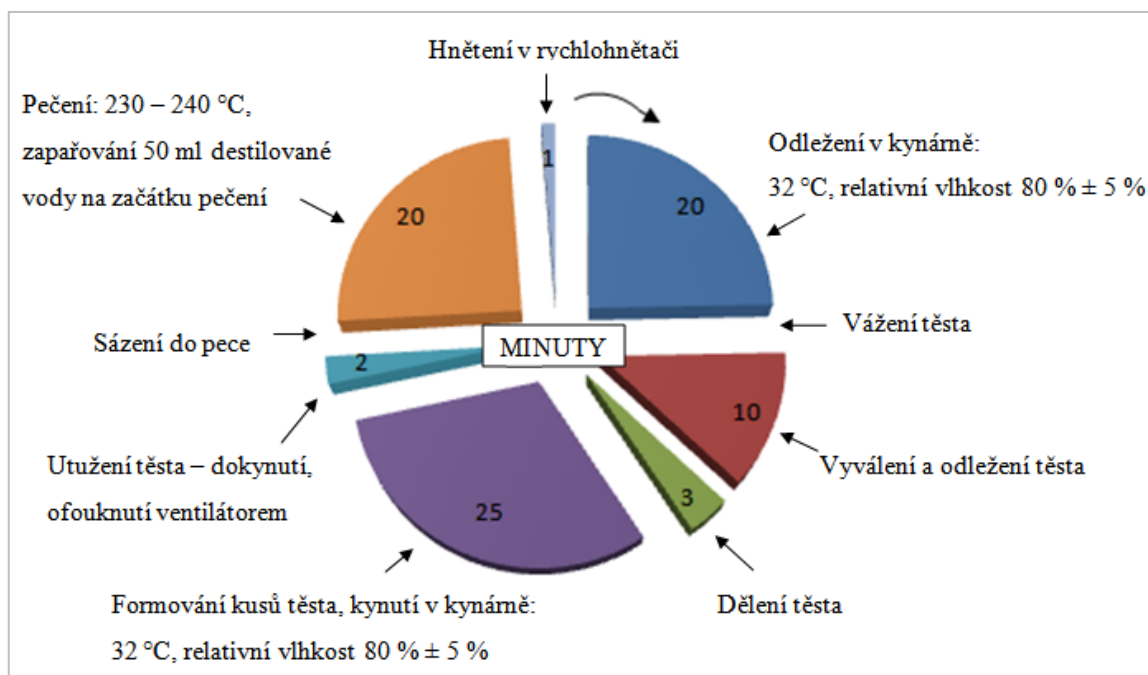
25 g kvasnic

7,5 g soli

5 g cukru

5 g tuku

voda - dle stanovené vaznosti



Obr. 9 Průběh a podmínky pekařského pokusu (ÚKZÚZ)

Těsto bylo připraveno na rychlohnětači Zelmer PROFI fenomén při 1200 otáčkách za minutu. Klonky byly pečeny v laboratorní peci s kynárnou od polského výrobce. Za jednu hodinu po upečení byla vyhodnocena hmotnost pečiva a objem pečiva. Objem pečiva byl stanoven pomocí vytlačení řepkových semen měřených klonků z kalibrované

nádoby. Následně bylo provedeno komplexní senzorické hodnocení pečiva s fotodokumentací hotových výrobků.



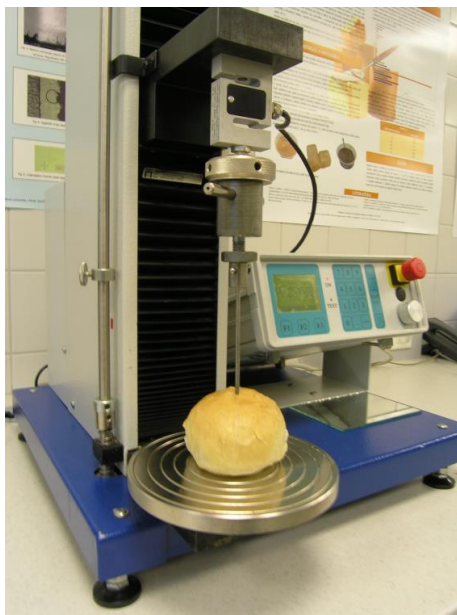
Obr. 10 Provedení pekařského pokusu (vlastní foto)

Senzorické hodnocení pečiva

Senzorické hodnocení bylo provedeno po vychladnutí pečiva 10 proškolenými hodnotiteli s využitím číselných bodových stupnic. U 35 vzorků byly hodnoceny následující deskriptory: celkový vzhled a tvar pečiva, barva, lesk, parcelace a tvrdost kůrky, pórovitost, pružnost a vláčnost střídy a chuť.

Stanovení pevnosti bulek – TIRA TEST

Pevnost bulek byla stanovena na přístroji TIRA TEST 27 025 pomocí penetrace válcovou sondou o průměru 3 mm do hloubky 10 mm, rychlost příčnicku byla 50 mm/min. Pevnost byla měřena vždy u tří bulek upečených z jednoho vzorku mouky, a to s dvojitým opakováním na svrchní straně kůrky na 3 různých místech. Výsledek tedy tvoří průměr z devíti údajů.



Obr. 11 Stanovení pevnosti bulek (vlastní foto)

4.3 Statistické vyhodnocení

Naměřené hodnoty byly zpracovány v programech Microsoft Excel 2010 a Statistica 12. Z histogramů uvedených v příloze 1, vyplývá, že určité vzorky mouk se chovají v jednotlivých parametrech nestandardně a zásadním způsobem by ovlivnily následné statistické zpracování dat. Další úvahy byly proto provedeny bez těchto vzorků. Byly využity popisné statistiky, dvouvýběrový T-test k porovnání skupiny českých a zahraničních mouk a korelační analýza. Všechna testování byla provedena na 5% hladině významnosti. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách a grafech.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Laboratorní stanovení kvality

Zrnitost mouky

Zrnitost je jedním z parametrů, který ovlivňuje vlastnosti mouky. Částice hladké mouky jsou více mechanicky narušeny a snáze podléhají enzymatické aktivitě oproti moukám hrubým, neboť procházejí vícekrát mlecím procesem (Kučerová, 2004).

Z analyzovaných vzorků pšeničné mouky vyhovovalo 48,57 % vzorků požadavkům vyhlášky č. 182/2012 Sb. pro obchodní mouky (propad min. 96 % - podíl pod sítím 257 mm / propad max. 75 % - podíl pod sítím 162 mm).

Tab. 9 Zrnitost mouky (%)

vzorek	1 CZ	2 CZ	3 CZ	4 CZ	5 CZ	6 CZ	7 CZ	8 CZ	9 CZ
zrnitost	98,98 / 95,12	99,70 / 91,85	98,57 / 84,22	98,99 / 78,79	99,19 / 61,29	99,80 / 56,6	99,40 / 72,38	99,40 / 54,84	99,19 / 70,10
vzorek	10 CZ	11 CZ	12 CZ	13 AT	14 AT	15 AT	16 AT	17 AT	18 AT
zrnitost	99,84 / 78,30	99,40 / 77,22	99,19 / 79,11	99,40 / 60,36	99,39 / 64,71	99,80 / 49,49	99,39 / 62,68	99,19 / 66,60	99,60 / 66,46
vzorek	19 AT	20 AT	21 AT	22 AT	23 SK	24 SK	25 SK	26 SK	27 AU
zrnitost	99,76 / 64,42	99,18 / 90,80	99,40 / 80,28	99,40 / 38,63	99,19 / 61,82	99,39 / 62,96	99,60 / 79,80	99,19 / 76,72	98,79 / 53,04
vzorek	28 NZ	29 RO	30 UA	31 UA	32 UA	33 UA	34 CZ	35 CZ	
zrnitost	99,20 / 76,31	99,80 / 79,92	98,79 / 84,41	99,40 / 86,17	99,19 / 83,20	99,60 / 90,93	99,54 / 84,09	99,19 / 58,22	

Poznámka:

- 1) CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ – Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA - Ukrajina
- 2) zrnitost: podíl pod sítím 257 mm / podíl pod sítím 162 mm;
- 3) vzorky nevyhovující zrnitostí požadavkům normy pro obchodní mouky jsou červeně vyznačeny.

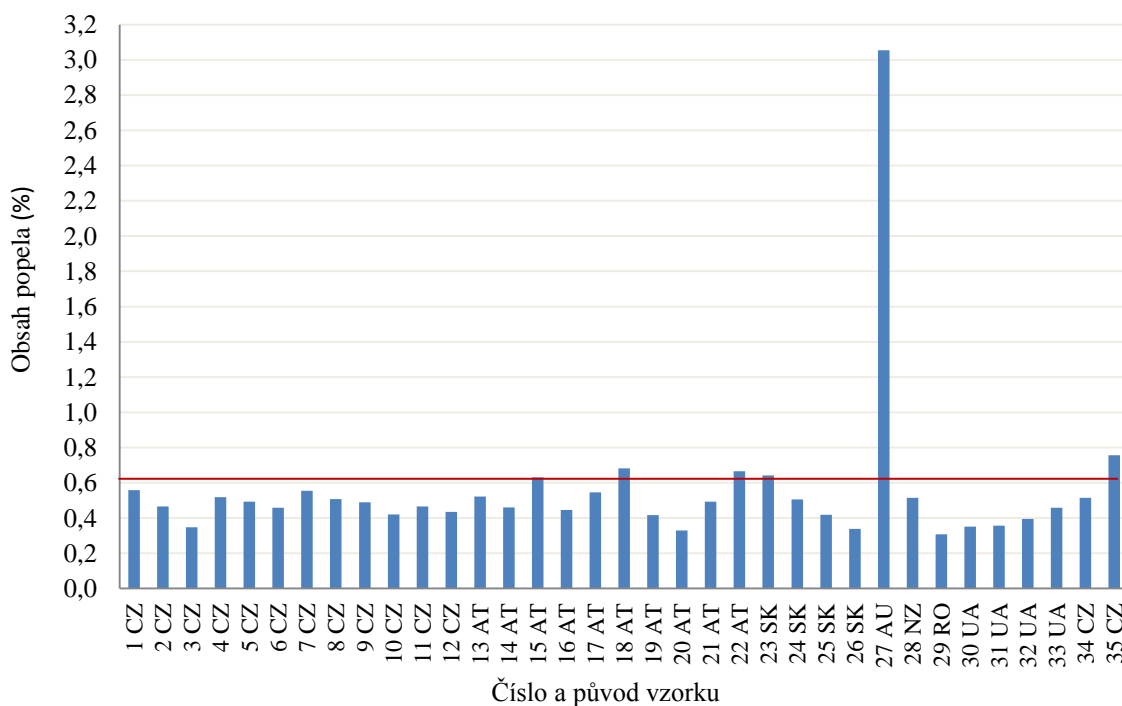
Obsah popela

Obsah popela souvisí s barvou mouky, která je ovlivněna stupněm vymletí zrna a s barvou endospermu zrna. Z výživového hlediska má vyšší obsah popela v mouce vyšší nutriční přínos (Příhoda, Hrušková, 2007).

Ze statistického vyhodnocení naměřených dat (tab. 10) vyplývá, že hodnoty obsahu popela se pohybovaly v rozmezí 0,31 až 3,06 %. Průměrný obsah popela byl 0,56 %. Minimální obsah popela vykazoval vzorek číslo 29 z Rumunska, nejvyšší obsah popela byl stanoven u vzorku číslo 27 z Austrálie.

Tab. 10 Popisné statistiky pro obsah popela v mouce

Proměnná	Popisné statistiky					
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
Popel (%)	35	0,557714	0,307800	3,054900	0,199629	0,446799



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA - Ukrajina

Obr. 12 Obsah popela v jednotlivých vzorcích mouky

Vyhláška č. 182/2012 Sb. určuje limitní obsah popela v mouce, a to pro světlé pšeničné mouky 0,60 hmotnostních % v sušině. Na obrázku 12 jde vidět, že z celkového počtu 35 vzorků nevyhovuje zmíněné vyhlášce 17,14 %, tedy 6 vzorků mouk, z nichž

3 vzorky mouky pocházejí z Rakouska. Pro rakouské mouky typu W 480 (výběrová mouka) je stanoven obsah popelovin v rozmezí 0,33 – 0,58 % a pro W 700 (pekařská mouka) 0,66 – 0,79 % (Zimolka et al., 2005). Zmíněné 3 vzorky jsou označeny jako W 700 a stejně jako ostatní vzorky W 480 jsou dle rakouských požadavků v normě.

Dle provedeného T-testu, uvedeného v tabulce 11, nebyla zamítnuta hypotéza, že se skupina českých a zahraničních mouk obsahem popela neliší.

Tab. 11 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle obsahu popela

t-testy; grupováno: skupina Skupina 1: České mouky Skupina 2: Zahraniční mouky Zhmout podmínku: V14=1											
Proměnná	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat 1	Poč.plat 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
popel (%)	0,49890	0,47402	0,67060	32	0,50728	14	20	0,09222	0,11525	1,56152	0,41523

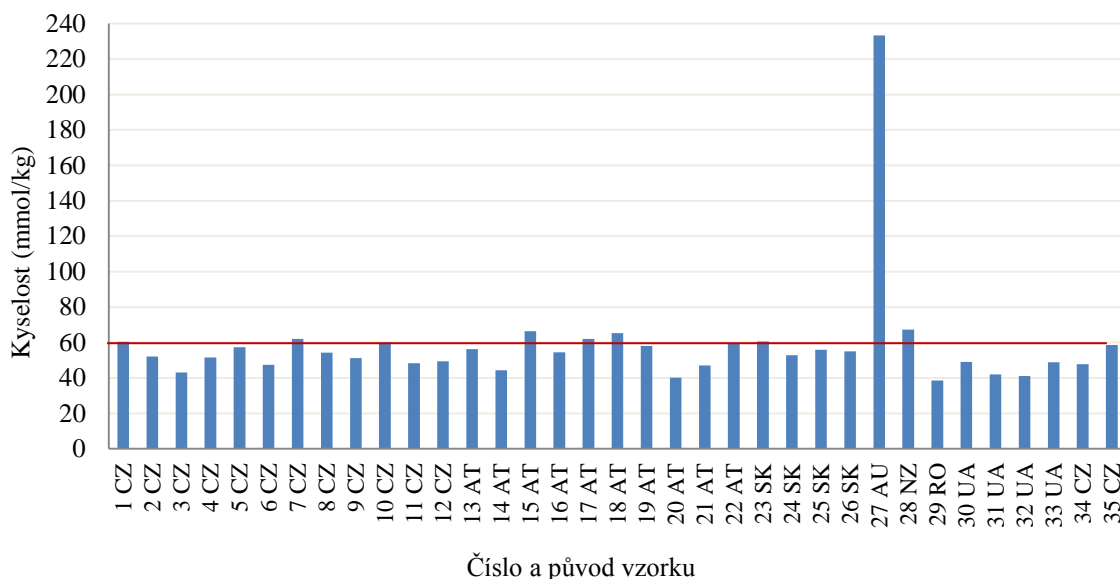
Kyselost

Kyselost obilného zrna je způsobena přítomností kyselých reagujících látek, kterými jsou kyselina fosforečná a fosfáty, volné mastné kyseliny, rozpustné organické kyseliny a kyseliny reagující bílkoviny. Obalové vrstvy a klíček mají nejvyšší kyselost, nejnižší endosperm. Kyselina fosforečná tvoří až polovinu obsahu popela, ve více vymletých moukách je tím pádem i vyšší obsah fosforu. K nárůstu kyselosti dochází i během skladování obilí a mouky vlivem mineralizace kyseliny fosforečné a uvolnění mastných kyselin. Dle zvýšení kyselosti tuku lze usuzovat na délku skladování obilí či mouky (Hampl, 1970).

Naměřené hodnoty kyselosti se pohybovaly v rozmezí 38,56 až 233,41 mmol/kg. Nejnižší hodnota byla stanovena u vzorku číslo 29 z Rumunska a nejvyšší u vzorku číslo 27 z Austrálie, což koresponduje s jejich obsahem popela. Průměrná kyselost byla stanovena na 58,32 mmol/kg.

Tab. 12 Popisné statistiky pro kyselost mouky

Proměnná	Popisné statistiky					
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
Kyselost (mmol/kg)	35	58,32092	38,55835	233,4096	986,6816	31,41149



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 13 Kyselost jednotlivých vzorků mouky

Podle Pelikána (2001) není zvýšená kyselost mouky na závadu. Nesmí však překročit hranici 40 – 60 mmol/kg. Z obrázku 13 vyplývá, že hranici 60 mmol/kg překročilo celkem 8 vzorků, nejvýrazněji však vzorek číslo 27 z Austrálie.

Dle provedeného T-testu, uvedeného v tabulce 13, nebyla zamítnuta hypotéza, že se skupina českých a zahraničních mouk v parametru kyselosti neliší.

Tab. 13 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle kyselosti

Proměnná	t-testy; grupováno: Skupina 1: České mouky Skupina 2: Zahraniční mouky Zhrnout podmínku: V7=1										
	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat 1	Poč.plat. 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
kyselost (mmol/kg)	53,08175	53,23391	-0,055383	32	0,956178	14	20	5,803299	9,036382	2,424595	0,107037

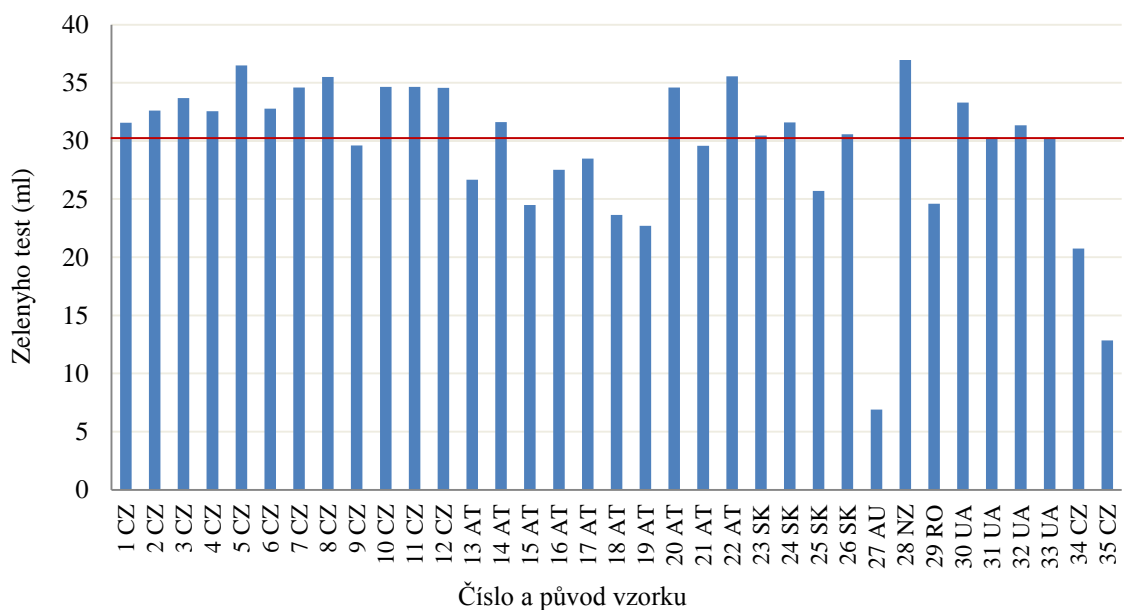
Zelenyho sedimentační test

Zelenyho sedimentační test slouží ke zjišťování kvality lepkové bílkoviny přítomné v mouce (Kučerová, 2004).

U tohoto parametru bylo dosaženo průměrné hodnoty 29,5 ml. Minimální hodnoty Zelenyho testu dosáhl vzorek číslo 27 z Austrálie, naopak nejvyšší hodnoty vzorek číslo 28 z Nového Zélandu (tab. 14).

Tab. 14 Popisné statistiky pro Zeleného sedimentační test

Proměnná	Popisné statistiky					
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
Zeleného test (ml)	35	29,53368	6,887872	36,95703	41,49897	6,441969



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 14 Hodnoty Zeleného testu u jednotlivých vzorků mouky

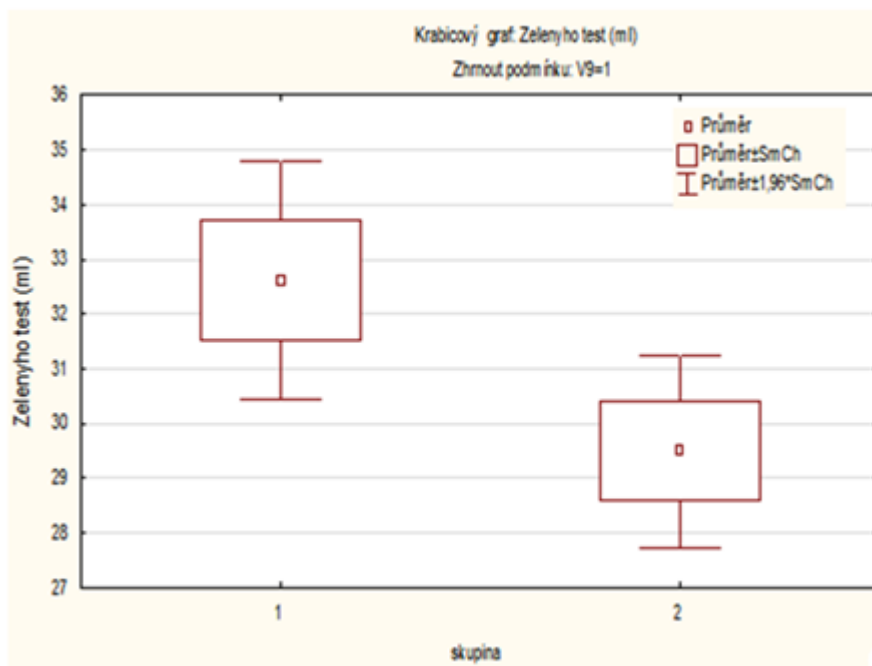
Norma ČSN 46 1100-2 stanovuje pro pšenici určenou k pekárenským účelům minimální hodnotu 30 ml sedimentu analyzovaného vzorku mouky. Z celkového počtu 35 vzorků vyhovělo požadavkům normy 22 vzorků, tedy 62,86 %.

ÚKZÚZ (2011) stanovil minimální hodnoty Zeleného sedimentačního testu pro zařazení do jakostních skupin: E (elitní) – 49 ml, A (kvalitní) – 35 ml, B (chlebová) – 21 ml. Dle těchto požadavků by do jakostní skupiny E nebyl zařazen žádný vzorek, do skupiny A 4 vzorky a do skupiny B 28 vzorků.

