

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Hodnocení pekařských vlastností odrůd pšenice ozimé

Diplomová práce

Bc. Barbora Hromasová

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Ing. Oldřich Faměra, CSc.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Hodnocení pekařských vlastností odrůd pšenice ozimé" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8.4.2022

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. Oldřichu Faměrovi, CSc. Tímto děkuji jemu a jeho spolupracovníkům za četné konzultace, odborné rady a věnovaný čas při zpracování mé diplomové práce.

Hodnocení pekařských vlastností odrůd pšenice ozimé

Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo zjistit rozdíly u jednotlivých odrůd pšenice ozimé. Zároveň byl zkoumán vliv odrůdy, ročníku a stanoviště na fyzikální i mechanické vlastnosti těsta a pečiva jako výsledného produktu celého procesu.

Literární rešerše této diplomové práce zahrnuje základní vymezení pšenice ozimé jakožto jedné ze základních obilovin. Další kapitoly pak popisují složení a základní stavbu pšeničné obilky. V poslední kapitole diplomové práce jsou uvedeny základní jakostní atributy pšenice.

V experimentální části práce bylo zkoušeno šest odrůd pšenice ozimé ze stanic ÚKZÚZ ve dvou odlišných pěstebních oblastech sklizených v různých ročnících. Tyto odrůdy byly vybrány z jednotlivých skupin pekařské kvality (E, A, B, C). Vzorky zrna byly zpracovány na mouku na laboratorním mlýnu a takto získaná mouka byla použita na stanovení analytických a reologických vlastností. Následně byly vlastnosti jednotlivých odrůd experimentálně zjišťovány pekařským pokusem. Takto získané výrobky byly hodnoceny konkrétními ukazateli jakosti. Byla stanovena zejména senzoričká jakost jednotlivých odrůd.

Nejlepší charakteristiky vykazovala jednoznačně odrůda Annie. Tato odrůda byla specifická velmi vysokým obsahem lepkových bílkovin (40 %). Jako vysoké byly rovněž klasifikovány hodnoty Zelenyho sedimentačního testu (33,8 ml) a obsah dusíkatých látek (14,3 %). Pečivo z této odrůdy mělo velmi vysoký objem (820 ml) a velmi dobré senzoričké i fyzikální vlastnosti. Jako nevhodná pro pekařskou výrobu byla naopak hodnocena odrůda Frisky, která měla nejnižší dosažené hodnoty u většiny analytických stanovení. Tato odrůda měla nízký obsah lepku (32 %), nízkou hodnotu Zelenyho testu (27,6 ml) a podlimitní obsah dusíkatých látek (11,2 %). V reologickém hodnocení dosáhla tato odrůda rovněž nejnižších hodnot jednotlivých ukazatelů. Byla zjištěna velmi nízká vaznost vody (53 %), krátká doba vývinu těsta (2 ¼ minuty), nízká stabilita těsta (4 ½ minuty) a vysoká hodnota poklesu konzistence (60 F.j.). V pekařském pokusu mělo pečivo vyrobené z této odrůdy poměrně nízký objem (640 ml) a nevýraznou až mdlou chuť. Ostatní hodnocené odrůdy byly vyhodnoceny jako použitelné pro výrobu pečiva.

Byla potvrzena prvotní hypotéza, že obsah i vlastnosti bílkovin a škrobu jsou u pšenice založeny geneticky a jsou formovány vnějšími podmínkami. To se projevilo také rozdílnými reologickými vlastnostmi těsta a odlišnými charakteristikami pečiva. Největší vliv na dosaženou jakost pšenice měla odrůda, zásadní však byly pro většinu ukazatelů jakosti také vnější podmínky (daný sklizňový ročník a pěstební lokalita).

Klíčová slova: pšenice, odrůdy, reologie, pekařský pokus

Evaluation of baking properties of winter wheat varieties

Summary

The aim of this thesis was to find out the differences between the different varieties of winter wheat. At the same time, the influence of variety, year and growing location on the physical and mechanical properties of dough and pastry as the final product was investigated.

The literature search of this thesis includes a basic definition of winter wheat as one of the staple cereals. The following chapters then describe the composition and basic structure of the wheat grain. In the last chapter of the thesis, the basic quality attributes of wheat are presented.

In the experimental part of the thesis, six varieties of winter wheat from the stations of the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture stations in two different growing areas harvested in different years were tested. These varieties were selected from different baking quality groups (E, A, B, C). The grain samples were processed into flour in a laboratory mill and the flour thus obtained was used to determine analytical and rheological properties. Subsequently, the properties of the different varieties were experimentally determined by baking. The products thus obtained were evaluated by specific quality indicators. In particular, the sensory quality of the individual varieties was determined.

The Annie variety clearly showed the best characteristics. This variety was characterised by a very high gluten protein content (40 %). The values of the Zeleny test (33,8 ml) and the nitrogen content (14,3 %) were also classified as high. This variety had a very high volume (820 ml) and very good sensory and physical characteristics. On the other hand, the variety Frisky was considered unsuitable for baking and had the lowest values obtained in most of the analytical determinations. This variety had a low gluten content (32 %), a low Zeleny test value (27,6 ml) and an underestimated nitrogen content (11,2 %). In the rheological evaluation, this variety also had the lowest values for each parameter. Very low water binding (53 %), short dough development time (2 ¼ minutes), low dough stability (4 ½ minutes) and high consistency drop (60 F.j.) were observed. In the baking trial, the pastry produced from this variety had a relatively low volume (640 ml) and a bland to insipid taste. The other varieties evaluated were judged to be suitable for pastry production.

The initial hypothesis that the protein and starch content and properties of wheat are genetically based and shaped by external conditions was confirmed. This was also reflected in different rheological properties of the dough and different characteristics of the baked product. Variety had the greatest influence on the quality of wheat obtained, but external conditions (harvest year and growing location) were also essential for most of the quality indicators.

Keywords: wheat, varieties, rheology, baking experiment

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
2.1 Vědecká hypotéza.....	9
2.2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Charakteristika a pěstování pšenice ozimé.....	10
3.1.1 Charakteristika pšenice	10
3.1.2 Pěstování pšenice ozimé	10
3.1.3 Růst a vývoj pšenice ozimé	11
3.1.4 Tvorba výnosu pšenice ozimé	12
3.2 Stavba obilky a chemické složení.....	12
3.2.1 Stavba obilky	12
3.2.2 Chemické složení obilky.....	13
3.3 Technologie zpracování pšenice.....	17
3.3.1 Příjem a skladování surovin.....	17
3.3.2 Čištění a příprava k mletí.....	18
3.3.3 Mletí.....	19
3.3.4 Skladování a expedice výrobků.....	19
3.3.5 Pekárenská výroba a technologie.....	19
3.4 Jakostní charakteristiky pšenice.....	21
3.4.1 Faktory ovlivňující kvalitu pšenice	24
3.4.2 Ukazatele kvality pšenice pro potravinářské využití	25
3.4.3 Jakost mouky	30
3.4.4 Reologická hodnocení	31
4 Metodika a použitý materiál	35
4.1 Charakteristika vybraných odrůd.....	35
4.1.1 Annie.....	35
4.1.2 Dagmar	36
4.1.3 Pankratz	36
4.1.4 Hyfi.....	36
4.1.5 Gordian	37
4.1.6 Frisky	37
4.2 Charakteristika vybraných stanovišť	37
4.2.1 Čáslav	37
4.2.2 Vysoká.....	37
4.3 Charakteristika sklizňových ročníků.....	38

4.3.1	Sklizňový ročník 2016	38
4.3.2	Sklizňový ročník 2017	38
4.3.3	Sklizňový ročník 2018	39
4.4	Postup přípravy vzorků.....	39
4.5	Analytické rozborů.....	41
4.5.1	Stanovení vlhkosti.....	41
4.5.2	Stanovení popela.....	42
4.5.3	Stanovení čísla poklesu.....	43
4.5.4	Stanovení lepku a gluten index	43
4.5.5	Zeleného sedimentační test.....	44
4.5.6	Stanovení obsahu dusíkatých látek	45
4.6	Reologické stanovení.....	47
4.7	Pekařský pokus.....	49
5	Výsledky	52
5.1	Analytické rozborů	52
5.1.1	Vlhkost.....	53
5.1.2	Popel	54
5.1.3	Číslo poklesu.....	55
5.1.4	Lepek	57
5.1.5	Gluten index.....	58
5.1.6	Zeleného test.....	60
5.1.7	Dusíkaté látky	61
5.2	Reologické stanovení.....	63
5.2.1	Vaznost mouky	64
5.2.2	Vývin těsta	66
5.2.3	Stabilita těsta.....	67
5.2.4	Pokles konzistence	68
5.3	Pekařský pokus.....	70
6	Diskuze	73
7	Závěr.....	76
8	Literatura.....	78
	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Pšenice setá (*Triticum aestivum*) je cereálií, která je řazena do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Tato obilovina má svůj původ na Blízkém východě, odkud se pravděpodobně rozšířila do celého světa. Zrno pšenice je nazýváno obilkou a je využíváno jako potravina i krmivo. Obilka se skládá z obalové vrstvy, endospermu a klíčku. Nejvýznamnějšími obsahovými látkami zrna jsou sacharidy. Další podstatnou část obsahu tvoří bílkoviny. Dále jsou obsaženy rovněž minerální látky, lipidy a další minoritní složky.

Zrno pšenice se zpravidla zpracovává ve mlýně v procesu mletí. Základními technologickými kroky mlýna jsou přejímka surovin, čištění zrna, mletí a vysévání a dále skladování a expedice hotových výrobků. Konečným produktem celého výrobního procesu je mouka. Mouka se dále využívá v dalších navazujících odvětvích, zejména pak v pekárenském průmyslu.

Kvalita pšenice je určena mnoha aspekty vnějšího i vnitřního charakteru. K nejzásadnějším činitelům určujícím kvalitu patří odrůda a její genetické založení. Dále je významnou určující okolností doba a podmínky sklizně či konkrétní místo pěstování. Vliv však mohou mít rovněž klimatické a půdní podmínky či použitá agrotechnika.

Kvalita pšenice závisí na požadavcích odběratelů (zpracovatelů) a konečných spotřebitelů. Pěstitel má největší zájem na dosažení nejvyšší možné ceny na trhu. Proto chce dosáhnout co nejvyšších výnosů a zamezit případným ztrátám v důsledku chorob. Mlynář a další zpracovatelé pšeničného zrna považují za kvalitu pšenice zejména obsah a kvalitu obsažených bílkovin, výtěžnost mouky, pekařské vlastnosti či kvalitu zpracování. Spotřebitel oproti tomu může definovat kvalitu jako chutný, výživný a bezpečný potravinářský produkt.

Na trhu je v současné době k dispozici velké množství odrůd pšenice ozimých i jarních variant. Odrůdy jsou běžně děleny do jednotlivých skupin pekařské jakosti. Tyto jakostní skupiny se obvykle značí písmeny (např. A, B, E apod.). Zařazení do jakostní skupiny je dáno specifickými vlastnostmi pšenice. Tyto jsou uvedeny v legislativě, zejména pak v normě ČSN 46 1100-2, která je využita také k vyhodnocení výsledkové části této diplomové práce.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Vědecká hypotéza

Obsah a vlastnosti hlavních obsahových složek jsou u pšenice založeny geneticky. Tyto jsou ovlivňovány také vnějšími agroekologickými podmínkami, což se potenciálně projeví různými reologickými vlastnostmi těsta a rovněž také odlišnými charakteristikami vyrobeného pečiva.

2.2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je posoudit vliv vybraných odrůd pšenice ozimé a podmínek stanoviště na reologické vlastnosti těsta a pečiva.

3 Literární rešerše

3.1 Charakteristika a pěstování pšenice ozimé

3.1.1 Charakteristika pšenice

Pšenice (*Triticum*) je rodem jednoděložných rostlin řazených do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Podle počtu chromozomů se rod *Triticum* dělí na tři velké skupiny, konkrétně na diploidní, tetraploidní a hexaploidní druhy. Mezi diploidní varianty patří pšenice jednozrnka (*Triticum monococcum*), která však již dnes nemá velký pěstitelský význam. Další skupinu zahrnující tetraploidní druhy tvoří např. pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoeum*) a pšenice tvrdá (*Triticum durum*). Hexaploidní druhy představují pěstitelsky nejvýznamnější druhy pšenic a spadá sem světově nejrozšířenější pšenice setá (*Triticum aestivum*) a pšenice špalda (*Triticum spelta*). Pšenice setá pravděpodobně vznikla ze pšenice špaldy a pěstuje se běžně v ozimé i jarní formě (Zimolka 2005).

Pšenice má původ na Blízkém Východě, kde se začala pěstovat již před více než 10 tisíci lety jako součást tzv. neolitické revoluce. Mezi plodinami má pšenice velmi významné postavení, neboť je pěstována na více než polovině plochy oseté obilninami. Celosvětově se tak ročně sklídí více než 600 milionů tun této obilniny (Shewry 2009). Ačkoli je jedním z hlavních účelů pěstování využití v potravinářství, může se pšenice využívat také jako krmivo pro hospodářská zvířata či jako průmyslová surovina (např. pro výrobu bioetanolu a pro energetické účely).

Palík et al. (2009) uvádějí, že se roční produkce pšenice v České republice pohybuje okolo 4 milionů tun, přičemž potravinářské využití představuje asi 30 % produkce (1200 tun) a pro všechny ostatní účely je využito 65 % produkce (2600 tun). Zbýlých 5 % produkce (asi 190 tisíc tun) pak představuje spotřeba na osivo. Dle dat ČSÚ dosáhla spotřeba pšenice v roce 2019 v České republice 124,4 kg na osobu (v hodnotě zrna), tedy asi 97 kg v hodnotě mouky (ČSÚ 2020).

3.1.2 Pěstování pšenice ozimé

Pšenice ozimá je ozimou formou nejvíce rozšířená a také nejpěstovanější pšenice setá (*Triticum aestivum*). V ozimé formě se u nás pěstuje 94 % pšenice, zatímco ve formě jarní jde o pouhých 6 % (Šnobl et al. 2007). Jedná se o velmi přizpůsobivou plodinu, která je vhodná pro pěstování prakticky ve všech výrobních oblastech s výjimkou extrémních stanovišť (Faměra 1993).

Pšenice setá se řadí mezi obilniny náročnější na půdní a agrotechnické podmínky. Nejvhodnější pro pěstování jsou úrodné střední až těžší půdy, převážně černozemě a hnědozemě, méně vhodné jsou pak lehké, písčité či zamokřené půdy. Významný vliv má volba vhodné předplodiny, neboť ta ovlivňuje nejen půdu a její strukturu, ale také zásobu živin v půdě a dynamiku jejich uvolňování. Za nejvhodnější předplodiny lze považovat jeteloviny díky velké zásobě dusíkatých látek, které zůstávají v půdě. Dalšími vhodnými předplodinami jsou rovněž luskoviny, ozimá řepka a okopaniny. Okopaniny mají příznivý vliv na pěstování pšenice z důvodu hnojení organickými hnojivy (James 2019).

Termín setí je dán biologickými vlastnostmi jednotlivých odrůd pšenice a termínem sklizně předplodiny. U většiny odrůd pšenice ozimé je doporučená lhůta setí od první poloviny září do začátku října a může se mírně lišit dle výrobních oblastí. Doporučený výsevek se liší dle odnožovací schopnosti odrůd a pohybuje se od 3 do 5 milionů klíčivých zrn na hektar. Hloubka setí je podobná u všech ozimých obilovin a činí běžně 40 až 50 mm. Osivo pšenice je běžně mořeno proti plísňovým chorobám (Šnobl et al. 2007).

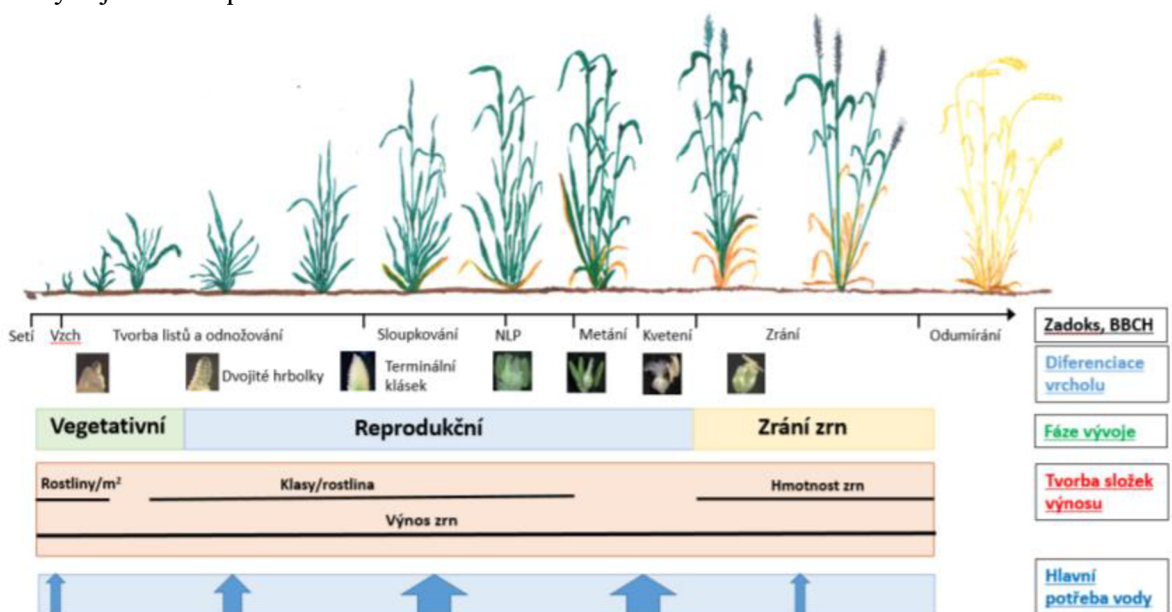
Během vegetace je pro výnos i kvalitu pšenice velmi důležité hnojení. Nejčastěji je využíváno dusíkaté hnojení v celkové dávce 60 až 120 kg na hektar orné půdy. V praxi se využívá posun hnojení na konec vegetativního a začátek generativního období růstu rostlin (tzv. regenerační a produkční hnojení). Pro potravinářskou pšenici se doporučuje ještě tzv. pozdní a kvalitativní přihnojování v době metání a kvetení. Snahou je pak díky hnojení docílit zvýšení výnosu (podílu předních zrn) a obsahu dusíkatých látek v zrně (Petr 2001).

Sklizeň probíhá v tzv. žluté zralosti, která se určuje podle vlhkosti zrna (měla by být nižší než 18 %, ideálně pak kolem 14 %). Rostliny by měly být plně zaschlé, obilky tvrdé a jen těžko lámavé. Přednostně se sklízí porosty pro využití v potravinářství z důvodu nebezpečí zhoršení jakosti. Po sklizni většinou probíhá posklizňové ošetření, které má za úkol zrna vyčistit od částí klasů a slámy a velikostně utřídit tak, aby byly splněny všechny kvalitativní požadavky (Petr et al. 1997; Šnobl et al. 2007).

3.1.3 Růst a vývoj pšenice ozimé

Během vegetace prochází rostlina změnami, které se souhrnně nazývají růst a vývoj. Obilniny obecně jsou jednoleté plodiny, jejichž ozimé formy jsou vysévány na začátku podzimu a sklizeny v létě v následujícím roce. Toto období zahrnuje dobu od vyklíčení obilky po vytvoření a dozrání nové obilky. Z hlediska ontogeneze rostlin se rozlišují dvě základní období, které se nazývají vegetativní a generativní období (viz obrázek 1). Jednotlivé růstové fáze se pak nazývají vzházení, odnožování, sloupkování, metání, kvetení a zrání (Zimolka et al. 2005).

Obr. 1 Vývojové fáze pšenice ozimé



Zdroj: Prášil (2019)

Kořenový systém je svazčitý, tvořený z velkého množství menších kořínků. Hlavním asimilačním orgánem jsou listy, které v období odnožování přechází ve stéblo. Stéblo je tvořeno internodií (články), která jsou dutá, a kolénky, která jednotlivá internodia spojují. Květenstvím je u pšenice složený klas, který obsahuje plody neboli obilky. Zralost obilek přechází v období zrání od mléčné, přes voskovou a žlutou až po zralost plnou, kdy je rostlina zaschlá a obilka tvrdá (Zimolka 2005; Šnobl et al. 2007).

3.1.4 Tvorba výnosu pšenice ozimé

Tvorba výnosu je u obilnin dána zejména vlivy vnějšího prostředí (stanoviště a průběh počasí) a agrotechnickými podmínkami. Ozimé formy pšenice vykazují zpravidla vyšší výnosovou úroveň, neboť mají nejen delší vegetační dobu, ale i lepší vláhové podmínky oproti jařinám. Mezi základní výnosové prvky u pšenice patří (Šnobl et al. 2007):

- Počet klasů na jednotku plochy (většinou m²)
- Počet zrn v klasu
- Hmotnost 1000 semen (v gramech)

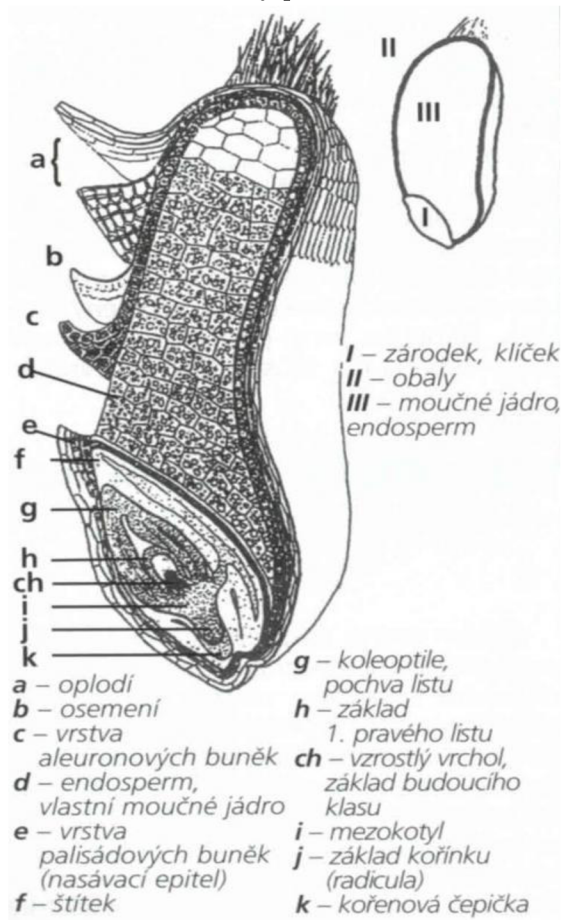
Jednotlivé výnosové prvky jsou silně provázány. Počet rostlin na jednotku plochy ovlivňuje např. biologická hodnota osiva, výsevek, způsob a termín setí a vzcházivost. Počet zrn v klasu je dán odrudou (typem klasu), průběhem počasí, konkurencí mezi rostlinami či výskytem škůdců a chorob. Hmotnost obilek je rovněž ovlivněna průběhem počasí a výskytem škůdců a chorob, ale také asimilační schopností dané rostliny. Kvalitativní úroveň jednotlivých výnosových prvků mohou být vzájemně kompenzovány, což významně souvisí s tzv. schopností autoregulace u obilnin (Faměra 1993).

3.2 Stavba obilky a chemické složení

3.2.1 Stavba obilky

Obilka (neboli zrno) je jednosemenným plodem obilnin. Má tři hlavní části, které se nazývají obalové vrstvy, endosperm a klíček. Klíček neboli zárodek tvoří nejmenší část obilného zrna, jde o pouhé 2 až 3 % celkového obsahu. Klíček spočívá na tzv. štítku a je tvořen kořínkem a krčkem, který nese vegetační vrchol. Endosperm čili jádro obilky se skládá z vrstvy aleuronových buněk na povrchu a vlastního endospermu. Moučné jádro tvoří přibližně 83 % celkového obsahu, a je tedy hlavní složkou obsahu obilek. Obalové vrstvy, někdy nazývané také ektosperm, se nacházejí na povrchu obilky a jejich hlavním úkolem je chránit zrno např. před poškozením, vyschnutím či dalšími vnějšími vlivy. Obaly obilky lze rozdělit na oplodí (perikarp) a osemení (testum). Celkově zaujímají obalové vrstvy u pšenice 15 až 17 % celkového obsahu obilky. Obilka pšenice má na konci zrna čepičku chlupů nazývanou trichomy. Trichomy mohou opět sloužit jako forma ochrany, rovněž mohou však na svém povrchu přenášet některé nežádoucí mikroorganismy a spory plísní (Martinek & Filip 2012). Následující obrázek 2 podrobněji popisuje stavbu pšeničné obilky.

Obr. 2 Stavba obilky pšenice



Zdroj: Zimolka (2005)

Endosperm je považován za technologicky nejvýznamnější část obilného zrna. Jeho hlavní podíl tvoří škrob a bílkoviny (zejména lepek), který spoluurčuje pekárenskou kvalitu mouky. Klíček je vlastně zárodkem nové rostliny a nositelem její genetické informace. I proto obsahuje větší množství tuků, cukrů, bílkovin, enzymů a vitaminů rozpustných v tucích. Při zpracování je klíček většinou oddělován z důvodu velmi krátké trvanlivosti. Klíčky se proto využívají zejména ke krmným účelům, případně jejich další využití spočívá ve farmácii a potravinářství. Obalové vrstvy obilky se označují také jako otruby a opět se většinou při mlýnském zpracování odstraňují, jelikož zhoršují zpracovatelnost i vzhled výrobků. Mohou však sloužit jako cenný zdroj vlákniny a minerálních látek (Taufarová et al. 2014).

3.2.2 Chemické složení obilky

Chemické složení obilovin může být poměrně proměnlivé, neboť závisí na velkém množství vnějších i vnitřních faktorů. Významný vliv může mít např. výběr odrůdy, stanoviště, hnojení, doba setí, agrotechnika či klimatické podmínky (Martinek & Filip 2012; Wieser et al. 2020). Taufarová et al. (2014) uvádí, že základními chemickými složkami obilného zrna jsou:

- Sacharidy
- Bílkoviny
- Lipidy

- Vitaminy a minerální látky
- Složky s růstovými regulačními a genetickými funkcemi (např. kyselina fytová, flavonoidy, cholin, ligniny apod.)

Důležitou součástí obilky je rovněž voda, jejíž obsah silně ovlivňuje biochemické a fyziologické procesy jako je růst, dozrávání a skladování. Její obsah v suchém zrně by neměl překračovat 14 % (Taufarová et al. 2014).

Tab. 1 Průměrné chemické složení obilovin v %

Druh	Vlhkost (%)	Bílkoviny (%)	Sacharidy bez vlákniny (%)	Vláknina (%)	Tuky (%)	Minerální látky (%)
Pšenice	14,0	12,7	66,6	3,4	1,6	1,7
Žito	14,0	9,9	70,9	1,9	1,6	1,7
Ječmen	14,0	11,5	66,0	4,5	2,0	2,4
Kukuřice	14,0	10,3	67,5	2,1	4,9	1,2
Oves	13,5	10,1	57,8	10,7	4,7	3,2
Proso	13,5	11,2	60,7	7,9	3,8	2,9
Pohanka Loupaná	14,0	8,9	71,3	1,5	1,6	1,7

Zdroj: Martinek & Filip (2012)

Průměrné chemické složení vybraných obilovin včetně pšenice uvádí tabulka 1 výše. Obecně obilka pšenice obsahuje na 70 % sacharidů, 12 až 14 % bílkovin, méně než 2 % tuků, 3 až 4 % vlákniny a do 2 % minerálních látek (Martinek & Filip 2012). Tabulka 2 níže představuje chemické složení dle jednotlivých anatomických částí obilky. Všechna data jsou zde přepočtena na sušinu, proto se mírně odlišují od dat uvedených v předchozí tabulce 1.

Tab. 2 Chemické složení dle anatomických částí obilky pšenice (přepočteno na sušinu)

Části zrna	Hmotnostní poměr částí zrna	Bílkovina (%)	Škrob (%)	Cukry (%)	Vláknina (%)	Pentosany (%)	Tuky (%)	Popel (%)
Celé zrna	100,00	16,06	63,07	4,32	2,76	8,10	2,24	2,18
Endosperm	81,60	12,91	78,82	3,54	0,15	2,72	0,68	0,45
Klíček	3,24	37,63	-	25,12	2,46	9,74	15,0	0,32
Obaly s aleuro-novou vrstvou	15,48	28,75	-	4,18	16,20	35,65	7,78	10,5

Zdroj: Martinek & Filip (2012)

Sacharidy

Sacharidy tvoří největší podíl obilky pšenice. Monosacharidy a disacharidy zvané také cukry se v zrně vyskytují pouze v zanedbatelném množství (1 - 3 %). Obilná zrna však uchovávají velké množství energie ve formě škrobu. Jeho obsah může kolísat mezi 60 až 75 % celkové hmotnosti zrna. Škrob se v pšenici vyskytuje v podobě tzv. škrobových zrn, která se dělí na dva typy: velká lentikulární (25 - 40 µm) a malá kulovitá (5 - 10 µm) škrobová zrna. Škrob je polymerem složeným z jednotek glukózy a skládá se ze dvou frakcí, lineární amylozy a rozvětveného amylopektinu (Šramková et al. 2009). Shewry et al. (2013) dodává, že polymery amyloza a amylopektin jsou ve škrobu zastoupeny v poměru asi 1:3.

Kromě škrobu jsou v zrně pšenice obsaženy také další polysacharidy, zejména jde o tzv. stavební neboli strukturní polysacharidy obsažené v buněčných stěnách rostlin. Konkrétními představiteli jsou hemicelulózy, které bývají uloženy v podobalových vrstvách a celulóza, která se vyskytuje ve vrstvách obalových. Celulóza a hemicelulózy představují nestavitelnou vlákninu, jejíž konzumace vykazuje příznivé účinky na trávení (Pažout et al. 2012; Tauferová et al. 2014).

Lipidy

Pšeničné obilky obecně patří mezi semena s nejnižším obsahem tuků (tvoří pouhých 1,5 až 2,5 % jejich hmotnosti). Nejvíce tuku je přítomno v klíčcích a aleuronové vrtvě. Nejvyšší podíl tvoří nenasycené mastné kyseliny (zejména kyselina linolová), které však při delším skladování pšenice způsobují žluknutí v důsledku oxidace lipidů (Tauferová et al. 2014).

Kromě lipidů se v pšeničném zrně vyskytují také lipofilní pigmenty, které jsou zastoupeny zejména karotenoidy neboli žlutými a oranžovými barviny. Vyšší obsahy karotenoidů lze nalézt v pšenici tvrdé (*Triticum durum*), ze které se vyrábí semolinová mouka typická pro výrobu těstovin (Pažout et al. 2012).

Bílkoviny

Obsah bílkovin v pšeničném zrně se obvykle pohybuje od 10 do 18 % celkové sušiny. Pšeničné proteiny jsou děleny dle rozpustnosti v různých rozpouštědlech na albuminy (rozpustné ve vodě), globuliny (rozpustné v roztocích solí), gliadiny (rozpustné v 70% etanolu) a gluteniny (zčásti rozpustné v kyselých a zásaditých roztocích). Gliadiny a gluteniny jsou zásobními proteiny, které pokrývají asi 75 % veškerého obsahu bílkovin pšenice. Tyto dva druhy bílkovin mají nezastupitelný technologický význam při výrobě pečiva, neboť v těstě dokážou zadržovat plyny (Šramková et al. 2009).

Nejvyšší podíl technologicky významných bílkovin pšenice se nachází v endospermu. Tyto bílkoviny vytvářejí při kontaktu s vodou tažný a pružný gel zvaný lepek. Lepek je charakteristický vysokým obsahem aminokyselin glutaminu a prolinu, nejméně je naopak zastoupen lysin. Pšeničné prolaminy a gluteliny (neboli gliadiny a gluteniny) jsou v lepku zastoupeny v poměru 2:3. Gliadiny mají nižší molekulární hmotnost oproti gluteninům a dávají lepku tažnost. Gluteniny jsou naopak vysokomolekulární frakcí lepku, které dodávají lepku pružnost. Lepek je sám o sobě poměrně složitým systémem, jehož základní stavební jednotkou jsou frakce gluteninu, na něž se váží molekuly gliadinu. Kvalita lepku je zásadní pro

vyhodnocení pekařské kvality, kde rozhodující je zejména poměr obsažených vysokomolekulárních a nízkomolekulárních frakcí (Pažout et al. 2012; Tauferová et al. 2014).

Minerální látky

Minerální látky se často označují také jako popeloviny neboli anorganické zbytky, které zůstanou po spálení rostlinné matrice. Obsah popelovin se u pšenice pohybuje v rozmezí 1,25 až 2,5 % (v celém zrně). Nejvíce jsou popeloviny zastoupeny v obalových vrstvách a nejméně naopak v endospermu obilky. Jejich obsah v mouce vzrůstá se stupněm vymletí a tento údaj pak slouží pro klasifikaci mouky (její typové označení). Nejčastějšími prvky, které se v popelu vyskytují jsou fosfor, vápník, hořčík, zinek a železo (Pažout et al. 2012).

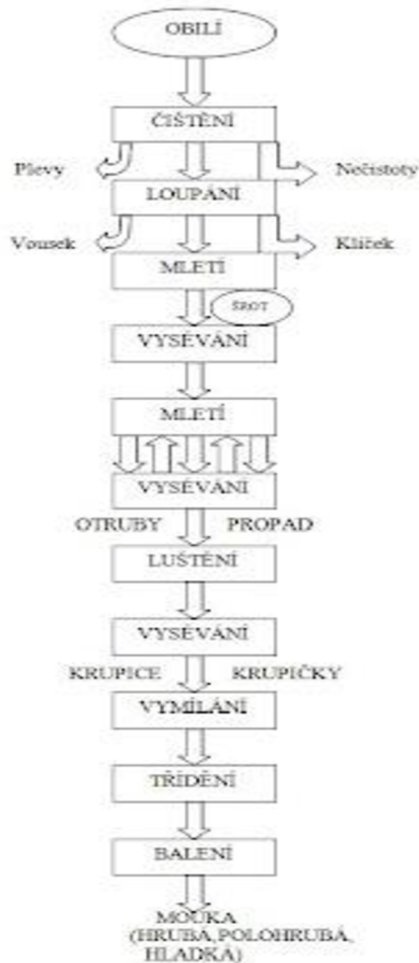
Vitaminy

Vitaminy se v obilných zrnech vyskytují především v klíčku, případně v obalových vrstvách, zatímco endosperm je na vitaminy velmi chudý. Pšenice je důležitým zdrojem zejména vitaminů skupiny B a vitamínu E. Pšeničné zrno obsahuje ve větším množství např. thiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), kyselinu nikotinovou (PP vitamin), kyselinu pantothenovou a vitamin E (tokoferol), který je nejvíce zastoupen v pšeničných klíčcích (Wieser et al. 2020).

3.3 Technologie zpracování pšenice

Technologický postup zpracování pšenice závisí především na kvalitě pšenice, úrovni technologického vybavení dané výrobní jednotky, sortimentu výrobků, jejich požadované kvalitě a účinnosti technologie (Martinek & Filip 2012). Technologický postup zpracování pšenice lze vyjádřit schématickým znázorněním (viz obrázek 3 níže).

Obr. 3 Technologické schéma výroby mouky



Zdroj: Kadlec (2008)

3.3.1 Příjem a skladování surovin

Obilné zrno je i po sklizni neustále živým organismem, který v této fázi prochází obdobím posklizňového dozrávání a dormance. Zrno podléhá mnoha vnějším i vnitřním faktorům, které mohou způsobit snížení konzumní hodnoty pšenice a vést až k úplnému znehodnocení této suroviny. Proto je velmi důležité sledovat vlastnosti a případné změny v pšeničné biomase určené k mlýnskému zpracování (Posner 2009; Pažout et al. 2012).

Příjem surovin patří mezi jednu z nejdůležitějších činností mlýna, neboť nákup surovin tvoří přibližně 80 % jeho celkových ekonomických nákladů. Vlastnímu příjmu vždy předchází uzavření smlouvy s dodavatelem, která udává množství suroviny, požadované kvalitativní

ukazatele, termíny dodávek, sankce při nedodržení podmínek smlouvy i případné srážky (Martinek & Filip 2012).

Obilí se obvykle dopravuje do mlýna ve volně loženém stavu, výjimku tvoří přeprava ve vacích či v pytlích, které slouží k převozu menších objemů této suroviny. K přepravě se využívají ve většině případů nákladní automobily se speciálními velkokapacitními návěsy, případně lze využít také železniční či lodní dopravu (Posner 2009). Autoři Martinek a Filip (2012) uvádějí, že po dopravě do mlýna následují tyto provozní postupy:

- Hmotnostní přejímka – zvážení nákladu přejezdovými či dávkovacími vahami
- Kvalitativní přejímka – odebrání několika vzorků a následná analýza v laboratoři
- Vyskladňování z dopravního prostředku
- Předčištění suroviny – odstranění prachu a hrubých nečistot
- Ošetření sušením – provádí se pouze v případě mokré sklizně (jen ve výjimečných případech)
- Přepouštění a uskladnění obilí do sil

Metody kontroly kvality obilné suroviny jsou dány normou ČSN 46 1100-2, Pšenice potravinářská. Tato norma specifikuje požadavky na následující vlastnosti: vlhkost, objemová hmotnost, příměsi, nečistoty, obsah dusíkatých látek, sedimentační hodnota (Zelenyho test) a číslo poklesu. Kvalita pšenice se zjišťuje a zaznamenává pro dosažení požadovaných specifiací konečného výrobku neboli mouky (Kadlec 2008; Khan 2009). Příhoda et al. (2004) dodává, že kromě výše uvedených se při vstupní kontrole provádí také stanovení příměsí a nečistot, kontrola přítomnosti škůdců a sensorické hodnocení (zápach a vzhled obilí). Ve výsledku je pak obilí zařazeno do jakostní třídy pro potravinářskou pšenici. V případě, že daný vzorek nespĺňuje danou normu pro potravinářskou pšenici, nelze dodávku přijmout do skladu (Příhoda et al. 2004).

3.3.2 Čištění a příprava k mletí

Při mlýnském zpracování pšenice je nejprve nutné zrno předčistit a sestavit tzv. směs na zámel. Hlavním cílem míchání směsi obilí na zámel je vytvořit takovou směs, aby bylo dosaženo požadovaných jakostních charakteristik s ohledem na uživatelské vlastnosti výrobků. Následně je nutné připravit zrno k mletí, což se provádí v tzv. mlýnské čistírně. V tomto úseku je zrno zbaveno všech nečistot a příměsí, k čemuž se využívají přístroje jako je např. odkaménkovač, aspirátér, triér či magnetický separátor. Následně zrno prochází tzv. kondicionováním, kdy je nakrápěno vodou a zároveň zahříváno. Tento technologický zákrok ovlivňuje mechanické vlastnosti zrna a způsobuje jeho bobtnání. Dnes se místo záhřevu však často využívá pouhé odležení po dobu několika hodin z důvodu nižší energetické náročnosti (Příhoda et al. 2004; Martinek & Filip 2012).

Vyčištěné, nakropené a odležené zrno se dále povrchově upravuje na odíracích a kartáčovacích strojích. Tento proces má za cíl úplné odstranění povrchových vrstev obilek, tedy zejména oplodí, vousků a prachu. Poté může být obilí navlhčeno na vlhkost 15 až 16 % a před samotným mletím shromážděno do přípravného zásobníku (Tauferová et al. 2014).

3.3.3 Mletí

Mlecí proces je založen na dvou základních operacích, které se nazývají dezintegrace meliva a třídění produktu. Souhrnně se tyto dvě operace označují jako pasáž (česky také mlecí chod). Cílem celého mlecího procesu je pak oddělit všechny obalové vrstvy od endospermu a endosperm rozdrtit na podíly o předepsané granulaci. Aby došlo k co možná nejúčinnějšímu vytěžení zrna v potřebných frakcích a čistotě, zařazuje se v technologických postupech více pasáží za sebou. Uvádí se, že v pšeničném mlýně jich je běžně okolo 15 až 20 (Příhoda et al. 2004).

Proces mletí se dle Tauferové et al. (2012) dělí na šrotování, luštění a následné vymílání. Při procesu šrotování zrna dochází k oddělení obalových vrstev a otevření zrna. Luštění spočívá v drcení krupic a proces vymílání má částice endospermu rozemlít na požadovanou granulaci a vytvořit tak výsledné produkty. Základní stroje používané v mlýnské technologii při procesu mletí se nazývají válcové stolice, rovinné vysévače a stroje pro čištění krupic.

Hlavními produkty mlýnské technologie jsou mouky a krupice, ale existuje také celá řada vedlejších produktů, které nacházejí využití v potravinářství a v zemědělství. Mezi vedlejší produkty patří např. otruby, krmné mouky, klíčky, šrot, prach a nezužitkovatelný odpad, který se využívá např. pro výrobu kompostů (Tauferová et al. 2012).

3.3.4 Skladování a expedice výrobků

Jako poslední krok nastává finální úprava mouk, kdy se z mouky druhové stává mouka obchodní, která je finálním výrobkem mlýna. Finální úprava stabilizuje a případně také modifikuje jakostní parametry mouky. Mouka prochází po mlecím procesu tzv. zráním, během kterého dochází jak k biochemickým, tak fyzikálně-chemickým změnám. Tyto změny zahrnují např. oxidaci biopolymerů, především pak bílkovin. Mouka se před samotnou expedicí nechává odležet minimálně po dobu 4 dnů, nejlépe však po dobu 1 až 2 týdnů. Správnému vyžrávání prospívá také provzdušňování (Příhoda et al. 2004).

Většina mouk, která je určena k průmyslovému zpracování, je expedována ze zásobníků přímo do cisteren. Další část je dodávána v různých obalech, časté jsou např. různé druhy pytlů (papírové, polypropylenové či tkané). Často jsou využívány také obaly typu „big bag“ pro zpracování v menších provozech. Pro běžné spotřebitele se na trh dodávají mouky balené v papírových sáčcích (nejčastěji o hmotnosti 1 kg), které balí automatické balicí linky (Příhoda et al. 2004).

3.3.5 Pekárenská výroba a technologie

Mezi základní suroviny pro běžnou pekárenskou výrobu patří mouka, voda, droždí a sůl. Jako tzv. pomocné suroviny se označují např. tuky, cukr, vejce, různé druhy kypřidel či mléčné produkty. V současné době se v pekárenské výrobě využívá také řada zlepšujících látek neboli přísad, mezi které se řadí enzymy, emulgátory, ochucující a aromatické látky, látky vážící vodu (např. modifikovaný škrob) či látky barvící výsledné výrobky (Pažout et al. 2012).

Mouka jako základní a univerzální surovina pekárenské výroby tvoří 60 a více procent většiny výrobků. Nejvíce užívané jsou pšeničné a žitné mouky, které se rozlišují dle stupně

vymletí neboli obsahu popelovin. V tabulce 3 níže jsou uvedeny základní typy mouk užívaných v pekárenské technologii včetně příslušného obsahu popelovin.

Tab. 3 Běžné typy mouk v pekárenské technologii a obsah popelovin

PARAMETRY	Typ	Obsah popela
Pšeničné mouky		
Hrubá	T 450	max. 0,50
Polohrubá	T 400	max. 0,50
Hladká světlá	T 530	max. 0,60
Hladká polosvětlá	T 650	max. 0,75
Hladká chlebová	T 1000	max. 1,15
Žitné mouky		
Výrazková	T 500	max. 0,65
Chlebová	T 930	max. 1,10

Zdroj: Příhoda et al. (2004)

Schéma 1 níže představuje technologické schéma pekárenské výroby. Výroba začíná příjmem a následným skladováním surovin. Dalšími kroky jsou příprava mouky a těsta, které může být vedeno přímo, kdy se všechny suroviny dávkuje současně a těsto se zpracuje ihned nebo nepřímě, kdy se nejprve musí připravit kvasné předstupně pro další výrobu. Pšeničné pečivo je zpracováno přímým vedením těsta (tzv. na záraz), zatímco při výrobě žitného či častěji směsného pšenično-žitného a žitno-pšeničného pečiva (typicky chleba) je nejčastěji užíváno nepřímé vedení těsta.

Schéma 1 Technologické schéma v pekárenské výrobě



Zdroj: Příhoda et al. (2004)

V dalších fázích výroby je těsto děleno na jednotlivé klonky a tvarováno dle potřeby. Mezi dělením a tvarováním těsta může být vložena fáze předkynutí těsta. Vytvarované pekařské výrobky dále prochází fází kynutí, která probíhá v kynárnách za podmínek stanovených pro daný typ výrobku (teplota, čas, vlhkost). Pak již přichází na řadu samotné pečení, které se dělí na dvě fáze, které se nazývají zapékání a vypékání. Fáze zapékání probíhá za vyšších teplot (u běžného pečiva je to cca 200 až 240 °C), dále se teplota snižuje a nadchází druhá část procesu pečení, tedy tzv. vypékání. Vypékání probíhá u většiny výrobků při teplotách do 200 °C po delší dobu, nežli je tomu u zapékání, tato doba se však výrazně liší dle velikosti a typu pekařského výrobku. Po upečení prochází finální výrobky ještě procesy chlazení a uskladnění před expedicí. Po úplném vychladnutí volně ložených výrobků se mohou výrobky také balit. Některé výrobky mohou před balením a expedicí procházet úpravou, kdy se nejčastěji jedná o krájení (Tauferová et al. 2014).

3.4 Jakostní charakteristiky pšenice

Pšenice je téměř nenahraditelnou surovinou pro potravinářský průmysl. Pšeničná mouka totiž vykazuje jedinečné zpracovatelské i nutriční vlastnosti, které umožňují vytvářet nejen pekárenské a pečivárenské výrobky, ale rovněž řadu dalších, jako jsou např. těstoviny či snídaňové cereálie. Kvalita pšeničného zrna je dána celou řadou ukazatelů, které jsou výrobci sledovány (Kulp & Ponte 2000). Obrázek 4 níže uvádí požadavky na jakostní parametry pro potravinářskou pšenici. Ve spodní části obrázku jsou uvedeny požadavky pro potravinářské pšenice užívané jako tzv. zlepšovadla do pekárenských a pečivárenských výrobků.

Obr. 4 Požadavky na jakostní parametry potravinářské pšenice

Vlhkost (%)	max. 14,0
N – látky v sušině (%)	min. 11,5
Obsah mokrého lepku v sušině (%)	min. 23
Objemová hmotnost (g/l)	min. 770
Číslo poklesu (s)	min. 180
Gluten index	min. 40
SDS test (ml)	min. 55
Obsah příměsí (%)	max. 4,0
Obsah nečistot (%)	max. 0,3
Pšenice používané jako zlepšovadla (třídy E – A)	
N – látky v sušině (%)	min. 13,5
Obsah mokrého lepku v sušině (%)	min. 30
Číslo poklesu (s)	min. 220
Gluten index	min. 60
SDS test (ml)	min. 70

Zdroj: Příhoda et al. (2004)

Termín jakost vyjadřuje stupeň naplnění požadavků vůči určitému standardu. Jakost obilovin jakožto potravinářské suroviny lze dělit na následující typy (Zimolka 2005):

- Hygienická jakost (zdravotní nezávadnost)
- Nutriční jakost (splnění nutričních požadavků daných výživovými doporučeními)
- Senzorická jakost (zásadní pro spotřebitele, zejména u výsledných výrobků)
- Technologická jakost (nejdůležitější pro výrobce, zejména jde o zpracovatelnost)
- Užitná jakost (způsob využití a trvanlivost)

Technologická jakost pšenice je komplexní veličinou, která zahrnuje mnoho ukazatelů. Tento typ jakosti má největší souvislost s chemickým složením zrna, zejména pak s množstvím zásobních bílkovin v endospermu. Technologická jakost rovněž rozhoduje o zařazení potravinářské pšenice dle normy ČSN 46-1100-2.

Do roku 1997 bylo zrno děleno pouze na dvě kategorie, pšenici potravinářskou a pšenici krmnou. Poté však ÚKZÚZ navrhl podrobnější dělení dle způsobu využití zrna, a to konkrétně na (Zimolka 2005):

1. Pšenice pekárenské (výroba kynutých těst)
2. Pšenice pečivářské (výroba sušenek a oplatek)
3. Pšenice speciální (výroba škrobu a lihu)
4. Pšenice pro výrobu těstovin
5. Krmné pšenice

Potravinářská pšenice pro pekárenské využití se dále dělí na několik kategorií dle pekařské jakosti, které se nazývají třída elitní (E), kvalitní (A), chlebová (B) a pšenice nevhodná pro pekařské účely (C). Požadavky na zařazení do jednotlivých jakostních tříd zobrazuje tabulka 4 níže. Jednotlivé ukazatele zde uvedené budou podrobněji rozebrány v následujících podkapitolách.

Tab. 4 Požadavky na parametry potravinářské pšenice (dle kategorií pekařské jakosti)

Pšenice vyzrálá, zdravá (dle ČSN 46 1100-1), prosta škůdců (vč. roztočů) v jakémkoli stádiu vývoje, bez cizích pachů, musí být čištěná. Pšenice musí odpovídat ČSN 46 1100-2 platné od 1.7.2002 s upřesněním těchto parametrů normy:				
	A	B	C	D
Vlhkost max. (%):	14	14	14	14
Objemová hmotnost min. (kq/hl):	80	78	76	75
Příměsi max. (%):	4	4	4	5,5
Test gluten index - min/max (ml):	60-80	50-90	40-90	50-70
Lepek (%):	28	26	24	max. 25
Nečistoty max. (%):	0,3	0,5	0,5	0,5
Zeleného test (ml):	min. 40	min. 30	min. 30	max. 45
Obsah N-látek v sušině (N×5,7) min. (%):	13	12	11,5	10,5-12
Číslo poklesu (s)	min.240 / max.340	min.200	min.170	min.200
Škůdci (ks)	0	0	0	0

Zdroj: JP Agro Trade (2022)

Pšeničné zrno, které nesplňuje požadavky na zařazení do některé ze tříd potravinářské pšenice, se označuje jako pšenice nepotravinářská. Ta se pak využívá jako krmná pšenice či jako pšenice průmyslová. Tabulka 5 níže shrnuje požadavky na nepotravinářskou pšenici dle platné normy.