Dle provedeného T-testu (tab. 15) byla zamítnuta hypotéza, že se skupina českých a zahraničních mouk v parametru Zeleného sedimentačního testu neliší. Dané skupiny mouk se v tomto parametru významně liší, neboť p hodnota je nízká ($p < 0,05$). Statisticky byla vypočítána na 0,036. Tento výsledek potvrzuje i krabicový graf na obrázku 15.

Tab. 15 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle hodnot Zeleného testu

Proměnná	t-testy; grupováno: skupina Skupina 1: České mouky Skupina 2: Zahraniční mouky Zhmout podmínku: V9=1										
	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat 1	Poč.plat 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
Zeleného test (ml)	32,6146	29,4975	2,18652	31	0,03644	13	20	3,99048	4,00850	1,00905	1,00000



Poznámka: 1 – české mouky, 2 – zahraniční mouky

Obr. 15 Krabicový graf Zeleného sedimentačního testu českých a zahraničních mouk

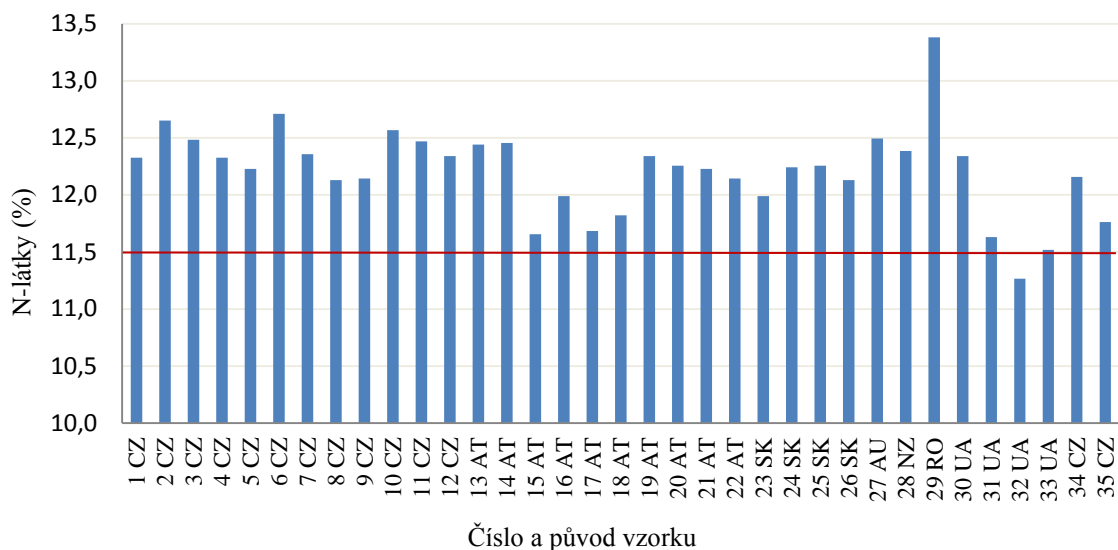
Stanovení dusíkatých látek

Dle Zimolky et al. (2005) působí obsah dusíkatých látek pozitivně na kvalitu těsta, chování pečiva při pečení a jeho objem. Avšak jejich vysoký obsah není zárukou vysoké kvality lepku (Švec et al., 2011).

Obsah dusíkatých látek se pohyboval v rozmezí 11,26 až 13,38 %. Průměrný obsah byl stanoven na 12,21 %. Nejnižší hodnoty dosáhl vzorek číslo 32 z Ukrajiny, nejvyšší hodnota byla stanovena u vzorku číslo 29 z Rumunska (tab. 16).

Tab. 16 Popisné statistiky pro obsah dusíkatých látek

Proměnná	Popisné statistiky					
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
N-látky (%)	35	12,2093	11,2642	13,3821	0,15268	0,39074



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 16 Obsah dusíkatých látek v jednotlivých vzorcích mouky

Norma ČSN 46 1100-2 stanovuje obsah dusíkatých látek pro pekárenskou pšenicí minimálně 11,5 % v sušině. Dle obrázku 16 nevyhovuje normě ČSN pouze jeden vzorek a to číslo 32 z Ukrajiny s minimálním obsahem dusíkatých látek 11,26 %.

ÚKZÚZ (2011) stanovil minimální hodnoty obsahu dusíkatých látek pro zařazení do jakostních skupin následovně: E (elitní) – 12,6 %, A (kvalitní) – 11,8 %, B (chlebová) – 11 %. Dle těchto požadavků by do jakostní skupiny E byly zařazeny 2 vzorky, do skupiny A 26 vzorků a do skupiny B 7 vzorků.

Dle T-testu, uvedeného v tabulce 17, nebyla zamítnuta hypotéza, že se skupina českých a zahraničních mouk v obsahu dusíkatých látek neliší.

Tab. 17 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle obsahu dusíkatých látek

Proměnná	t-testy; grupováno: skupina										
	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat. 1	Poč.plat. 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
N-látky (%)	12,33338	12,10825	1,687639	32	0,101208	14	20	0,245755	0,453281	3,401964	0,028369

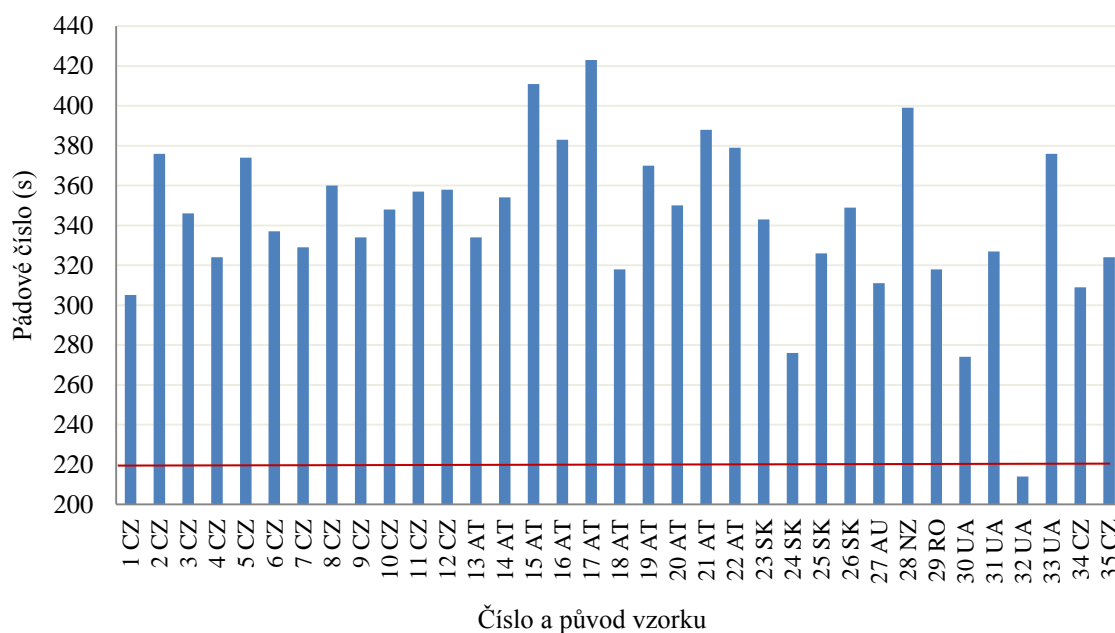
Pádové číslo

U tohoto technologického parametru bylo dosaženo průměrné hodnoty 343 s. Minimální hodnotu pádového čísla vykazoval vzorek číslo 32 z Ukrajiny, zatímco nejvyšší hodnota

byla stanovena u vzorku číslo 17 z Rakouska (tab. 18). Švec et al. (2011) ve sledovaném období 2003 – 2006 stanovil hodnoty pádového čísla v rozmezí 255 až 444 s.

Tab. 18 Popisné statistiky pro pádové číslo

Proměnná	Popisné statistiky					
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
Pádové číslo (s)	35	342,9714	214,0000	423,0000	1656,617	40,70156



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 17 Hodnoty pádového čísla jednotlivých vzorků mouky

Příhoda a Hrušková (2007) uvádí, že hlediska pekařské kvality je důležitý vzájemný vztah pádového čísla, zpracovatelnosti těsta a kvality konečného produktu. Pro posouzení škrobo-amylázového komplexu zrna pšenice dle pádového čísla obecně platí:

- 62 – 180 s vysoká aktivita α -amylázy, zrno porostlé, těsto lepivé, výrobek málo klenutý, hůře skladovatelný, střída vlhká a mazlavá
- 200 – 300 s optimální aktivita α -amylázy, zrno zdravé, těsto dobře zpracovatelné, tvar výrobků a kvalita střídy standardní
- nad 300 s nízká aktivita α -amylázy, těsto suché, nižší objem výrobků, střída suchá a drobná

Dle tohoto obecného tvrzení mají optimální aktivitu α -amylázy jen 3 vzorky, a to vzorek číslo 24 ze Slovenska (276 s) a vzorky číslo 30 (274 s) a 32 (214 s) z Ukrajiny. U ostatních vzorků byly naměřeny hodnoty pádového čísla vyšší než 300 s a tudíž spadají do kategorie mouk s nízkou aktivitou α -amylázy.

Norma ČSN 46 1100-2 však udává pro pekárenskou pšenici hodnotu pádového čísla minimálně 220 s. Tomuto požadavku tak nevyhovuje výše zmíněný vzorek číslo 32 z Ukrajiny. Příhoda a Hrušková (2007) však tvrdí, že limity pro pšenici jsou v různých zemích odlišné a obecně nejsou dodržovány. Důvodem jsou rozdílné možnosti mlýnů z hlediska přípravy směsi obilí na zámel a technického vybavení pro úpravu pádového čísla mouk k pekařskému zpracování.

ÚKZÚZ (2011) stanovil minimální hodnoty pádového čísla pro zařazení do jakostních skupin následovně: E (elitní) – 286 s, A (kvalitní) – 226 s, B (chlebová) – 196 s. Dle těchto požadavků by do jakostní skupiny E bylo zařazeno 32 vzorků, do skupiny A 2 vzorky a do skupiny B 1 vzorek.

Po provedení T-testu, uvedeného v tabulce 19, nebyla zamítnuta hypotéza, že se skupina českých a zahraničních mouk v parametru pádového čísla neliší.

Tab. 19 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle hodnot pádového čísla

Proměnná	t-testy; grupováno: skupina Skupina 1: České mouky Skupina 2: Zahraniční mouky Zhrnout podmínku: V12=1										
	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat 1	Poč.plat 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
pádové číslo (s)	341,500	350,450	-0,74006	32	0,464658	14	20	22,18367	41,1319	3,43789	0,02712

Obsah mokrého lepku

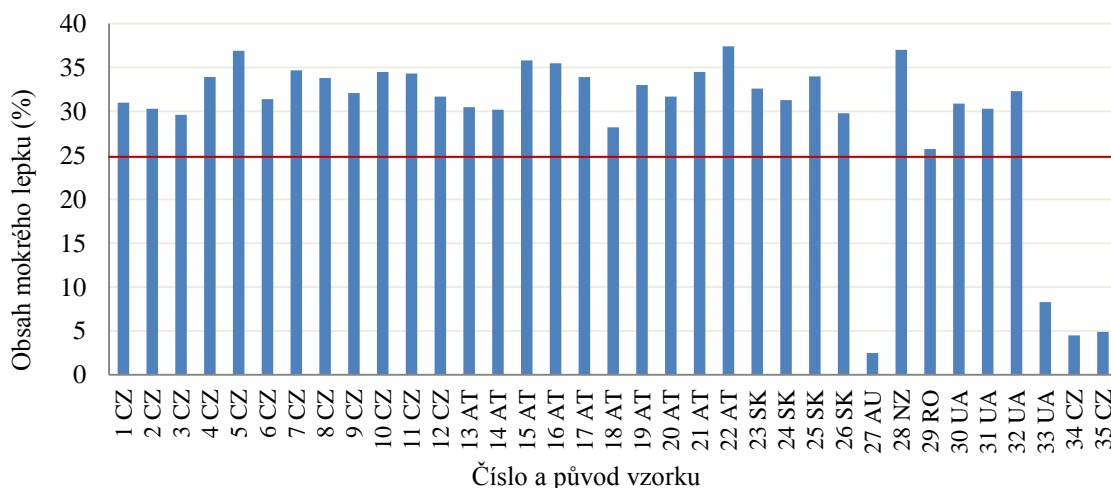
Obsah a kvalita lepkových bílkovin v mouce má významný vliv na objem a tvar pečiva (Kučerová, 2004), podporuje jeho propečení a stravitelnost a významně se odráží na kvalitě střídy (Zimolka et al., 2005).

Naměřené hodnoty obsahu mokrého lepku se pohybovaly v rozmezí 2,5 až 37,4 %. Průměrný obsah mokrého lepku byl vypočítán na 29,4 % (tab. 20). Nejvyšších hodnot dosáhl vzorek číslo 22 z Rakouska. Nejnižších hodnot dosáhly vzorky číslo 27 z Austrálie, 33 z Ukrajiny, 34 a 35 z České republiky (obr. 18), a to v důsledku zatopení komory přístroje při jejich analýze. Byly tak pravděpodobně získány nepřesné údaje.

Tab. 20 Popisné statistiky pro obsah mokrého lepku

Proměnná	Popisné statistiky					
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
Obsah mokrého lepku (%)	35	29,40000	2,500000	37,40000	85,62059	9,253139

Norma ČSN 46 1100-2a, platná do 30. 6. 2002, stanovovala minimální obsah mokrého lepku 25 %. Této normě by nevyhověly čtyři vzorky, výše zmíněné. Zimolka et al. (2005) však uvádí, že řada odrůd vykazující nižší obsah kvalitnějšího lepku, než požaduje norma, je pekařsky vhodná, zatímco odrůdy s vysokým obsahem nekvalitního lepku jsou pro výrobu kynutých těst nevhodné.



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 18 Obsah mokrého lepku v jednotlivých vzorcích mouky

Dle provedeného T-testu, uvedeného v tabulce 21, nebyla zamítnuta hypotéza, že se skupina českých a zahraničních mouk z hlediska obsahu mokrého lepku neliší.

Tab. 21 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle obsahu mokrého lepku

Proměnná	t-testy; grupováno: skupina										
	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat. 1	Poč.plat. 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
obsah mokrého lepku (%)	32,85000	32,34737	0,501636	29	0,619710	12	19	2,155984	3,009313	1,948281	0,260090

5.2 Farinografické hodnocení kvality

Farinograf je jedním z přístrojů, které slouží k objektivnímu zhodnocení pekařských vlastností mouky a těsta prostřednictvím reologických vlastností. Přehled popisných statistik jednotlivých farinografických ukazatelů uvádí tabulka 22.

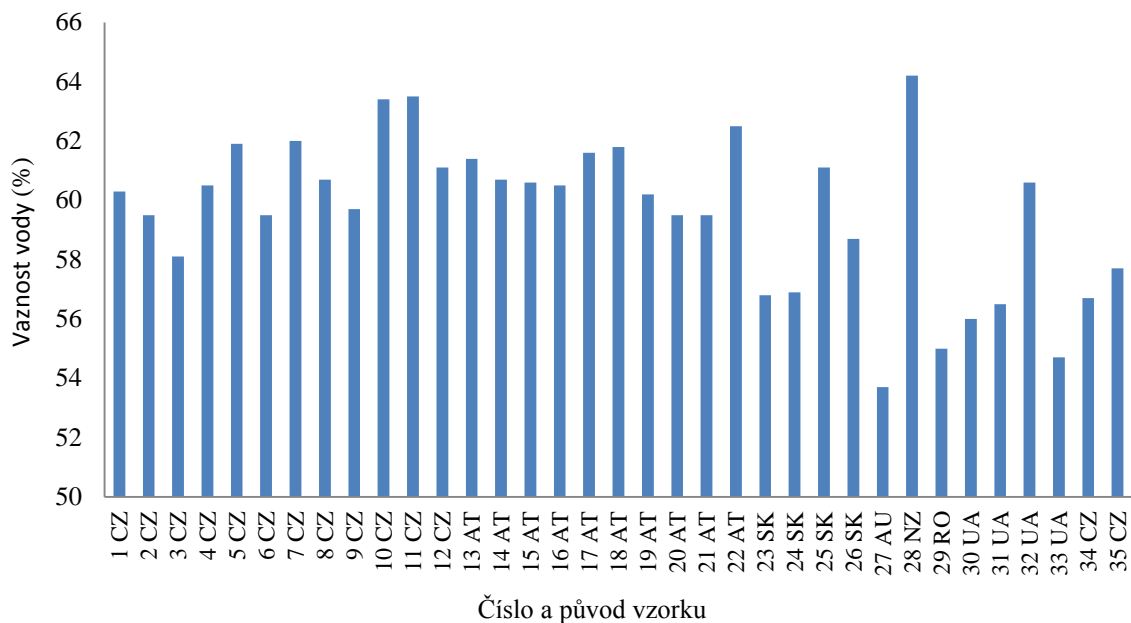
Tab. 22 Popisné statistiky pro farinografické ukazatele

Proměnná	Popisné statistiky				
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
Vaznost (%)	35	59,63143	53,70000	64,2000	2,5811
Vývin těsta (min.)	35	3,99714	1,60000	17,0000	3,6352
Stabilita těsta (min.)	35	6,10286	1,10000	18,7000	4,7402
Pokles konzistence (B.J.)	35	61,11429	2,00000	507,0000	112,5866
Číslo kvality (-)	35	48,60000	0,00000	109,0000	23,0692

Schopnost přijímat vodu je významnou fyzikální vlastností mouky. Bylo zjištěno, že při teplotě 30 °C pohlcuje lepek přítomný v mouce až 150 % vody v poměru k vlastní hmotnosti, zatímco škrob pouze 30 % vody. Vaznost silných mouk se pohybuje kolem 55 – 60 % (Bláha et al., 1998). K podobnému výsledku dospěl i C. W. Brabender, který zjistil při testování prvního modelu svého farinografu, že se vaznost u evropských mouk pohybuje kolem 53 – 60 %, zatímco u amerických mouk až kolem 70 % (Příhoda, Hrušková, 2007). Množství vázané vody je ovlivněno tvrdostí zrna, vaznost vody moukou ovlivňuje výtěžnost a stabilitu těsta (Zimolka et al., 2005), podílí se na vláčnosti těsta a konečného výrobku (Kučerová, 2004).

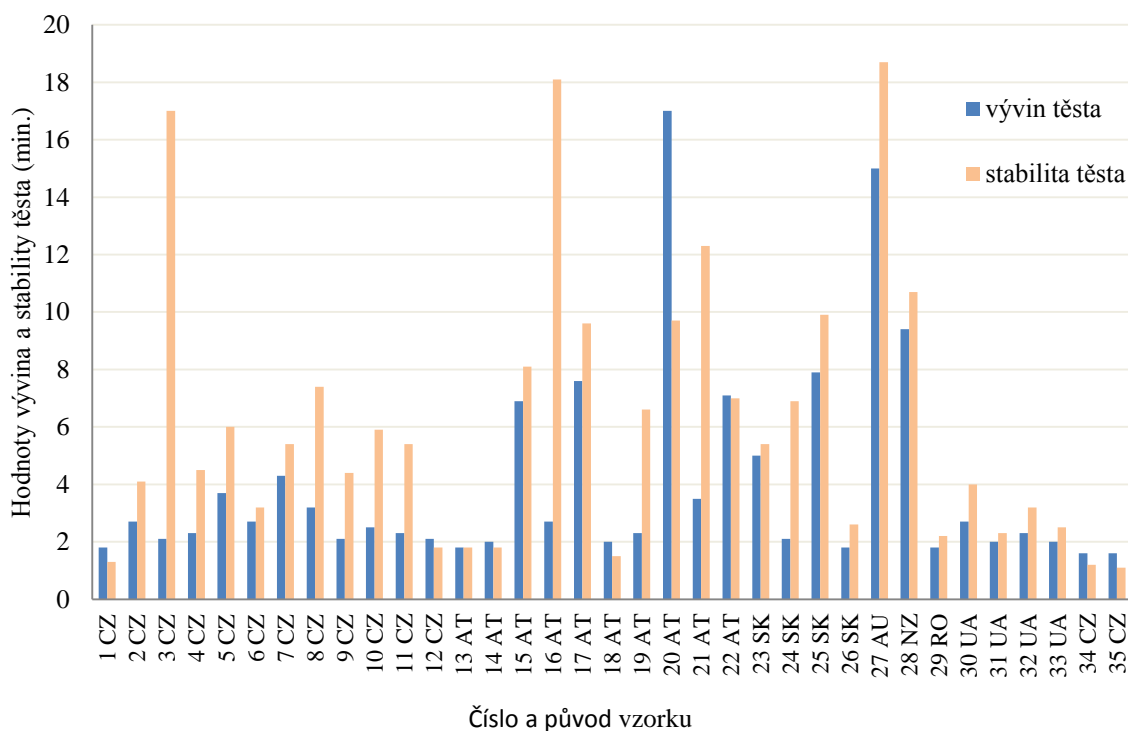
Doba vývinu těsta u českých a středoevropských měkkých pšenic nebývá příliš rozdílná a pohybuje se v rozmezí 2 – 6 minut, u kvalitních tvrdých pšenic z Austrálie bývá obvykle přes 10 minut, ale může dosáhnout i hodnot kolem 20-ti minut, což se potvrdilo i v našem stanovení (obr. 20). Pro mouky s kvalitnější bílkovinou je vysoce pravděpodobná vyšší vaznost, delší doba vývinu těsta a i větší stabilita těsta. Pro vysoce kvalitní tvrdé pšenice bývá charakteristický mírný pokles konzistence těsta (Příhoda, Hrušková, 2007). Číslo kvality je odvislé od stability a poklesu konzistence těsta.

Naměřené hodnoty farinografických ukazatelů jsou uvedeny na obrázcích 19 – 22.