Tab. 5 Nákupní hodnocení nepotravinářské pšenice

Jakostní ukazatele	Pšenice
Vlhkost v %	nejvýše 14,5
Objemová hmotnost v kg/hl	nejméně 73,0
Druhá čistota v %	nejméně 95
Obsah N-látek v sušině (N x 5,7) v %	nejméně 10,5
Sedimentační index – Zelenyho test v ml	nejméně 22
Číslo poklesu v s	nejméně 220
Příměsi a nečistoty podle 3.1 a 3.10 celkem v %	nejvýše 12,0
Z toho:	
1) zlomky zrn podle 3.2 v %	nejvýše 5,0
2) zrnové příměsi dle 3.3 v %	nejvýše 7,0
Z toho: tepelně poškozená zrna dle 3.8 v %	nejvýše 0,5
3) porostlá zrna dle 3.9 v %	nejvýše 4,0
4) nečistoty dle 3.10 v %	nejvýše 3,0
Z toho: tepelně poškozená zrna dle 3.12 b) v %	nejvýše 0,05

Zdroj: ČSN 46 1200-2

Krmné pšenice jsou většinou nepotravinářské odrůdy s nižším podílem nerozpustných frakcí bílkovin jako je gliadin a glutenin. Zrno krmné pšenice by však mělo mít vysoký obsah energeticky bohatých živin, tedy zejména škrobu a tuku. Pro krmivářské využití pšenice je žádoucí co nejnižší obsah nestravitelných a antinutričních látek, jde zejména o vlákninu a neškrobové polysacharidy, fytáty, polyfenoly a inhibitory enzymů. Tyto látky totiž mohou výrazně snižovat dostupnost přijaté energie, neboť mají schopnost vázat některé živiny.

Jako průmyslová pšenice se označuje pšenice určená pro výrobu škrobu, etanolu či pro energetické účely. Pro produkci škrobu se využívají speciální odrůdy pšenice obecné s vysokým obsahem škrobových zrn o velikosti 10 až 25 µm. Rovněž pro produkci etanolu se využívají odrůdy s vysokým obsahem škrobu a vyšší enzymovou aktivitou, aby se při výrobě etanolu dosahovalo co nejvyšší výtěžnosti (Petr 2001).

3.4.1 Faktory ovlivňující kvalitu pšenice

Jakostní charakteristiky pšenice jsou ovlivňovány vlivy vnějšího i vnitřního charakteru. Mezi nejvýznamnější faktory působící na jakost zrna patří (Pasha et al. 2010):

- Odrůda
- Ročník a lokalita
- Agrotechnické podmínky
- Půdně-klimatické podmínky
- Průběh počasí

Odrůda pšenice je základním nositelem její jakosti. Výběr odrůdy a její vlastnosti hrají zásadní roli nejen co se týče výsledné kvality produkce, ale rozhodují také o stabilitě a výši výnosů. Šlechtění pšenice za účelem zlepšení kvality se začalo vyvíjet již na začátku 20. století, kdy nastal masivní rozvoj technologie zpracování osiva (Varzakas et al. 2014). Prugar et al. (2008) uvádí, že rozhodujícím faktorem úspěšnosti odrůdy na trhu je její výnos spolu s jakostí, která je požadována zpracovateli i spotřebiteli. Sortiment dostupných odrůd je každoročně uváděn v Seznamu doporučených odrůd pšenice, který je vydáván Ministerstvem zemědělství. Výběr konkrétních odrůd je založen na výsledcích státních odrůdových zkoušek, které provádí Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Při výběru odrůdy vhodné k pěstování se berou v úvahu zejména kvalitativní vlastnosti dané odrůdy, agroekologické podmínky stanoviště, adaptabilita odrůdy, odolnost vůči stresovým faktorům prostředí apod. (Palík et al. 2009).

Ročník a lokalita pěstování pšenice mohou hrát rovněž velmi důležitou roli v spoluurčování kvalitativních parametrů pšenice. Ve střední Evropě totiž má právě lokalita pěstování pšenice a s tím související klimatické podmínky dominantní vliv na výslednou jakost. Lokalita je dána umístěním pozemku v příslušné výrobní oblasti. V České republice se výrobní oblasti dělí na čtyři základní, které se nazývají oblast kukuřičná, řepařská, bramborářská a horská. Tyto zemědělské oblasti dělí zemědělský půdní fond dle půdně-klimatických podmínek, které určují zemědělské využití a výrobní podmínky. Pšenice je pěstována ve všech výrobních oblastech, dosahuje však různé technologické kvality. Nejvyšší kvalita pšenice je zpravidla produkována v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti. Méně kvalitní zrna jsou pak produkována v bramborářské a horské výrobní oblasti. Rozdíl bývá zejména v obsahu pekárenské kvality bílkovin (Prugar & Hraška 1986).

Agrotechnické podmínky neboli pěstební technologie jsou jedním z dalších faktorů kvality ovlivňující zejména technologickou a nutriční kvalitu zrna. Spadá sem např. způsob založení porostu a jeho regulace, předplodina, termín setí a výsevek, výživa a hnojení či ochrana proti zaplevelení, chorobám a škůdcům, doba sklizně a posklizňové ošetření (Petr 2001).

Půdně-klimatické podmínky jsou jedním z nejdůležitějších vnějších faktorů ovlivňující výslednou jakost pšenice. Zásadní je přitom zejména kvalita půdy a podnebí dané pěstební lokalitou. Nejlepším půdním typem pro pěstování pšenice jsou dle Zimolky (2005) černozem či hnědozem. Půdní pH by se přitom mělo pohybovat mezi 6 až 7 a půda by měla obsahovat dostatečné množství podzemní vody.

Počasí ovlivňuje mnoho faktorů kvality pšeničného zrna. Mezi žádoucí podmínky patří dostatek srážek v době vegetace obilovin s následným zvýšením teplot s přiměřenou vlhkostí

půdy. Nežádoucí jsou extrémní teploty i přílišné zamokření půdy ke konci období tvorby zrna (Shewry 2009).

3.4.2 Ukazatele kvality pšenice pro potravinářské využití

Jakostní požadavky pšenice mohou být výrazně odlišné, proto není možné uvést konkrétní definici kvality pro zrno pšenice. Pro pěstitele je zásadní výnos, odolnost vůči chorobám a další aspekty, které mají vliv na dosažení co nejvyšší prodejní ceny. Pro mlynáře a další zpracovatele znamená kvalita pšenice zejména obsah a kvalitu obsažených bílkovin, výtěžnost mouky, pekařské vlastnosti či kvalitu zpracování. A konečně pro spotřebitele lze kvalitu definovat jako chutný, výživný a bezpečný potravinářský produkt (Varzakas et al. 2014).

Potravinářská pšenice má mnohostranné využití. Dle využití lze dělit jakost pšenice na mlynářskou, pekařskou, pečivářskou či těstářskou jakost (Zimolka 2005). Obrázek 5 níže představuje vlastnosti typické pro jakost mlynářskou a pekařskou jakost, které jsou ovlivňované zejména odrůdou a podmínkami prostředí při pěstování pšenice.

Obr. 5 Mlynářská a pekařská jakost pšenice



Zdroj: Petr (2001)

Potravinářská pšenice se dle pekařské jakosti (kategorie vhodnosti pro pekařské využití) nejčastěji dělí na tyto již zmíněné kategorie (Pažout et al. 2012):

- E – elitní pšenice
- A – kvalitní pšenice
- B – chlebová pšenice
- K – keksové pšenice
- C – zvláštní pšenice (určené ke speciálním jiným účelům)

Do kategorie elitní pšenice patří nejkvalitnější pšenice, které se označují též jako zlepšující. Ty mají také nejlepší technologické charakteristiky pro využití v pekařské technologii. Kvalitní pšenice označované písmenem A jsou považovány za dobré a samostatně zpracovatelné.

Chlebová pšenice je určena pro zpracování do chlebových směsí a může být též označena jako doplňková, neboť má již horší kvalitativní parametry nežli předchozí dva druhy pšenic. Pšenice označované písmenem K se nazývají také keksové pšenice a užívají se k výrobě nekynutého pečiva, obvykle sušenek a keksů. Poslední kvalitativní skupina označovaná písmenem C jsou pšenice určené pro ostatní (speciální) účely. Jejich jakost je definována právě těmito účely využití, typicky např. k získávání pšeničného škrobu. Takové pšenice nejsou vhodné pro pekařskou a pekárenskou výrobu (Zimolka 2005; Pažout et al. 2012). Tabulka 6 níže uvádí kritéria jakosti pro odrůdy klasifikované jako elitní, kvalitní a chlebové, které jsou nejčastěji využívané pro pekárenské využití. Údaje uvedené v tabulce níže uvádí shodně také ÚKZÚZ jako kritéria pro zařazování nových odrůd pšenice do skupin pekařské jakosti E (elitní), A (kvalitní) a B (chlebová).

Tab. 6 Kritéria jakosti vybraných odrůd potravinářské pšenice

Kritéria jakosti	E - elitní	A – kvalitní	B - chlebové
objem pečiva (ml)	659 – 728	622-651	547-611
číslo poklesu (s)	265 – 323	256 – 285	205 - 263
obsah bílkovin (%)	12,6-13,1	11,8-12,4	11,4- 12,1
sedimentační hodnota (ml)	37-51	33-39	21-23

Zdroj: Pažout et al. (2012)

Metody zkoušení obilovin lze rozdělit na dvě základní kategorie, a to metody přímé a metody nepřímé. Přímé metody měří fyzikální veličiny, jako je např. vlhkost či objemová hmotnost zrn. Metody nepřímé měří fyzikální veličinu, která je závislá na obsahu dané složky a patří sem např. uzanční metody a NIR spektroskopie (Palík et al. 2009).

Mezi hlavní kritéria sloužící k zařazení pšenice do jakostních skupin patří zejména:

- **Objemová hmotnost zrna**
- **Číslo poklesu**
- **Obsah N-látek (bílkovin)**
- **Obsah lepku**
- **Sedimentační hodnota (Zelenyho test)**
- **Výtěžnost mouky**
- **Obsah popela**
- **Stanovení vlastností škrobu**
- **Uzanční charakteristiky těsta** (farinograf, extenzograf, promylograf, alveograf)
- **Tvrдость zrna**
- **Pokusné pečení** (Rapid mix test)

Mlýnářská hodnota pšenice je dána dobrou zpracovatelností zrna v mlýnské technologii a co nejvyšší výtěžností mouky. Mezi základní stanovované parametry patří obsah vlhkosti, příměsí a nečistot, objemová hmotnost a obsah popela. Pekařská hodnota mouky se zaměřuje na technologické vlastnosti, které jsou určovány biochemickými parametry. Ukazateli pekařské jakosti jsou např. číslo poklesu, obsah dusíkatých látek a lepku, sedimentační hodnota či vlastnosti škrobu (Příhoda et al. 2004).

Existuje mnoho parametrů používaných k charakterizaci vlastností těsta a zjišťování pekařské kvality pšenice. Mezi nejužívanější patří Zelenyho sedimentační test, číslo poklesu, alveograf, farinograf, extenzografická roztažnost a energie a v neposlední řadě také parametry mixografu (Varzakas et al. 2014).

Tabulka 7 níže představuje ukazatele sledované při nákupním hodnocení pekárenské a pečivářské pšenice a jejich hodnoty dle platné normy. Uvedené ukazatele jsou součástí mlynářské hodnoty pšenice.

Tab. 7 Nákupní hodnocení zrna pekárenské a pečivářské pšenice

Jakostní ukazatele	Pšenice pekárenská	Pšenice pečivářská
Vlhkost v %	nejvýše 14,0	nejvýše 14,0
Objemová hmotnost v kg/hl	nejméně 76,0	nejméně 76,0
Obsah N-látek v sušině (N x 5,7) v %	nejméně 11,5	nejvýše 11,5
Sedimentační index – Zelenyho test v ml	nejméně 30	nejvýše 25
Číslo poklesu v s	nejméně 220	nejméně 220
Příměsi a nečistoty podle 3.1 a 3.10 celkem v %	nejvýše 6,0	nejvýše 6,0
Z toho:		
1) zlomky zrn podle 3.2 v %	nejvýše 3,0	nejvýše 3,0
2) zrnové příměsi dle 3.3 v %	nejvýše 5,0	nejvýše 5,0
Z toho: tepelně poškozená zrna dle 3.8 v %	nejvýše 0,5	nejvýše 0,5
3) porostlá zrna dle 3.9 v %	nejvýše 2,5	nejvýše 2,5
4) nečistoty dle 3.10 v %	nejvýše 0,5	nejvýše 0,5
Z toho: tepelně poškozená zrna dle 3.12 b) v %	nejvýše 0,05	nejvýše 0,05

Zdroj: ČSN 46 1100-2

Vlhkost

Vlhkost zrna je definována jako obsah vody, který je možné odpařit za specifických podmínek uvedených v příslušné normě. Obsah vody je základním ukazatelem pro skladovatelnost zrna a je rovněž důležitý pro porovnatelnost výsledků jiných ukazatelů přepočtem na sušinu vzorku. Nejpoužívanější metodou stanovení je sušení v sušárně při teplotě 130 až 133 °C. Dalšími možnostmi pro stanovení vlhkosti mohou být tzv. vlhkoměry. Vlhkost by u pekárenské a pečivářské pšenice neměla přesáhnout 14 %, neboť při vyšší vlhkosti hrozí rozvoj nežádoucích mikroorganismů (Zimolka 2005).

Pro výpočet vlhkosti je uváděn následující vztah:

$$\text{Výpočet vlhkosti} = \frac{(\text{hmotn. navážky (g)} - \text{hmotn. po sušení (g)}) \times 100}{\text{hmotn. navážky (g)}} \quad (\%)$$

Příměsi a nečistoty

Příměsi a nečistoty mohou nepříznivě ovlivnit jakost mouky, neboť prodlužují dobu čištění suroviny a zhoršují celkovou výtěžnost. Jako příměsi se označují zlomky zrn, zrna porostlá či scvrklá, zrna poškozená škůdci, zrna jiných obilovin, dále zrna s atypickou barvou klíčku či zrna tepelně poškozená. Mezi nečistoty se pak řadí všechna poškozená zrna, cizí semena a látky a námel. Maximální obsah příměsí by neměl přesáhnout 6 % celkového množství, zatímco obsah nečistot v zrně by neměl přesahovat pouhých 0,5 % celkového množství zrna (ČSN 46 1011-6).

Objemová hmotnost zrna

Objemová hmotnost zrn, dnes často označovaná také jako hektolitrová váha, je součástí mlynářské i pekařské jakosti a vyjadřuje poměr hmotnosti obiloviny a jejího objemu (v kg/hl). Tento ukazatel je definován jako hmotnost jednoho litru zrna (v kilogramech) nasypaného za stanovených podmínek. Objemová hmotnost zrna slouží k charakterizaci velikosti, tvaru a plnosti obilok. Zjišťuje se za pomoci tzv. obilního zkoušeče, který umožňuje předepsaným způsobem nasypat zrno do odměrného válce o objemu 1 litru (Doležel et al. 2008).

Obsah dusíkatých látek

Obsah dusíkatých látek je jedním ze zásadních ukazatelů jakosti, který ovlivňuje obsah lepkových bílkovin, a tedy i výsledný objem pečiva. Jde o ukazatel, který je významně ovlivněn faktory vnějšího prostředí při pěstování pšenice. Obsah dusíkatých látek může být cíleně navýšen vyšším přísunem dusíku (hnojením). Ze zjištěného obsahu dusíkatých látek lze vypočítat obsah bílkovin tak, že se obsah dusíkatých látek vynásobí faktorem, který je pro pšenici a mlýnské výrobky stanoven na 5,7 (Prugar 2008).

K analýze obsahu dusíkatých látek se často využívá Kjeldahlova metoda. Ta spočívá v mineralizaci vzorku kyselinou sírovou za přítomnosti katalyzátoru. Dusíkaté látky přítomné ve vzorku se tímto krokem převedou na síran amonný, který je v alkalickém prostředí přeměněn na amoniak. Amoniak se následně oddestiluje a stanoví titračně (Palík et al. 2009).

Obsah popela

Popeloviny jsou minerální látky, které tvoří nespalitelný podíl zrna. Jejich obsah se zjišťuje spálením vzorku při předepsané teplotě. Pro obiloviny se používá teplota 900 ± 25 °C. Obsah popela se zjišťuje následným zvážením po vychladnutí vzorku (Příhoda et al. 2004).

Sedimentační hodnota (Zelenyho test)

Zelenyho sedimentační test se využívá pro zjišťování množství a kvality lepkových bílkovin. Sedimentační hodnota udává objem sedimentu vzorku za podmínek daných metodou. Metoda funguje na principu rychlejší sedimentace mouk s vyšším obsahem bílkovin. Zelenyho test spočívá v přípravě suspenze mouky s vodou a následném přidání roztoku kyseliny mléčné. Sedimentační index je číslo udávající objem takto vzniklého sedimentu. Výsledek sedimentačního indexu by neměl být nižší nežli 30 ml. Pro pekařské výrobky je výhodnější vyšší sedimentační index, protože značí lepší viskoelastické vlastnosti zkoušené mouky, a tedy i lepší kvalitu výsledných výrobků (Zimolka 2005).

Číslo poklesu

Číslo poklesu či také pádové číslo stanovuje poškození zrna pšenice amylolytickými enzymy, zejména pak α -amylasou (neboli tzv. porostlost zrna). Poškození endospermu působí nepříznivě na kvalitu pšenice, neboť může způsobovat ztekucení škrobu a ztrátu jeho schopnosti vázat vodu. Pečivo vyrobené z mouky s nízkým číslem poklesu má malý objem, těsto je velmi těžko zpracovatelné a lepivé (Pažout et al. 2012).

Číslo poklesu vyjadřuje vztah mezi viskozitou suspenze vzniklé po zmazování škrobu při teplotě 100 °C a dobou poklesu míchadla touto hmotou. Tento ukazatel udává čas (v sekundách) potřebný na míchání směsi mouky a vody viskozimetrickým míchadlem. Výsledná hodnota by měla dosahovat více než 220 sekund (ČSN 46 1100-2).

Obsah lepku

Obsah mokrého lepku je dán podílem ve vodě nerozpustné pšeničné bílkoviny, která se získává vypíráním vytvořeného těsta. Lepek je základem struktury a stavby pšeničného pečiva. Jde konkrétně o heterogenní fázi bílkovin pšenice složenou z gliadinu a gluteninu. Gliadin zajišťuje viskozitu těsta, zatímco glutenin ovlivňuje jeho elasticitu neboli pružnost. Po přidavku vody do mouky se vytváří tzv. lepková mřížka, která je tažná a pružná. Ta umožňuje zadržovat v těstě plyny, které při pečení vytváří typickou pórovitost pečiva ve střídě. Obsah mokrého lepku lze zjistit ručním vypíráním či pomocí přístrojové techniky, mechanické vypírání lepku se provádí např. na přístroji Glutomatik (Příhoda et al. 2004).

Gluten index

Gluten index bývá označován také zkratkou GI. Hodnota tohoto indexu je dána poměrem stanoveného množství lepku, které při odstředování zůstalo na síti při centrifukaci a celkového lepku. Gluten index poukazuje na kvalitu lepku v dané mouce a může nabývat hodnot od 0 do 100. Dle výsledku indexu se lepek dělí na silný, středně silný či slabý. Pro pekařské účely se doporučuje hodnota GI od 85 do 95 (Příhoda & Hrušková 2007).

Tvrdost zrna

Tvrdost zrna je spíše doplňkovým ukazatelem, který má souvislost zejména s technologickou kvalitou zrna pšenice. V České republice se tento parametr pro hodnocení pšenice běžně nestanovuje. Tvrdost zrna je ovlivněna mechanickými a strukturními vlastnostmi zrna a obsahem vody v zrně. Používá se pro charakterizaci moučného endospermu (např. poškozenost škrobu, množství bílkovin apod.). Měkké pšenice nachází využití v pečivářenském průmyslu, neboť obsahují slabý bílkovinný komplex s nízkým obsahem poškozeného škrobu (Prugar 2008).

3.4.3 Jakost mouky

Kvalita mouky je dána zejména kvalitou pšeničného zrna, které je zpracováváno. Do jakosti se však promítají také další faktory, jako je např. vliv mletí, které může ovlivnit granulaci či množství poškozeného škrobu. Mezi další faktory s přímým vlivem na jakost pekařských výrobků patří dle Goesarta et al. (2015) také pekařská síla mouky, schopnost zadržovat plyny či barva mouky. Pekařská jakost mouky je tak souhrnem požadovaných vlastností, které po smísení s dalšími přísadami a vypracováním těsta poskytují výrobky s pozitivními sensorickými vlastnostmi (chut', vůně, vzhled).

Jedním z výše zmíněných základních faktorů ovlivňujících pekařskou jakost mouky je tzv. pekařská síla mouky. Síla mouky je dána kvalitou a množstvím bílkovin, zejména lepkových. Mouky lze z tohoto pohledu dělit na silné a slabé. Slabé mouky poskytují lepivá a roztékající se těsta, která vyžadují velmi šetrné hnětení a pouze krátkou dobu zrání. Silné mouky naopak poskytují těsta s velmi dobrými vlastnostmi pro zpracování i kynutí, neboť zadržují větší množství kvasných plynů a těsto je tak schopno lépe držet tvar. Silné mouky však obvykle potřebují intenzivnější hnětení a delší dobu zrání (Kovaříková & Netolická 2011).

Z hlediska funkčnosti lze pekařskou kvalitu hodnotit podle následujících faktorů (Macritchie 1984):

1. Vlastnosti při hnětení těsta a jeho struktura
2. Vlastnosti při kynutí a pečení v troubě
3. Zachování čerstvosti a trvanlivosti u hotových výrobků

Vhodné vlastnosti při hnětení a další manipulaci s těstem jsou zásadní pro bezproblémové zpracování těsta a pro zajištění kvality konečného výrobku. Při kynutí a pečení hraje zásadní roli schopnost těsta zadržovat plyny a vytvářet tak typickou pórovitou strukturu. Pro spotřebitele je důležitým aspektem kvality pečiva také zachování jeho čerstvosti a trvanlivosti po co nejdélejší možnou dobu (Macritchie 1984).

Během všech fází výroby pekařských výrobků dochází ke složitým chemickým, biochemickým a fyzikálním přeměnám, které jsou ovlivňovány různými složkami mouky. Hlavní složky mouky mají významný vliv na její technologickou kvalitu, zásadní roli zde proto hrají zejména škrob a bílkoviny (Varzakas 2015).

3.4.4 Reologická hodnocení

Reologie je dnes již poměrně známou vědou o deformaci a proudění hmoty. Jde o studium způsobů, jak materiály reagují na působící napětí či deformaci, přičemž všechny materiály mají reologické vlastnosti. Tyto vlastnosti jsou popisovány přístroji, které se nazývají reometry (Mirsaeedghazi et al. 2008).

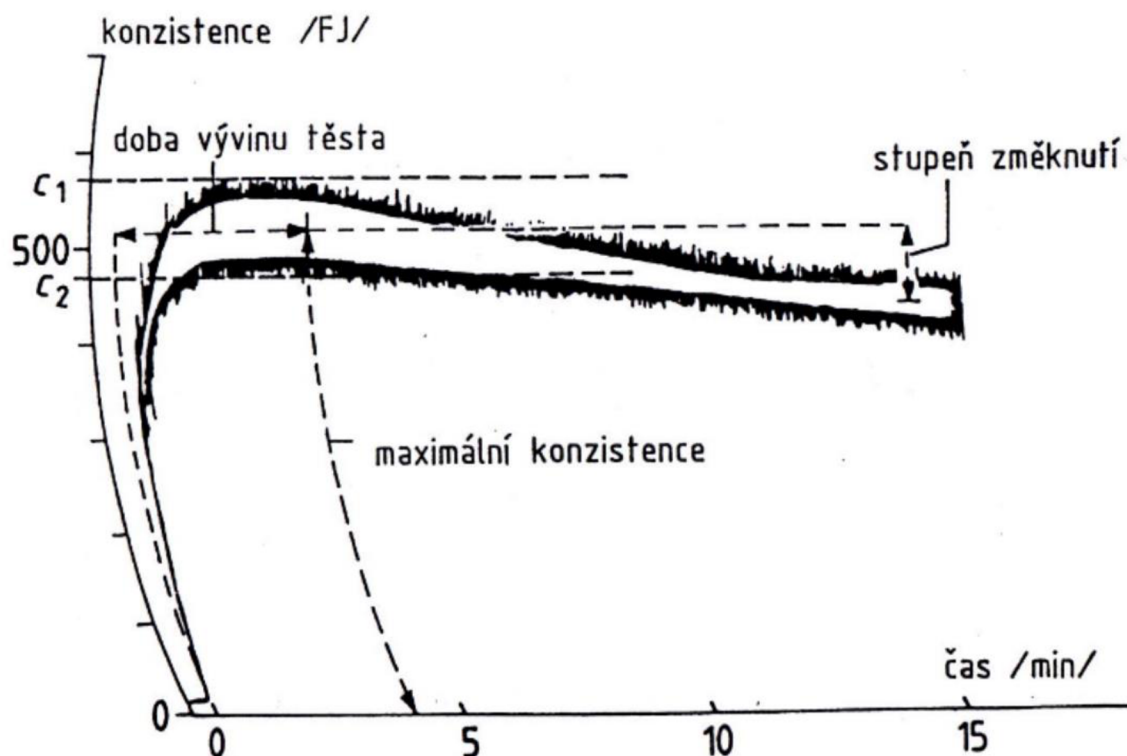
Reologické vlastnosti popisují chování pšeničného těsta v průběhu jeho pekařského zpracování. To je ovlivňováno zejména viskoelastickými vlastnostmi těsta. Viskoelastické vlastnosti souvisí s mnoha faktory, jako je typ mouky, těsto a jeho složení, teplota, obsah vody, přívod vzduchu a hnětení. Existuje mnoho laboratorních přístrojů pro hodnocení vlastností těsta, mezi které patří farinograf, extenzograf, promylograf, alveograf či mixograf. Na základě výsledků reologických stanovení je prováděna predikce praktických vlastností těsta. Cílem prakticky všech reologických měření je předvídat chování těsta v průběhu technologického procesu a získat tak informace pro provedení případných úprav v technologii výroby (Codina et al 2008).

Těsto vyrobené z pšeničné mouky je makroskopicky homogenní směs škrobu, bílkovin, tuku, soli, droždí a dalších složek. Při optimálním hnětení je těsto plně hydratované a má nejvyšší pružnost. Voda proto hraje důležitou roli při určování viskoelastických vlastností těsta. Další důležitou složkou je škrob, který tvoří asi 80 % sušiny pšeničné mouky. Ten je schopen spolu s pšeničnými bílkoviny vytvářet souvislou makromolekulární síť, která opět ovlivňuje reologické vlastnosti těsta. Nejvíce přispívá k viskoelastickým vlastnostem těsta lepek, přičemž nejvíce závisí na poměru gliadinu a gluteninu. Zvyšování poměru gluteninu ku gliadinu zlepšuje pevnost a viskozitu těsta (Song & Zheng 2007). Reologické vlastnosti těsta mohou být ovlivněny také jeho dalšími složkami. Významnou roli hraje např. použití soli, která má efekt na konzistenci a absorpci vody (Farahnaky & Hill 2007).

Farinografické měření

Farinograf patří mezi základní a nejpoužívanější přístrojové vybavení reologické laboratoře. Farinograf je přístrojem, který slouží k měření a zaznamenávání konzistence těsta. Podstata farinografického měření spočívá v měření časových změn vlastností těsta při jeho zpracování za stálé teploty (díky termostatu). Výsledkem měření je záznam zvaný farinogram. Jedná se o křivku, která charakterizuje změny v průběhu zpracování těsta v hnětacím zařízení přístroje. Z farinogramu se následně odečítají parametry zpracovávaného těsta. Konkrétní ukazatele jsou např.: konzistence těsta, doba jeho vývinu, stupeň změknutí či jeho stabilita (Khan et al. 2010). Následující obrázek 6 zachycuje výše zmíněné parametry.

Obr. 6 Farinogram s vybranými charakteristikami



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin (2022)

Ukazatel vaznosti mouky je určen množstvím vody přilívaným k mouce. Cílem je přitom získat maximální pevnost těsta. Hodnota vaznosti mouky je procentuální. Tento ukazatel je vždy vztáhnut se k celkové navážce mouky (Kovaříková & Netolická 2011).

Měřenými ukazateli jsou doba vývinu těsta, stabilita těsta a stupeň změknutí. Doba vývinu těsta je uváděna v minutách a určuje dobu, kdy se začíná přidávat voda, než dojde k bodu změknutí. Stabilita těsta je opět doba měřená v minutách a jde o rozdíl mezi body, kdy vrchol farinografické křivky poprvé přetíná hodnotu 500 F.j. a kdy ji přetíná naposledy. Stupeň změknutí je dán rozdílem ve výšce mezi středem křivky na konci doby vývinu těsta a středem křivky 12 minut po tomto bodě. Tento údaj (ve F.j.) podává informaci o chování těsta při hnětení a následném zrání (Příhoda et al. 2003).

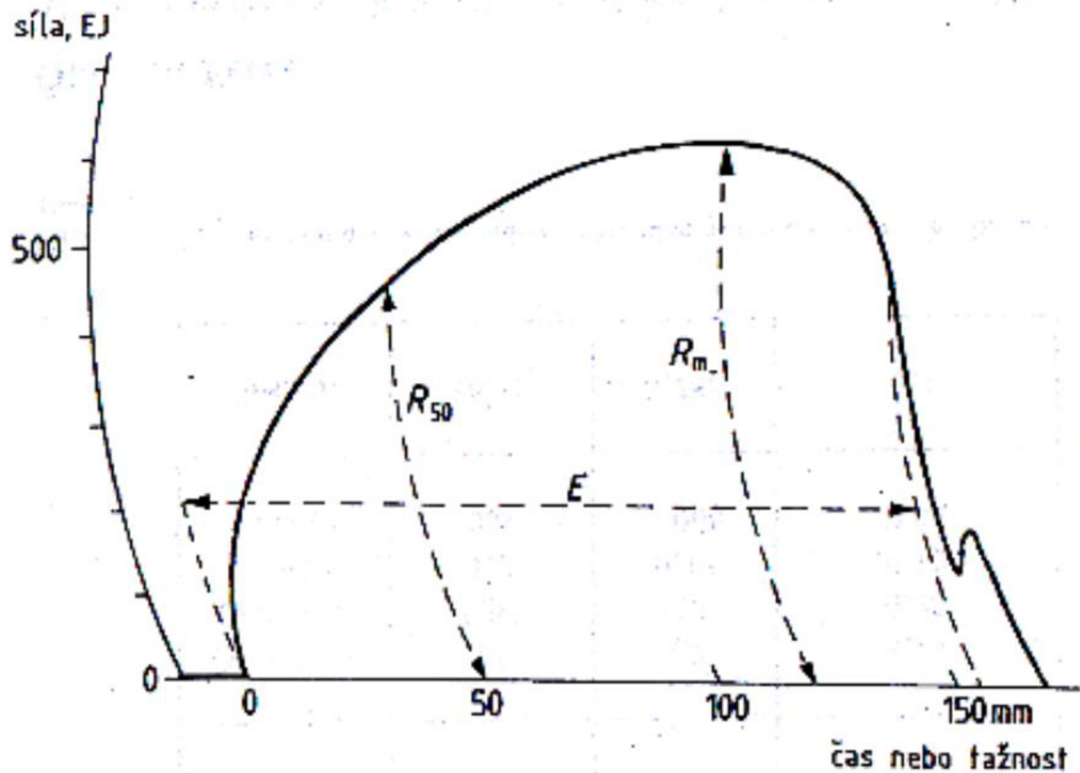
Extenzografické měření

Extenzograf je dalším z reologických přístrojů využívaných k měření fyzikálních charakteristik těst, který nachází široké uplatnění v pekárnách a mlýnech. Extenzograf na rozdíl od předchozího přístroje měří zároveň i tažnost. Měřenou veličinou je odpor těsta, který je zaznamenán v tahu. Tato veličina se uváděna extenzografických jednotkách (Kovaříková & Netolická 2011).

Těsto se nejprve musí připravit v hnětacím zařízení farinografu. Skládá se obvykle pouze několika základních složek. Těsto je formováno do válcovitého tvaru. Poté je nutné nechat těsto odpočinout. Podstata extenzografické zkoušky spočívá v natahování těsta. Zásadní je pak bod jeho přetržení, který se musí zaznamenávat ve výsledné křivce. Následně dochází k opětovnému spojení a formování těsta. Zkouška se opakuje ještě jednou či dvakrát stejným

způsobem. Měření odporu těsta je průběžně kvantifikováno zaznamenávacím zařízením přístroje. Vzniká tak extenzografická křivka (viz obrázek 7 dále). Tato křivka charakterizuje vlastnosti těsta, a tedy i použité mouky (Doležel et al. 2008).

Obr. 7 Extenzografická křivka s měřnými znaky



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin (2022)

Extenzogram uvedený na obrázku 7 výše uvádí následující charakteristiky: extenzografické maximum, odpor těsta a jeho tažnost, extenzografickou energii a v neposlední řadě lze vypočítat také extenzografický poměr. Extenzografické maximum je dané výškou křivky v jejím nejvyšším bodě a vyjadřuje se v extenzografických jednotkách (E.j.). Nízká hodnota extenzografického maxima je typická pro slabé mouky, naopak vysoká hodnota svědčí o pevném a málo tažném lepku, a tedy i kvalitní silné mouce. Běžné mouky dosahují hodnot okolo 450 až 600 E.j. (Příhoda et al. 2004).

Odpor těsta k natahování je definován jako výška extenzografické křivky v bodě po 50 mm od začátku natahování těsta. Tento ukazatel vypovídá o síle potřebné k natahování těsta a dají se podle něj porovnávat různé vzorky. Tažnost těsta je vzdálenost v mm (na ose x) od začátku natahování těsta až do okamžiku jeho přetržení. Pro pekařské využití je ideální tažnost od 140 do 170 mm (Kovaříková & Netolická 2011).

Extenzografická energie je plocha (v cm^2), která je vymezena osou x a extenzografickou křivkou. Běžně se tato plocha měří planimetricky. Extenzografická energie udává zpracovatelnost mouky, neboť ukazuje na rychlost zrání a měknutí těsta. Čím je tento ukazatel nižší, tím bude vyšší citlivost těsta k podmínkám zpracování. Kvalitní mouky se vyznačují extenzografickou energií vyšší než 110 cm^2 . Posledním sledovaným ukazatelem je extenzografický poměr, který se vypočítá jako poměr zjištěných hodnot odporu a tažnosti těsta.

Tento poměr je bezrozměrnou veličinou, která charakterizuje zejména objem a stabilitu těsta. Standardní hodnota tohoto ukazatele je okolo 2 (Příhoda et al. 2003).

4 Metodika a použitý materiál

Pro tuto diplomovou práci bylo vybráno šest odrůd ozimé pekárenské pšenice ze dvou různých zkušebních stanic Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ). Každá ze dvou vybraných pěstebních oblastí má odlišné agroekologické podmínky. Odrůdy byly záměrně vybrány z různých skupin pekařské kvality (E, A, B, C).

Vybrány byly konkrétně odrůdy Dagmar, Annie, Gordian, Pankratz, Frisky a Hyfi. Těchto šest odrůd bylo pěstováno na dvou stanovištích, konkrétně v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě. Na stanovišti v Čáslavi byly vybrané odrůdy pěstovány po dobu tří let (2016 až 2018), na stanovišti ve Vysoké u Příbramě po dobu dvou let (2017 a 2018).

Jednotlivé vzorky byly rozemlety na mouku pomocí laboratorního mlýnu YM-10, na které byly následně prováděny analytická a reologická stanovení. Mezi použité analytické metody patřilo zjišťování vlhkosti vzorků, obsahu popela v mouce, číslo poklesu, obsah lepku a gluten index, Zelenyho sedimentační test a zjišťování obsahu dusíkatých látek v jednotlivých vzorcích. Následně bylo provedeno reologické stanovení jednotlivých mouk na farinografu. Dále byl proveden také pekařský pokus, kterým byly vyhodnoceny zejména senzorní a fyzikální charakteristiky výsledných pekařských výrobků.

Dosažené výsledky byly dále vyhodnoceny statisticky. K tomuto účelu byl využit program Statistica 12 CZ. Ke zjišťování statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými vzorky byla použita analýza rozptylu. Hladina významnosti byla určena jako $\alpha = 0,05$, tedy s 5% pravděpodobností chybovosti výsledku.

4.1 Charakteristika vybraných odrůd

Zařazení odrůd do skupin pekařské jakosti představuje tabulka 8 níže. Informace o jednotlivých odrůdách byly čerpány ze Seznamu doporučených odrůd pro rok 2018, který každoročně vydává ÚKZÚZ.

Tab. 8 Zařazení odrůd do skupin pekařské jakosti

Skupina jakosti	Odrůda
E	Annie
A	Dagmar, Pankratz
B	Hyfi, Gordian
C	Frisky

Zdroj: vlastní zpracování

4.1.1 Annie

Annie je středně ranou osinatou odrůdou pšenice ozimé elitní (jakostní kategorie E) jakosti. Rostliny této odrůdy jsou popisovány jako středně vysoké, málo odnožující a poskytující poměrně velká zrna. Přednosti této odrůdy spočívají ve velmi vysokém obsahu

dusíkatých látek a vysoké objemové hmotnosti zrna. Rizikem může být pro pěstitele nižší odolnost proti napadení padlím. Nejvyšších výnosů je u této odrůdy dosahováno v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti.

Jelikož je tato odrůda řazena do elitní jakostní skupiny, vykazuje velmi vysoký obsah dusíkatých látek, velmi vysoký objem pečiva, vysokou hodnotu Zelenyho sedimentačního testu, velmi vysokou vaznost vody, velmi vysokou hodnotu čísla poklesu a vysokou až velmi vysokou objemovou hmotnost. Tyto ukazatele svědčí o výborných jakostních parametrech této odrůdy.

4.1.2 Dagmar

Dagmar je poloranou odrůdou pšenice kvalitní (jakostní kategorie A) jakosti. Rostliny této odrůdy jsou charakterizovány jako velmi dobře odnožující, s nízkým až středně vysokým vzrůstem. Zrno odrůdy Dagmar je velké. Přednostmi jsou zejména vysoká objemová hmotnost a vysoké a zároveň stabilní číslo poklesu. Tato odrůda je rovněž odolná proti poléhání i proti napadení žlutou pšeničnou rzí. Má také nižší náchylnost k napadení fuzariózami. Nižší je však odolnost proti padlí a hnědé rzivosti pšenice.

Výnos zrna této odrůdy je nejlepší v řepařské výrobní oblasti, v ostatních oblastech poskytuje obvykle pouze středně vysoké výnosy. Obsah dusíkatých látek je hodnocen jako středně vysoký, objem pečiva je vysoký, hodnota Zelenyho sedimentačního testu středně vysoká, číslo poklesu středně vysoké, vaznost vody u mouky je vysoká a objemová hmotnost je velmi vysoká.

4.1.3 Pankratz

Pankratz je považován za polopozdní odrůdu kvalitní (jakostní kategorie A) pekařské jakosti. Rostliny této odrůdy jsou velmi dobře odnožující a středně velké. Zrno je však poměrně malé (oproti odrůdám uvedeným výše). Tato odrůda je odolná proti poléhání a napadení hnědou rzí pšeničnou. Naopak náchylnější je k napadení žlutou rzivostí pšenice. Nejvyšších výnosů je u této odrůdy dosahováno v obilnářské a bramborářské výrobní oblasti.

Odrůda Pankratz je specifická poměrně nízkým obsahem dusíku v zrně. Pankratz se vyznačuje rovněž středně vysokým objemem výsledného pečiva. Vaznost vody je však u této odrůdy vysoká.

4.1.4 Hyfi

Hyfi je chlebovou odrůdou (jakostní kategorie B) pšenice ozimé. Tato odrůda se vyznačuje střední raností, střední výškou i odnožováním. Výhodou odrůdy Hyfi je vyšší výnos oproti předchozím odrůdám. Velmi vysoké výnosy bývají zaznamenávány v bramborářské i v obilnářské oblasti. Odrůda má však nižší odolnost proti napadení žlutou rzivostí a padlím pšenice.

Obsah dusíkatých látek je klasifikován jako nižší. Dosažená výška pečiva je u odrůdy Hyfi však poměrně vyšší, nežli je tomu u jiných odrůd podobné jakosti.

4.1.5 Gordian

Gordian je odrůda, která je vhodná pro využití ve směsných pekařských výrobcích (např. chléb). Tato odrůda poskytuje menší zrna. Výhodou odrůdy Gordian je výše a stabilita výnosů prakticky ve všech výrobních oblastech České republiky.

Obsah dusíkatých látek i objem pečiva je u odrůdy Gordian nízký. Vaznost vody a hodnota Zeleného sedimentačního testu je středně vysoká, naopak hodnota čísla poklesu a objemová hmotnost jsou vysoké.

4.1.6 Frisky

Frisky je charakterizována jako polopozdní odrůda pšenice ozimé, která je nevhodná pro pekařské využití (jakostní kategorie C). Odrůda Frisky je charakteristická nízkými rostlinami. Výnosy jsou u odrůdy Frisky považovány za nejlepší v řepařské oblasti. Hlavní předností je vysoká rezistence vůči chorobám (nejvíce rzivosti pšenice).

Odrůda Frisky je charakterizována velmi nízkým obsahem dusíku v zrně. Objem pečiva je rovněž spíše nižší.

4.2 Charakteristika vybraných stanovišť

4.2.1 Čáslav

Stanice Čáslav spadající pod správu ÚKZÚZ je lokalizována v okrese Kutná Hora. Ornice v této oblasti je definována jako hlinitopísčité. Jde o poměrně teplou oblast s mírnou zimou. Podrobnější informace o stanovišti v Čáslavi jsou uvedeny v následující tabulce 9.

Tab. 9 Charakteristika stanoviště Čáslav

Kraj	Středočeský
Okres	Kutná hora
Výrobní oblast	řepařská
Půdní typ	šedozem
Výměra pokusného pozemku	16,8 hektaru
Úhrn srážek	555 mm za rok
Průměrná teplota	8,9 °C

Zdroj: vlastní zpracování

4.2.2 Vysoká

Stanice Vysoká spadající pod správu ÚKZÚZ je v okrese Příbram. Druhem půdy je půda hlinitá. Jde o mírně studenější pěstitelskou oblast s vyššími srážkami oproti oblasti předchozí. Podrobnější informace o stanovišti ve Vysoké jsou uvedeny v následující tabulce 10.

Tab. 10 Charakteristika stanoviště Vysoká

Kraj	Středočeský
Okres	Příbram
Výrobní oblast	bramborářská
Půdní typ	fluvizem
Výměra pokusného pozemku	62 hektarů
Úhrn srážek	611 mm za rok
Průměrná teplota	7,1 °C

Zdroj: vlastní zpracování

4.3 Charakteristika sklizňových ročníků

4.3.1 Sklizňový ročník 2016

Podzim roku 2015 přinesl velmi suché počasí a příprava půdy pro zasetí tak byla velmi náročná. Sucho ovlivnilo také vzcházení obilovin, které bylo nerovnoměrné a časté bylo rovněž opožděné vzcházení (až měsíc po zasetí). Počasí se začalo vyvíjet příznivěji až v druhé půlce října, kdy přišly srážky a příznivé teploty. To umožnilo rostlinám dohnat růst. Zima byla na přelomu roku 2015 a 2016 velmi mírná a chybělo také sněhové pokrytí.

Na jaře roku 2016 se vyskytovaly převážně příznivé teploty bez velkých výkyvů. Na konci měsíce dubna se místy vyskytly přízemní mrazíky, ale porosty obilovin jimi nebyly příliš zasaženy. V květnu a červnu přišly bouřky a poléhání některých porostů. Červenec byl velmi teplý s občasnými tropickými teplotami. Problémem se však stalo výrazné sucho, které nastalo v důsledku nedostatku srážek. V druhé polovině léta však srážek přibylo, což však mnohde zkomplikovalo sklizeň obilovin, neboť měla zrna příliš vysokou vlhkost. Některé podmáčené a polehlé porosty nebylo možné sklídit vůbec. Obecně však lze konstatovat, že ročník 2016 byl pro pěstování obilovin poměrně příznivý.

Sklizňový ročník 2016 byl typický poměrně vysokým obsahem příměsí a nečistot, v normě bylo pouze 67 % vzorků. Rovněž objemová hmotnost pšenice byla poměrně nízká. Další ukazatele, jako je např. obsah dusíkatých látek, hodnota Zeleného testu a čísla poklesu byly v normě. Kvalitu zrna pšenice v tomto roce lze obecně hodnotit jako průměrnou až podprůměrnou (Jirsa et al. 2016).

4.3.2 Sklizňový ročník 2017

Na začátku podzimu roku 2016 vládlo velmi teplé a suché počasí. Až na konci září přišly dešťové přeháňky, a to zejména v Čechách, zatímco na Moravě převládalo sucho. Na přelomu října a listopadu se výrazněji ochladilo a napadl dokonce první sníh. Zima byla teplotně v normě, sněhová pokrývka přetrvávala i v nížinách. Mrazivé počasí pokračovalo až do konce února, kdy se výrazně oteplilo.

Jaro přineslo výrazné ochlazení, zejména měsíc duben byl teplotně spíše podprůměrný. V květnu se často vyskytovaly také přízemní mrazíky, porosty obilovin však opět nebyly

zasazeny. Srážky byly v roce 2017 nerovnoměrné, a proto se výrazně odlišovaly také dosažené výnosy obilovin. V jižních Čechách a na Moravě převládal nedostatek srážek. V těchto oblastech byly proto zaznamenány velmi nízké až průměrné výnosy zrna obilovin. Naopak v ostatních oblastech se dosahovalo poměrně dobrých výnosů z důvodu přiměřeného množství srážek ve vegetačním období.

Objemová hmotnost vzorků z tohoto roku byla opět poměrně nízká, nicméně obsah dusíkatých látek byl výrazně lepší oproti předchozímu roku 2016. Sucho v období zrání obilovin však negativně ovlivnilo obsah a kvalitu lepkových bílkovin. Další ukazatele kvality pšenice jako je hodnota Zeleného testu či číslo poklesu byly v normě (Polišenská et al. 2017).

4.3.3 Sklizňový ročník 2018

Září roku 2017 bylo chladné a deštivé, což místy způsobilo zpoždění v setí ozimých obilovin. V prosinci již převládalo zimní počasí se sněhovými srážkami. V lednu se výrazně oteplilo, poté však znovu přišlo ochlazení. Na konci března zavládly jarní teploty, které umožnily rychlé vzcházení a urychlení růstu a vývoje rostlin. Teplotně nadprůměrné teploty však byly doprovázeny nedostatkem srážek. Srážkový deficit se projevil na většině území České republiky.

Teplé a suché počasí se projevilo také na urychlení dozrávání obilí, kdy žňové období začalo někde již v červnu. Výnos byl však u pšenice poměrně nízký, přičemž průběh počasí negativně ovlivnil nejen výši výnosu předního zrna, ale i jeho technologickou jakost.

Kvalitativní parametry potravinářské pšenice byly v roce 2018 hodnoceny jako velmi dobré. Objemová hmotnost pšenice byla v tomto roce velmi vysoká, dokonce třetí nejvyšší za posledních 12 let. Obsah bílkovin i jejich kvalita byla hodnocena jako velmi dobrá. Požadavky na potravinářskou pšenici splňovalo 80 % vzorků (Jírša et al. 2018).

4.4 Postup přípravy vzorků

Před mletím byly vzorky ručně předčištěny a zrno tak bylo zbaveno příměsí a nečistot. Dále byly vzorky zváženy a čištěny za pomoci síta na přístroji Labofix. Přístroj je zobrazen na obrázku 8 níže.

Obr. 8 Příklad Labofix (výrobce Brabender)



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Dále byly vzorky zrna vyloupány a namočeny. Poté byly další den vzorky zrn umlety. Pro přípravu vzorků mouky byl využit laboratorní mlýn YM-10 (viz následující obrázek 9).

Obr. 9 Laboratorní mlýn YM-10



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

4.5 Analytické rozbory vzorků

4.5.1 Stanovení vlhkosti

Stanovení vlhkosti bylo provedeno dle podmínek daných normou ČSN 46 1100-2. Stanovení vlhkosti je gravimetrickou metodou založenou na snížení hmotnosti vzorku v průběhu procesu sušení. V prvním kroku byly prázdné misky i víčka vloženy do předehřáté sušárny na dobu jedné hodiny. Po vyjmutí a vychladnutí misek s víčky mohly být naváženy samotné vzorky mouky. Pomocí analytických vah bylo do každé z misek převedeno pět gramů daného vzorku mouky. Každý navážený vzorek byl rovnoměrně rozmístěn po dně misky. Vzorky (bez víček) byly poté rozmístěny do sušárny zahřáté na sto třicet stupňů Celsia. Vzorky se v sušárně sušily po dobu jedné hodiny.

Po provedeném vysušení byly všechny vzorky zavíčkovány a přemístěny do exsikátoru. Zde zůstaly až do vychladnutí obsahu, což trvalo po dobu cca čtyřiceti minut. Na obrázku 10 níže je vyobrazena sušárna a vpravo od ní exsikátory.