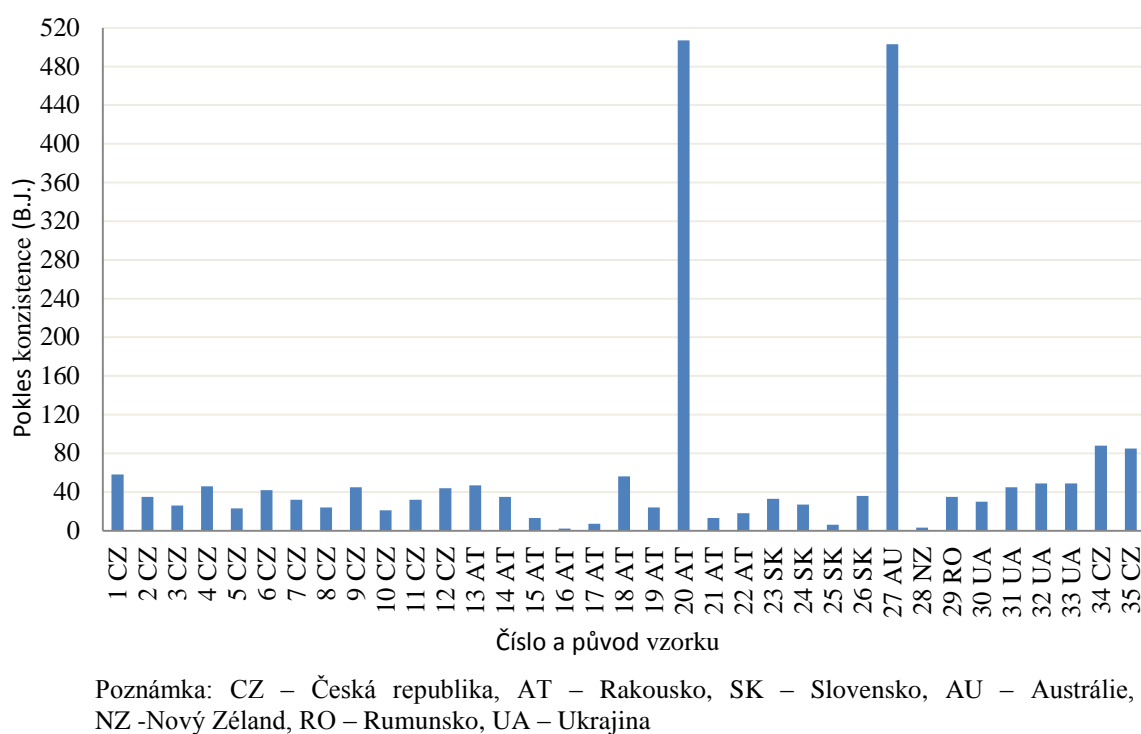
Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 19 Vaznost vody jednotlivých vzorků mouky

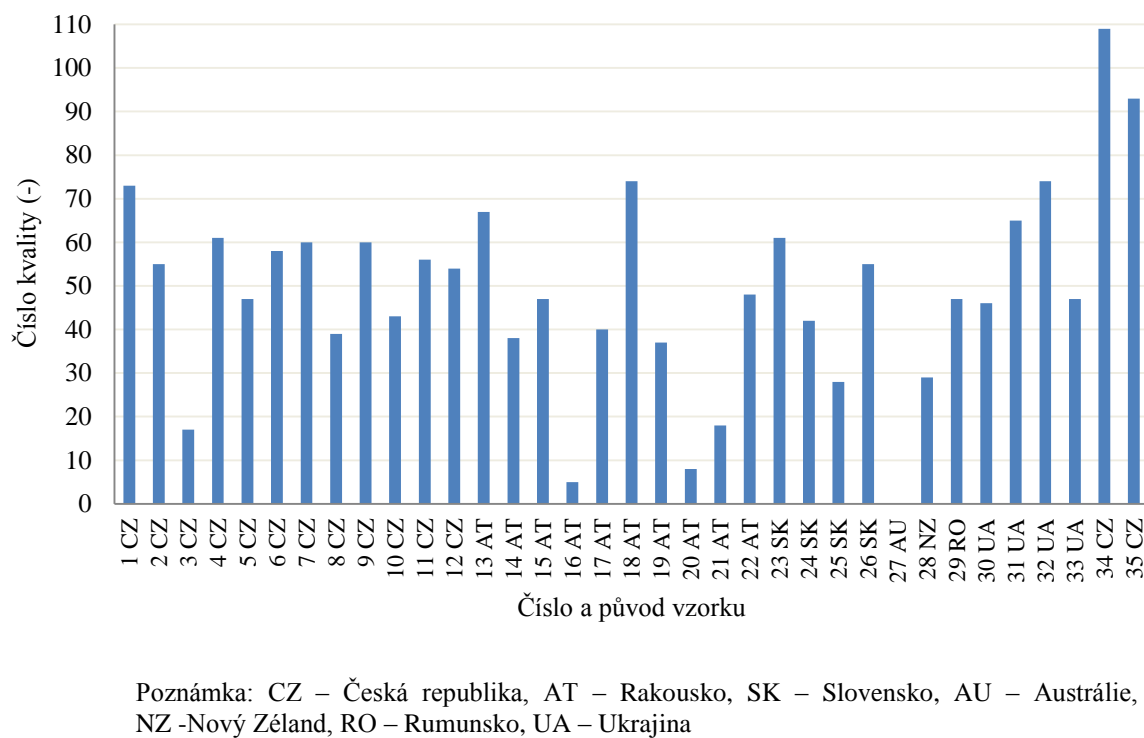


Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 20 Vývin a stabilita těsta z jednotlivých vzorků mouky



Obr. 21 Pokles konzistence těst z jednotlivých vzorků mouky

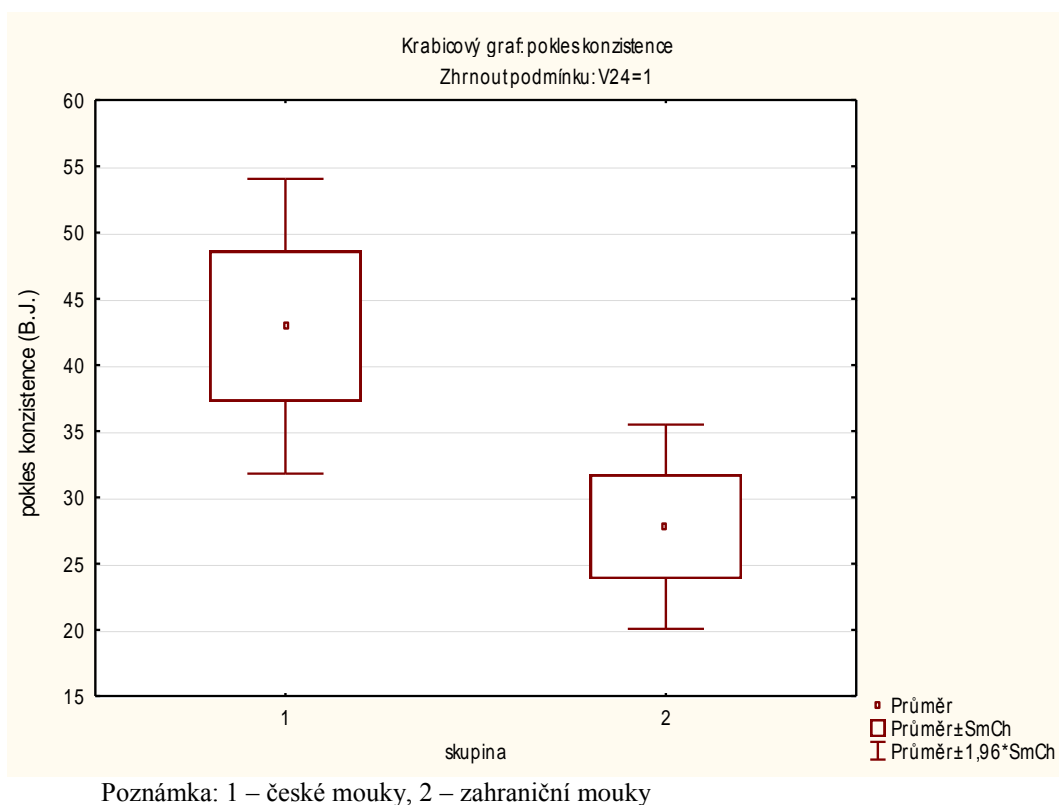


Obr. 22 Číslo kvality těst z jednotlivých vzorků mouky

Pro porovnání skupiny českých a zahraničních mouk byly provedeny T-testy u jednotlivých farinografických ukazatelů. U provedených T-testů ($\alpha = 0,05$) byly p-hodnoty vypočítány následovně: pro vaznost 0,158, pro vývin těsta 0,071, pro stabilitu těsta 0,559, pro pokles konzistence 0,031 a pro číslo kvality 0,151. Dle výsledku T-testu, pro těsta vyrobená z českých a zahraničních mouk, byla zamítnuta hypotéza, že se dané skupiny neliší v parametru poklesu konzistence. Tento výsledek je znázorněn v tabulce 23 a na obrázku 23 pomocí krabicového grafu.

Tab. 23 Porovnání těst z českých a zahraničních mouk dle poklesu konzistence

Proměnná	t-testy; grupováno: skupina Skup. 1: České mouky Skup. 2: Zahraniční mouky Zhrnout podmínku: V24=1										
	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat 1	Poč.plat. 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
pokles konzistence (B.J.)	42,92857	27,78947	2,264516	31	0,030683	14	19	21,24750	17,15802	1,533491	0,394519



Obr. 23 Krabicový graf poklesu konzistence těst z českých a zahraničních mouk

5.3 Hodnocení pekařského pokusu

5.3.1 Hodnocení kvality těsta

Senzorické hodnocení těsta

Dle Bláhy et al. (1998) je kynuté těsto světle žluté barvy, na povrchu matné, má středně tuhou, neroztékavou konzistenci, je vláčné a mírně pružné, uvnitř pórovité s typickou vůní.

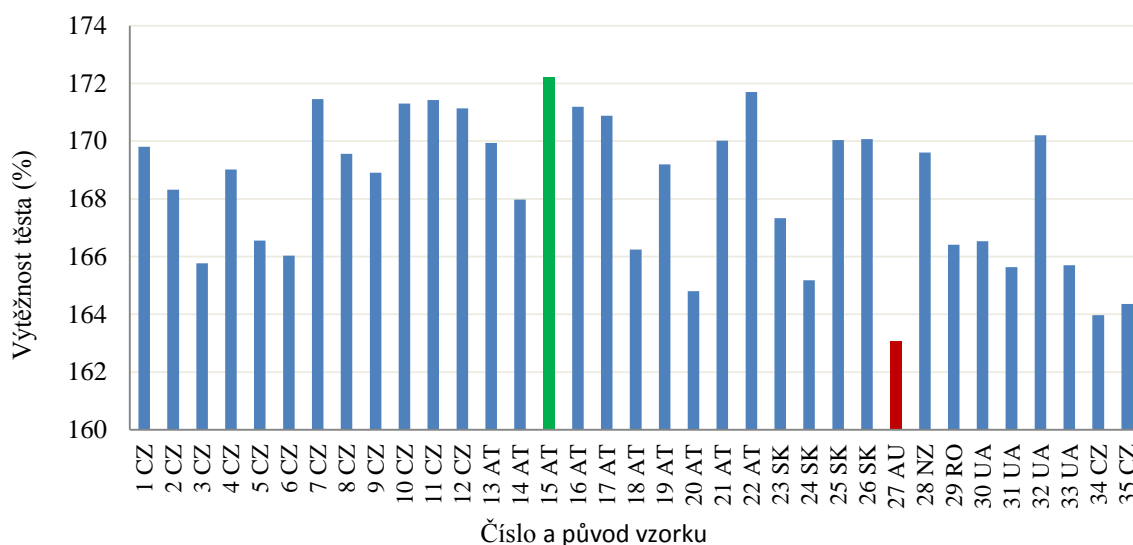
Po zrání a odležení těsta v kynárně byly hodnoceny jeho kvalitativní znaky, které zahrnují hodnocení lepivosti těsta, povrchu těsta a pružnosti těsta. Nízkou lepivost těsta vykazoval vzorek číslo 35 z České republiky, velmi vysoká lepivost byla shledána u vzorků číslo 18 z Rakouska a 32 z Ukrajiny. Těsto vyrobené z ostatních vzorků mouk bylo normální, nelepivé. Povrch všech těst byl normální. Pružnost těsta byla slabá u českých vzorků číslo 3, 7, 9 a u australského vzorku číslo 27, naopak vzorek číslo 32 z Ukrajiny vykazoval i přes vysokou lepivost výbornou pružnost. U vzorků číslo 9 z České republiky a rakouských vzorků číslo 13 a 14 se těsto trhalo. Ostatní vzorky byly normální, pružné.

Hmotnost těsta a jeho výtěžnost

Dále byla hodnocena hmotnost těsta a jeho výtěžnost jako poměr hmotnosti těsta k hmotnosti mouky, vynásobená stem. Hmotnost těsta se pohybovala v rozmezí 802,20 až 848,53 g. Průměrná hmotnost všech těst byla vypočítána na 830,06 g. Výtěžnost těsta se pohybovala v rozmezí 163,05 až 172,21 % (tab. 24) a v závislosti na hmotnosti těst byla vyšší u skupiny českých mouk.

Tab. 24 Popisné statistiky pro hmotnost a výtěžnost těst

Proměnná	Popisné statistiky				
	N	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
Hmotnost těsta (g)	35	830,0586	802,2000	848,5300	13,53577
Výtěžnost těsta (%)	35	168,3289	163,0488	172,2082	2,57594



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ -Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 24 Výtěžnost těst z jednotlivých vzorků mouky

Jak vyplývá z obrázku 24, nejvyšší výtěžnost těsta vykazoval vzorek číslo 15 z Rakouska, nejnižší výtěžnost těsta vzorek číslo 27 z Austrálie. Dle Kučerové (2004) je výtěžnost těsta ovlivněna recepturou, způsobem vedení těsta, vazností a vlhkostí mouky. Tabulka 25 udává, že se skupina českých a zahraničních mouk v parametrech hmotnosti a výtěžnosti těsta neliší.

Tab. 25 Porovnání hmotnosti a výtěžnosti těst z českých a zahraničních mouk

Proměnná	t-testy; grupováno: skupina										
	Skup. 1: Těsta z českých mouk					Skup. 2: Těsta ze zahraničních mouk					
	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat 1	Poč.plat 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
Hmotnost těsta (g)	832,132	828,676	0,73496	33	0,46755	14	21	12,9047	14,0785	1,19019	0,76257
Výtěžnost těsta (%)	168,399	168,281	0,13103	33	0,89654	14	21	2,6353	2,6000	1,02732	0,92935

5.3.2 Hodnocení kvality pečiva

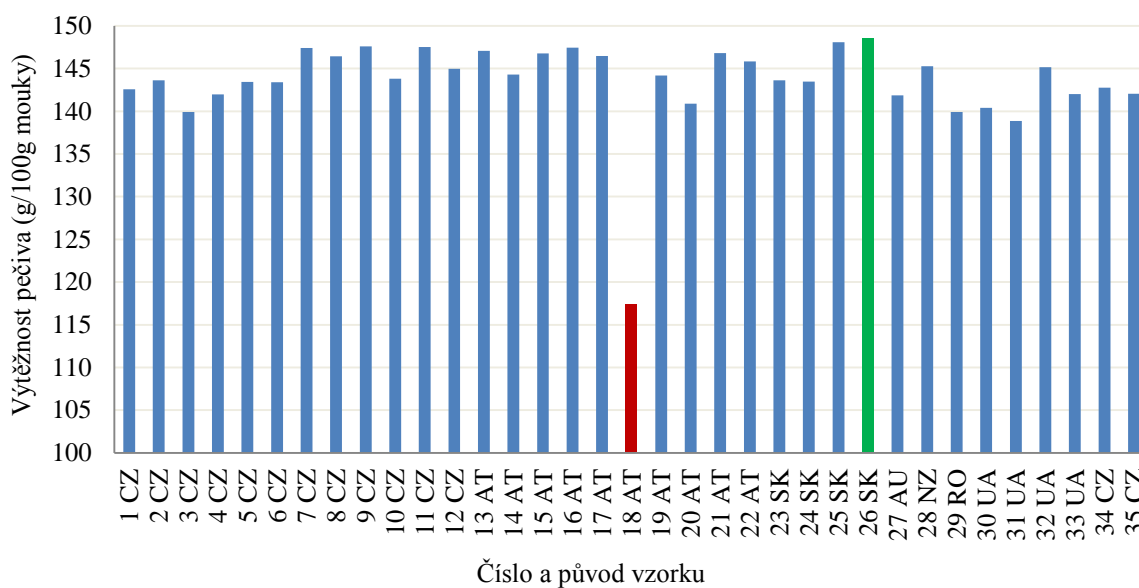
V tabulce 26 je uvedena popisná statistika hodnocených parametrů kvality pečiva.

Tab. 26 Popisné statistiky parametrů kvality pečiva

Proměnná	Popisné statistiky				
	N	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
Výtěžnost pečiva (g/100 g mouky)	35	143,4850	117,4200	148,5800	5,23576
Ztráta pečením (%)	35	13,1214	11,4000	15,1900	1,05357
Objemová výtěžnost (ml/100 g mouky)	35	768,6286	428,0000	940,0000	83,65302
Měrný objem pečiva (ml/100 g pečiva)	35	533,3922	301,7272	671,8125	60,10757

Hmotnost pečiva a jeho výtěžnost

Hmotnost pečiva byla zjištěna vážením klonků a přepočtena na 100 g mouky k získání hodnot výtěžnosti pečiva. Nejnižší výtěžnost pečiva dával vzorek číslo 18 z Rakouska, nejvyšší 26 ze Slovenska, jak je vidět na obrázku 25. Výtěžnost pečiva se pohybuje dle Pelikána (1999) kolem 130 až 144 % a je ovlivněna vazností mouky, stupněm propečení a velikostí technologických a manipulačních ztrát (Kučerová, 2004).



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ - Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

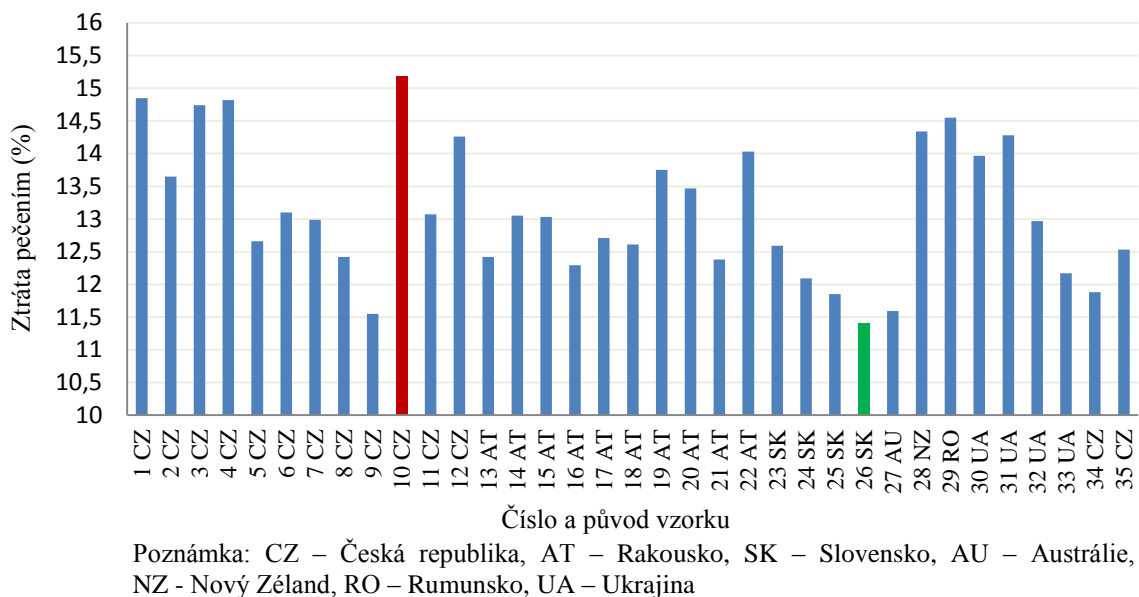
Obr. 25 Výtěžnost pečiva z jednotlivých vzorků mouky

Ztráta pečením

Ztráta pečením je definována jako úbytek vody při pečení. Byla vypočítána dle následujícího vzorce:

$$\text{Ztráta pečením} = \frac{\text{hmotnost těsta} - \text{hmotnost pečiva}}{\text{hmotnost těsta}} \cdot 100 [\%]$$

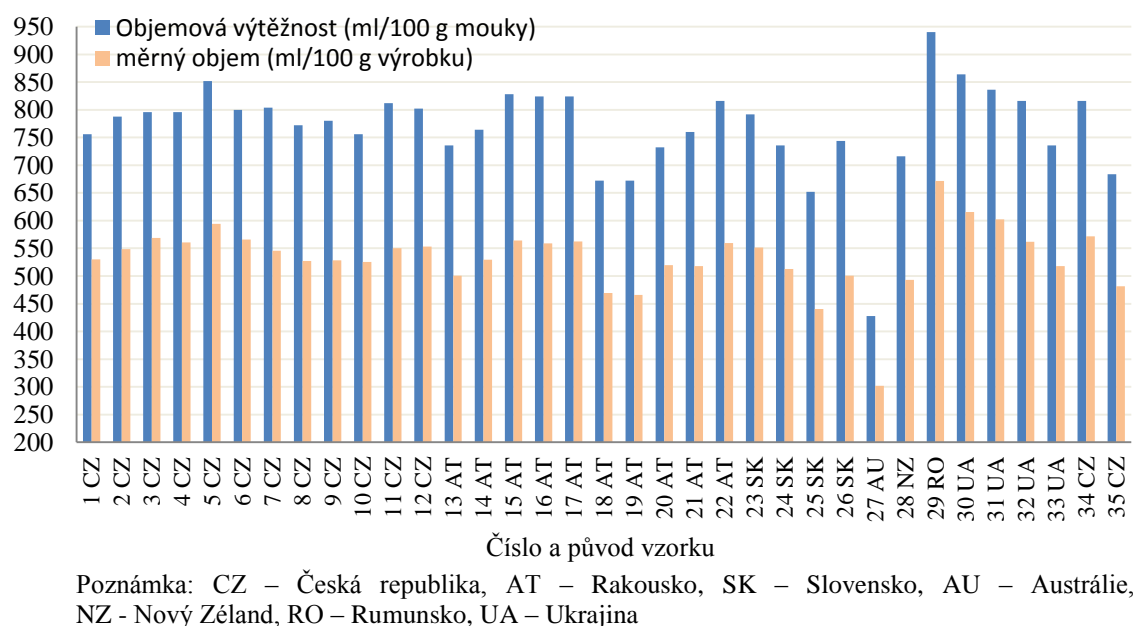
Ztráty u běžného pečiva činí 10 až 13 % a závisí na tvaru a hmotnosti klonků, době a teplotě jejich pečení, druhu mouky a vlhkosti těsta (Kučerová, 2004). I Pelikán (1999) uvádí, že ztráta pečením je odvislá od povrchu pečiva a udává 10 – 15 % z hmotnosti těsta. Dle Bláhy et al. (1998) jsou ztráty pečením u kynutých těst 10 až 18 %. Ztráty pečením výrobků v našem sledování jsou znázorněny na obrázku 26.