Obr. 10 Sušárna a exsikátor



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Poté se vzorky znovu zvažily na laboratorních vahách. U každého ze vzorků byla provedena dvě měření, která proběhla souběžně. Výsledek byl získán dle následujícího vzorce pro výpočet, kde jsou všechny veličiny uvedeny v gramech a výsledek pak v procentech:

$$w = \frac{m_{\text{vzorku před sušením}} - m_{\text{vzorku po sušení}}}{m_{\text{vzorku před sušením}}} * 100$$

4.5.2 Stanovení popela

Obsah popelovin byl stanoven dle normy ČSN 2171. Opět se jedná o metodu založenou na gravimetrickém stanovení. Při spalování vzorků by mělo dojít k úplnému rozkladu všech organických látek. Zbytek po spálení pak představuje látky anorganické neboli popeloviny. Keramické misky určené pro spalování vzorků byly nejprve zváženy na analytických vahách. Do každé z nich bylo následně umístěno pět gramů mouky. Misky byly vloženy do pece, kde začalo spalování. Dvířka byla otevřena po celou dobu, kdy byl viditelný plamen. Po jeho vyhasnutí byla dvířka zavřena a spalování dále probíhalo (při teplotě devět set stupňů Celsia) po dobu tří hodin. Po ukončení tohoto procesu byly misky vyjmuty pomocí kleští. Dále bylo nutné vzorky ponechat k vychladnutí. Úplné vychladnutí pak probíhalo v exsikátoru po dobu několika hodin. Poté byla zjištěna výsledná hmotnost vzorků po spálení a vypočten obsah popelovin. Obrázek 11 níže zobrazuje muflovou pec využitou při stanovení popela.

Obr. 11 Muflová pec



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Obsah popela je stanoven na základě dvou měření, jejichž výsledky byly zprůměrovány. Popeloviny byly vypočteny za pomoci následujícího vzorce uvedeného níže.

$$m_1 \cdot \frac{100}{m_0} \cdot \frac{100}{100.H} \quad \begin{array}{l} m_0 - \text{hmotnost vzorku v g} \\ m_1 - \text{hmotnost zbytku v g} \\ H - \text{vlhkost vzorku v \%} \end{array}$$

výsledek - průměr 2 stanovení, % na 2 desetinná místa

4.5.3 Stanovení čísla poklesu

Stanovení čísla poklesu bylo převzato z normy ČSN 46 1100-2. Číslo poklesu je dáno časem potřebným k ztekucení suspenze vody a mouky. Hmotnost naváženého vzorku byla vypočtena dle tabulkové hodnoty dané vlhkostí mouky. Vzorky byly naváženy do laboratorních zkumavek. K naváženým vzorkům bylo přilito dvacet pět ml destilované vody a jednotlivé vzorky byly zavičkovány gumovými víčky. Takto připravené vzorky byly následně promíchány.

Vzorky byly ponořeny do vroucí lázně přístroje. Přístroj pak začal promíchávat vzniklou suspenzi. Tento proces trval po dobu jedné minuty. Poté se míchadlo zastavilo a klesalo až na dno zkumavky, kdy se ozval zvukový signál. Pro každý vzorek byla opět provedena dvě stanovení, jejichž výsledky byly zprůměrovány. Po provedení zkoušky byl odečten čas v sekundách uvedený na displeji přístroje. Přístroj Falling Number použitý pro stanovení čísla poklesu je uveden na následujícím obrázku 12.

Obr. 12 Přístroj Falling Number (stanovení čísla poklesu)



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

4.5.4 Stanovení lepku a gluten index

Stanovení lepku bylo provedeno v souladu s normou ČSN 46 1011-9. Ke stanovení byl využit přístroj Glutomatic (viz obrázek 13 níže). Před samotnou zkouškou musel být přístroj zavodněn, aby byl provozuschopný.

Nejprve bylo nutné navážít deset gramů vzorku a ten kvantitativně převést do nádoby určeným pro daný typ mouky. Poté byl ke vzorku po kapkách přidán solný roztok (pět mililitrů) o koncentraci dvě procenta soli. Následně byl vzorek umístěn do centrifugační jednotky

přístroje Glutomatic a přístroj byl zapnut. Po skončení programu určeného pro centrifugaci daného vzorku byl odebrán vypraný lepek. Lepek byl poté zvážen na laboratorních vahách.

Obsah lepku byl vypočten dle následujícího vzorce:

$$\text{Mokrý lepek} = (m_{\text{vypraného lepku}} \times 10 \times 100) / \text{sušina}$$

Gluten index byl vypočten dle následujícího vzorce a zaokrouhlen na celé číslo:

$$(m_{\text{lepku po centrifugaci}} \times 100) / m_{\text{celkového lepku}}$$

Obr. 13 Přístroj Glutomatic (pro stanovení mokrého lepku)



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

4.5.5 Zeleného sedimentační test

Zeleného test je jedním z nejdůležitějších kvalitativních parametrů zkoušené mouky. Tento test byl proveden v souladu s podmínkami danými normou ČSN ISO 5529. Čím vyšší je dosažena výška sedimentované mouky, tím vyšší je i kvalita a obsah bílkovin pšenice. Do válce určeného k sedimentaci byly převedeny tři gramy vzorku. Dále bylo přidáno padesát mililitrů bromfenolové modři a směs byla zhomogenizována. Následně byl válec vložen do přístroje určeného k sedimentaci (viz obrázek 14 níže). Obsah byl promícháván po dobu pěti minut. Po této době byl přístroj vypnut a válec vyjmut. Ke směsi bylo přidáno Zeleného činidlo o objemu dvacet pět mililitrů. Poté byl vzorek byl opět dán do přístroje a přístroj byl zapnut po dobu

dalších pěti minut. Po ukončení programu a uplynutí doby určené pro sedimentaci vzorku (což bylo osm minut) byl zjištěn objem sedimentované části vzorku neboli tzv. sedimentu.

Obr. 14 Přístrojové vybavení pro Zelenyho test



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Pro všechny vzorky byla opět provedena dvě nezávislá měření. Výsledek byl uveden v ml a přepočten dle následujícího vzorce:

$$(odečtená\ hodnota\ x\ 86) / sušina\ vzorku$$

4.5.6 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Kjelahlova metoda je jednou z nejčastěji používaných metod při stanovení dusíkatých látek ve vzorku. Je uvedena také v normě ČSN 56 0512-12. Princip metody spočívá v konverzi dusíkatých látek na látky anorganické. Vzorek (jeden gram) byl nejprve zvážen na váženkách a kvantitativně převeden do kyvety určené k mineralizaci vzorku. Dále byly do kyvety přidány 2 ks tablet selenového katalyzátoru (ke zrychlení reakce) a kyselina sírová (objem patnáct mililitrů). Vytvořená směs byla otáčením kyvety promíchána. Mineralizační kyveta byla vložena do bloku určeného k mineralizaci vzorku. Proces probíhal po dobu jedné hodiny za stanovené teploty 430 °C. Poté, co vzorek vychladl, bylo přilito k obsahu tuby šedesát pět mililitrů destilované vody a roztok hydroxidu sodného (sedmdesát mililitrů). Vzorek byl destilován vodní parou v přístroji Kjeltec (viz obrázek 15) a amoniak byl zachycen ve směsi kyseliny borité s indikátorem. Na obrázku 15 dále lze vidět přístrojovou techniku použitou pro destilaci vzorku.

Obr. 15 Destilační jednotka Kjeltec



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Množství amoniaku bylo stanoveno titračně. Vzorek byl titrován 0,2 M kyselinou sírovou za stálého míchání do jasně růžového zabarvení. Obsah dusíku v sušině byl následně vypočten dle následujícího vzorce pro výpočet:

$$X = \frac{6,25 \times m \times (V_3 - V_2) \times C_2}{m}$$

kde

V_2 – spotřeba odměrného roztoku k. sírové na slepou zkoušku v ml

V_3 – spotřeba odměrného roztoku k. sírové na zkoušený vzorek v ml

C_2 – přesná koncentrace použitého odměrného roztoku k. sírové v mol.l⁻¹

M – molekulární hmotnost dusíku v g.mol⁻¹ (14,007)

m – hmotnost navážky vzorku v g

výsledek v g.kg⁻¹ na celé jednotky

obsah N-látek v % v sušině vzorku byl vypočten dle vzorce:

$$Y = \frac{X \times 100}{S}$$

kde

X – obsah dusíkatých látek v sušině v $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

S – obsah sušiny ve zkušební vzorku v %

4.6 Reologické stanovení

Cílem všech reologických měření je předvídat chování těsta v průběhu technologického procesu a získat tak informace pro provedení úprav v technologii výroby. Farinograf je přístojem, který je určen ke stanovení vaznosti vody a reologických vlastností těsta.

Farinograf měří a zapisuje konzistenci těsta při jeho tvorbě, vývinu a následném hnětení. Zapisovací zařízení zaznamenává odpor těsta v průběhu jeho hnětení dynamometricky, přičemž jsou tak zachyceny fyzikální změny vlastností těsta vlivem jeho mechanického namáhání při konstantní teplotě. Výsledkem je křivka charakteristického tvaru neboli tzv. farinogram. Z této křivky se pak vyhodnocují pekařské parametry těsta, jako je konzistence, doba vývinu, stabilita těsta a doba změknutí. Na obrázku 16 níže je zobrazen farinograf značky Brabender využitý při farinografickém stanovení.

Obr. 16 Farinograf Brabender



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Pro zahájení farinografického stanovení bylo nutné navážit tři sta gramů mouky s přesností na 0,1 g. Mouka byla vysypána do hnětacího prostoru farinografu vyhřátém na stanovenou teplotu třicet stupňů Celsia. Po zapnutí farinografického přístroje byla mouka

míchána po dobu šedesáti sekund. Dále byl do hnětacího přístroje přilít přídavek destilované vody. Mouka a voda byly promíchávány protisměrně se pohybujícími lopatkami s poměrem otáček 3:2. Přidávaná voda byla předem temperována na třicet stupňů Celsia. Přídavek vody byl regulován tak, aby bylo dosaženo konzistence 500 F.j, tedy tzv. maximální konzistence těsta. Zbytky těsta byly průběžně stírány. Přidaná voda při farinografickém stanovení určuje vaznost vzorku dané mouky. Farinograf byl zapnut po dobu dalších dvanácti minut. Posléze bylo zaznamovací zařízení farinografu vypnuto. Odolnost těsta vůči hnětení je zaznamenávána v průběhu celého procesu a poskytuje tak další informace o jeho vlastnostech.

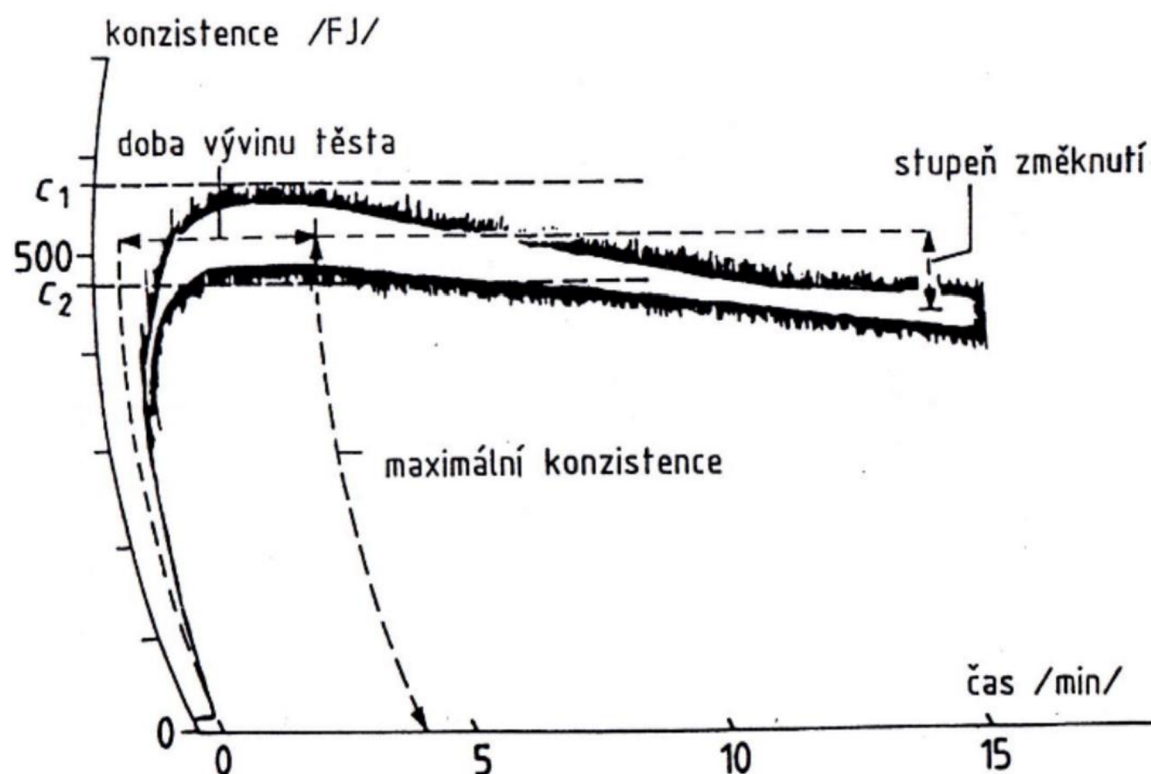
Vaznost v procentech byla určena na základě farinografického záznamu. Tento ukazatel byl zjišťován dle množství vody potřebného k dosažení maximální konzistence těsta. Dalšími stanovovanými ukazateli zjištěnými z farinogramu byly doba vývinu těsta, jeho stabilita a stupeň změknutí.

Doba vývinu těsta je ukazatelem, který je dán časovým úsekem od přidávání vody do mouky do bodu změknutí těsta. Stabilita těsta je dalším stanovovaným ukazatelem. Je definován jako rozdíl mezi vrcholem farinografické křivky a jejím poklesem pod pět set farinografických jednotek.

Pokles konzistence (čili stupeň změknutí) je posledním z uvedených farinografických ukazatelů. Je dán rozdílem výšky středu farinografické křivky a středem křivky po uplynutí dvanácti minut od počátku.

Všechny uvedené měřené ukazatele jsou zobrazeny na následujícím obrázku 17.

Obr. 17 Farinogram s vyznačenými měřenými ukazateli



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Výsledky farinografického stanovení byly vyhodnoceny s pomocí tabulky 11 uvedené níže.

Tab. 11 Farinografické vyhodnocení

FARINOGRAFICKÉ HODNOCENÍ - farinogram

Ukazatel	Mouka		
	slabá	střední	silná
Vaznost mouky (%)	50	55	58 - 60
Vývin těsta (min.)	1 - 1,5	2 - 3	4 - 5
Stabilita těsta (min.)	2 - 3	4 - 5	6 a více
Pokles konzistence (F.j.)	nad 100	60 - 100	do 50

Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

4.7 Pekařský pokus

Další metodou použitou pro hodnocení pekařské jakosti mouky vyrobené z vybraných odrůd pšenice ozimé byl pekařský pokus. Cílem toho typu experimentu je simulovat skutečnou výrobu pečiva v laboratorních podmínkách. Tato metoda je pro posouzení pekařské jakosti pšenice nejvýznamnější, neboť poskytuje komplexní posouzení mouky a jejího chování v technologickém procesu pečení. Nevýhodami této metody jsou zejména nejednotný metodický postup, časová náročnost a subjektivní hodnocení. Obecné schéma postupu pekařského pokusu zobrazuje následující tabulka 12.

Tab. 12 Obecné schéma postupu pekařského pokusu

operace	laboratorní vybavení
mletí zrna	vhodný laboratorní mlýnek
stanovení vaznosti mouky	farinograf
příprava recepturních složek	
hnětení	hnětačí zařízení
tvárování těsta (nejlépe mechanicky)	zařízení na tvarování těsta
kynutí vytvarovaných kusů (volně nebo ve formě)	kynárna
pečení	pec s možností regulace teploty a zavlažování pečného prostoru
vyhodnocení výsledku pokusného pečení	zařízení na měření objemu pečiva

Zdroj: Kovaříková & Netolická (2011)

Pekařský pokus byl proveden dle předem určené receptury. Receptura byla následující:

- **300 g hladké pšeničné mouky**
- **12,5 g lisovaného pekařského droždí**
- **5 g kuchyňské soli**
- **4,5 g sacharózy**
- **3 g másla**
- **1,5 g pekařského enzymového přípravku**
- **Přídavek destilované vody – o 6 % nižší než vaznost na farinografu**

Těsto dle výše popsané receptury bylo zpracováno v hnětacím přístroji farinografu. Suroviny byly nejprve krátce promíchávány. Následně byla přidána voda o objemu odvozeném z předchozích stanovení. Těsto se nechalo vypracovávat po dobu pěti minut. Poté bylo přesunuto na tácek. Dále bylo těsto zakryto mísou a přesunuto do prostoru kynárny. Kynutí trvalo cca padesát minut. Následně bylo těsto vyjmuto z kynárny a bylo rozděleno na části s hmotností osmdesát gramů. Dále bylo rozdělené těsto vytvarováno do podoby kulových housek. Ty byly následně dány opět do kynárny. Zde housky kynuly po dalších padesát minut. Použitá kynárna je zobrazena na obrázku 18 níže.

Obr. 18 Kynárna



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Po vykynutí byly housky rozloženy po jedné do rotační pece. Pec byla neprve zapařena destilovanou vodou a rozežráta na dvě stě čtyřicet stupňů Celsia. Pečení probíhalo po dobu čtrnácti minut. Po vyndání hotového pečiva z pece se nechalo vychladnout po dobu devadesáti minut. Rotační pec využitá pro pečení housek je zobrazena na obrázku 19 níže.

Obr. 19 Rotační pec



Zdroj: Katedra kvality a bezpečnosti potravin ČZU v Praze

Po vychladnutí bylo pečivo hodnoceno. K hodnocení byly vždy vybrány tři kusy pečiva. Ty byly nejprve zváženy na laboratorních vahách. Poté byla byla změřena jejich šířka i výška (která je uvedena v milimetrech). Hodnoty byly následně zprůměrovány. Poté byl vypočten poměr výšky a šířky.

Dále byl měřen objem pečiva (v mililitrech). Nádoba na měření objemu pečiva byla v prvním kroku zcela zaplněna semínky. Následně byla tato nádoba vyprázdněna a byly do ní dány tři vybrané hodnocené kusy pečiva. Ty byly zasypány semínky. Objem semínek, který byl nadbytečný, byl trychtýřem nasypán do odměrného válce. Naměřená hodnota byla odečtena a zapsána. Takto byl zjištěn objem pečiva, který byl následně přepočten na sto gramů pečiva. Jako poslední byla hodnocena sensorická charakteristika pečiva. Hodnoceny byly technické vlastnosti těsta, tvar výrobku, barva kůrky, parcelace a vlastnosti střídy, pórovitost a celkový chuťový vjem.

5 Výsledky

V této diplomové práci bylo hodnoceno šest vybraných odrůd pšenice ozimé pěstovaných na dvou stanovištích spadajících pod kontrolu ÚKZÚZ. Výsledky jsou vyhodnoceny v dalších kapitolách této práce.

5.1 Analytické rozbory

Provedená stanovení a jejich výsledky u zkoušených odrůd pšenice jsou uvedeny v následujících tabulkách 13 a 14.

Tab. 13 Analytické hodnocení - Čáslav v letech 2016-2018

Odrůda	Rok	Vlhkost (%)	Popel (% suš.)	Číslo poklesu (s)	Leppek (% suš.)	Gluten index	Zeleného test(ml)	N-látky (% suš.)
Dagmar	2016	16,4	0,50	390	29,80	100	31	11,06
	2017	15,7	0,50	356	28,52	100	26	11,78
	2018	15,5	0,48	399	32,43	100	36	11,89
Annie	2016	16,3	0,60	527	34,29	100	32	12,43
	2017	14,2	0,59	558	37,50	100	26	13,71
	2018	15,3	0,59	480	43,45	91	40	14,91
Gordian	2016	16,3	0,54	429	28,85	100	26	10,95
	2017	14,8	0,55	356	31,84	100	21	12,06
	2018	15,7	0,50	398	32,74	96	27	11,48
Pankratz	2016	16,2	0,61	429	28,94	100	28	10,71
	2017	15,8	0,64	471	35,40	100	25	12,57
	2018	15,4	0,59	412	33,22	100	33	11,86
Frisky	2016	16,5	0,55	365	29,64	100	28	10,91
	2017	13,4	0,59	345	30,74	100	21	10,93
	2018	15,9	0,53	329	30,08	100	29	11,12
Hyfi	2016	16,4	0,60	339	29,90	100	30	10,51
	2017	16,3	0,53	382	31,56	100	26	11,40
	2018	15,6	0,53	264	30,45	100	32	11,38

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 14 Analytické hodnocení - Vysoká v letech 2017-2018

Odrůda	Rok	Vlhkost (%)	Popel (% suš.)	Číslo poklesu (s)	Lepek (% suš.)	Gluten index	Zeleného test (ml)	N-látky (% suš.)
Dagmar	2017	15,4	0,50	399	38,92	86	34	12,26
	2018	14,8	0,52	390	38,15	76	31	13,10
Annie	2017	15,0	0,61	473	40,51	74	34	15,73
	2018	14,9	0,63	596	44,42	78	37	14,70
Gordian	2017	15,0	0,55	420	35,89	80	26	11,50
	2018	14,2	0,54	517	38,81	78	31	12,51
Pankratz	2017	14,9	0,60	427	35,32	91	28	11,85
	2018	14,8	0,60	536	34,27	94	31	11,54
Frisky	2017	15,8	0,57	347	34,20	88	28	11,25
	2018	14,8	0,58	389	35,21	82	32	11,70
Hyfi	2017	14,8	0,51	320	37,36	90	31	11,78
	2018	15,1	0,59	306	36,16	92	30	11,56

Zdroj: vlastní zpracování

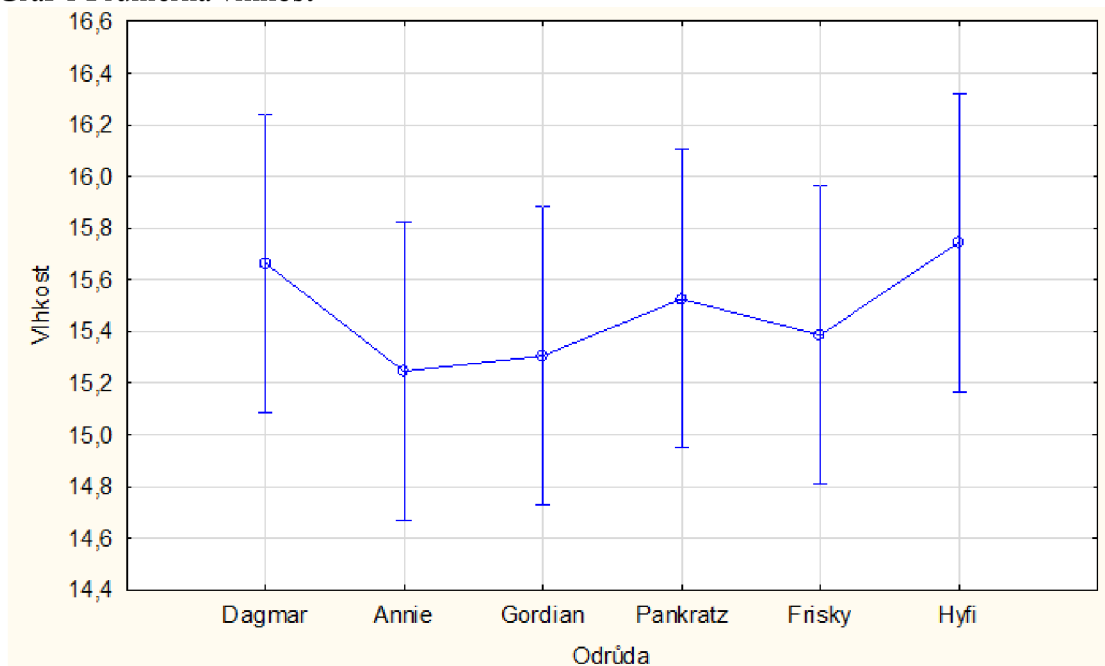
Výsledky jednotlivých analytických stanovení jsou podrobněji rozebrány a statisticky vyhodnoceny v následujících podkapitolách.

5.1.1 Vlhkost

Vlhkost je jeden ze základních ukazatelů kvality pšenice ozimé. Tento ukazatel však není ovlivněn genetickými vlastnostmi dané odrůdy, ale spíše vnějšími vlivy jako je průběh počasí, stanoviště a ročník sklizně. Dle normy ČSN 46 1100-2 nesmí pšenice pro pekárenské využití obsahovat více než 14 % vlhkosti. Této normě však vyhověl pouze jeden ze zkoušených vzorků, konkrétně vzorek odrůdy Frisky vypěstovaný v roce 2017 v Čáslavi. Všechny ostatní vzorky vykazovaly nadlimitní vlhkost. Nejvyšší vlhkost měly všechny odrůdy pšenice sklizené v roce 2016, kdy se projevil zejména nadbytek srážek v době sklizně obilovin.

Graf 1 uvádí průměrnou vlhkost u jednotlivých odrůd. Z výsledků lze konstatovat, že nejnižší průměrnou vlhkost vykazovala odrůda Annie, naopak odrůda Hyfi se vyznačovala nejvyšší zjištěnou průměrnou vlhkostí.

Graf 1 Průměrná vlhkost



Zdroj: vlastní zpracování

Pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými sklizňovými ročníky (viz tabulka 13 uvedená níže). To povrzuje, že největší vliv na vlhkost pšenice mají vnější podmínky, zejména pak vláhové podmínky v době zrání a sklizně. Při déle trvajícím deštivém počasí v době sklizně obilovin bude mít zrno vyšší vlhkost, nežli je tomu u suchého a teplého počasí, kdy bude vlhkost zrna naopak nižší. Významné nalezené rozdíly jsou označeny v tabulce červenou barvou.

Tabulka 15 Analýza rozptylu - vlhkost

ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	5750,510	1	5750,510	15554,43	0,000000
Odrůda	1,007	5	0,201	0,54	0,740520
Rok	4,444	2	2,222	6,01	0,008633
Místo	0,700	1	0,700	1,89	0,183191
Chyba	7,764	21	0,370		

Zdroj: vlastní zpracování

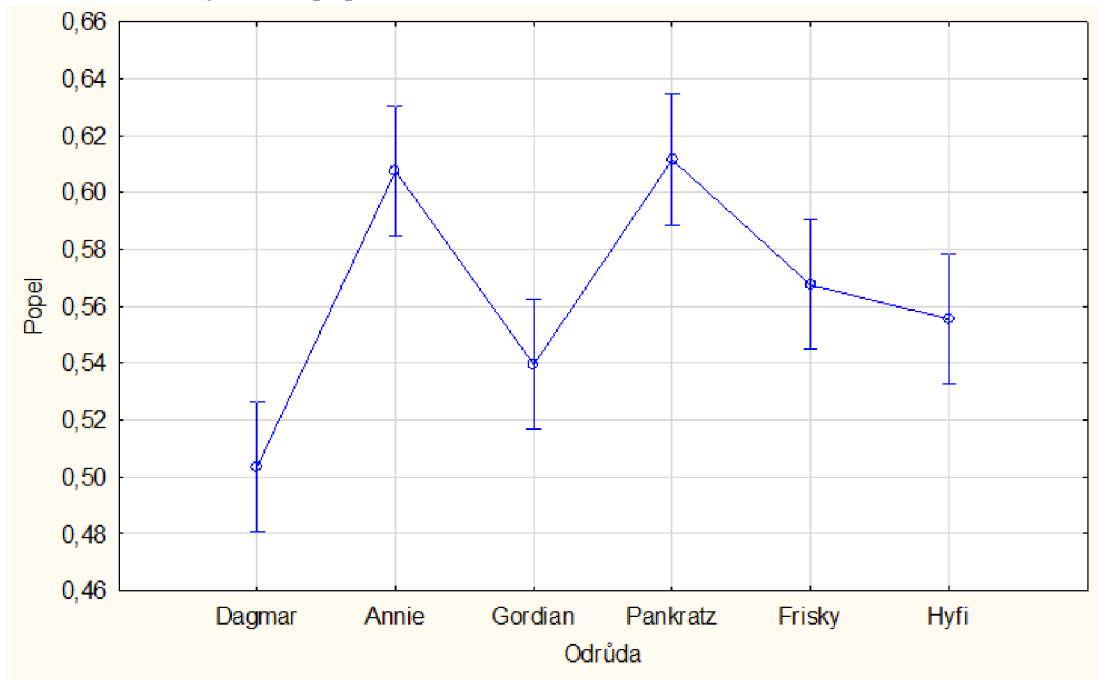
5.1.2 Popel

Údaj o obsahu popelovin z vyhlášky č. 333/1997 Sb. nelze brát jako údaj limitující, neboť se nejedná o srovnatelné materiály. Společná je jen vnější forma neboli mouka, nicméně její vznik je odlišný. V mlýně totiž dochází k míchání různých podílů meliva, a proto je údaj z vyhlášky uveden jen jako doprovodný.

Požadavek vyhlášky splňovala většina vzorků. Pouze čtyři vzorky obsahovaly nadlimitní obsažené množství popela (nad 0,6 %). Nadlimitní obsažené množství popela bylo

zjištěno pouze u odrůd Annie a Pankratz. Graf 2 níže uvádí průměrný obsah popelovin pro jednotlivé zkoušené odrůdy.

Graf 2 Průměrný obsah popelovin



Zdroj: vlastní zpracování

Na základě provedeného hodnocení byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami. Obsah popelovin ve vzorcích je dán zejména vnitřními faktory, největší vliv pak má odrůda a její genetické založení. Nalezené rozdíly jsou vyznačeny červeně v tabulce číslo 16 dále.

Tabulka 16 Analýza rozptylu - obsah popela

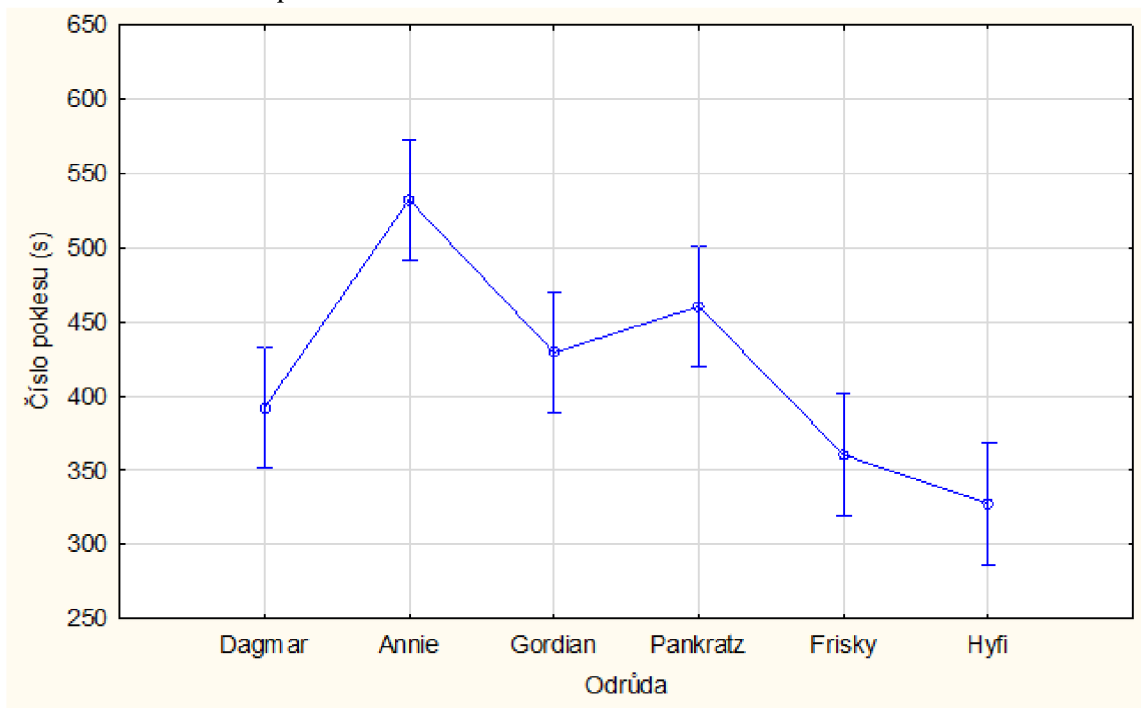
ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	7,638817	1	7,638817	13202,89	0,000000
Odrůda	0,042467	5	0,008493	14,68	0,000003
Rok	0,001050	2	0,000525	0,91	0,418817
Místo	0,001350	1	0,001350	2,33	0,141553
Chyba	0,012150	21	0,000579		

Zdroj: vlastní zpracování

5.1.3 Číslo poklesu

Požadavek normy ČSN 46 1100-2 byl splněn všemi vzorky. Odrůda Annie vykazovala vysoké hodnoty tohoto ukazatele. Ostatní odrůdy měly však nižší číslo poklesu nežli odrůda Annie. Nejnižší hodnoty byly zjištěny u odrůdy Hyfi. Graf 3 níže ukazuje průměrnou hodnotu ukazatele čísla poklesu u jednotlivých zkoušených odrůd. Z grafu 3 jsou patrné výrazné odlišnosti u zkoušených odrůd pšenice.

Graf 3 Průměrné číslo poklesu



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 17 zobrazuje výsledky provedeného statistického hodnocení. Bylo zjištěno, že největší vliv na má na sledovaný ukazatel odrůda. Mezi odrůdami byl tedy zjištěn významný statistický rozdíl (červeně vyznačeno). Annie měla velmi vysokou průměrnou hodnotu čísla poklesu. Odrůdy pšenice chlebové a nižší jakosti (pšenice nevhodné pro pekařské využití) měly číslo poklesu oproti tomu poměrně nižší. V pekárenském průmyslu je považované za vhodné, pokud se ukazatel čísla poklesu nachází v rozmezí 230 až 290 (maximálně však 300) sekund. Další zvyšování čísla poklesu je nežádoucí a je potřeba jej řešit enzymovými přípravky (např. sladovými) pro zajištění určité požadované úrovně aktivity enzymů.

Tab. 17 Analýza rozptylu - číslo poklesu

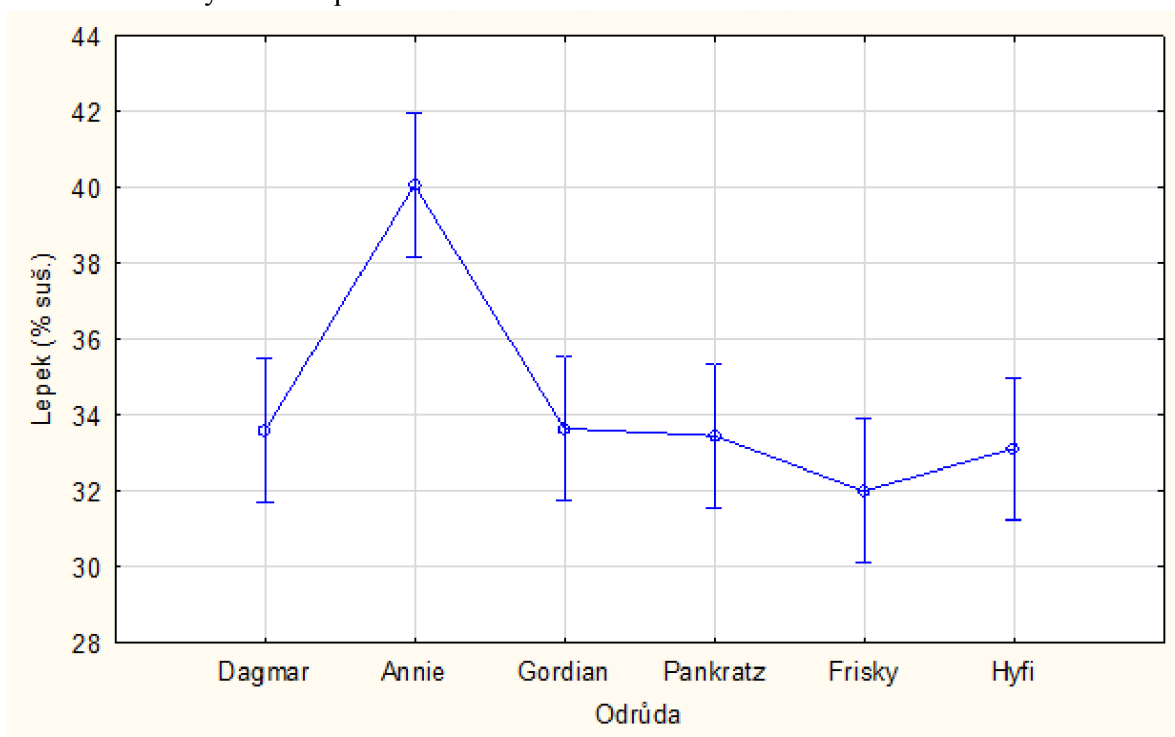
ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	4173892	1	4173892	2246,150	0,000000
Odrůda	135597	5	27119	14,594	0,000003
Rok	2295	2	1148	0,618	0,548750
Místo	5704	1	5704	3,070	0,094358
Chyba	39023	21	1858		

Zdroj: vlastní zpracování

5.1.4 Lepek

Obsah lepkových bílkovin v pšenici není brán jako kritérium její jakosti. Lepkový obsah není tedy jasně určen ani v příslušné normě. Žádoucí je však vysoký obsah mokrého lepku. Ten totiž pozitivně koreluje s obsahem bílkovin ve vzorku. Proto je možno lepek a jeho obsah považovat za poměrně důležitý ukazatel. Zjištěný obsah byl u zkoušených odrůd v průměru mezi 30 a 40 %. Odrůda Annie v hodnocení vykázala nejlepší výsledky. U vzorků této odrůdy bylo ve dvou případech dosaženo dokonce více než 40% obsahu lepku. Průměrný obsah lepku u jednotlivých odrůd představuje graf 4 níže.

Graf 4 Průměrný obsah lepku



Zdroj: vlastní zpracování

Nejnižší průměrný obsah lepkových bílkovin byl zjištěn u odrůdy Frisky, čemuž odpovídá i její zařazení do jakostní skupiny C (odrůda nevhodná pro pekařské využití). Nejvyšší obsah lepku měla dle očekávání již zmíněná odrůda Annie. Toto zjištění nebylo překvapivé, neboť její zařazení spadá do elitních pšeničných odrůd. Zbýlé zkoušené odrůdy dosahovaly průměrného obsahu lepkových bílkovin okolo třiceti procent celkové hmotnosti sušiny.

Tabulka 18 níže zobrazuje konkrétní rozdíly mezi jednotlivými vzorky (vyznačeny červeně). Mezi vzorky byly zjištěny statisticky významné rozdíly. Tyto rozdíly byly detekovány mezi jednotlivými odrůdami, roky i oběma stanovišti. Na obsah lepkových bílkovin v pšenici má vliv nejen odrůda, ale rovněž vnější charakteristiky prostředí, kde je pšenice pěstována.

Tabulka 18 Analýza rozptylu - lepek

ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	28273,96	1	28273,96	7133,688	0,000000
Odrůda	207,57	5	41,51	10,474	0,000038
Rok	39,84	2	19,92	5,026	0,016460
Místo	109,61	1	109,61	27,656	0,000033
Chyba	83,23	21	3,96		

Zdroj: vlastní zpracování

Statistické rozdíly mezi jednotlivými vzorky byly dále zkoumány post-hoc analýzou, konkrétně Scheffého testem. Zjištěny tak byly statisticky významné rozdíly mezi odrůdou Annie a všemi ostatními vzorky. Naopak nebyly potvrzeny statisticky významné rozdíly mezi ostatními zkoušenými odrůdami.

Tab. 19 Scheffého test - obsah lepku (rozdíly mezi jednotlivými vzorky)

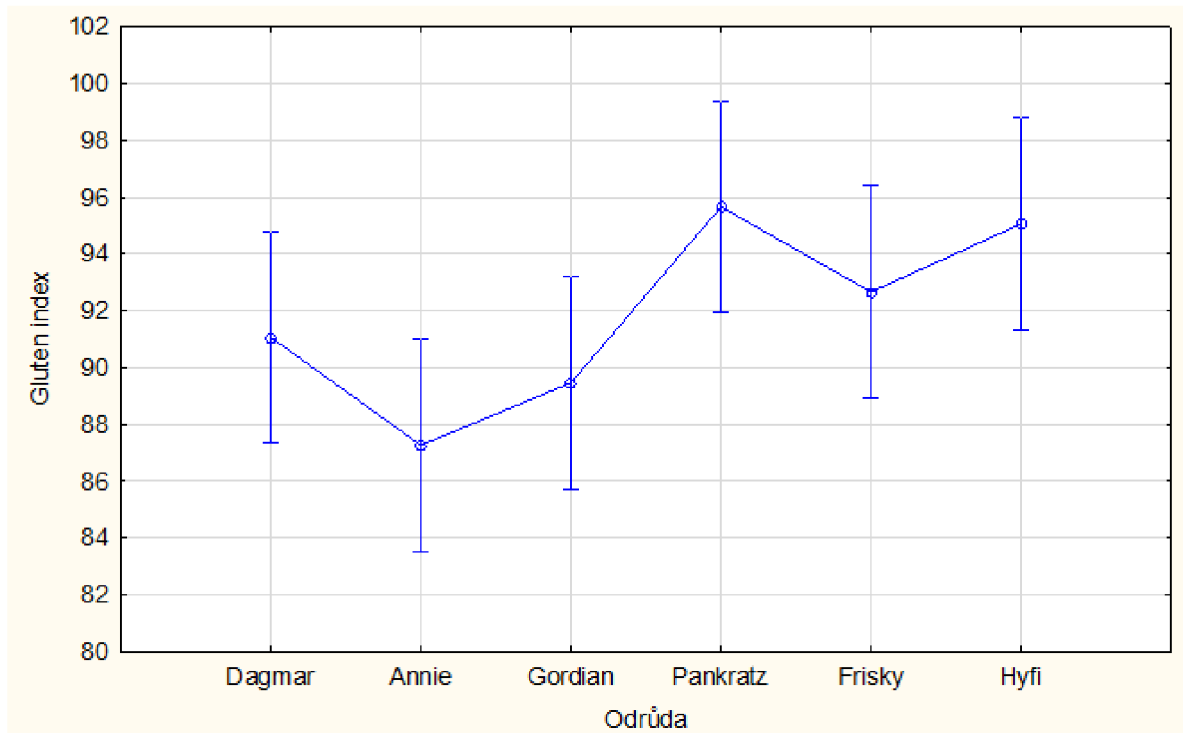
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Lepek (% suš.)						
	Odrůda	1	2	3	4	5	6
		33,564	40,034	33,626	33,430	31,974	33,086
1	Dagmar		0,002700	1,000000	0,999999	0,895969	0,999534
2	Annie	0,002700		0,002987	0,002169	0,000202	0,001235
3	Gordian	1,000000	0,002987		0,999994	0,880116	0,999158
4	Pankratz	0,999999	0,002169	0,999994		0,925833	0,999907
5	Frisky	0,895969	0,000202	0,880116	0,925833		0,975809
6	Hyfi	0,999534	0,001235	0,999158	0,999907	0,975809	

Zdroj: vlastní zpracování

5.1.5 Gluten index

Pšenice pro pekárenské využití by měla mít gluten index (dle normy ČSN ISO 5531) mezi hodnotou osmdesát pět a devadesát pět. Na stanovišti Čáslav byla daná hodnota nadlimitní u téměř všech zkoušených vzorků pšenice. GI totiž u většiny případů dosahoval hodnoty 100. U odrůd pěstovaných na stanovišti Vysoká byl GI výrazně nižší a dosahoval hodnot 74 až 94. Graf 5 níže ukazuje průměrnou hodnotu GI u jednotlivých odrůd.

Graf 5 Průměrná hodnota Gluten indexu



Zdroj: vlastní zpracování

Průměrná hodnota gluten indexu byla odlišná, což se projevilo zejména mezi jednotlivými zkoušenými odrůdami. Toto zjištění lze nalézt také v tabulce 20 uvedené níže. Významné rozdíly však byly detekovány nejen mezi jednotlivými odrůdami, ale zejména mezi pěstebními oblastmi pšenice. To je důkazem toho, že místo pěstování má na GI rovněž velký vliv.

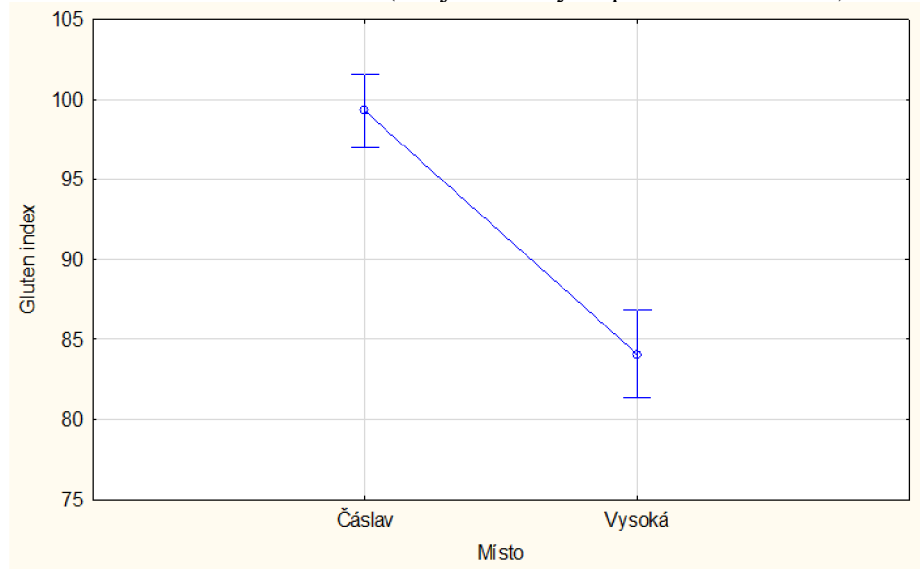
Tab. 20 Analýza rozptylu - Gluten index

ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	202523,1	1	202523,1	13156,28	0,000000
Odrůda	264,4	5	52,9	3,44	0,020065
Rok	24,9	2	12,4	0,81	0,459339
Místo	1320,2	1	1320,2	85,76	0,000000
Chyba	323,3	21	15,4		

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 6 ukazuje výrazný rozdíl v hodnotě GI mezi vybranými stanovišti, tedy Čáslaví a Vysokou. U pšeníc vypěstovaných v Čáslaví byla hodnota GI vyšší oproti pšenícím z Vysoké.

Graf 6 Průměrná hodnota GI (dle jednotlivých pěstebních lokalit)

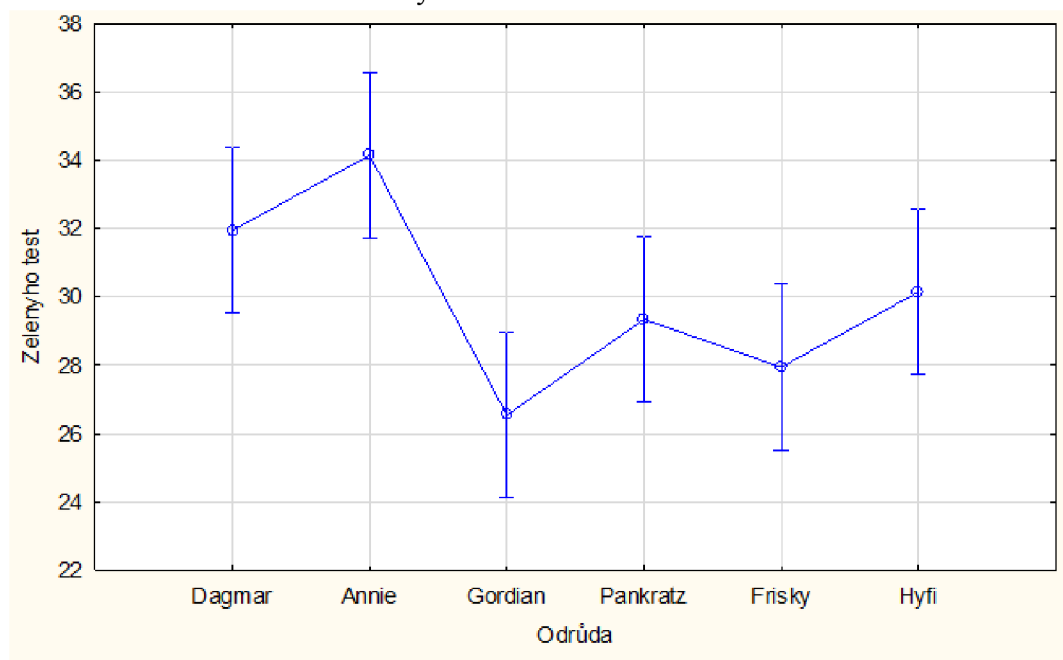


Zdroj: vlastní zpracování

5.1.6 Zeleného test

Výsledky Zeleného testu ukázaly odlišnosti mezi jednotlivými roky a oběma lokalitami pěstování pšenice. V roce 2016 vyhověla pouze polovina zkoušených odrůd. Oproti tomu v roce 2017 nevyhověla většina vzorků, neboť byly hodnoty Zeleného testu podlimitní. Ve sklizňovém roce 2018 se v obou stanovištích dosáhlo splnění požadavků normy. Nejnižší hodnoty Zeleného sedimentačního testu dosahovaly odrůdy Gordian a Frisky. Naopak nejvyšších hodnot Zeleného testu dosáhla odrůda Annie. Výsledky srovnání hodnot Zeleného testu podrobněji ukazuje graf 7 níže.