Obr. 26 Ztráty pečením klonků z jednotlivých vzorků mouky

Objemová výtěžnost a měrný objem pečiva

Z naměřených hodnot objemu pečiva, hmotnosti mouky a hmotnosti pečiva byla vypočítána objemová výtěžnost v ml/100 g mouky a měrný objem pečiva v ml/100 g výrobku. Vypočítané hodnoty jsou uvedeny na obrázku 27. Nejvyšších hodnot obou parametrů dosáhl vzorek číslo 29 z Rumunska, naopak nejnižších hodnot dosáhl australský vzorek číslo 27.



Obr. 27 Objemová výtěžnost pečiva z jednotlivých vzorků mouky

Dle NPCS Board of Consultants & Engineers (2011) je nízký objem pečiva způsoben nedostatečným množstvím cukru pro fermentaci a nízkou kvalitou lepku z hlediska zadržování kvasných plynů. Příhoda a Hrušková (2007) dodávají, že existuje průkazný vztah mezi obsahem lepku a objemem pečiva, koeficient korelace se udává v rozmezí 0,5 – 0,8. Objemová výtěžnost je v kladné korelaci s hodnotami Zeleného testu a pádového čísla (Zimolka et al., 2005).

Poměrové číslo

Tvar pečiva je dán poměrem výšky pečiva (v) k jeho průměru (d) a objemem pečiva. Jedná se o bezrozměrnou veličinu. Dle poměrového čísla pečiva lze usuzovat na kvalitu mouky, ze které bylo pečivo vyrobeno.

Tab. 27 Hodnoty poměrového čísla pečiva vzhledem ke kvalitě mouky (Skoupil 1989)

Poměrové číslo	Kvalita mouky
Méně než 0,500	Nevyhovující mouka
0,501-0,600	Slabá mouka
0,601-0,700	Dobrá mouka
0,700 a více	Velmi dobrá mouka

Výška a průměr pečiva byly změřeny 3x a byl stanoven jejich průměr. Vypočtená poměrová čísla klonků jednotlivých vzorků jsou uvedena v tabulce 28. Červeně jsou vyznačeny hodnoty poměrového čísla pro dobré mouky, zeleně pro velmi dobré mouky.

Tab. 28 Poměrové číslo (v/d) pečiva

vzorek	1 CZ	2 CZ	3 CZ	4 CZ	5 CZ	6 CZ	7 CZ	8 CZ	9 CZ	10 CZ
v/d	0,65	0,67	0,71	0,72	0,75	0,71	0,73	0,65	0,64	0,72
vzorek	11 CZ	12 CZ	13 AT	14AT	15 AT	16AT	17AT	18AT	19AT	20 AT
v/d	0,65	0,69	0,62	0,63	0,64	0,77	0,81	0,73	0,73	0,70
vzorek	21 AT	22 AT	23 SK	24SK	25 SK	26SK	27AU	28NZ	29RO	30 UA
v/d	0,78	0,66	0,73	0,72	0,64	0,72	0,76	0,68	0,80	0,73
vzorek	31 UA	32 UA	33 UA	34CZ	35 CZ					
v/d	0,71	0,78	0,82	0,75	0,60					

Hodnoty poměrových čísel se pohybovaly v rozmezí 0,60 až 0,82. U žádného z klonků nebylo poměrové číslo menší než 0,500. Všechny vzorky mouky jsou tedy vhodné pro pekařské účely. Průměrná hodnota poměrového čísla byla stanovena na 0,709, tedy vyšší než vypořoval ve své studii Švec et al. (2011), a to na 0,64.

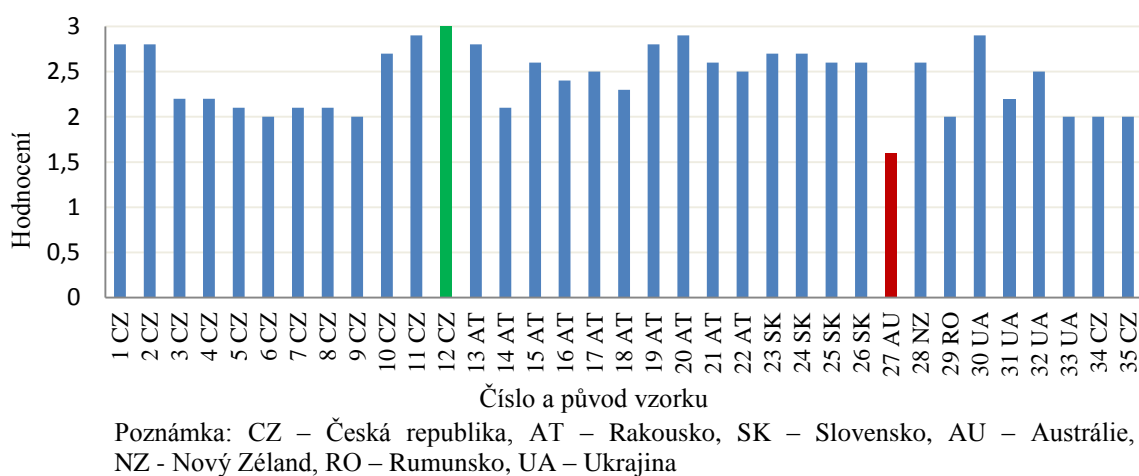
5.3.3 Senzorické hodnocení pečiva

Podle Jarošové (2001) má smyslové hodnocení potravin význam, neboť postihuje takové kvalitativní ukazatele, které není možné stanovit přístrojově. Při sensorickém hodnocení pečiva jsou posuzovány vnější a vnitřní znaky. Vnější znaky jsou rozhodující pro spotřebitele a zahrnují objem pečiva, vzhled, barvu a strukturu kůrky. K vnitřním znakům se řadí vlastnosti střídky, vůně a chuť (Ingr et al., 2007).

Příloha č. 9 vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 182/2012 Sb. uvádí požadavky na jakost pekařských výrobků. Dle této vyhlášky má být běžné pečivo pravidelně formované a klenuté, kůrka má být čistá, zlatohnědé barvy bez zřetelně obnažené střídky, střídka dobře propečená, pórovitá, pružná a stejnorodá. Vůně a chuť běžného pečiva má být příjemná, pečivová.

Senzorické hodnocení bylo provedeno u všech 35 vzorků dle sensorického dotazníku. Fotodokumentace jednotlivých vzorků pečiva z hlediska celkového vzhledu i na řezu je přiložena v příloze 2.

Celkový vzhled a tvar pečiva



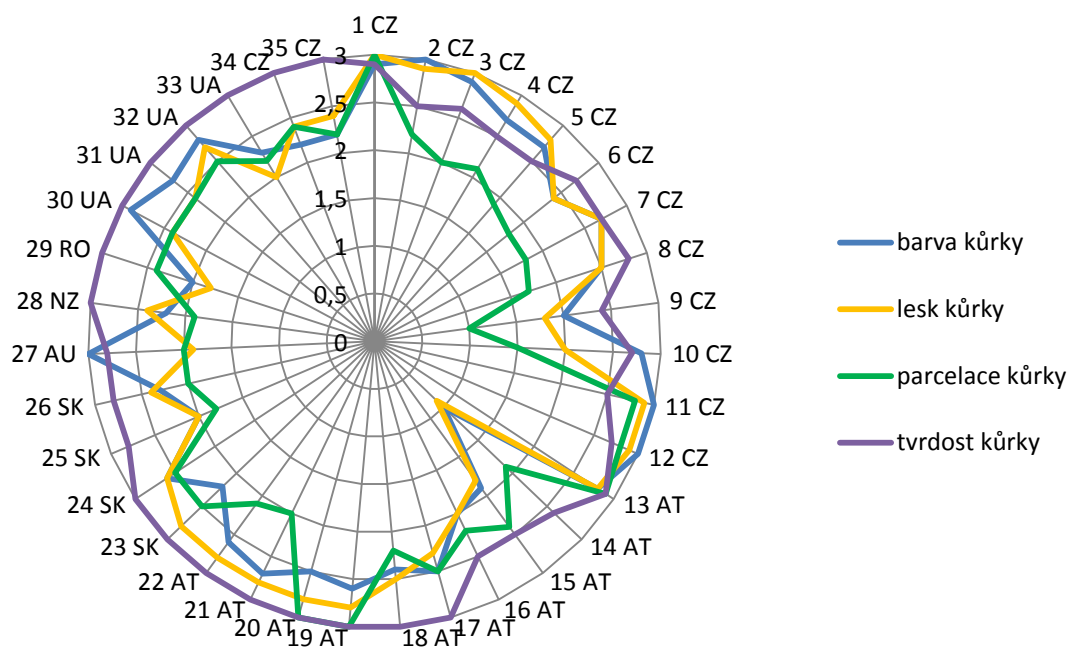
Obr. 28 Sensorické hodnocení celkového vzhledu a tvaru pečiva

Z hlediska celkového vzhledu dosáhl nejlepšího hodnocení vzorek číslo 12 z České republiky. Bulky byly dostatečně vyklenuté a spodní kůrka přecházela rovnoměrně ve svrchní kůrku. Naopak nejhůře byl vyhodnocen vzorek číslo 27 z Austrálie, jehož objem byl malý, což mohlo být způsobeno stanoveným nízkým obsahem lepku v mouce a hodnotou Zeleného testu, která udává jeho kvalitu (obr. 28). I Pelikán (1999) uvádí, že nízký objem pečiva může mít příčinu v surovině. Podle Ingra et al. (2007) je velikost objemu mírou pekařské jakosti.

Hodnocení kůrky pečiva

Kůrka pečiva má být optimálně vybarvená, rovnoměrně silná, křehká a má pozvolně přecházet do střidy. Parcelace značí dobře propečené a vychlazené pečivo (Ingr et al., 2007). Vadou je příliš světlé či tmavé zbarvení kůrky a přítomnost tmavých skvrn v horní kůrce vlivem porostlého obilí, nedostatečného vyžrání těsta či vysoké počáteční teploty (Kučerová, 2004).

Jak vyplývá z obrázku 29, z hlediska hodnocených znaků kůrky se jako nejlepší jeví vzorek číslo 1 z České republiky, naopak nejhůře vzorek číslo 14 z Rakouska.



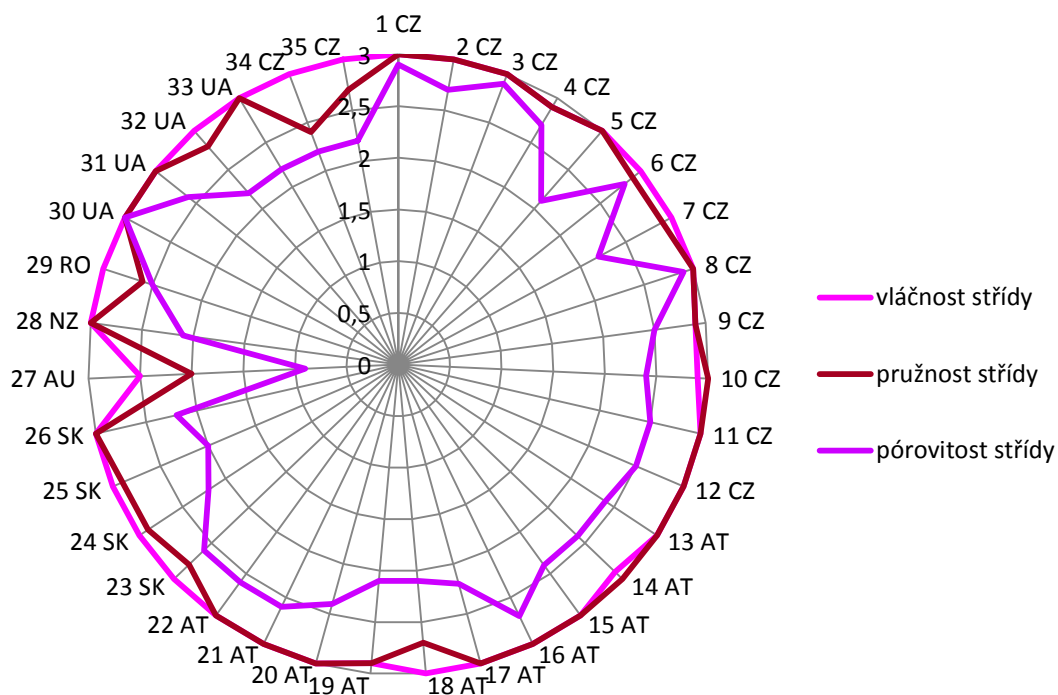
Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ - Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 29 Senzorické hodnocení kůrky pečiva

Hodnocení střídy pečiva

Střída pečiva má být pevná, přiměřeně vlhká, pružná a kyprá, bez žmolků mouky či těsta. Pórovitost ovlivňuje barvu střídy odlišným rozptylem odraženého světla, hrubě pórovitá střída vypadá tmavší. Jemná pórovitost ovlivňuje stravitelnost pečiva (Ingr et al., 2007). Švec et al. (2011) uvádí, že přidavek mléčných složek zajistí jemnější pórovitost pečiva, naopak zlepšující přípravky zvýší průměrnou plochu pórů o 7-73 %. Hustá či slabá pórovitost odráží špatné kvašení, značnou tuhost těst a jejich velké mechanické namáhání. Nízká pružnost střídy může být ovlivněna porostlostí mouky, drolivá střída je důsledkem příliš tuhých těst (Pelikán, 1999).

Právě drolivá střída byla zaznamenána u českých bio vzorků číslo 34 a 35, což se projevilo i na jejich hodnocení. Na obrázku 30 jde vidět, že z hlediska senzorického hodnocení znaků střídy byl nejvýše ohodnocen vzorek číslo 30 z Ukrajiny, zatímco nejnižší počet bodů získal vzorek číslo 27 z Austrálie.



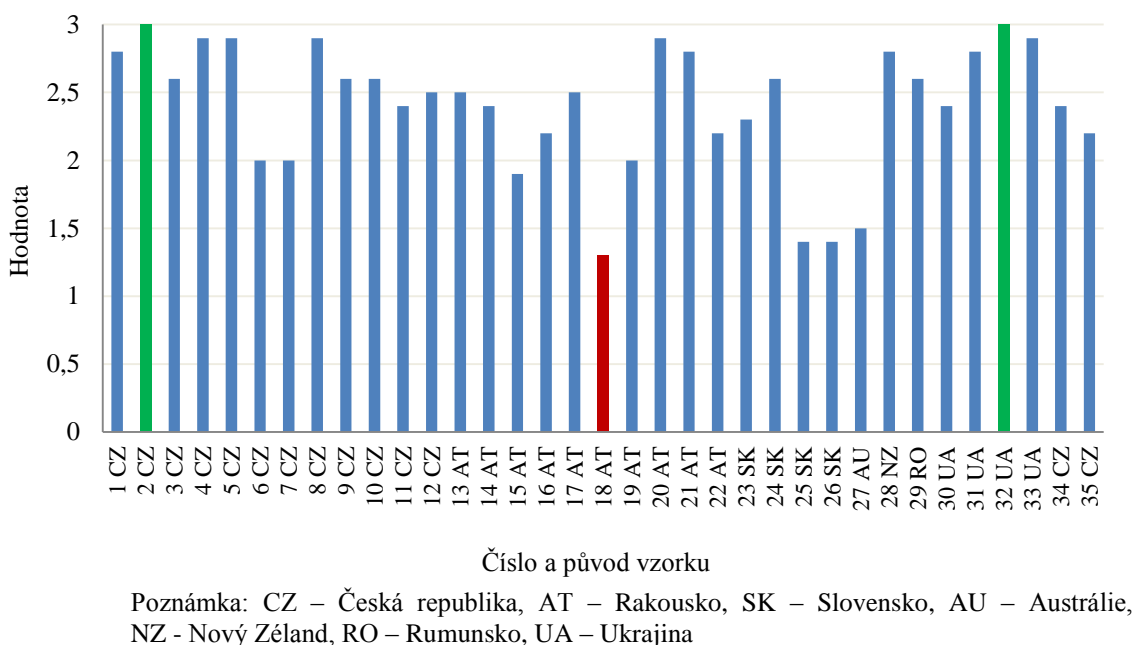
Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ - Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 30 Sensorické hodnocení střídy pečiva

Hodnocení chuti pečiva

Chuť pečiva by měla být příjemná, pečivová. Nevýrazná chuť je způsobena nedostatečným prokvašením těst, kyselá chuť vzniká v důsledku použití staré mouky či přezrálých těst (Kučerová, 2004).

Mírná kyselost v chuti byla zaznamenána u českých bio vzorků číslo 34 a 35. Nejlépe byl chuťově vyhodnocen český vzorek číslo 2 a ukrajinský vzorek číslo 32. Jako nejhorší se jevil vzorek číslo 18 z Rakouska. Bodové ohodnocení chuti jednotlivých vzorků znázorňuje obrázek 31.



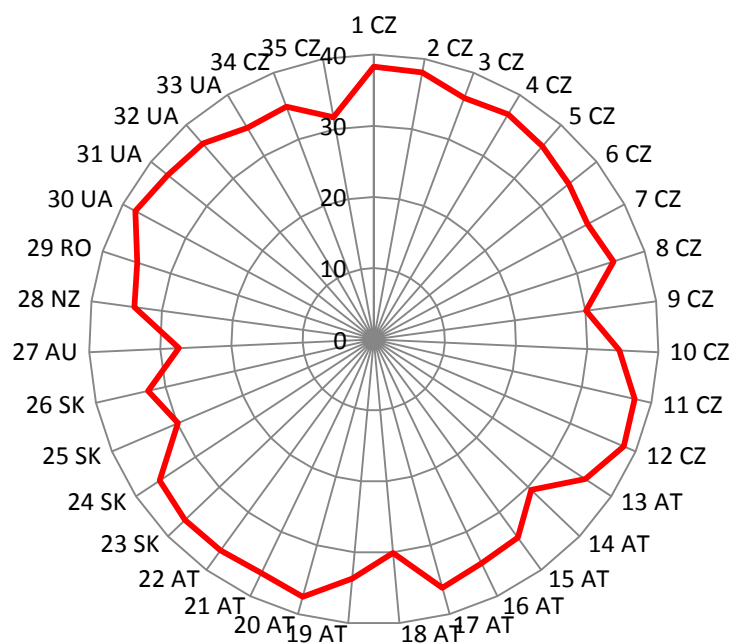
Obr. 31 Senzorické hodnocení chuti pečiva

Celkové bodové vyhodnocení pekařského pokusu

Do celkového hodnocení pekařského pokusu bylo zařazeno hodnocení vlastností těsta, měrného objemu pečiva a sensorické zhodnocení celkového vzhledu a tvaru pečiva, kůrky, střídy a chuti.

Dle dosažených bodů lze jednotlivé vzorky ohodnotit detmoldským stupněm hodnocení následovně: 37 – 40 bodů jako dobré, 27 – 36 bodů uspokojivé a 13 – 26 bodů neuspokojivé. Do kategorie dobrých vzorků spadá celkem 68,6 % (24 vzorků) a do kategorie uspokojivých zbývající část, tedy 31,4 % (11 vzorků). Žádný z hodnocených vzorků nevychází jako neuspokojivý.

Z obrázku 32 je patrné, že jako nejlepší byl vyhodnocen vzorek číslo 1 z České republiky s 38,3 body, nejméně byl bodově ohodnocen vzorek číslo 27 z Austrálie s 27,4 body.



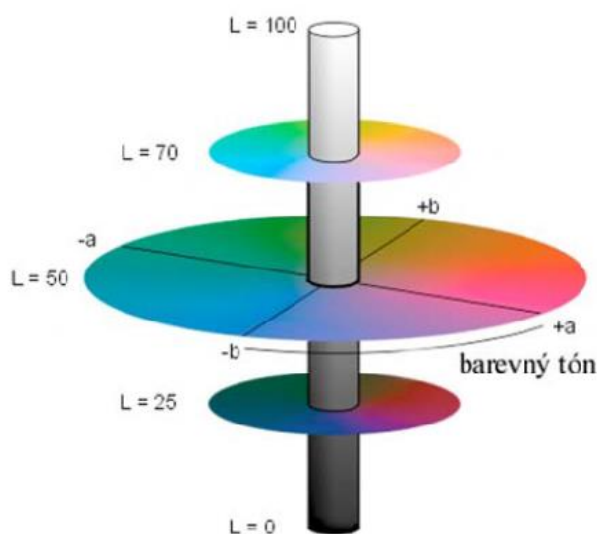
Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ - Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 32 Celkové vyhodnocení pekařského pokusu

5.4 Hodnocení barvy

Pro měření barvy byl využit barevný prostor CIE $L^* a^* b^*$ tvořený třemi vzájemně kolmými osami - měrnou světlostí L^* , která nabývá hodnot v intervalu 0 (černá) až 100 (bílá) a dvěma chromatickými osami a^* a b^* . Osa a^* udává průběh od zelené barvy k červené, osa b^* od modré ke žluté. Měrná čistota C^*_{ab} (sytost) lze vypočítat z chromatických souřadnic a^* a b^* . Odchytky jednotlivých složek lze hodnotit samostatně:

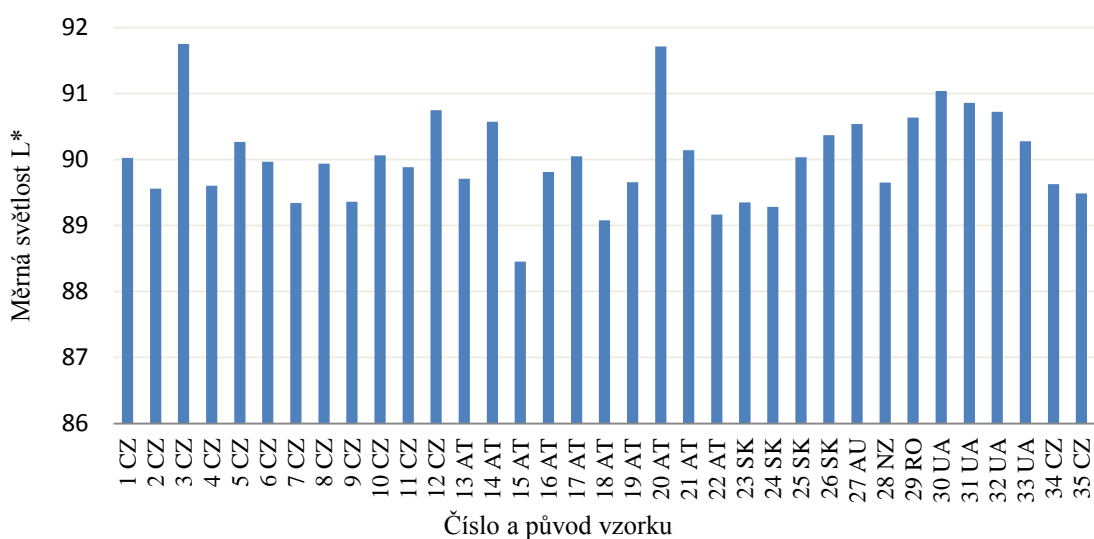
- $\Delta L^* > 0$ vzorek je světlejší (a naopak)
- $\Delta a^* > 0$ vzorek je červenější (a naopak zelenější)
- $\Delta b^* > 0$ vzorek je žlutější (a naopak modřejší)
- $\Delta C^*_{ab} > 0$ vzorek je sytější, více chromatický (Zmeškal et al., 2002)



Obr. 33 Prostorový model CIE L*a*b* (Zmeškal et al., 2002)

5.4.1 Hodnocení barvy mouky

Z naměřených hodnot měrných světlostí, uvedených na obrázku 34, je viditelné, že se mouky v tomto parametru výrazně nelišily. Hodnoty měrné světlosti kolísaly v úzkém rozmezí 88,46 – 91,75. Jako nejsvětější byly vyhodnoceny vzorky mouky číslo 3 z České republiky a 20 z Rakouska, naopak jako nejtmavším rakouský vzorek mouky číslo 15.



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ - Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

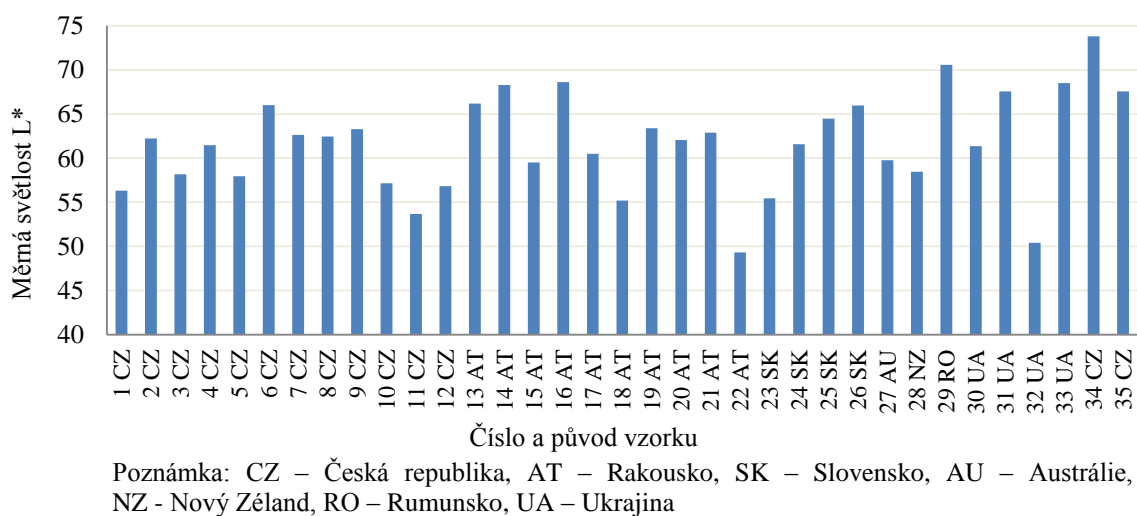
Obr. 34 Měrná světlost vzorků mouky

Koeficienty a^* a b^* udávají odstín barvy. Bylo zjištěno, že se vzrůstající intenzitou červené barvy (koeficient a^*) klesá hodnota měrné světlosti. Jako nejčervenější se jevil vzorek číslo 15 z Rakouska s hodnotou $a^* = 0,69$, který byl vyhodnocen i jako nejtmaší vzorek. Naopak nejméně červeným také již zmíněný světlý rakouský vzorek číslo 20 s hodnotou $a^* = 0,17$ a český vzorek číslo 3 s hodnotou $a^* = 0,19$, který byl zároveň i nejméně žlutou moukou - $b^* = 8,75$. Nejvyšší hodnotu intenzity žluté barvy měl vzorek slovenské mouky číslo 23 s hodnotou koeficientu $b^* = 11,51$.

Podle Kučerové (2004) závisí barva mouky na stupni vymletí zrna, původní barvě pšenice a použitých přísadách, jako je celozrnná mouka či šrotové produkty z jiných obilovin. Obecně lze říci, že vysokovymletá mouka je tmavší a koreluje s obsahem popela, i když ne příliš vysoce. Dle Janečkové et al. (2014) má přídavek obalových částí zrna i podíl na tmavší barvě výrobků. Pelikán (1993) uvádí, že kolorimetrické stanovení barvy mouky může ovlivnit i její rozdílná zrnitost.

5.4.2 Hodnocení barvy upečených výrobků

Z porovnání obrázků 34 a 35 vyplývá, že upečené bulky nevykazovaly stejnou světlost jako mouky. Lze tedy říci, že barva mouky nemá vliv na barvu upečeného výrobku. Hodnoty měrné světlosti se u bulek pohybovaly v širším rozmezí, a to 49,31 – 73,80. Jako nejsvětlejší bulky stanovil přístroj dle hodnot měrných světlostí vzorek číslo 34 z České republiky, nejtmašími byly vzorky 22 z Rakouska a 32 z Ukrajiny.



Obr. 35 Měrná světlost vzorků bulek

V případě bulek s rostoucím koeficientem a^* dost výrazně klesá hodnota měrné světlosti. Jako nejčervenější výrobky byly tedy vyhodnoceny již zmíněné tmavé vzorky bulek číslo 32 z Ukrajiny a 22 z Rakouska s hodnotami koeficientu $a^* = 19,24$ a $a^* = 19,05$, neboť se mírně připekly. Nejméně červeným se jevil nejsvětlejší vzorek číslo 34 z České republiky s hodnotou koeficientu $a^* = 7,55$. Jako nejžlutější byl vyhodnocen vzorek bulek číslo 27 z Austrálie s hodnotou koeficientu $b^* = 42,59$, naopak nejméně žlutým byl stanoven rakouský vzorek číslo 14 s hodnotou koeficientu $b^* = 32,93$.

Barva je jedním z faktorů, podle kterých si spotřebitelé vybírají pečivo. Barva pečiva je ovlivněna z velké části množstvím zbytkového cukru, který během pečení karamelizuje a je zodpovědný za zhnědnutí kůrky (Ashokkumar, 2012). Podle NPCS Board of Consultants & Engineers (2011) je při bouřlivé aktivitě kvasinek vyšší spotřeba cukru, což se projeví světlou barvou pečiva, v opačném případě větší množství zbytkového cukru má za následek tmavší zbarvení. Savitha et al. (2008) zkoumal vliv sladidel na barvu výrobků. Došel k závěru, že při nahrazení cukru kombinací sukralózy s maltodextrinem získá světlejší výrobky, přičemž jejich kvalita zůstane srovnatelná a sladkost přijatelná. Ashokkumar (2012) dále uvádí, že barvu pečiva ovlivňují i použité přísady, enzymatická aktivita mouky, nedokynuté či překynuté těsto a teplota pečení. Ingr et al. (2007) navíc dodává, že optimální vybarvenost pečiva poskytuje i dostatek aromatických a chuťových látek.

5.4.3 Celková barevná diference

Barevný prostor CIE $L^* a^* b^*$ umožňuje výpočet i celkové barevné diference ΔE^* mezi předlohou a vzorkem dle následující rovnice, kde ΔL^* je jasová odchylka, Δa^* a Δb^* znázorní rozdíl pozic v a^*b^* diagramu (Vik, 1995):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta L^* = L_{\text{vzorku}}^* - L_{\text{předlohy}}^*$$

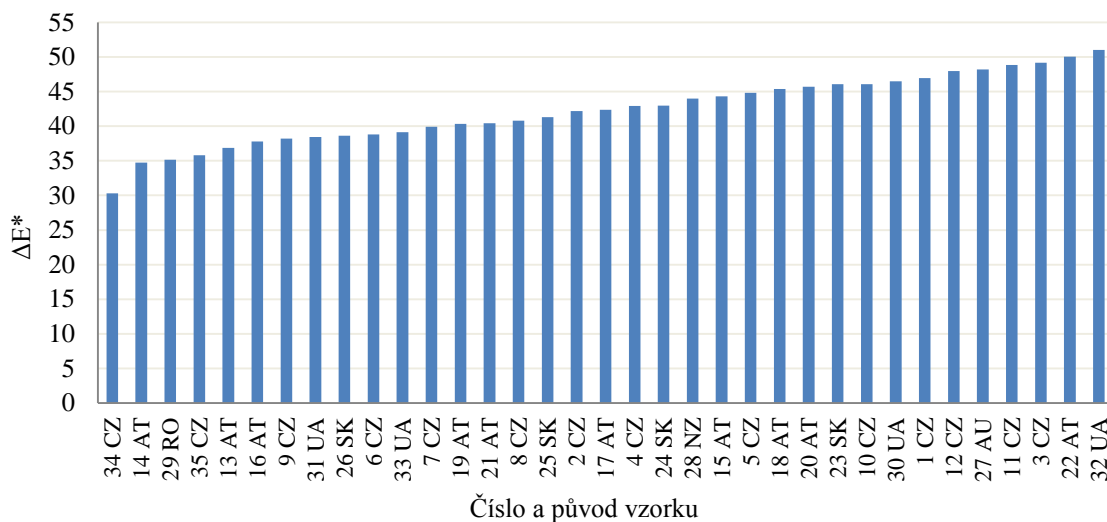
$$\Delta a^* = a_{\text{vzorku}}^* - a_{\text{předlohy}}^*$$

$$\Delta b^* = b_{\text{vzorku}}^* - b_{\text{předlohy}}^*$$

Tab. 29 Rozdíl barev na základě celkové difference ΔE^* (Zmeškal et al., 2002)

ΔE^*	rozdíl	ΔE^*	rozdíl
0,0 až 0,2	Nepostřehnutelný		
0,2 až 0,5	Velmi slabý	0,2 až 1,0	Postřehnutelný
0,5 až 1,5	Slabý	1,0 až 2,0	Rozeznatelný
1,5 až 3,0	Jasně postřehnutelný	2,0 až 4,0	Ještě nerušící
3,0 až 6,0	Střední	4,0 až 8,0	Mírně rušící
6,0 až 12,0	Výrazný		
12,0 až 16,0	Velmi výrazný		
Větší než 16,0	Rušící		

Byla vypočítána i celková barevná difference (ΔE^*) mezi vzorky mouky a upečenými bulkami. Nelze zjistit, zda se jedná o zesvětlení či ztmavení, lze zjistit pouze velikost dané difference. Barevná difference je uvedena ve vzestupném pořadí na obrázku číslo 36 a pohybovala se v rozmezí 30,29 (český vzorek číslo 34) až 51,04 (ukrajinský vzorek číslo 32).



Poznámka: CZ – Česká republika, AT – Rakousko, SK – Slovensko, AU – Austrálie, NZ - Nový Zéland, RO – Rumunsko, UA – Ukrajina

Obr. 36 Celková barevná difference mezi vzorky mouky a bulkami

5.5 Pevnost upečených výrobků - TIRA TEST

Pevnost všech upečených výrobků byla měřena v jeden den na přístroji TIRA TEST 27 025. Pro objektivnější stanovení pevnosti byly 2 hodiny po upečení bulky zmrazeny a 5 hodin před měřením rozmrazeny. Tím byla odstraněna jejich křupavost a mohly být proměřeny. Výsledek je průměrem devíti měření pro každý vzorek.

Z popisných statistik pro celý soubor měřených vzorků uvedených v tabulce 30 vyplývá, že se pevnost upečených výrobků pohybovala v rozmezí 2,58 – 7,43 N. Nejnižší pevnost byla naměřena u vzorku číslo 7, nejvyšší u vzorku číslo 8. Oba vzorky byly upečeny z české mouky. Průměrná pevnost byla vypočítána na 4,14 N (tab. 30).

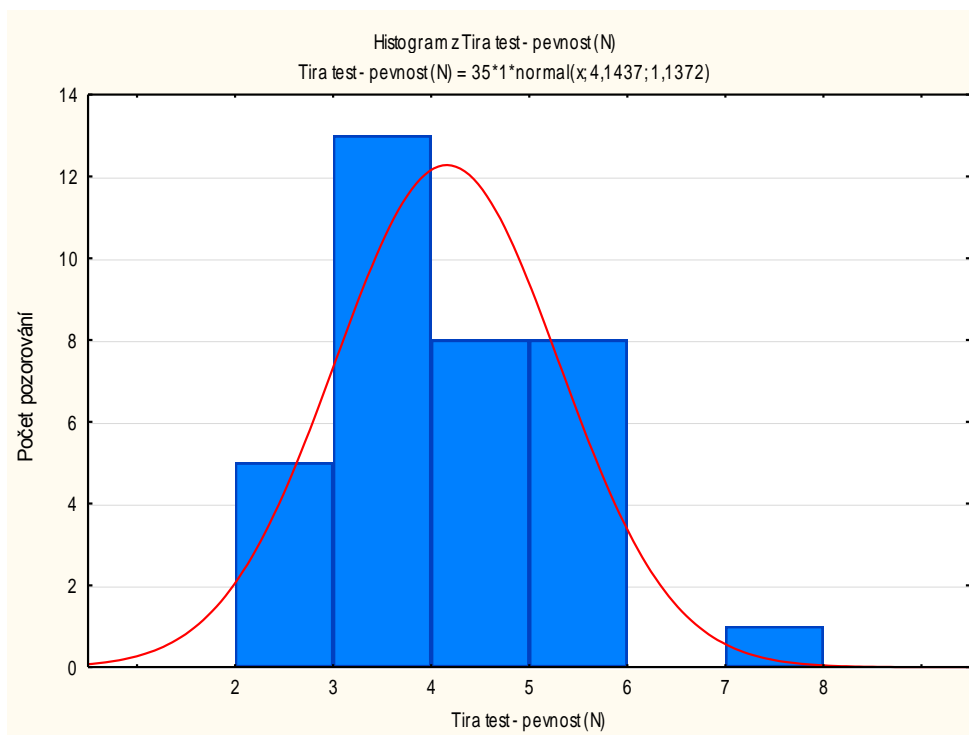
Tab. 30 Popisné statistiky pro pevnost bulek

Proměnná	Popisné statistiky				
	N	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
Pevnost (N)	35	4,143655	2,576667	7,426667	1,137179

Ze skupiny bulek upečených z českých mouk měly nejnižší a nejvyšší pevnost již zmíněné vzorky. Pro skupinu bulek upečenou ze zahraničních mouk vykazoval nejnižší pevnost vzorek číslo 30 z Ukrajiny s pevností 2,67 N. Nejpevnější byl vzorek číslo 20 z Rakouska s pevností 5,92 N, který byl zároveň i druhým nejtvrdším vzorkem celého měřeného souboru. Rozdíly měření pevnosti jednotlivých vzorků bulek a jejich základní statistické údaje jsou uvedeny v příloze 3.

Janečková et al. (2014) uvádí, že se vzrůstajícím obsahem obalových částí zrna v mouce klesá pevnost pekařských výrobků. Savitha et al. (2008) došla k závěru, že pevnost je naopak snižována přidávkem sukralózy a maldotextrinu jako náhrady cukru. Dle Bullocka et al. (1992) je obecně třeba vyšší penetrační síly u vzorků obsahujících v receptuře cukr oproti sladidlu acesulfam K.

Z histogramu uvedeného na obrázku 37 jde vidět, že zhruba polovina vzorků vykazovala pevnost v rozmezí 2 – 4 N a druhá polovina v rozmezí 4 – 8 N. Vzorek s maximální hodnotou pevnosti se v tomto parametru vymykal a ovlivnil by následné provedení T-testu, proto byl z této analýzy vyloučen. Dle provedeného T-testu (tab. 31) nebyla zamítnuta hypotéza, že se pevnost bulek upečených ze skupiny českých a zahraničních mouk neliší, neboť p-hodnota je příliš vysoká.



Obr. 37 Grafické znázornění rozložení naměřených dat

Tab. 31 Porovnání skupiny českých a zahraničních vzorků dle pevnosti

Proměnná	t-testy; grupováno: skupina										
	Průměr 1	Průměr 2	t	sv	p	Poč.plat 1	Poč.plat 2	Sm.odch. 1	Sm.odch. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
Pevnost (N)	4,11834	4,00298	0,32302	32	0,74877	13	21	1,02614	1,00325	1,04616	0,89689

5.6 Korelační analýza

K vyjádření vzájemného vztahu mezi jednotlivými parametry byla použita metoda korelační analýzy. Koeficient korelace „r“ nabývá hodnot od -1 do +1 a vyjadřuje tak směr pozitivní či negativní závislosti mezi dvěma parametry. Při $r = 0$ nebyl prokázán mezi oběma parametry žádný vztah, naopak hodnota $r = 1$ vyjadřuje pevnou závislost. Smysluplné hodnoty však mají korelační koeficienty od 0,7 (Chloupek, 1996).

Profesor Janko (1944) sestavil pro hodnocení stupně závislosti dle koeficientu korelace následující stupnici:

- $r < 0,3$ nízká závislost
- $0,3 \leq r < 0,5$ mírná závislost

$0,5 \leq r < 0,7$ význačná závislost

$0,7 \leq r < 0,9$ velká závislost

$0,9 \leq r$ vysoká závislost

5.6.1 Korelace mezi laboratorním stanovením a farinografickým hodnocením

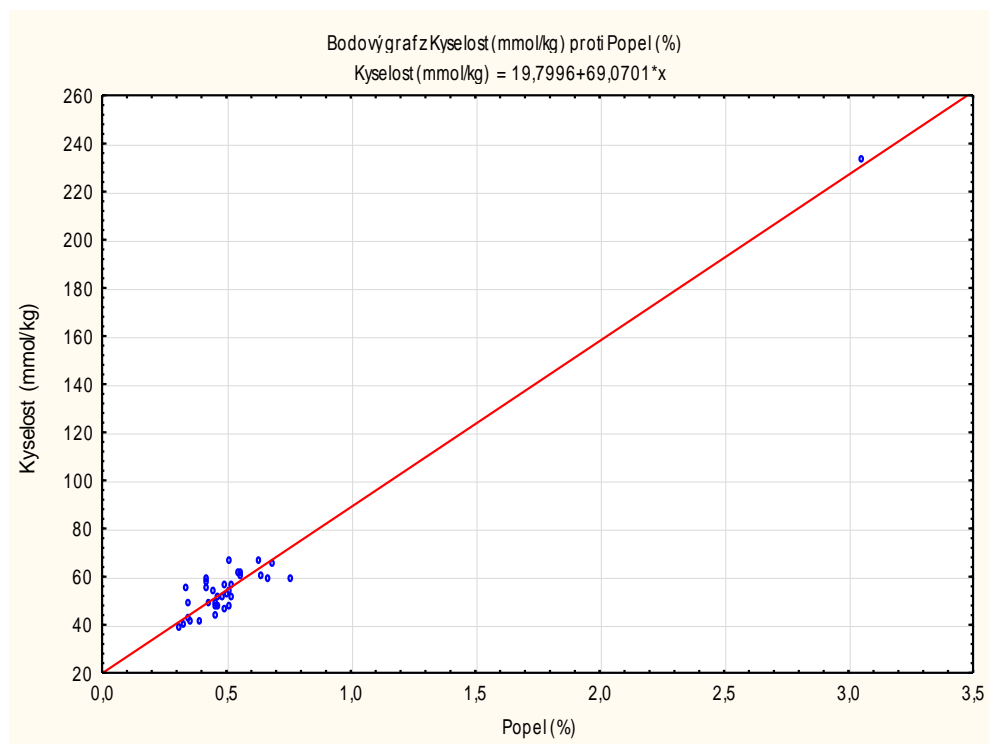
V tabulce 32 je žlutě vyznačena vysoká závislost daných parametrů, zeleně velká závislost a šedě závislost význačná. Níže jsou komentovány pouze korelační koeficienty vyšší než 0,7.

Tab. 32 Závislost parametrů laboratorního stanovení a farinografického hodnocení

Proměnná	Korelace Označené korelace jsou významné na hladině $p < 0,05000$ N=35									
	Zelenýho test (ml)	N-látky (%)	Pádové číslo (s)	Popel (%)	Obsah mokrého lepku (%)	Vaznost (%)	Vývin těsta (min)	Stabilita těsta (min)	Pokles konzistence (B.J.)	Číslo kvality (-)
Kyselost (mmol/kg)	-0,613477	0,075082	-0,040044	0,982457	-0,446817	-0,275384	0,538424	0,464134	-0,601440	-0,331922
Zelenýho test (ml)	1,000000	0,095760	0,164503	-0,656748	0,732075	0,498635	-0,164790	-0,131057	-0,395222	-0,078327
N-látky (%)		1,000000	0,023120	0,045316	0,100695	-0,011030	0,006240	0,056527	0,082736	-0,232094
Pádové číslo (s)			1,000000	-0,090280	0,250520	0,356794	0,213869	0,313049	-0,164553	-0,371390
Popel (%)				1,000000	-0,524356	-0,335107	0,509751	0,418252	0,630084	-0,264741
Obsah mokrého lepku (%)					1,000000	0,674018	-0,045232	0,094771	-0,439336	-0,252655
Vaznost (%)						1,000000	-0,001150	-0,002195	-0,351192	0,002144
Vývin těsta (min)							1,000000	0,554470	0,749258	-0,571926
Stabilita těsta (min)								1,000000	0,305741	-0,831413
Pokles konzistence (B.J.)									1,000000	-0,340832
Číslo kvality (-)										1,000000

Ze statistického zpracování dat pomocí korelační analýzy vyplývá vysoká pozitivní závislost mezi obsahem popela a kyselostí ($r = 0,9824^{**}$). Hampl (1970) udává, že největší kyselost je v zrně koncentrována v obalových částech. Vysokovymleté mouky tak vykazují i vyšší kyselost. Průkaznost závislosti kyselosti mouky na stupni vymletí je znázorněna grafem na obrázku číslo 38.