Graf 7 Průměrná hodnota Zeleného sedimentačního testu



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 21 ukazuje významné statistické rozdíly mezi jednotlivými vzorky (vyznačeno červenou barvou). Významné statistické rozdíly byly zjištěny nejen mezi jednotlivými odrůdami, ale také mezi jednotlivými sklizňovými ročníky i oběma stanovišti. Jako statisticky nejvýznamnější pak byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými sklizňovými ročníky. Rok sklizně a sklizňové podmínky proto hrají nejvýznamnější roli v dosažené hodnotě Zeleného testu. Jako další důležité kritérium byla vyhodnocena odrůda a nejmenší, ale přesto znatelný vliv mělo také místo pěstování pšenice (neboli stanoviště).

Tab. 21 Analýza rozptylu - Zeleného sedimentační test

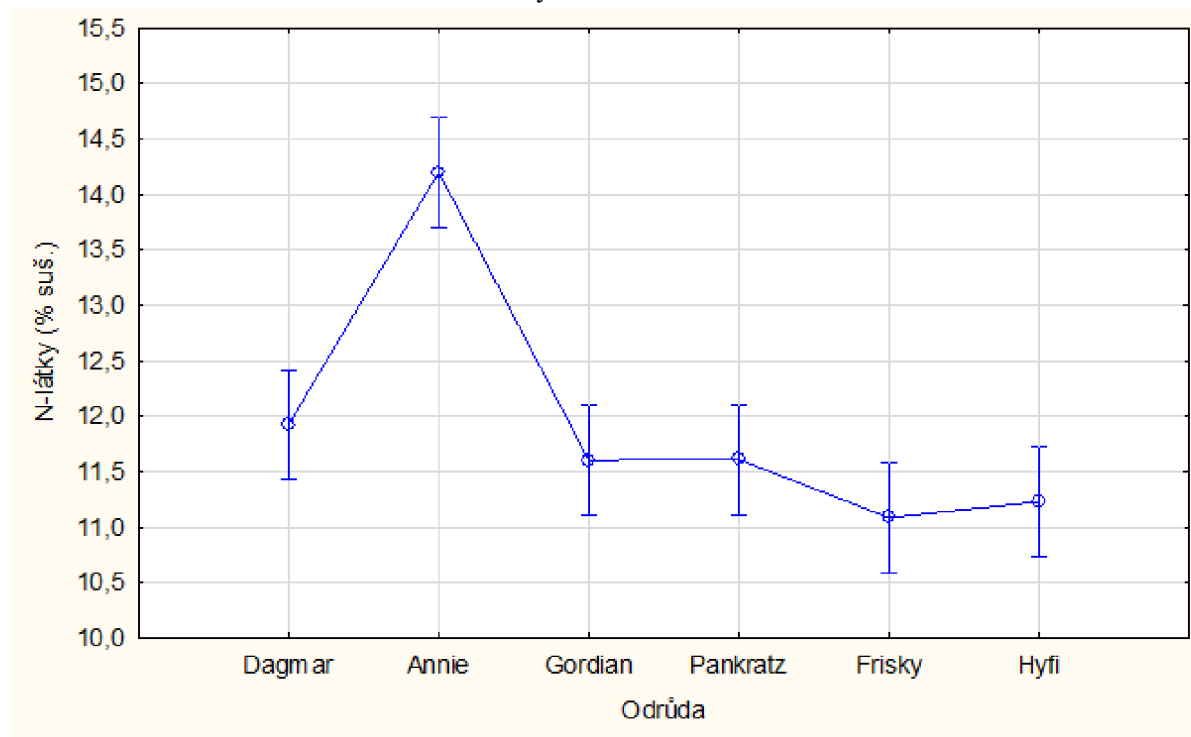
ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	21620,00	1	21620,00	3301,764	0,000000
Odrůda	187,87	5	37,57	5,738	0,001724
Rok	167,15	2	83,58	12,764	0,000236
Místo	40,04	1	40,04	6,115	0,022030
Chyba	137,51	21	6,55		

Zdroj: vlastní zpracování

5.1.7 Dusíkaté látky

Požadavky dané normou (více než 11,5 %) splňovala většina vzorků ze stanice Vysoká. Hodnoty dané normou nebyly dosaženy pouze u jednoho ze zkoušených vzorků. Jednalo se zde o odrůdu Frisky. U vzorků z Čáslavi (rok 2016) nebyla naplněna norma v drtivé většině případů. U zbylých hodnocených vzorků většina normu naplnila. Odrůda Annie měla jednoznačně nejvyšší dosažený obsah dusíku (téměř 16 %). Těchto hodnot nedosáhla žádná z dalších hodnocených odrůd pšenice. Odrůda Frisky měla podlimitní obsah dusíku (méně než 11 %). Průměrná hodnota obsahu dusíku ve vzorcích je uvedena v grafu 8 dále.

Graf 8 Průměrná hodnota obsahu dusíkatých látek



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 22 níže ukazuje výsledky provedené analýzy rozptylu pro obsah dusíkatých látek. Významné rozdíly byly zaznamenány mezi jednotlivými odrůdami a mezi jednotlivými sklizňovými ročníky. Mezi oběma stanovišti však nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Na obsah dusíkatých látek ve vzorcích tak mají vliv jak vnější, tak vnitřní faktory. Největší vliv na obsah dusíkatých látek má odrůda pšenice a její genotyp.

Tab. 22 Analýza rozptylu - obsah dusíkatých látek

ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	3422,561	1	3422,561	12543,18	0,000000
Odrůda	32,816	5	6,563	24,05	0,000000
Rok	4,003	2	2,001	7,33	0,003839
Místo	0,803	1	0,803	2,94	0,100975
Chyba	5,730	21	0,273		

Zdroj: vlastní zpracování

5.2 Reologické stanovení

Reologické měření bylo uskutečněno na základě provedeného farinografického záznamu. Výsledky farinografických měření uvádí následující tabulky 23 a 24.

Tab. 23 Výsledky měření na farinografu - Čáslav v letech 2016 až 2018

Odrůda	Rok	Vaznost mouky (%)	Vývin těsta (min)	Stabilita těsta (min.)	Pokles konzistence (F.j.)
Dagmar	2016	53,7	2,0	3,0	50
	2017	54,5	1 ¾	5 ¼	50
	2018	54,7	2 ¼	8,0	30
Annie	2016	59,5	2 ¼	11 ¼	30
	2017	61,5	8,0	12 ½	10
	2018	64,4	9,0	13 ¾	30
Gordian	2016	52,8	2,0	2 ¾	70
	2017	54,2	2 ¼	6 ¾	50
	2018	54,4	2,0	4 ½	50
Pankratz	2016	51,8	2,0	3 ¾	60
	2017	54,7	2,0	4,0	60
	2018	55,7	2 ½	4 ½	40
Frisky	2016	50,3	1 ¾	1 ¾	70
	2017	51,9	1 ¾	4 ¾	50
	2018	51,8	2 ¼	5 ½	40
Hyfi	2016	53,0	1 ½	2 ¾	60
	2017	52,5	2,0	4 ¾	70
	2018	53,5	2,0	4 ¼	60

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 24 Výsledky měření na farinografu - Vysoká v letech 2017 až 2018

Odrůda	Rok	Vaznost mouky (%)	Vývin těsta (min)	Stabilita těsta (min.)	Pokles konzistence (F.j.)
Dagmar	2017	55,0	2 ½	9,0	50
	2018	60,7	2 ½	1 ¾	80
Annie	2017	67,4	8,0	10 ½	10
	2018	69,3	4 ¼	3 ¼	30
Gordian	2017	56,6	2 ½	6 ½	30
	2018	61,8	3 ¼	5 ¼	70
Pankratz	2017	55,0	2 ½	5 ¾	40
	2018	58,9	3,0	4 ½	60
Frisky	2017	53,3	2,0	4,0	50
	2018	58,8	3 ½	5,0	70
Hyfi	2017	55,4	2 ½	7 ½	40
	2018	60,2	3 ½	2 ¾	80

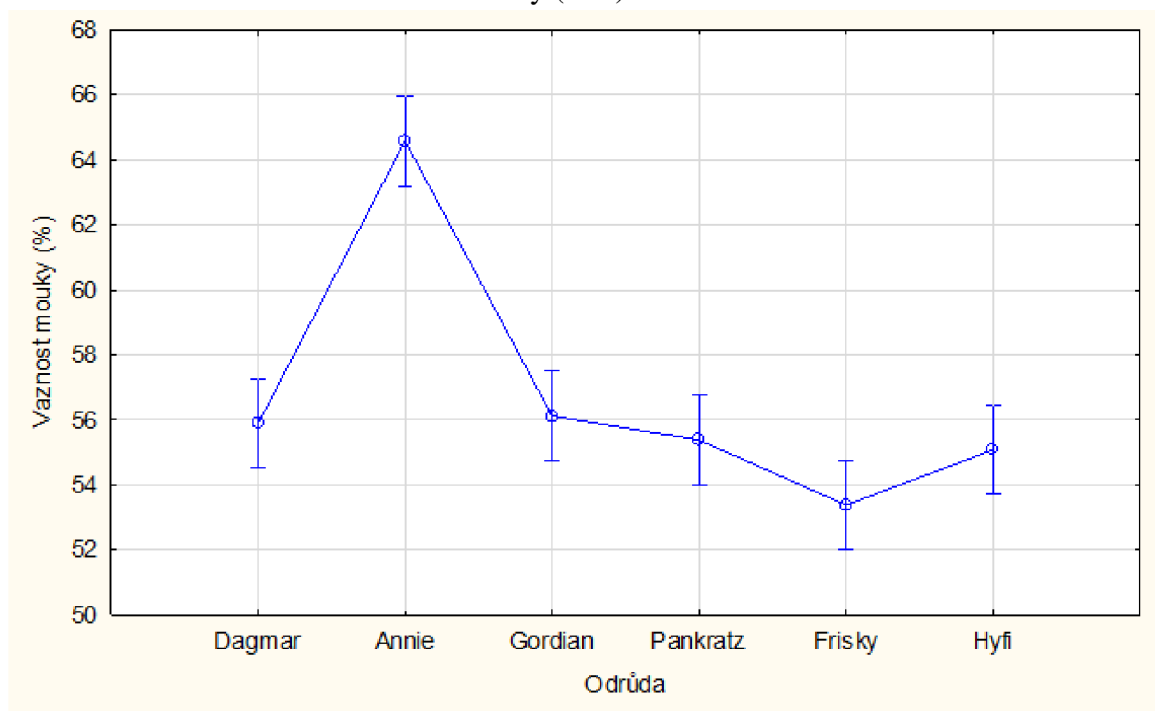
Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky farinografických měření jsou podrobněji rozebrány a vyhodnoceny v následujících podkapitolách.

5.2.1 Vaznost mouky

Vaznost mouky je jedním ze základních farinografických ukazatelů. U většiny pšenic dosahuje vaznost mouky hodnoty 53 až 60 %. Vaznost pod 50 % značí velmi slabou mouku, středně silné mouky mají vaznost okolo 55 % a silné mouky až 60 %. Většina mouk byla klasifikována jako středně silná či silná. U odrůdy Annie byla detekovány velmi vysoká vaznost vody (až téměř 70 %). Nejnižší vaznost byla naopak pozorována u odrůdy Frisky (cca 50 %). Průměrnou vaznost mouky u jednotlivých odrůd ukazuje následující graf 9.

Graf 9 Průměrná hodnota vaznosti mouky (v %)



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 25 uvedená níže zobrazuje rozdíly ve vaznosti mouky. Jako významné byly klasifikovány zejména rozdíly mezi jednotlivými odrůdami. Vaznost mouky významně ovlivňovaly ovšem také ročník i lokalita pěstování pšenice. Bylo tedy zjištěno, že všechny výše uvedené faktory mají dopad na vaznost dané odrůdy.

Tab. 25 Analýza rozptylu - vaznost mouky

ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	77270,80	1	77270,80	36523,69	0,000000
Odrůda	392,42	5	78,48	37,10	0,000000
Rok	56,16	2	28,08	13,27	0,000188
Místo	98,42	1	98,42	46,52	0,000001
Chyba	44,43	21	2,12		

Zdroj: vlastní zpracování

Rozdíly mezi jednotlivými odrůdami byly dále zkoumány pomocí post-hoc analýzy, konkrétně s použitím Scheffého testu. Jako statisticky významné byly určeny rozdíly mezi odrůdou Annie a všemi zbylými odrůdami. Mezi ostatními odrůdami pak nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ve vaznosti mouky (viz následující tabulka 26).

Tab. 26 Scheffého test - vaznost mouky

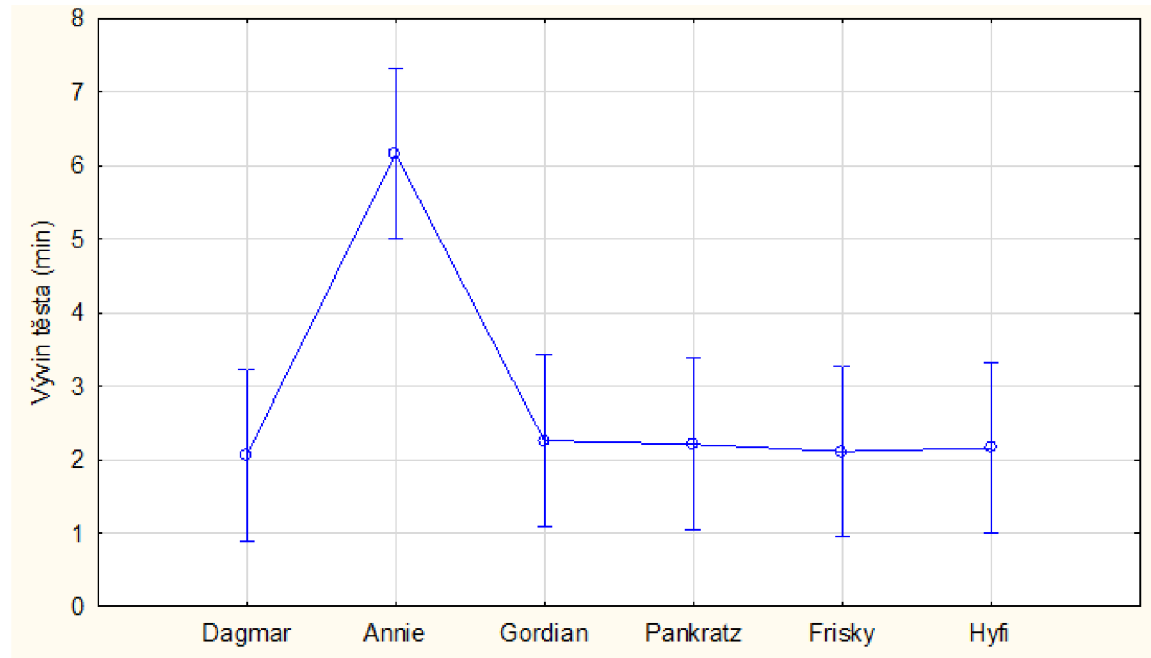
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Vaznost mouky (%)						
	Odrůda	1 55,720	2 64,420	3 55,960	4 55,220	5 53,220	6 54,920
1	Dagmar		0,000001	0,999926	0,997377	0,239314	0,977382
2	Annie	0,000001		0,000001	0,000000	0,000000	0,000000
3	Gordian	0,999926	0,000001		0,983966	0,161865	0,932170
4	Pankratz	0,997377	0,000000	0,983966		0,472609	0,999778
5	Frisky	0,239314	0,000000	0,161865	0,472609		0,641383
6	Hyfi	0,977382	0,000000	0,932170	0,999778	0,641383	

Zdroj: vlastní zpracování

5.2.2 Vývin těsta

Vývin těsta je dobou vyhnětení těsta do jeho maximální konzistence, která je měřena v minutách. U slabých mouk je vývin těsta roven hodnotě 1 až 1,5 minuty, u středně silných mouk je tato doba 2 až 3 minuty a u silných mouk pak 4 až 5 minut. U ukazatele vývinu těsta vynikala odrůda Annie, která měla tento ukazatel velmi vysoký (až 9 minut). Ostatní odrůdy měly nízkou dobu vývinu těsta pohybující se od jedné do čtyř minut. Rozdíly mezi jednotlivými odrůdami v průměrné době vývinu těsta zobrazuje následující graf 10.

Graf 10 Průměrná doba vývinu těsta (v minutách)



Zdroj: vlastní zpracování

Následující tabulka 27 shrnuje výsledky statistické analýzy pro tento ukazatel. Na základě dat byl detekován významný rozdíl mezi zkoušenými vzorky. Statistický rozdíl byl následně ověřen mezi zkoušenými odrůdami. Zbylé faktory neměly výraznější dopad na jakost zrna pšenice.

Tab. 27 Analýza rozptylu - doba vývinu těsta

ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	191,7234	1	191,7234	127,3943	0,000000
Odrůda	66,7917	5	13,3583	8,8762	0,000119
Rok	6,0069	2	3,0035	1,9957	0,160878
Místo	0,2604	1	0,2604	0,1730	0,681645
Chyba	31,6042	21	1,5050		

Zdroj: vlastní zpracování

Pro podrobnější analýzu byl zvolen Scheffého test. Byly nalezeny pouze rozdíly mezi odrůdou Annie a ostatními odrůdami. Mezi ostatními odrůdami však nebyly žádné statisticky významné rozdíly v době vývinu těsta.

Tab. 28 Scheffého test pro dobu vývinu těsta

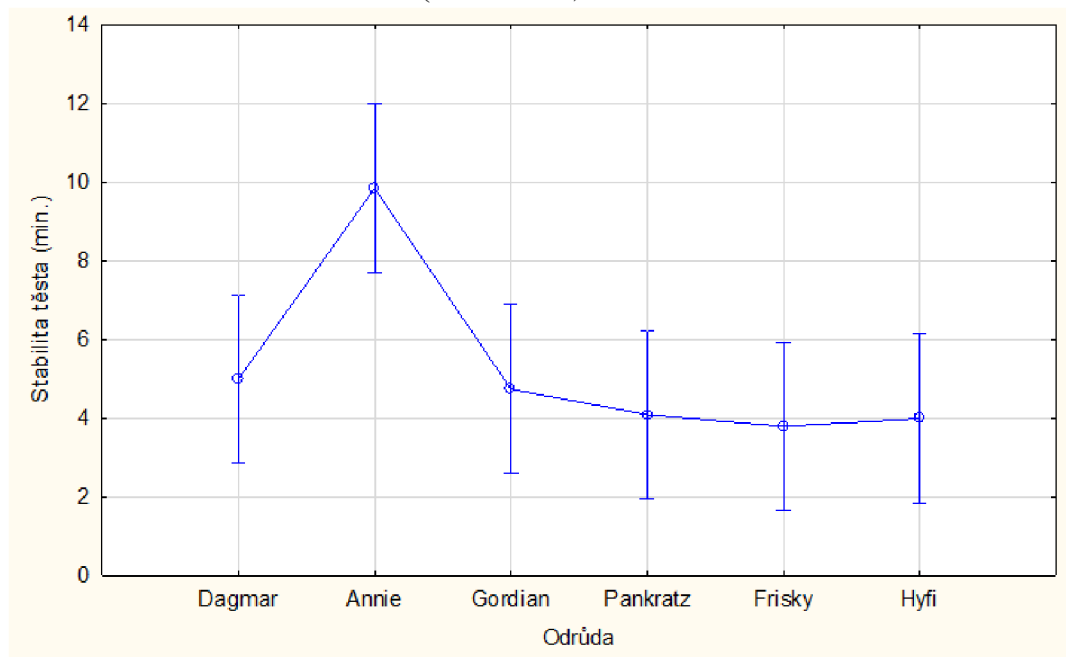
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Vývin těsta (min)						
	Odrůda	1 2,2000	2 6,3000	3 2,4000	4 2,3500	5 2,2500	6 2,3000
1	Dagmar		0,002000	0,999930	0,999983	1,000000	0,999998
2	Annie	0,002000		0,003398	0,002976	0,002283	0,002607
3	Gordian	0,999930	0,003398		1,000000	0,999983	0,999998
4	Pankratz	0,999983	0,002976	1,000000		0,999998	1,000000
5	Frisky	1,000000	0,002283	0,999983	0,999998		1,000000
6	Hyfi	0,999998	0,002607	0,999998	1,000000	1,000000	

Zdroj: vlastní zpracování

5.2.3 Stabilita těsta

U slabých mouk je stabilita těsta mezi 2 a 3 minutami, zatímco pro středně silné mouky je tento ukazatel 4 až 5 minut. Silné mouky mají stabilitu těsta vyšší než 6 minut. Je prokázáno, že existuje vztah mezi vysokou stabilitou mouky a výsledným objemem pečiva. Nejnížší stabilita těsta byla zaznamenána u odrůd Frisky a Dagmar (1 ¾ minuty), nejvyšší pak u odrůdy Annie (13 ¾ minuty). Odrůda Annie měla rovněž nejvyšší průměrnou stabilitu těsta. Ukazatel stability těsta však velmi kolísal mezi jednotlivými sklizňovými ročníky. Vysoké hodnoty byly detekovány u sklizňového roku 2017, nejnížší pak u roku 2016. Graf 11 zobrazuje průměrnou stabilitu těsta dle zkoušených odrůd.

Graf 11 Průměrná stabilita těsta (v minutách)



Zdroj: vlastní zpracování

Ukazatel stability těsta byl podrobněji zkoumán statistickým vyhodnocením (viz tabulka 29 níže). Mezi vzorky byly detekovány odlišnosti. Za statisticky významný je pokládán především rozdíl mezi odrůdami. Rozdíl mezi jednotlivými stanovišti byl zjištěn, avšak byl klasifikován jako velmi malý až nevýznamný, neboť hodnota p dosahovala téměř 0,05. Rozdíl mezi místy pěstování pšenice byl nulový. Z uvedených poznatků vyplývá, že na ukazatel stability má jednoznačně nejvýznamnější vliv odrůda.

Tab. 29 Analýza rozptylu - stabilita těsta

ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	657,1322	1	657,1322	129,2284	0,000000
Odrůda	132,3000	5	26,4600	5,2035	0,002918
Rok	35,6554	2	17,8277	3,5059	0,048553
Místo	6,7734	1	6,7734	1,3320	0,261410
Chyba	106,7859	21	5,0850		

Zdroj: vlastní zpracování

5.2.4 Pokles konzistence

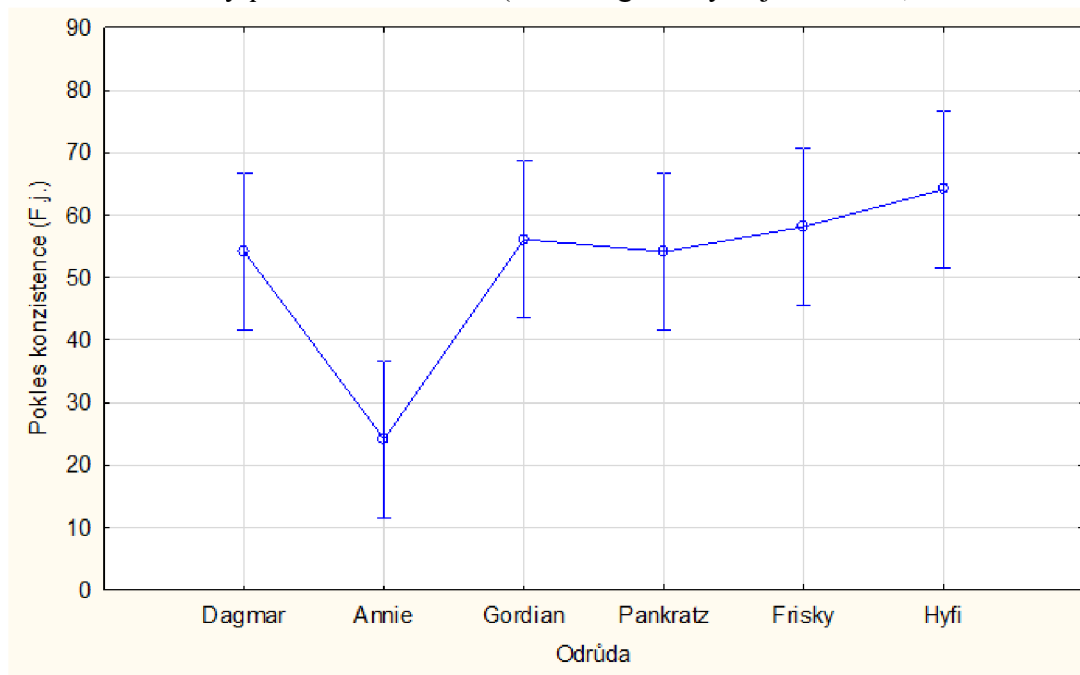
Pokles konzistence či také stupeň změknutí těsta je posledním sledovaným farinografickým ukazatelem. Tento ukazatel se uvádí ve farinografických jednotkách (F.j.). Vyšší hodnota poklesu konzistence znamená, že těsto při hnětení rychle měkne a ztrácí své vlastnosti. Lze tak obecně usuzovat na chování těsta v průběhu jeho hnětení a zrání. Nizký

stupeň změknutí spolu s vysokou stabilitou těsta slibují vysokou odolnost mouky při dlouhodobější mechanické úpravě těsta, což je v pekařské technologii žádoucí.