Velkou pozitivní závislost vykazoval vztah mezi obsahem mokrého lepku a Zelenýho testem ($r = 0,7320^{**}$). Ke stejnému závěru došel ve své studii i Šíp et al. (2000). Rozhodující je však poměr gliadinových a gluteninových frakcí, které se podílejí na viskoelastických vlastnostech těsta (Příhoda, Hrušková, 2007). Velká pozitivní závislost byla prokázána i mezi poklesem konzistence a vývinem těsta ($r = 0,7492^{**}$). Mezi číslem kvality a stabilitou těsta byla naopak prokázána velká negativní závislost ($r = -0,8314^{**}$). Podle Příhody a Hruškové (2007) číslo kvality velmi dobře koreluje se stabilitou těsta a poklesem konzistence.



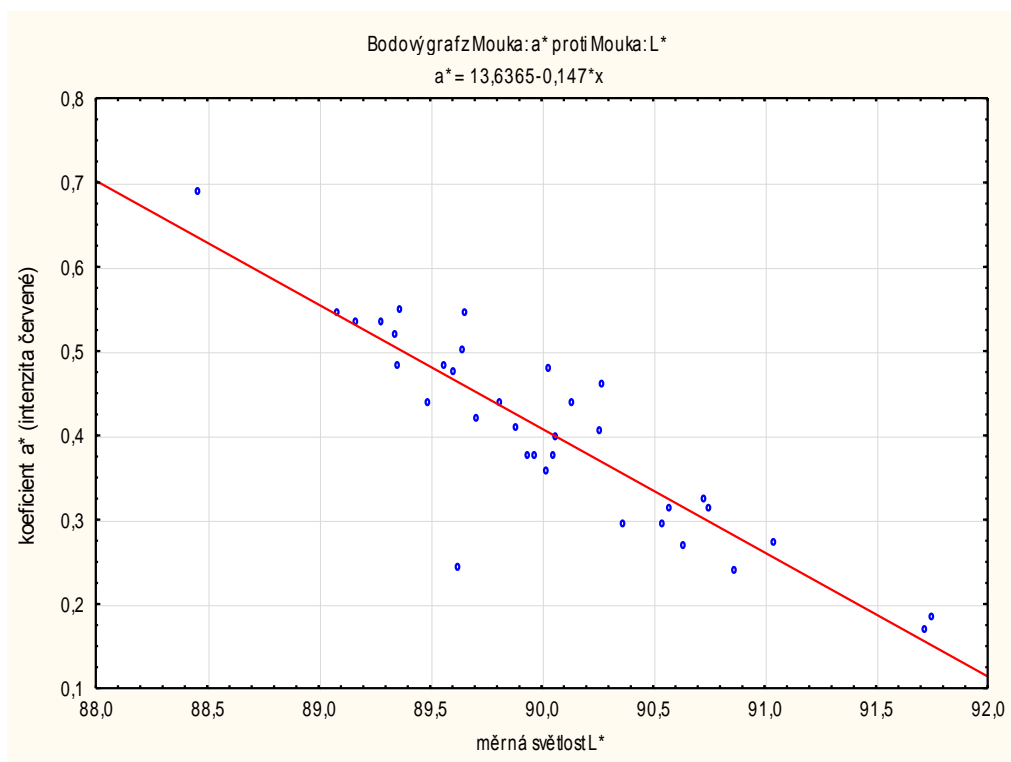
Obr. 38 Průkaznost závislosti kyselosti na obsahu popela v mouce

5.6.2 Korelační analýza hodnocení barvy

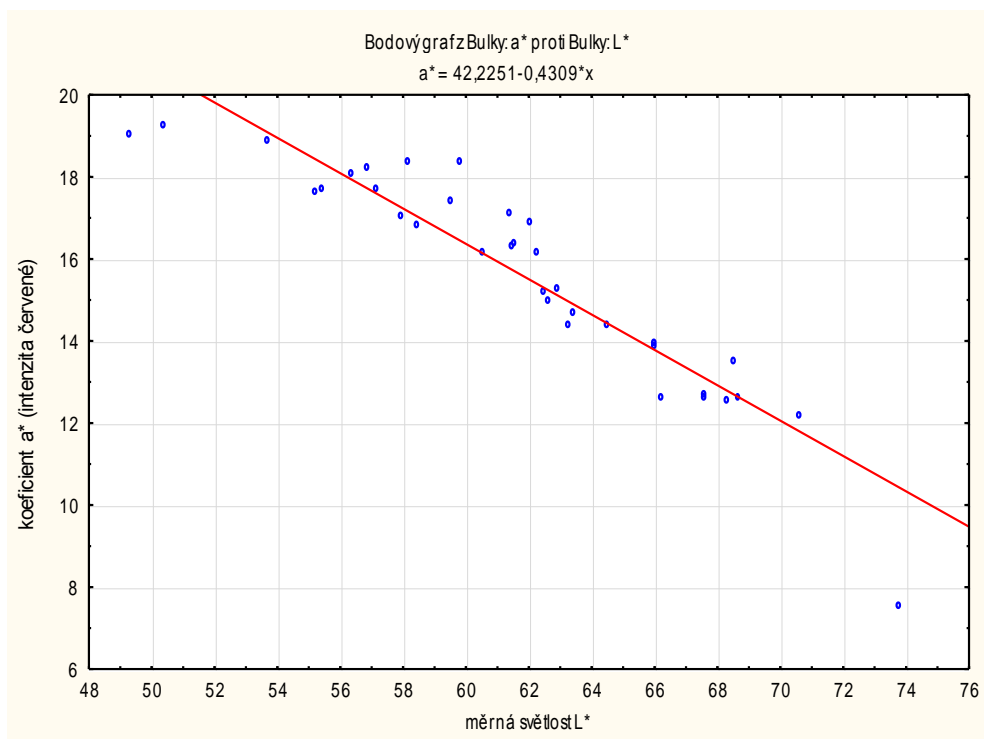
Tab. 33 Průkaznost závislosti parametrů barvy vzorků mouk a bulků

Proměnná	Korelace							
	Průměry	Sm.odch.	Mouka: L*	Mouka: a*	Mouka: b*	Bulky: L*	Bulky: a*	Bulky: b*
Mouka: L*	90,02086	0,708910	1,000000	-0,885388	-0,569355	0,082925	0,070526	0,268670
Mouka: a*	0,40500	0,117686		1,000000	0,503741	-0,224759	0,153766	-0,110048
Mouka: b*	10,04386	0,657747			1,000000	0,066850	-0,086979	0,130829
Bulky: L*	61,70057	5,560974				1,000000	-0,932895	0,047100
Bulky: a*	15,63657	2,568755					1,000000	0,244430
Bulky: b*	37,29771	2,152841						1,000000

Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, byla prokázána negativní závislost mezi intenzitou červené barvy (koeficient a*) a hodnotou měrné světlosti (L*). Se vzrůstající hodnotou koeficientu a* tedy významně klesá hodnota L*. Z tabulky 33 vyplývá, že vysokou negativní závislost vykazoval vztah mezi danými parametry u vzorků bulků ($r = -0,9328^{**}$) a velkou negativní závislost u vzorků mouk ($r = -0,8853^{**}$). Grafické znázornění dané závislosti je uvedeno na obrázcích 39 a 40. Význačnou pozitivní i negativní závislost udává vztah intenzity žluté barvy (koeficient b*) s měrnou světlostí a intenzitou červené barvy v případě vzorků mouk.



Obr. 39 Průkaznost závislosti koeficientu a* na měrné světlosti u vzorků mouk



Obr. 40 Průkaznost závislosti koeficientu a* na měrné světlosti u vzorků bulek

6 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala kvalitou pšeničné mouky českých a zahraničních výrobců. Bylo zakoupeno 35 vzorků pšeničné hladké mouky od různých výrobců z České republiky, Rakouska, Slovenska, Rumunska, Ukrajiny, Austrálie a Nového Zélandu. U všech vzorků mouky byly provedeny základní technologické rozborů (stanovení zrnitosti mouky, obsahu popela, kyselosti, Zelenyho sedimentačního testu, obsahu dusíkatých látek, pádového čísla a obsahu mokrého lepku) a na farinografu určeny jejich farinografické vlastnosti. Byl proveden pekařský pokus s vyhodnocením parametrů kvality těsta i pečiva a následně senzorická analýza upečených výrobků. Pevnost upečených výrobků byla stanovena na přístroji TIRA test, barva mouky a upečených výrobků na spektrofotometru Konica Minolta.

Z celkového počtu 35 vzorků pšeničné mouky vyhovovalo požadavkům vyhlášky z hlediska zrnitosti jen 48,57 % pro obchodní mouky. Nejvyšší obsah popela byl stanoven u vzorku z Austrálie, který několikrát překročil limitní obsah popela v mouce určený vyhláškou. Stejněho výsledku bylo dosaženo i u parametru kyselosti, která koresponduje s obsahem popela. Pomocí korelační analýzy byla zjištěna vysoká pozitivní závislost ($\alpha = 0,05$) mezi obsahem popela a kyselostí. Australský vzorek měl i nejnižší hodnoty Zelenyho sedimentačního testu, naopak nejvyšší hodnoty měl vzorek z Nového Zélandu. Minimálnímu obsahu dusíkatých látek a hodnotě pádového čísla nevyhovoval normě ČSN pouze jeden vzorek, a to vzorek číslo 32 z Ukrajiny. Naměřené hodnoty obsahu mokrého lepku se pohybovaly v širokém rozmezí. Podlimitních hodnot dosáhly celkem 4 vzorky, a to v důsledku zatopení komory přístroje při jejich opakované analýze. Z provedených T-testů ($\alpha = 0,05$) pro skupinu českých a zahraničních mouk vyplývá, že se dané skupiny mouk významně lišily jen v parametru Zelenyho testu.

Z hlediska farinografických ukazatelů byla nejvyšší vaznost vody zjištěna u novozélandského vzorku, poté u vzorků českých. Australský vzorek se choval poněkud odlišně u ukazatelů vývinu těsta, stability těsta a poklesu konzistence, kde dosahoval zdaleka nejvyšších hodnot. Číslo kvality, které je odvislé od stability a poklesu konzistence těsta, dosáhlo u tohoto vzorku nulové hodnoty. Naopak nejvyšší hodnoty čísla kvality byly stanoveny u českých bio vzorků. Právě mezi poklesem konzistence a vývinem těsta byla prokázána velká pozitivní závislost ($\alpha = 0,05$). Mezi

číslem kvality a stabilitou těsta byla naopak prokázána velká negativní závislost. Statistické vyhodnocení naměřených dat pomocí T-testů pro jednotlivé skupiny vzorků těst potvrdilo, že se dané skupiny liší v parametru poklesu konzistence.

V pekařském pokusu byla hodnocena kvalita jednotlivých vzorků těst i pečiva. Velmi vysoká lepivost těsta byla shledána u rakouského vzorku číslo 18 a ukrajinského vzorku číslo 32, který zároveň vykazoval i výbornou pružnost. I přes to, že nejvyšší výtěžnost těsta vykazoval vzorek číslo 15 z Rakouska, průměrná vyšší výtěžnost těst byla stanovena u skupiny českých vzorků. Nejnižší výtěžnost těsta vykazoval australský vzorek. Nejnižší ztráty pečením se projevily u vzorku číslo 26 ze Slovenska, který poté udával i nejvyšší výtěžnost pečiva. Z hlediska objemové výtěžnosti pečiva byl výrazně nejlepší rumunský vzorek. Z vypočtených poměrových čísel pečiva bylo zjištěno, že všechny vzorky mouky jsou vhodné pro pekařské účely. Do celkového hodnocení pekařského pokusu bylo zařazeno hodnocení vlastností těsta, měrného objemu pečiva a sensorické zhodnocení celkového vzhledu a tvaru pečiva, kůrky, střídy a chuti. Do kategorie dobrých vzorků bylo zařazeno celkem 68,6 % (24 vzorků) a do kategorie uspokojivých 31,4 % (11 vzorků). Žádný z hodnocených vzorků nevyšel jako neuspokojivý. Jako sensoricky nejlepší byl vyhodnocen vzorek číslo 1 z České republiky a jako nejhorší vzorek z Austrálie.

Při hodnocení barvy mouky a pečiva byla prokázána negativní závislost mezi intenzitou červené barvy a měrnou světlostí. Velkou negativní závislost vykazoval vztah mezi danými parametry u vzorků mouk, vysokou u vzorků pečiva. Nejvyšší intenzitu červené barvy měl vzorek mouky číslo 15 z Rakouska, který byl vyhodnocen i jako nejtmaší vzorek. S nejnižší intenzitou červené barvy byly vyhodnoceny nejsvětlejší vzorky mouky - rakouský vzorek číslo 20 a český vzorek číslo 3, který byl zároveň i moukou s nejnižší intenzitou žluté barvy. Nejvyšší intenzitu žluté barvy měl vzorek slovenské mouky číslo 23.

Dále bylo zjištěno, že barva mouky nemá vliv na barvu pečiva, neboť pečivo nevykazovalo stejnou světlost jako mouky. S nejvyšší intenzitou červené barvy byly vyhodnoceny tmavé vzorky pečiva číslo 32 z Ukrajiny a 22 z Rakouska. Nejnižší intenzitu červené barvy měl nejsvětlejší vzorek číslo 34 z České republiky. Nejvyšší intenzita žluté barvy byla vyhodnocena u australského vzorku pečiva, naopak nejnižší u rakouského vzorku číslo 14.

Z výsledků TIRA testu vyplývá, že nejnižší pevnost byla naměřena u vzorku číslo 7, nejvyšší u vzorku číslo 8. Oba vzorky byly upečeny z české mouky.

Závěrem lze konstatovat, že kvalita českých mouk se významně ($\alpha = 0,05$) nelišila od skupiny mouk zahraniční výroby. Odlišné bylo stanovení Zelenyho sedimentačního testu a poklesu konzistence těsta, kde lepších hodnot dosahovaly české mouky.

7 LITERATURA

ASHOKKUMAR Y., 2012: *Textbook of Bakery and Confectionery*. Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd., 244 s. ISBN: 8120346033.

BELDEROK B., MESDAG J. a DONNER D. A. (eds.), 2000: *Bread-making quality of wheat: A Century of Breeding in Europe*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 416 s., ISBN: 0-7923-6383-3.

BLÁHA L., KADLEC F. a PLHOŇ Z., 1998: *Cukrářská výroba III*. 2. vyd., Praha: Informatorium, 197 s. ISBN 80-86073-21-1.

BLÁHA L., ŠREK F., 1999: *Suroviny pro učební obor Cukrář*. Praha: Informatorium, 224 s. ISBN: 978-80-7333-000-2.

BOND J. K., LIEFERT, O., 2016: *Wheat Outlook*. In: USDA [online]. [vid. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.ers.usda.gov/publications/whs-wheat-outlook/whs-16a.aspx>

BULLOCK L. M., HANDU A. P., SAGALL S., WASSERMAN P. A., 1992: *Replacement of simple sugars in cookie dough*. *Food Technology*, 46 (1), s. 82-86.

BUREŠOVÁ I., LORENCOVÁ E., 2013: *Výroba potravin rostlinného původu – Zpracování obilovin*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 297 s. ISBN: 978-80-7454-278-7.

BUSHUK W., 1989: *Wheat proteins: Aspects structure that determine breadmaking quality*. Protein quality and the effects of processing, New York and Basel: Marcel Dekker, INC., s. 345-369.

BUSHUK W., BEKES F., 2002: *Contribution of protein to flour quality*. In: Proceedings of the ICC Conference „Novel Row Materials, Technologies and Products – new Challenge for the Quality Control“, Budapešť, 14-19 s.

CAPOUCHOVÁ I., 2003: *Vliv odrůdy a agroekologických faktorů na škrobářenskou a pečivářenskou jakost ozimé pšenice*. Praha. Habilitační práce, ČZU Praha, 198 s.

CAPOUCHOVÁ I., PETR J. a MAREŠOVÁ D., 2003: *Evaluation of size distribution of starch granules in selected wheat varieties by the Low Angle Laser Light Scattering Method*. In: Agris Fao [online]. [vid. 2016_2_03]. Dostupné z: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ2003000433>

CARVER F. B. (ed.), 2009: *Wheat: Science and Trade*. Wiley-Blackwell, 616 s. ISBN: 978-0-8138-2024-8.

CORNELL H. J., 2012: The chemistry and biochemistry of wheat, s. 35-76. In: CAUVAIN P. S. (ed.): *Breadmaking: Improving quality*. 2. vyd., Elsevier, 832 s.

ČERNÝ J., ŠAŠEK A., 1996: *Bílkovinné signální geny pšenice obecné*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 62 s. ISBN: 80-85120-55-0.

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

ČSN 56 0512-5 Stanovení zrnitosti.

ČSN ISO 2171 Stanovení obsahu popela.

ČSN ISO 712 (461014) Stanovení obsahu vody.

ČSN 56 0512-9 Stanovení kyselosti.

ČSN ISO 5529 Stanovení sedimentačního indexu – Zeleného test.

ČSN ISO 3093 Stanovení čísla poklesu

ČSN 56 0512-10 Stanovení obsahu mokrého lepku

ČSN ISO 5530-1 Stanovení vaznosti vody a reologických vlastností

DIVIŠ J., JŮZA J., MOUDRÝ, J., VONDRYS J., BÁRTA J. a ŠTĚRBA Z., 2010: *Pěstování rostlin*. 2. vyd., České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 260 s. ISBN: 978-80-7394-216-8.

DUBAT A., 2011: *The importance and impact of starch damage and evolution of measuring methods*. In: indentech [online] [vid. 2015-11-07]. Dostupné z: <http://www.inventech.nl/producten/pdf-files/StarchDamage.pdf>

DVOŘÁČEK V. (ed.), 2012: *Využití metody retenční kapacity mouky pro predikci technologické kvality pšenice v České republice*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ISBN: 978-80-7427-097-0.

EDWARDS W. P. (ed.), 2007: *The Science of Bakery Products*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 259 s., ISBN: 978-0-85404-486-3

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2015: *Crop Prospects and Food Situation*. In: FAO [online] [vid. 2016-02-10]. Dostupné z: <http://www.fao.org/giews/english/cpfs/I5197e/I5197E.html>

FILIP P., 2013: *Mlynářská ročenka 2013*. Svaz průmyslových mlýnů České republiky, Praha, 192 s. ISSN: 1214-6374.

FÖRSTER CH., WILMERSDORF G., LUTZ C. a MÜLLER E., 2004: *Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe für eine umweltgerechte Getreideproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen*. [online]. [vid. 2015-11-12]. Dostupné z: <http://www.agranet.de/6222.php>

GABROVSKÁ D. (eds.), 2016: *Obiloviny v lidské výživě – Stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku*. Forsapi, 54 s. ISBN: 978-80-87250-28-0.

GRAVELAND A., HENDERSON M. H., PAQUES M. a ZANDBELT, P. A., 1996: *Composition and functional properties of gluten proteins*. 218-223 s.

HAMPL J., 1970: *Cereální chemie a technologie*. Praha: Nakladatelství technické literatury SNTL, 400 s.

HOŘČIČKA P. (ed.), 2014: *Rukověť pěstitele jarní pšenice*. České Budějovice: Kurent s.r.o., 24 s. ISBN: 978-80-87111-45-1.

HOSNEDL V. (ed), 2008: *Pšenice - od genomu po rohlík. Aktuální poznatky doktorandů získané ve výzkumných laboratořích a pokusných pozemcích*. České Budějovice: Kurent s.r.o., 184 s. ISBN: 978-80-87111-12-3.

HRUŠKOVÁ M., VÁŇOVÁ M., ŠVEC I., JIRSA O., KLEM K. a PALÍK S., 2006: *Vliv intenzity a ročníku pěstování na technologické parametry vybraných odrůd potravinářské pšenice*. *Obilnářské listy*, 14 (3), 56-59 s.

HUBÍK K. 1995: *Vliv hnojení a ročníku na jakost potravinářské pšenice*. *Rostlinná výroba*, 41(11): 521-527 s.

HUNG V. P., 2008: Characteristics of Starch and Starch-Based Food Products – Role of Amylose and Amylopectin, s. 141-166. In: PAPADOPOULOS N. K. (ed.): *Food Chemistry Research Developments*, New York: Nova Science Publishers, Inc., 297 s.

CHLOUPEK O., 1996: *Zemědělský výzkum*. Praha: Academia, 187 s. ISBN 80-200-0576-5.

IGC – INTERNATIONAL GRAINS COUNCIL, 2016 a: *Five-year global supply and demand projections*. In: IGC [online]. [vid. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.igc.int/en/markets/marketinfo-forecasts.aspx>

IGC – INTERNATIONAL GRAINS COUNCIL, 2016 b: *Grain Market Report*. In: IGC [online] [vid. 2016-02-3]. Dostupné z: <http://www.igc.int/en/downloads/gmrsummary/gmrsumme.pdf>

INGR I., DUDÁŠ F., GAJDŮŠEK S., PELIKÁN M., 2003: *Zpracování zemědělských produktů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 249 s. ISBN: 80-7157-520-8.

INGR I., POKORNÝ J., VALENTOVÁ H., 2007: *Senzorická analýza potravin*. 2. vyd., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 201 s. ISBN: 978-80-7375-032-9.

JANEČKOVÁ M., HRIVNA L., JŮZL M., NEDOMOVÁ Š., VYHNÁNEK T., TROJAN V., MRKVIČOVÁ E., 2014: Possibilities of using purple wheat in producing bakery products. In: mnet mendelu [online]. [vid. 2016-04-19]. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2014/articles/53_janeckova_972.pdf

JANKO J., 1944: *Jak vytváří statistika obrazy světa a života. II. díl* [online] Praha: Jednota českých matematiků a fyziků. [vid. 10.4.2016]. Dostupné z: http://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/403077/CestaKVedeni_012-1944-1_5.pdf

JAROŠOVÁ A., 2001: *Senzorické hodnocení potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 250 s. ISBN: 80-7157-539-9.

KOPÁČOVÁ O., 2007: *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 56 s. ISBN 978-80-7271-184-0.

KOVAŘÍKOVÁ D., NETOLICKÁ V., 2011: *Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava*. [online]. [vid. 2016-02-12]. Dostupné z: www.spspas.cz/esf-technologicka-priprava

KREJČÍŘOVÁ L., CAPOUCHOVÁ I. a PETR J., 2007: *Skladba bílkovin a kvalita ozimé pšenice z ekologického a konvenčního způsobu pěstování*. Ekologické zemědělství, 76-78 s.

KŘEN J. (ed.), 1998: *Metodika pěstování ozimých obilnin*. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o., 143 s. ISBN: 80-902545-2-7.

KUČEROVÁ J., 2004: *Technologie cereálií*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 141 s. ISBN: 80-7157-811-8.

LAFOND G. P., 1994: *Effect of row spacing, seeding rate and nitrogen on Šeld of barley and wheat under zero – till management*. Can. J. Plant Sci, č. 74 (4), 703-711s.

MARTINEK V., FILIP P., 2012: *Mlynářská technologie svazek 2 - Skladování a příprava surovin*. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, 208 s. ISBN: 978-80-239-9475-9.

MINĚJEV V. G., PAVLOV A., N., 1981: *Agrochimičeskije osnovy povyšeniya kačestva zerna pšenicy*. Moskva: Kolos.

MUCHOVÁ Z., 2001: *Faktory ovlivňující technologickou kvalitu pšenice a jej potravinářské využitie*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 112 s. ISBN: 80-7137-923-9.

NAKAMURA M., KURATA T., 1997: *Effect of L-Ascorbic Acid on the Rheological Properties of Wheat Flour-Water Dough*. In: Cereal Chemistry [online] [vid. 2015-12-15]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.1997.74.5.647>

NPCS BOARD OF CONSULTANTS & ENGINEERS, 2011: *Handbook on fermented Foods and Chemicals*. In: niir.org [online] [vid. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.niir.org/books/book/handbook-on-fermented-foods-chemicals-npcs-board-consultants-engineers/isbn-9788178331379/zb,,178,a,0,0,a/index.html>

PALÍK S., BUREŠOVÁ I., EDLER S., SEDLÁČKOVÁ I., TICHÝ F., VÁŇOVÁ M., 2009: *Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice*. Kroměříž: Agrotest fyto, s.r.o., 68 s. ISBN: 978-80-86888-07-1.

PELIKÁN M., 1993: *Zpracování zemědělských produktů*. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 320 s. ISBN: 80-7157-099-0.

PELIKÁN M., 1999: *Zpracování obilovin a olejnin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 152 s. ISBN: 80-7157-195-4.

PELIKÁN M., 2001: *Zpracování obilovin a olejnin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 152 s.

PELIKÁN M., SÁKOVÁ L., 2001: *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 235 s. ISBN: 80-7040-502-3.

PETR J., 2001: *Pěstování pšenice podle užitkových směrů*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 40 s. ISBN: 80-7271-090-7.

PN 252/95 Stanovení obsahu dusíkatých látek.

POLIŠENSKÁ I., JIRSA O., SALAVA J., MATUŠINSKY P., PROKEŠ J., 2010: *Fuzáriové mykotoxiny a patogeny Fusarium v obilovinách sklizně 2009*. Obilnářské listy, 18 (1), 12-16 s.

PREISS J., 2004: Plant Starch Synthesis, s. 3-56. In: ELIASSON A. CH. (ed.): *Starch in Food: Structure, Function and Applications*, New York: CRC Press, 587 s.

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

PRUGAR J., 1980: *Otázky vlivu hnojení na jakost' pšeničného zrna vo svetovej literature. III. část*, *Agrochémia*, 20 (1): 105-107 s.

PRUGAR J., 1999: *Kvalita rostlinných produktů ekologického zemědělství*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 79 s.

PRUGAR J., HRAŠKA Š. 1986: *Kvalita pšenice*. Bratislava: Příroda, 220 s.

PŘÍHODA J., HRUŠKOVÁ M., 2007: *Mlýnářská technologie svazek 1: Hodnocení kvality – Aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi*. Praha: Svaz průmyslových mlýnů ČR, 187 s. ISBN: 978-80-239-9475-9.

PŘÍHODA J., SKŘIVAN P. a HRUŠKOVÁ M., 2004: *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1.vyd., Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ISBN: 80-7080-530-7.

SATORRE E. H., SLAFER G. H., (eds.), 1999: *Wheat – Ecology and Physiology of Yield Determination*. New York: Food Product Press, 503 s. ISBN: 1-56022-874-1.

SAULNIER L., PENEAU N., THIBAUT J. F., 1995: *Variability in grain extract viscosity and water-soluble arabinoxylan content in wheat*. *Journal of Cereal Science*, 22, 259-264 s.

SAVITHA Y. S., INDRANI D., PRAKASH J., 2008: *Effect of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristic of wheat flour dough and quality of soft dough biscuits*. In: onlinelibrary [online]. [vid. 2016_03_10]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4603.2008.00160.x/epdf>

SCHAFFARCZYK M., OSTDAL H., MATHEIS O. a KOEHLER P., 2016: *Relationships between lipase-treated wheat lipid classes and their functional effects in wheat breadmaking*. In: Science Direct [online]. [vid. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521016300078>

ŠÍP V., ŠKORPÍK M., CHRPOVÁ J., ŠOTTNÍKOVÁ V. a BÁRTOVÁ Š., 2000: Effect of cultivar and cultural practices on grain yield and bread-making quality of winter wheat. *Rostlinná výroba*, 2000, 46 (4): 159-167. ISSN 0370-663X.

ŠRAMKOVÁ Z., GREGOVÁ E., ŠTURDÍK E., 2009: *Chemical composition and nutritional quality of wheat grain*. In: *Acta Chimica Slovaca* [online]. [vid. 2015_11_29]. Dostupné z: http://www.acs.chtf.stuba.sk/papers/acs_0041.pdf

ŠVEC I., HRUŠKOVÁ M., KRPÁLKOVÁ M., KOSTELANSKÁ M., 2011: Objektivní hodnocení střídání pečiva analýzou obrazu. In: *Chemické listy* [online]. [vid. 2016_4_9]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011_06_482-487.pdf

TAUFEROVÁ A., OŠŤÁDALOVÁ M., JAVŮRKOVÁ Z., PETRÁŠOVÁ M., ČÁSLAVKOVÁ P., 2014: *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II*. Brno: Ústav hygieny a technologie vegetabilních potravin, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 168 s. ISBN: 978-80-7305-693-3.

TOMASIK P., BERTOFT E., BLENNOW A., (eds.), 2008: *Starch – Recent Progress in Biopolymer and Enzyme Technology*. Krakow: Polske towarzystwo technologów zywnosci odzial malopolski, 307 s. ISBN: 978-83-902699-7-X.

ÚKZÚZ, 2011: *Seznam doporučených odrůd*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně, Národní odrůdový úřad, 16-19 s.

UTHAYAKUMARAN S., 2010: Wheat: characteristics and quality requirements, s. 59-111. In: WRIGLEY C. W., BATEY I. L. (eds.): *Cereal Grains: Assessing and Managing Quality*. New York: CRC Press, 552 s.

VELÍŠEK J., CEJPEK K., 2008: *Biosynthesis of Food Components*. Tábor: OSSIS, 512 s. ISBN: 978-80-86659-12-1.

VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., 2009: *Chemie potravin I*. 3. vyd., Tábor: OSSIS, 602 s. ISBN: 978-80-86659-15-2.

VIK M., 1995: *Základy měření barevnosti*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 109 s. ISBN: 80-7083-162-6.

VYHLÁŠKA č. 182/2012 Sb., pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, ve znění pozdějších předpisů. In: eAgri [online]. Ministerstvo zemědělství [vid. 2015-12-10]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled/Legislativa-MZe_puvodni-zneni_vyhlaska-2012-182-novela-333-1997.html

ZHANG Q., ZHANG Y., ZHANG Y. He. Z., PEŇA R. J., 2007: *Effects of solvent retention capacities, 506 pentosan content, and dough rheological properties on sugar snap cookie quality in Chinese soft 507 wheat genotypes*. Crop Science, 47, 656-664 s.

ZMEŠKAL O., ČEPPAN M., DZIK P., 2002: Barevné prostory a správa barev. In: www.fch.vut.cz [online]. Vysoké učení technické v Brně [vid. 2016_4_1]. Dostupné z: http://www.fch.vut.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Znázornění pěstování pšenice v různých klimatických zónách.....	10
Obr. 2 Vznik lepkové sítě	17
Obr. 3 Snímek pšeničného škrobu pod elektronovým mikroskopem.....	18
Obr. 4 Spektrofotometr Konica Minolta CM 3500d.....	35
Obr. 5 Stanovení Zelenyho sedimentačního testu	36
Obr. 6 Přístroj Inframatic 8100.....	37
Obr. 7 Viskolázeň NX4-001	38
Obr. 8 Farinografická křivka	38
Obr. 9 Průběh a podmínky pekařského pokusu	39
Obr. 10 Provedení pekařského pokusu	40
Obr. 11 Stanovení pevnosti bulek.....	41
Obr. 12 Obsah popela v jednotlivých vzorcích mouky	43
Obr. 13 Kyselost jednotlivých vzorků mouky	45
Obr. 14 Hodnoty Zelenyho sedimentačního testu u jednotlivých vzorků mouky	46
Obr. 15 Krabicový graf Zelenyho sedimentačního testu českých a zahraničních mouk	47
Obr. 16 Obsah dusíkatých látek v jednotlivých vzorcích mouky.....	48
Obr. 17 Hodnoty pádového čísla jednotlivých vzorků mouky	49
Obr. 18 Obsah mokrého lepku v jednotlivých vzorcích mouky	51
Obr. 19 Vaznost vody jednotlivých vzorků mouky	53
Obr. 20 Vývin a stabilita těsta z jednotlivých vzorků mouky	53
Obr. 21 Pokles konzistence těst z jednotlivých vzorků mouky	54
Obr. 22 Číslo kvality těst z jednotlivých vzorků mouky	54
Obr. 23 Krabicový graf poklesu konzistence těst z českých a zahraničních mouk	55
Obr. 24 Výtěžnost těst z jednotlivých vzorků mouky	57
Obr. 25 Výtěžnost pečiva z jednotlivých vzorků mouky.....	58
Obr. 26 Ztráty pečením klonků z jednotlivých vzorků mouky.....	59
Obr. 27 Objemová výtěžnost pečiva z jednotlivých vzorků mouky.....	59
Obr. 28 Senzorické hodnocení celkového vzhledu a tvaru pečiva	61
Obr. 29 Senzorické hodnocení kůrky pečiva	62
Obr. 30 Senzorické hodnocení střidy pečiva	63
Obr. 31 Senzorické hodnocení chuti pečiva	64

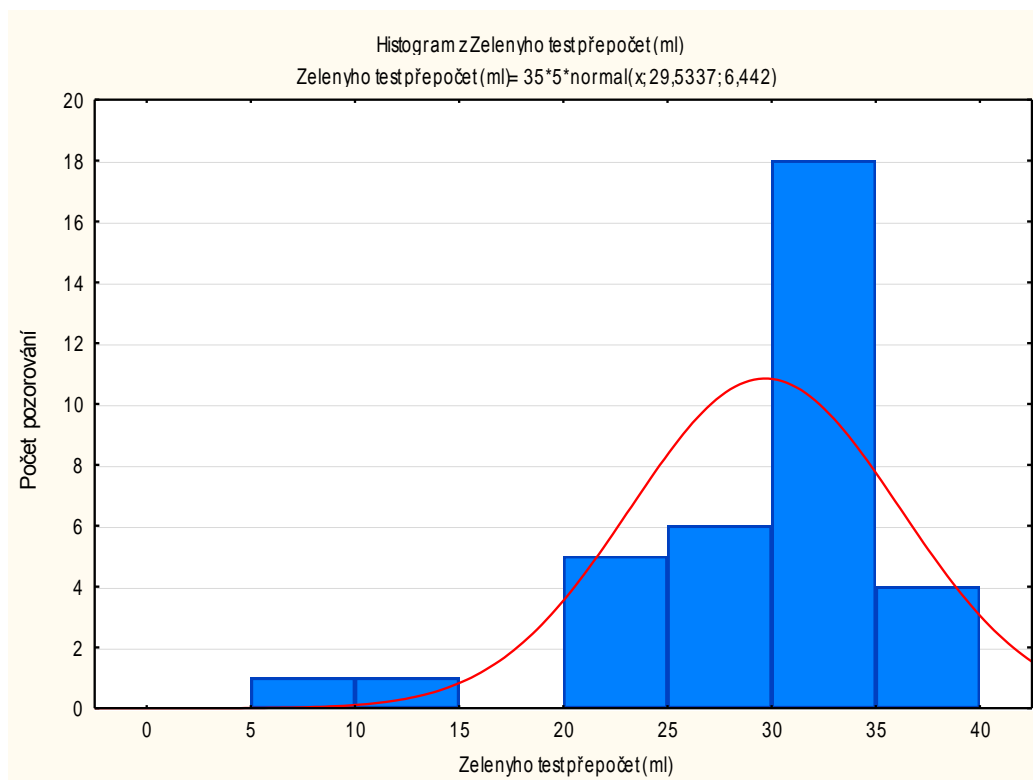
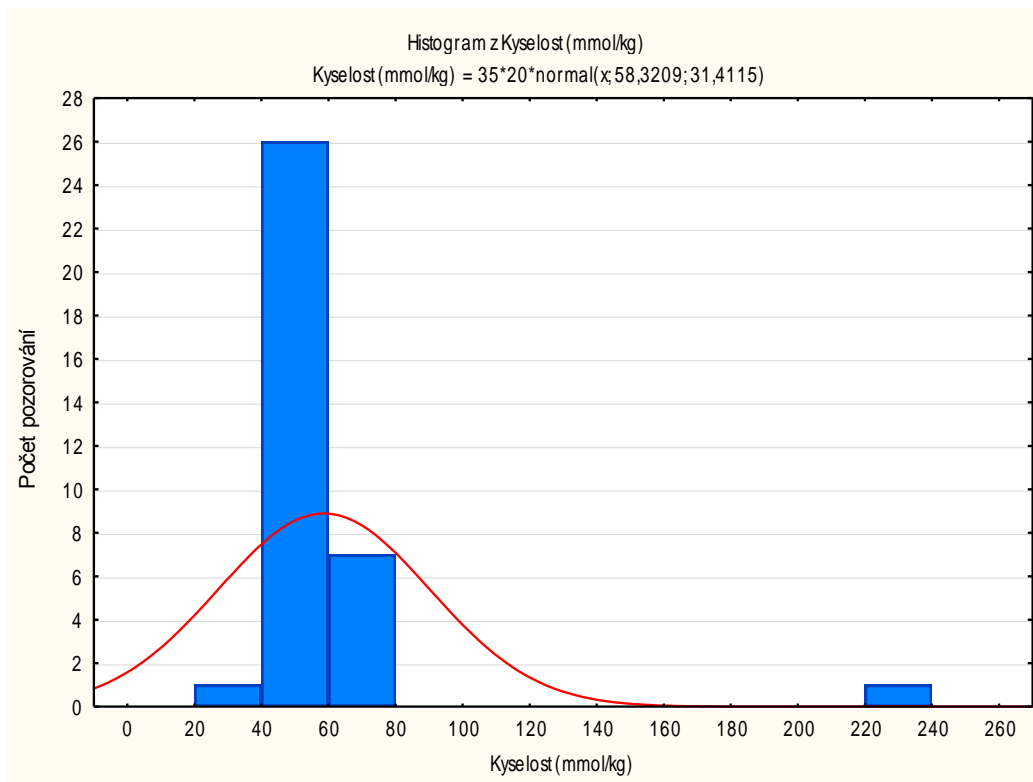
Obr. 32 Celkové vyhodnocení pekařského pokusu	65
Obr. 33 Prostorový model CIE L*a*b*	66
Obr. 34 Měrná světlost vzorků mouky	66
Obr. 35 Měrná světlost vzorků bulek.....	67
Obr. 36 Celková barevná diference mezi vzorky mouky a bulkami	69
Obr. 37 Grafické znázornění rozložení naměřených dat	71
Obr. 38 Průkaznost závislosti kyselosti na obsahu popela v mouce.....	73
Obr. 39 Průkaznost závislosti koeficientu a* na měrné světlosti u vzorků mouk	74
Obr. 40 Průkaznost závislosti koeficientu a* na měrné světlosti u vzorků bulek	74

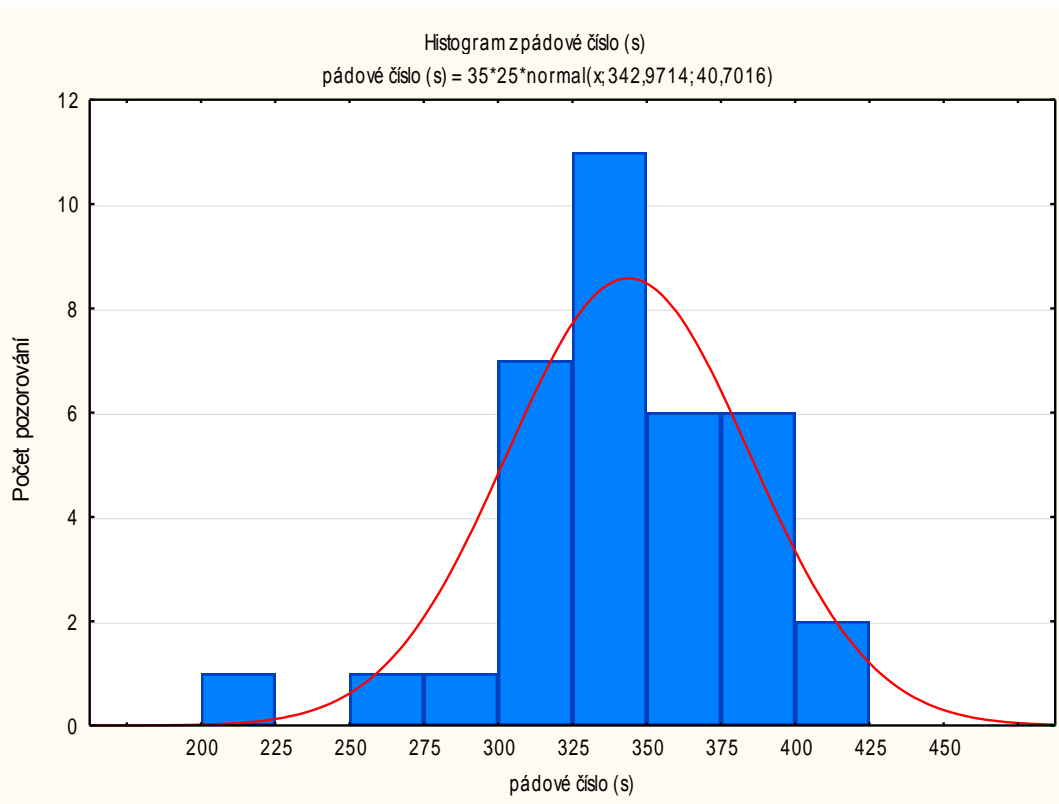
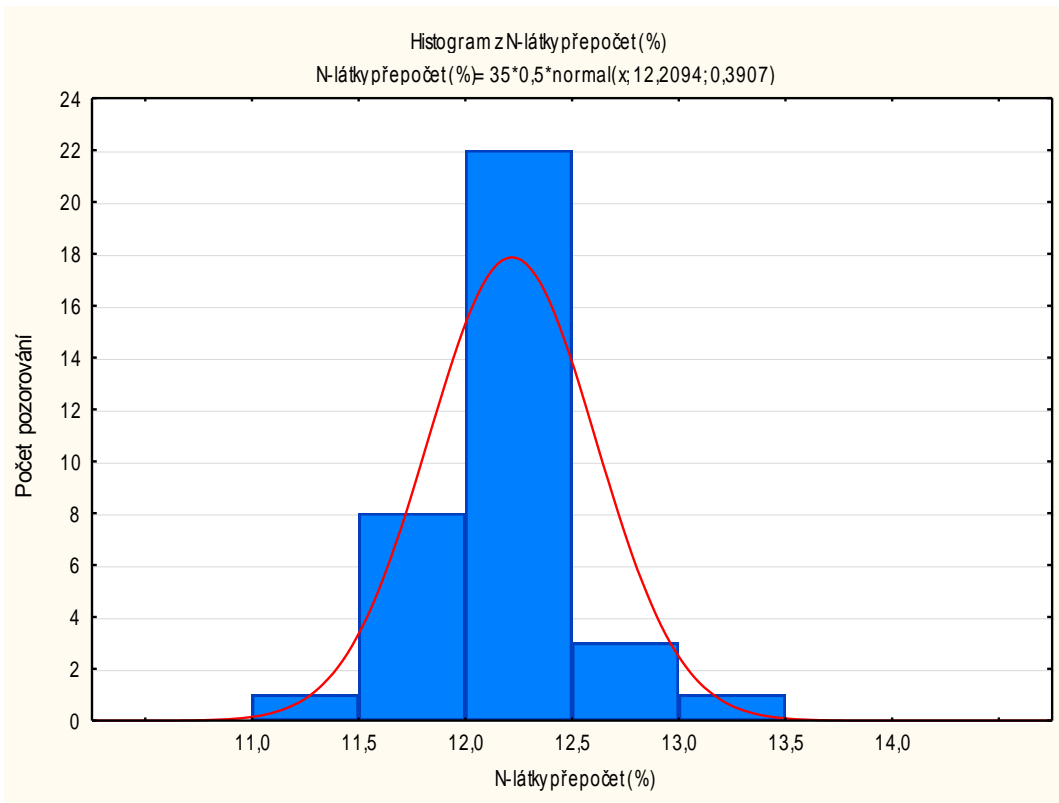
9 SEZNAM TABULEK

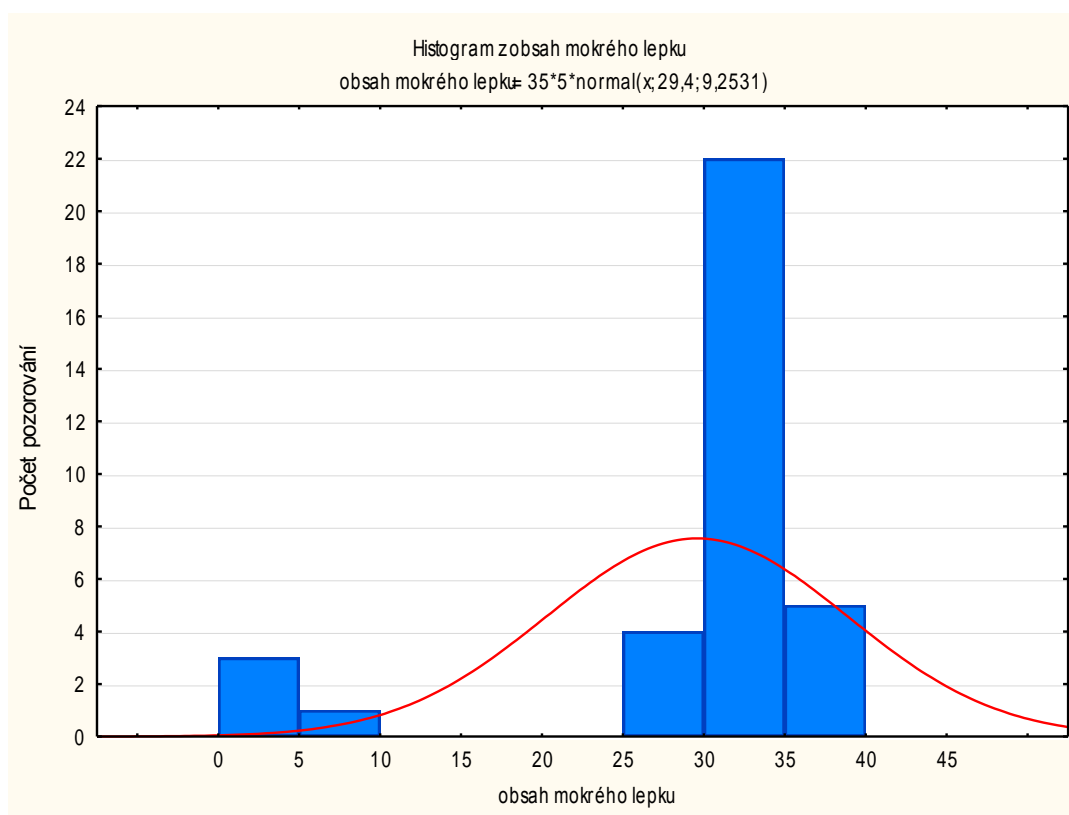
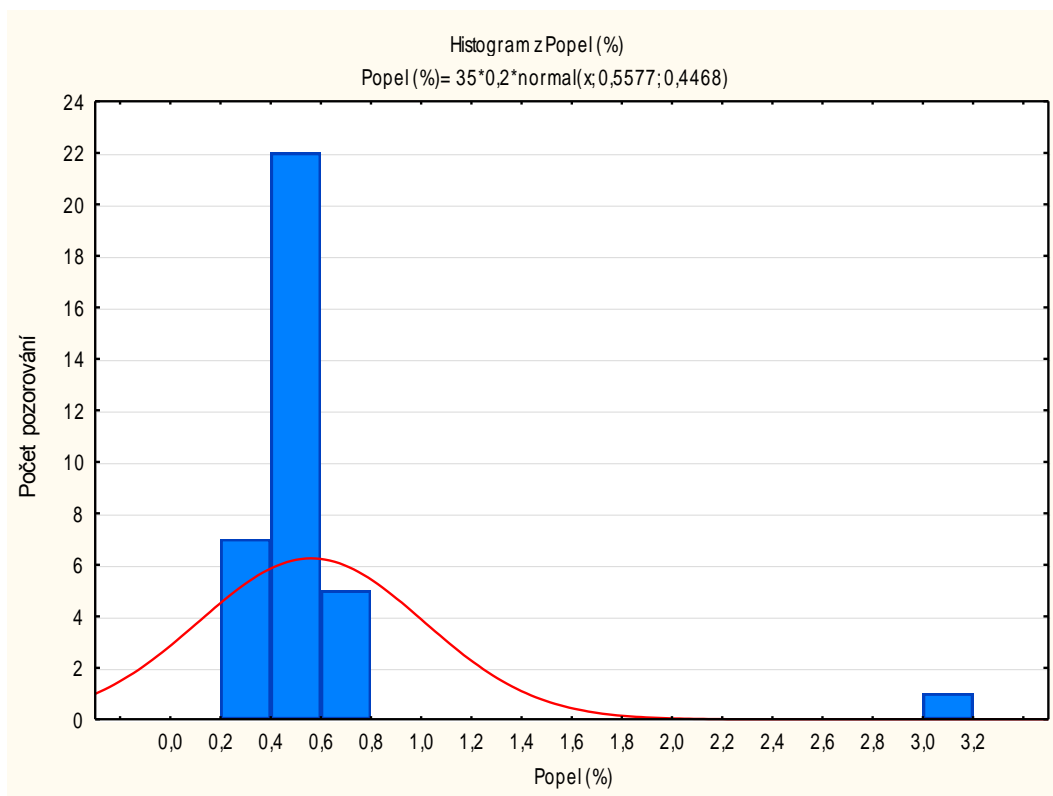
Tab. 1 Světový trh s obilovinami a pšenicí.....	11
Tab. 2 Podíl jednotlivých frakcí bílkovin pšenice	14
Tab. 3 Obsah hlavních polysacharidů pšeničné mouky.....	20
Tab. 4 Podíl odrůdy a pěstitelských podmínek na jakostních ukazatelích pšenice (%) .	24
Tab. 5 Rozdíly v technologických požadavcích pro pšenici potravinářskou	31
Tab. 6 Minimální požadavky na zařazení odrůd pšenice do jakostních skupin	31
Tab. 7 Analyzované vzorky pšeničné hladké mouky	33
Tab. 8 Požadavky na zrnitost a obsah popela v pšeničné mouce	35
Tab. 9 Zrnitost mouky	42
Tab. 10 Popisné statistiky pro obsah popela v mouce	43
Tab. 11 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle obsahu popela	44
Tab. 12 Popisné statistiky pro kyselost mouky.....	44
Tab. 13 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle kyselosti.....	45
Tab. 14 Popisné statistiky pro Zelenyho sedimentační test	46
Tab. 15 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle hodnot Zelenyho testu ..	47
Tab. 16 Popisné statistiky pro obsah dusíkatých látek	47
Tab. 17 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle obsahu dusíkatých látek	48
Tab. 18 Popisné statistiky pro pádové číslo.....	49
Tab. 19 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle hodnot pádového čísla ..	50
Tab. 20 Popisné statistiky pro obsah mokrého lepku	51
Tab. 21 Porovnání skupiny českých a zahraničních mouk dle obsahu mokrého lepku..	51
Tab. 22 Popisné statistiky pro farinografické ukazatele	52
Tab. 23 Porovnání těst z českých a zahraničních mouk dle poklesu konzistence	55
Tab. 24 Popisné statistiky pro hmotnost a výtěžnost těst	56
Tab. 25 Porovnání hmotnosti a výtěžnosti těst z českých a zahraničních mouk	57
Tab. 26 Popisné statistiky parametrů kvality pečiva	57
Tab. 27 Hodnoty poměrového čísla pečiva vzhledem ke kvalitě mouky	60
Tab. 28 Poměrové číslo (v/d) pečiva	60
Tab. 29 Rozdíl barev na základě celkové difference ΔE^*	69
Tab. 30 Popisné statistiky pro pevnost bulek	70
Tab. 31 Porovnání skupiny českých a zahraničních vzorků dle pevnosti	71

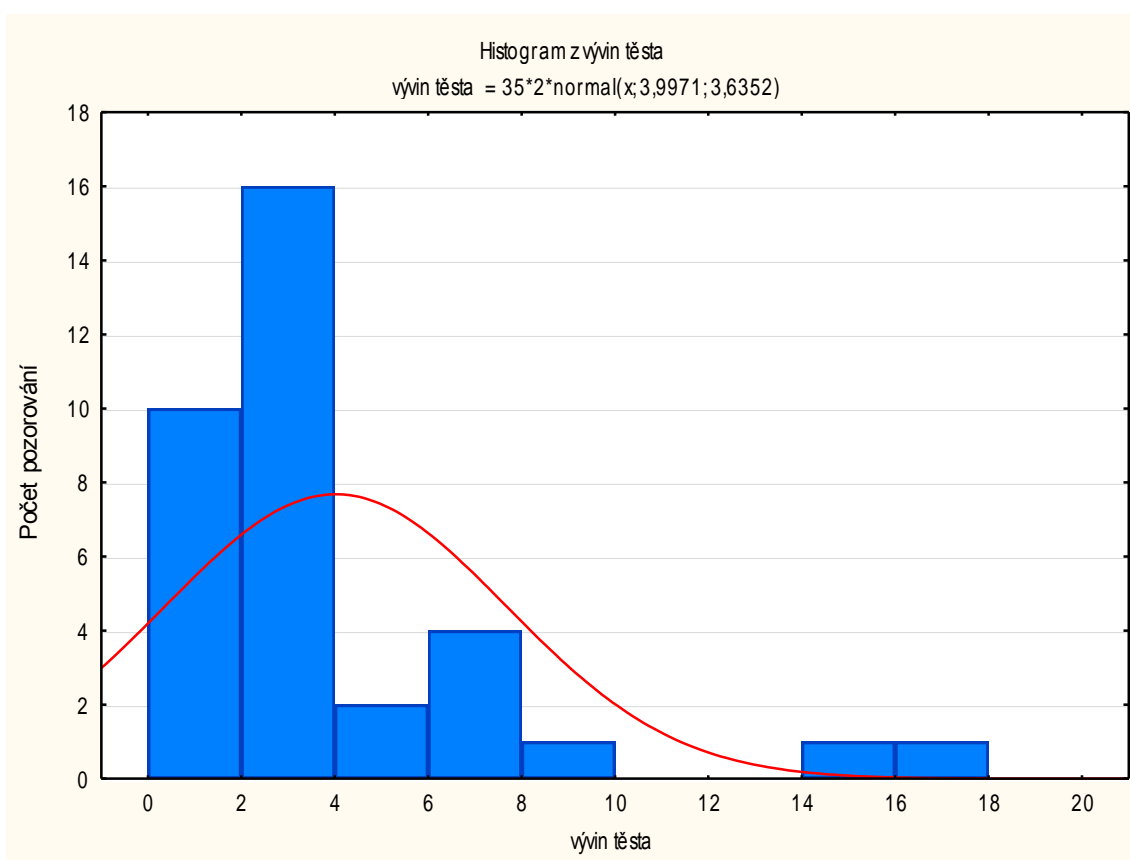
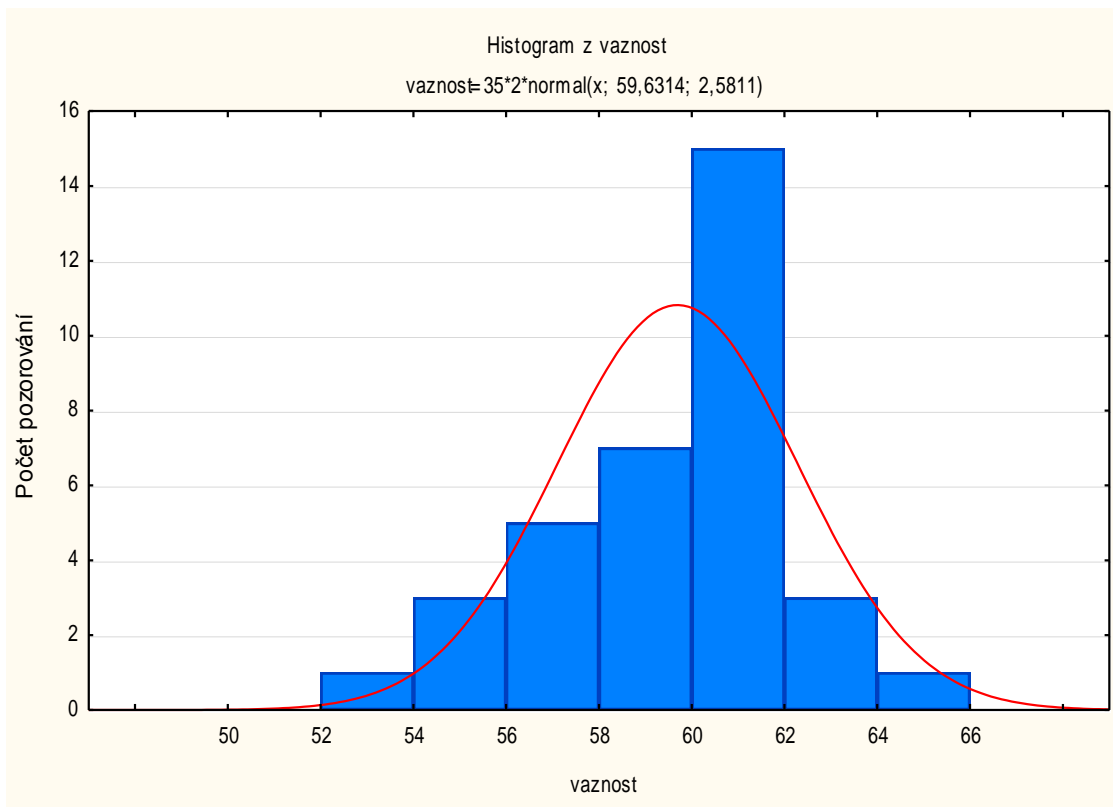
10 PŘÍLOHY

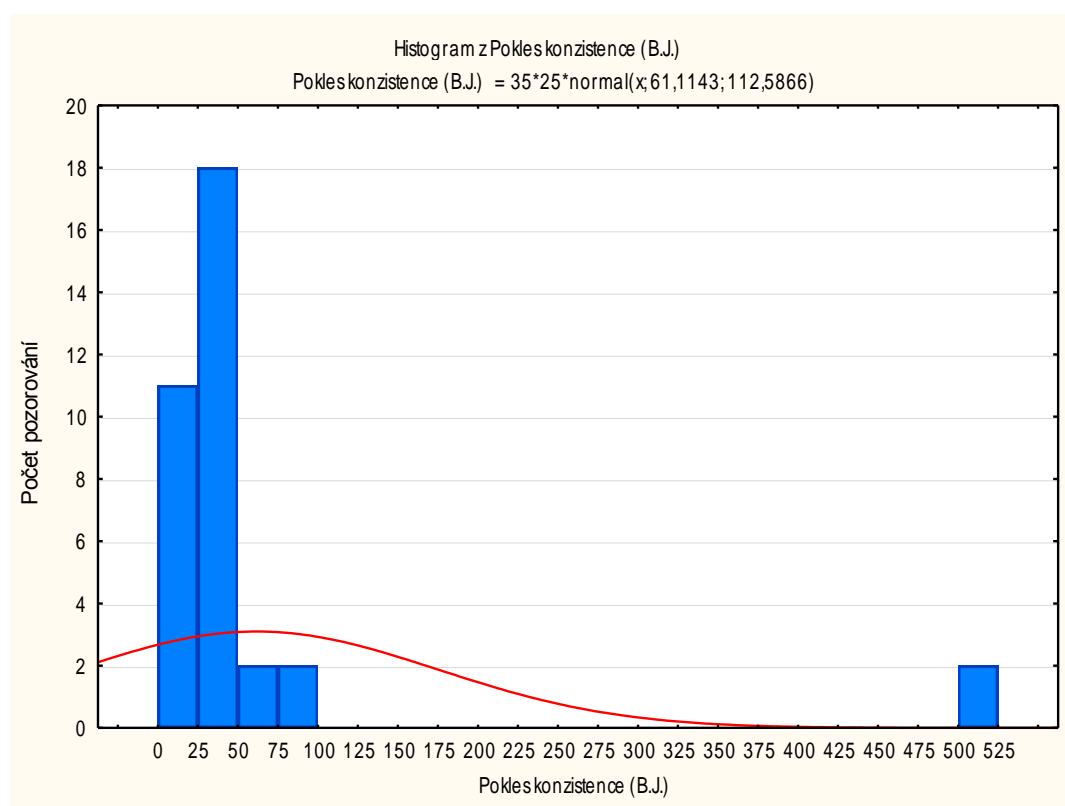
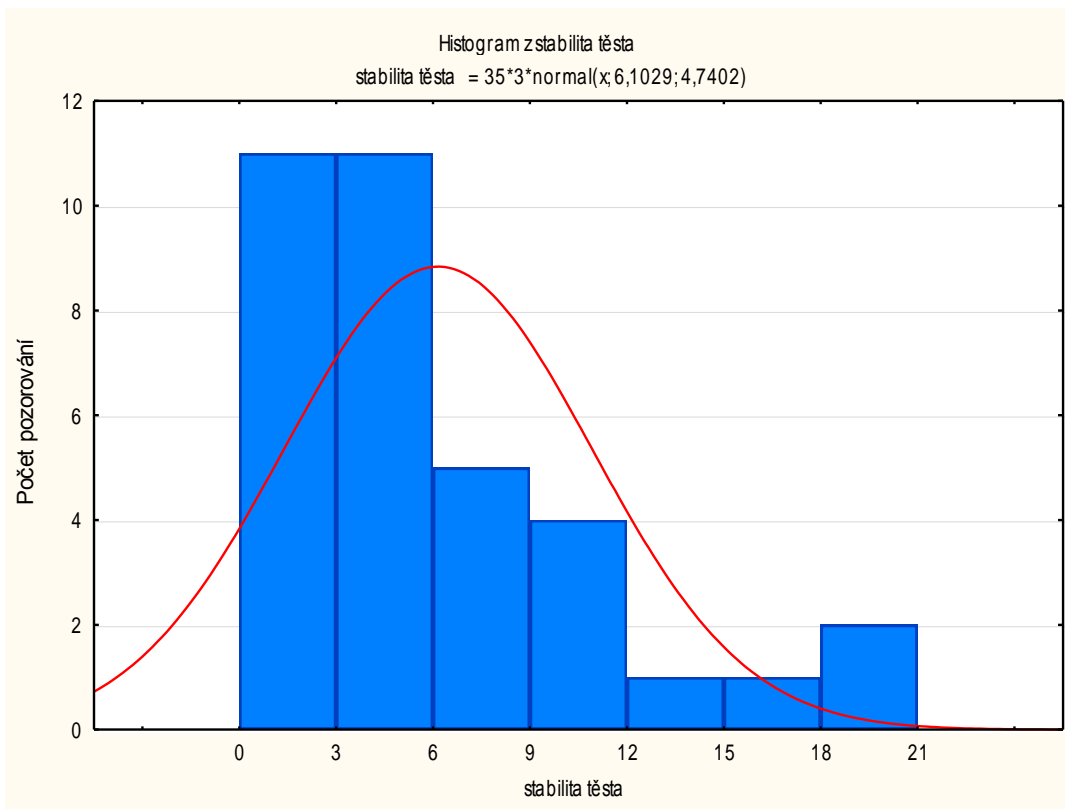
Příloha 1 Histogramy jednotlivých parametrů stanovení

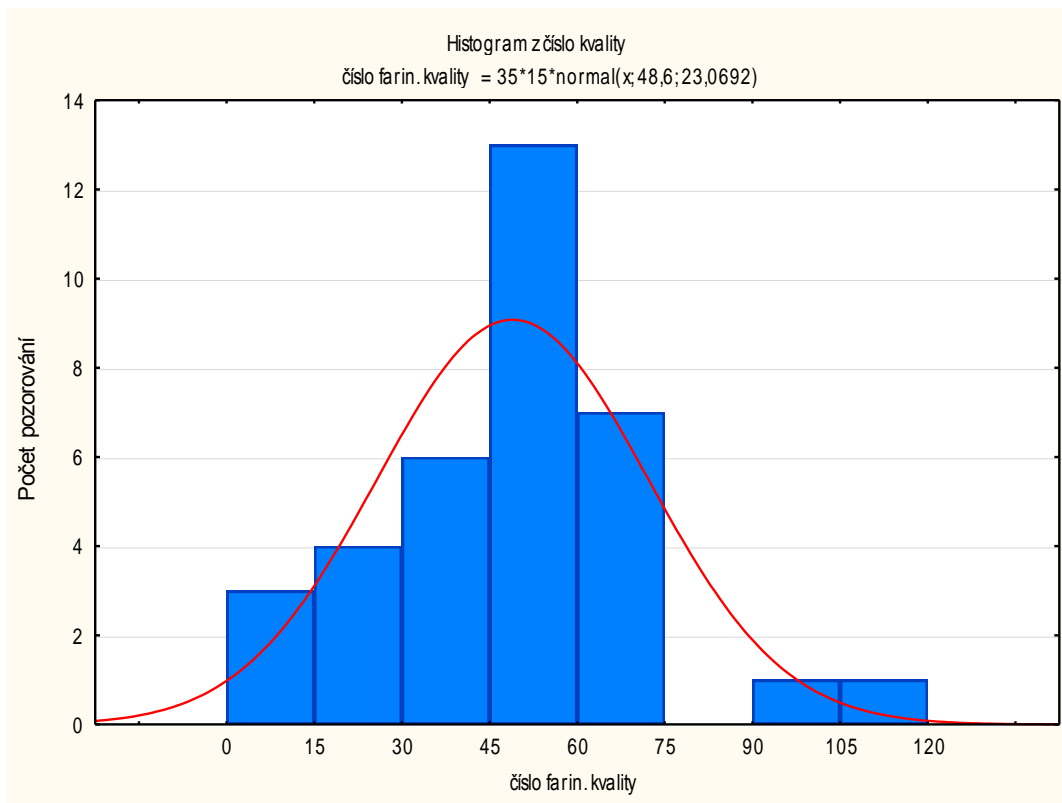












Příloha 2 Vzhled výrobků po provedení pekařského pokusu















Příloha 3 Základní statistické údaje pevnosti bulek

Vzorek	Pevnost - F[N]			
	Směrodatná odchylka	Minimum	Maximum	Průměr
1 CZ	1,17	1,88	5,32	3,14
2 CZ	0,63	2,02	4,26	3,02
3 CZ	2,94	1,57	9,53	5,07
4 CZ	1,60	3,41	8,58	5,59
5 CZ	1,42	1,66	5,99	3,57
6 CZ	0,74	2,74	5,38	3,53
7 CZ	0,57	1,76	3,74	2,58
8 CZ	4,31	2,75	14,76	7,43
9 CZ	2,08	2,62	9,21	4,81
10 CZ	2,05	2,01	9,99	4,91
11 CZ	2,51	3,15	10,4	5,73
12 CZ	1,36	2,57	6,39	4,28

13 AT	0,76	2,45	4,98	3,50
14 AT	1,81	2,11	7,91	5,13
15 AT	1,27	1,08	5,54	3,88
16 AT	0,91	2,38	5,02	3,40
17 AT	1,26	2,47	6,2	4,37
18 AT	0,73	3,21	5,55	4,61
19 AT	3,04	2,78	11,15	5,89
20 AT	2,13	2,09	8,09	5,92
21 AT	1,18	2,35	5,87	3,36
22 AT	1,15	3,64	7,07	5,12
23 SK	0,90	1,76	4,7	2,83
24 SK	0,91	2,72	5,72	4,03
25 SK	1,12	2,81	6,63	4,22
26 SK	0,95	1,46	4,77	2,82
27 AU	0,53	4,48	6,13	5,20
28 NZ	1,83	1,23	6,16	3,87
29 RO	1,76	1,58	6,73	3,39
30 UA	0,47	2,01	3,66	2,67
31 UA	1,48	0,6	5,89	2,83
32 UA	0,67	2,03	4,05	3,01
33 UA	1,31	2,6	6,73	4,01
34 CZ	1,01	1,95	5,53	3,97
35 CZ	0,95	2,17	5,42	3,33