Nejnižší hodnota poklesu konzistence byla zaznamenána u odrůdy Annie (10 F.j.), nejvyšší byla naopak u odrůdy Hyfi (80 F.j.). Odrůda Annie vykazovala rovněž nejnížší průměrnou hodnotu tohoto ukazatele, což značí, že se jednalo o velmi silnou mouku.

Odrůda Hyfi měla poměrně vysokou hodnotu tohoto farinografického ukazatele. Proto byla klasifikována jako mouka slabá. Graf 12 níže ukazuje rozdíly mezi průměrnými hodnotami poklesu konzistence u zkoušených odrůd.

Graf 12 Průměrný pokles konzistence (v Farinografických jednotkách)



Zdroj: vlastní zpracování

Statistické vyhodnocení pomocí analýzy rozptylu ukázalo, že existoval statisticky významný rozdíl. Tento rozdíl byl detekován zejména mezi pšeničnými odrůdami. Rovněž byl nalezen rozdíl u mezi jednotlivých roků sklizně. U faktoru lokality pěstování však nebyl zjištěn dopad na ukazatel poklesu konzistence. Provedenou analýzu rozptylu ukazuje následující tabulka 30. Červeně vyznačené hodnoty označují statistické rozdíly.

Tab. 30 Analýza rozptylu - pokles konzistence

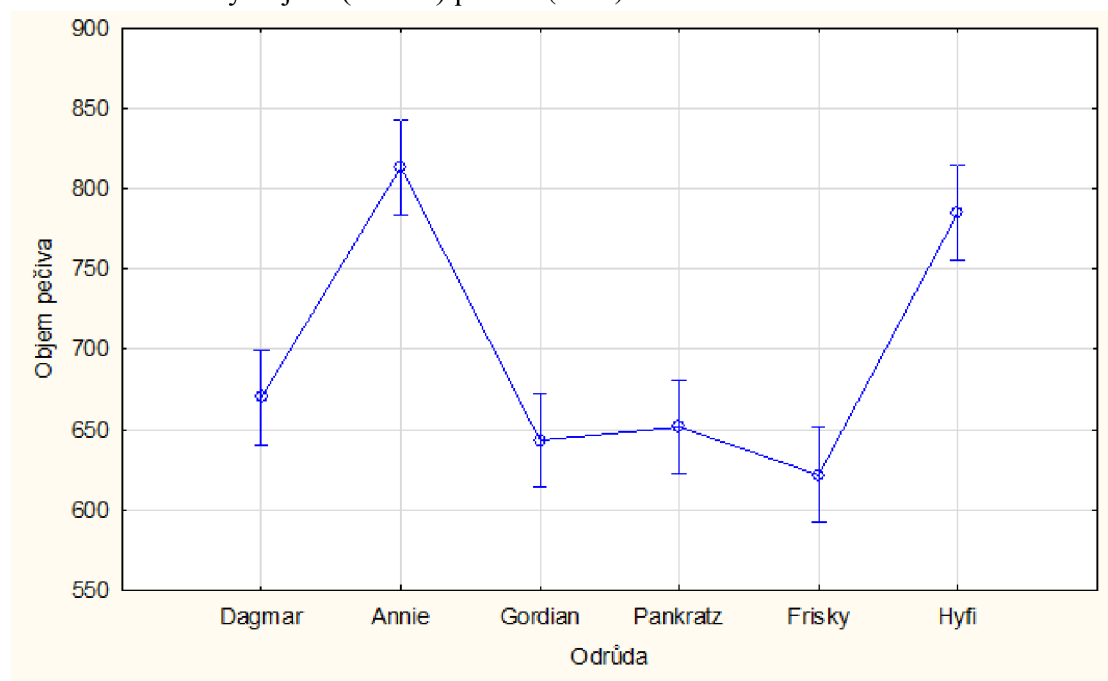
ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	64411,57	1	64411,57	367,1503	0,000000
Odrůda	4936,67	5	987,33	5,6279	0,001918
Rok	1248,61	2	624,31	3,5586	0,046677
Místo	204,17	1	204,17	1,1638	0,292922
Chyba	3684,17	21	175,44		

Zdroj: vlastní zpracování

5.3 Pekařský pokus

Pekařský pokus byl posledním z provedených laboratorních experimentů. Hodnoceno bylo vícero fyzikálních i sensorických ukazatelů. Souhrnné výsledky jsou uvedeny v samostatných přílohách na konci této práce. Jako nejpodstatnější z daných parametrů byl posouzen výsledný změřený objem pečiva. Odrůda Annie měla spolu s odrůdou Hyfi velmi vysoký změřený objem pekařských výrobků. Ačkoli Hyfi spadá do jakosti chlebové (B), dosáhla velmi dobrých výsledných charakteristik. Malý objem byl zaznamenán pouze u odrůdy Frisky. Průměrný objem tří měřených kusů pečiva zaznamenává graf 13 níže.

Graf 13 Průměrný objem (3 kusů) pečiva (v ml)



Zdroj: vlastní zpracování

Provedená analýza rozptylu zjistila rozdíly mezi zkoušenými vzorky. Bylo zjištěno, že statisticky významné rozdíly byly mezi jednotlivými odrůdami. Mezi oběma místy i mezi roky pěstování byl opět zjištěn rozdíl. Podrobné vyhodnocení je uvedeno v tabulce 31 níže, přičemž červeně jsou označeny nalezené rozdíly.

Tab. 31 Analýza rozptylu - objem pečiva

ANOVA	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	17514225	1	17514225	14119,45	0,000000
Odrůda	195692	5	39138	31,55	0,000000
Rok	12067	2	6033	4,86	0,015703
Místo	81225	1	81225	65,48	0,000000
Chyba	33492	27	1240		

Zdroj: vlastní zpracování

Ukazatel měrného objemu měl ve sledovaných ročnících průměrnou hodnotu 340 ml na sto gramů pečiva. Vysoká hodnota tohoto fyzikálního ukazatele byla změřena u odrůd Hyfi a Annie. Nízký byl dosažený měrný objem pečiva odrůd Frisky a Gordian. Nižší hodnoty byly zaznamenány u lokality Čáslav. Vysoká měla měrný objem pečiva u pěstovaných odrůd mírně vyšší. Ročník 2016 vykazoval u obou pěstitelských lokalit nejnižší hodnoty ukazatele měrného objemu, což bylo pravděpodobně způsobeno nepříznivými podmínkami průběhu počasí v daném roce.

Ukazatel poměru výšky a šířky zachycuje vzhled pečiva. Tento poměr byl podobný u všech zkoušených odrůd a jeho průměrná hodnota činila 0,67. Nejvyšší průměrná hodnota byla vyhodnocena u odrůdy Dagmar z lokality Čáslav. U lokality Vysoká byly nejlépe hodnoceny odrůdy Pankratz a Annie.

Dále byly hodnoceny technické vlastnosti těsta, tedy zejména jeho pružnost a lepivost. Většina těst byla klasifikována hodnotou tři, což znamená že těsto bylo normální a vykazovalo obvyklé vlastnosti. U dvou hodnocených odrůd bylo těsto hodnoceno jako lepivé s nižší pružností (hodnota jedna). Tento jev byl však zaznamenán pouze u odrůdy Annie. Hodnotou dva (nepružné těsto) bylo hodnoceno těsto z mouky vyrobená z odrůd Frisky, Hyfi a Gordian.

Tvar výrobku byl nejlépe hodnocen u odrůd Annie a Hyfi. Nejhůře hodnocena byla odrůda Gordian, která dosáhla dokonce nejnižšího hodnocení nula (nízké a zároveň neklenuté pečivo). Odrůdy byly většinou klasifikovány stupněm tři. Tato hodnota znamená, že tvar pečiva byl pouze průměrný. Tvar pečiva se výrazněji nelišil mezi ročníky a lokalitami.

Pekařské výrobky byly dále hodnoceny na základě vzhledu (zejména jejich povrchové barvy). U vzorků pšenice z Vysoké byl zjištěn nejlepší vzhled pečiva. U pšenice vypěstované v Čáslavi tomu tak však nebylo. Většina vzorků dosáhla horšího hodnocení, co se týče barvy kůrky pečiva. Pečivo bylo velmi světlé a matné. Pouze odrůdy Gordian, Pankratz a Frisky měly kůrku u výsledných výrobků označenou jako normální. Tyto výše zmíněné odrůdy byly hodnoceny v letech 2016 až 2017 hodnotou nula až jedna, což značí, že kůrka výrobku byla matná a nevyhovující. Naopak v roce 2018 dostaly tyto odrůdy hodnocení známkou čtyři, tedy jako vynikající.

Dalším hodnoceným parametrem pekařského pokusu byly jemné prasklinky na povrchu kůrky pečiva (tedy parcelace výrobku). Ty by však neměly být až příliš výrazné. Parcelace se velmi lišila u jednotlivých odrůd, ročníků i stanovišť. U odrůdy Annie byla parcelace hodnocena jako neznatelná (hodnota nula) u obou stanovišť i ročníků. Tento jev byl ojediněle zaznamenán u odrůd Dagmar, Gordian, Frisky, Pankratz a Hyfi. Nejlépe byly v tomto ohledu hodnoceny odrůdy Pankratz a Hyfi. Z hlediska tvaru, vzhledu a parcelace dosahovaly lepších výsledků pšenice vypěstované ve Vysoké.

Jako další aspekt kvality pečiva z pekařského pokusu byla hodnocena střídka. U střídky je zásadním parametrem její pružnost. Pečivo u posuzovaných odrůd mělo většinou střídku normální (klasifikace hodnotami dva až tři). Výjimku tvořily odrůdy Annie, Dagmar a Hyfi, kde byla střídka klasifikována jako nejlepší (hodnota čtyři).

Pórovitost střídy je dalším z parametrů, podle kterého se posuzuje kvalita pečiva. Nejčastěji vykazovanou hodnotou byla hodnota tři. Jednalo se o pečivo se středními póry a jemnějšími stěnami. Pouze pečivo z odrůdy Frisky ze stanice ve Vysoké ve sklizňovém roce 2017 mělo pórovitost hodnocenou číslem čtyři, tedy nejlépe. Nejhůře byly naopak hodnoceny

odřůdy Frisky a Gordian z roku 2016 a Hyfi z roku 2018. Tyto vyjmenované odrůdy z daných ročníků dosáhly hodnocení pouze číslem dva. Póry byly u pečiva klasifikovány jako nerovnoměrné, což je u pečiva nežádoucí jev.

Závěrečným hodnoceným parametrem byla chuť pečiva. Tento významný ukazatel jakosti pečiva byl nejlépe ohodnocen u odrůd Annie, Dagmar a Pankratz z Vysoké ze sklizňového ročníku 2017. Tyto odrůdy byly popsány velmi dobrou a typicky pečivovou chutí. Ostatní odrůdy dosahovaly horších výsledků chuťových charakteristik. Nejhorší bylo v tomto ohledu hodnoceno pečivo z odrůdy Pankratz ze stanoviště v Čáslavi z roku 2017. Vykazovalo totiž jako jediné cizí příchut' a pachut'. Chuťově hůře byly hodnoceny také odrůdy Frisky a Gordian v roce 2017 (z Čáslavi), které byly hodnoceny jako mdlé či méně dobré. Opět bylo lepších výsledků odrůd dosaženo u lokality Vysoká.

6 Diskuze

V této diplomové práci bylo hodnoceno šest odrůd pšenice ozimé ze čtyř pekařských kategorií (E, A, B, C). Pomocí analytických a reologických stanovení a pekařského pokusu byl zkoumán vliv genotypu dané odrůdy, stanoviště a sklizňového ročníku. Porovnávány byly odrůdy vypěstované na dvou odlišných stanovištích, které se nacházely v Čáslavi a ve Vysoké.

Analytické rozborů pšenice hodnotily její vlhkost, obsah popelovin, číslo poklesu, obsah lepku a gluten index, hodnotu Zelenyho testu a obsah dusíkatých látek v jednotlivých vzorcích.

Většina vzorků vykazovala nadlimitní vlhkost, normu splnil pouze jediný vzorek. Obsah vlhkosti ve vzorcích byl nejvíce ovlivněn sklizňovým ročníkem, zejména pak průběhem počasí v době sklizně. To povvrzuje také studie provedená autory Toro et al. (2012), kteří posuzovali účinky počasí na sklizeň obilovin.

Obsah popelovin ve vzorcích byl dán zejména odrůdou a jejím genotypem, což bylo potvrzeno i výzkumem provedeným Arausem et al. (1998). Vysoký obsah popelovin měly odrůdy Annie a Pankratz, které byly zároveň klasifikovány jako kvalitní.

Dosažené výsledky ukazují, že číslo poklesu bylo ovlivněno především odrůdou a jejím genetickým založením. Výzkum z roku 2015 uvádí, že největší vliv na číslo poklesu mají právě odrůdové vlastnosti pšenice, což potvrzuje shoda s výsledky této diplomové práce (Polišenská 2015). Muchová (2005) však dodává, že na tento ukazatel působí vnější vlivy. Významný vliv mají kromě klimatických podmínek rovněž dosahované srážky a teploty. Toto tvrzení však nebylo potvrzeno výsledky této práce.

Na obsah lepku v zrnu pšenice měla vliv odrůda, místo i rok pěstování. Autor Zimolka (2005) ve své publikaci uvádí, že zjištěný obsah lepku pozitivně koreluje s kvalitou a žádoucími vlastnostmi u mouk a je dán především agroekologickými podmínkami stanoviště. Toto tvrzení bylo potvrzeno rovněž výsledky této diplomové práce. Velmi vysoký obsah bílkovin byl zaznamenán u odrůdy Annie. Ostatní zkoušené druhy odrůd měly lepkový obsah podstatně nižší.

Wieser et al. (2020) uvádí, že hodnota gluten indexu je ovlivněna zejména odrůdou a jejími vlastnostmi, což se však ve výsledcích neprojevovalo. Bylo totiž zjištěno, že gluten index byl ovlivněn zejména stanovištěm, kde byla pšenice pěstována. Pšenice ze stanoviště z Čáslavi měla mnohem vyšší GI oproti vzorkům z Vysoké.

Dle Palíka et al. (2015) má na výslednou hodnotu Zelenyho testu největší vliv odrůda. Hodnota Zelenyho testu byla však dle dosažených výsledků ovlivněna všemi sledovanými faktory. Nejvyšší dosažená hodnota byla stanovena u odrůdy Annie.

Rovněž nejvyšší obsah dusíkatých látek byl zjištěn u odrůdy Annie. Rozbicki et al. (2015) uvádí, že obsah bílkovin, a tedy i dusíkatých látek je ovlivněn zejména faktory vnějšího prostředí, tedy místem pěstování a ročníkem. To se však v tomto případě plně neshodovalo s dosaženými výsledky. U obsahu dusíkatých látek ve vzorcích byl zaznamenán zejména vliv odrůdy a jejího genotypu a poté až vliv ročníku sklizně. Stanoviště nemělo dle výsledků výrazný vliv na obsah dusíkatých látek v pšeničném zrně.

Farinografické stanovení hodnotilo komplexní vlastnosti mouky vyrobené z dané odrůdy v technologickém procesu. Stanovovanými parametry byla vaznost mouky, vývin těsta, stabilita těsta a pokles konzistence.

Vaznost mouky se pohybovala od 50 do 70 %. Nejvyšší vaznost měla odrůda Annie, neboť se jednalo o pekařskou (elitní) odrůdu pšenice. Nejnižší byla dle očekávání vaznost u odrůdy Frisky, tedy odrůdy nevhodné pro pekařské účely. Na vaznost mouky měly vliv všechny tři zkoumané faktory, tedy odrůda, stanoviště i ročník. Dle Denčíce et al. (2011) má však největší vliv na vaznost mouky odrůda pšenice a její genotyp.

Doba vývinu těsta byla nejdelší u odrůdy Annie, ostatní odrůdy měly výrazně kratší dobu vývinu těsta. Největší vliv na tento ukazatel měla právě odrůda, což potvrdila také studie provedená Dowellem et al. (2008).

Stabilita těsta byla opět nejvyšší u odrůdy Annie, nejnižší pak u odrůdy Frisky. Vliv na tento faktor měla jak odrůda, tak ročník sklizně. Jurkaninová & Příhoda (2015) uvádějí, že tento ukazatel závisí zejména na rozdílných agroekologických podmínkách, což je v souladu s dosaženými výsledky. Pokles konzistence byl nejnižší u odrůdy Annie, nejvyšší pak u odrůdy Hyfi. Tento ukazatel byl rovněž ovlivněn zejména odrůdou a ročníkem sklizně.

Na základě farinografického hodnocení byla hodnocena nejlépe mouka vyrobená z odrůdy Annie, která dosahovala nejlepších charakteristik a byla vyhodnocena jako silná. Jako slabá byla hodnocena mouka z odrůdy Frisky. Mouky vyrobené ze zbylých odrůd (Dagmar, Gordian, Pankratz a Hyfi) byly vyhodnoceny jako středně silné.

Pekařský pokus byl proveden u všech odrůd z obou stanovišť z ročníků sklizně 2017 a 2018, aby byla zajištěna porovnatelnost výsledků. Zjišťovanými parametry pekařského pokusu byl objem a měrný objem pečiva, poměr výšky a šířky pečiva, technické vlastnosti těsta, tvar a vzhled výrobku, jeho parcelace, vlastnosti střídky, pórovitost a celkový chuťový vjem při konzumaci. Objem pečiva byl nejvyšší u odrůd Annie a Hyfi, ostatní odrůdy měly objem pečiva nižší. Objem pečiva byl ovlivněn zejména odrůdou, ale také stanovištěm a ročníkem pěstování pšenice. Rozdíly mezi jednotlivými ročníky sklizně však byly velmi malé, proto byl vliv ročníku spíše zanedbatelný.

Z výsledků vyplynulo, že požadavky na pekárenskou pšenicí nesplnila odrůda Frisky. Tato odrůda nesplňovala normu v obsahu dusíkatých látek a v hodnotě Zeleného testu. Oba tyto parametry byly klasifikovány jako podlimitní. Rovněž farinografické stanovení a pekařský pokus ukázal horší kvalitu této odrůdy. Normu se však nepodařilo splnit ani odrůdám Dagmar, Gordian a Pankratz ve sklizňovém roce 2016. Zejména obsah dusíkatých látek měly tyto odrůdy velmi nízký, což bylo dáno zejména vlivem vnějších podmínek.

Nejlepší pekařskou kvalitu vykazovala elitní odrůda Annie, která splnila normu ve všech sledovaných parametrech kromě vlhkosti, která byla mírně nadlimitní. Jako druhá nejlepší odrůda pro pekařské využití byla klasifikována odrůda Hyfi, která sice měla spíše průměrné výsledky analytického hodnocení, ale ve farinografickém stanovení a následném pekařském pokusu byla vyhodnocena jako jedna z nejlepších odrůd. Rovněž v senzorickém hodnocení byly nejlépe ohodnoceny odrůdy Annie a Hyfi. Jako kvalitní byly hodnoceny také odrůdy Dagmar, Gordian a Pankratz, které ve sklizňových ročnících 2017 a 2018 vykazovaly poměrně dobré výsledky u analytických i farinografických stanovení. Také pekařský pokus potvrdil dobrou pekařskou jakost těchto odrůd.

Při srovnání různých studií a publikací bylo autorkou zjištěno, že se většina závěrů shoduje s výsledky dosaženými v této diplomové práci. Jakost pšenice a vyrobené mouky je spoluurčována řadou faktorů, z nichž největší význam má výběr odrůdy. Odlišné složení zrna pšenice má vliv jak na reologické charakteristiky a ukazatele, tak na kvalitu výsledných výrobků.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo posoudit vliv vybraných odrůd pšenice ozimé a podmínek stanoviště na reologické vlastnosti těsta a pečiva z pekařského pokusu. Dle výsledků měl být vyhodnocen vliv jednotlivých faktorů (odrůda, stanoviště, ročník) na kvalitativní charakteristiky pšenice ozimé.

V této diplomové práci bylo hodnoceno šest odrůd pšenice ozimé ze čtyř různých kategorií pekařské jakosti. Tyto vybrané odrůdy byly pěstovány na dvou různých stanovištích (v Čáslavi a ve Vysoké) v průběhu několika po sobě jdoucích sklizňových ročníků. Jako nejvýznamnější byl u většiny sledovaných ukazatelů potvrzen vliv odrůdy a jejího genotypu. Jako statisticky významné byly vyhodnoceny rozdíly u jednotlivých genotypů u obsahu popelovin, čísla poklesu, obsahu lepkových bílkovin a gluten indexu, Zelenyho testu a stanovení dusíkatých látek. Dále byly zjištěny významné rozdíly mezi odrůdami ve farinografickém stanovení, zejména v ukazatelích vaznosti mouky, době vývinu těsta, stabilitě těsta a poklesu konzistence. Statisticky významné rozdíly mezi odrůdami se projevíly také v objemu pečiva v pekařském pokusu.

Statisticky významné rozdíly mezi oběma stanovišti s rozdílnými agroekologickými podmínkami byly patrné u obsahu lepku, hodnoty gluten indexu a Zelenyho testu. U ostatních sledovaných ukazatelů nebyl vliv stanoviště prokázán. Dále byly zjištěny rozdíly mezi oběma stanovišti ve farinografickém stanovení, kde se však projevíly pouze ve vaznosti mouky. Jako významný byl hodnocen také rozdílný objem pečiva z obou sledovaných stanovišť. Vliv sklizňového ročníku se projevil zejména u vlhkosti, obsahu lepku, hodnotě Zelenyho testu a v obsahu dusíkatých látek. Ve farinografickém stanovení se vliv ročníku projevil ve vaznosti, stabilitě těsta a poklesu konzistence těsta.

Jako pekařsky nejkvalitnější byla vyhodnocena odrůda Annie, která měla nejvyšší obsah lepku (40 % sušiny), nejvyšší hodnoty Zelenyho testu (33,8 ml) i dusíkatých látek (14,3 % sušiny). Tato odrůda měla rovněž velmi vysoké číslo poklesu (vyšší než 520 sekund), což však nelze považovat za vhodné pro pekařské využití. Odrůda Annie byla nejlépe hodnocenou odrůdou také ve farinografickém stanovení a následném pekařském pokusu. Měla nejvyšší zjištěnou vaznost vody (64,4 %), poměrně dlouhou dobu vývinu těsta (6,3 minut), vysokou stabilitu těsta (10 ¼ minuty) a nejnižší průměrný pokles konzistence (20 F.j.). Tato odrůda se rovněž vyznačovala nadprůměrnými charakteristikami pečiva, které mělo velmi vysoký objem (820 ml) a velmi dobré senzorycké i fyzikální vlastnosti. Pekařsky kvalitní odrůdy Pankratz a Dagmar splňovaly normu pro většinu sledovaných ukazatelů. Obě tyto odrůdy však vykazovaly nižší hodnoty všech sledovaných ukazatelů oproti odrůdě Annie. Odrůdy Pankratz a Dagmar lze využít v pekařské výrobě, přičemž lepší charakteristiky byly zjištěny u odrůdy Dagmar, která měla vyšší průměrné hodnoty obsahu lepku (33,6 % sušiny), Zelenyho testu (32 ml) i dusíkatých látek (12 % sušiny). Odrůdy Hyfi a Gordian, spadající do chlebové pekařské jakosti (C), vykazovaly průměrný obsah lepku (33,4 % sušiny), nízkou hodnotu Zelenyho testu (28 ml) a nízký obsah dusíkatých látek (11,5 %). Odrůda Hyfi však vynikala v pekařském pokusu, kde mělo pečivo vyrobené z této odrůdy poměrně vysoký objem (800 ml) a pozitivně hodnocené senzorycké vlastnosti. Jako pekařsky nejméně kvalitní pak byla hodnocena odrůda Frisky, která měla nejnižší dosažené hodnoty u většiny analytických stanovení. Odrůda Frisky se

vyznačovala nízkým obsahem lepku (32 % sušiny), velmi nízkou hodnotou Zeleného testu (27,6 ml) a nízkým obsahem dusíkatých látek (11,2 % sušiny). V reologickém hodnocení dosáhla tato odrůda rovněž nejnižších hodnot jednotlivých ukazatelů. U mouky vyrobené z odrůdy Frisky byla zjištěna velmi nízká vaznost vody (53 %), velmi krátká doba vývinu těsta (2 ¼ minuty), nízká stabilita těsta (4 ½ minuty) a velmi vysoká hodnota poklesu konzistence (60 F.j.). V pekařském pokusu mělo pečivo vyrobené z této odrůdy velmi nízký objem (640 ml) a nevýraznou až mdlou chuť.

Závěrem lze konstatovat, že byla potvrzena prvotní hypotéza, že obsah i vlastnosti bílkovin a škrobu jsou u pšenice založeny geneticky a jsou formovány vnějšími podmínkami. To se projevilo rozdílnými reologickými vlastnostmi těsta a odlišnými charakteristikami pečiva. Největší vliv na dosaženou jakost pšenice měla odrůda, zásadní však byly pro většinu ukazatelů jakosti také podmínky sklizňového ročníku a vnější agroekologické podmínky.

8 Literatura

- ARAUS, J. L., T. AMARO, J. CASADESÚS, A. ASBATI a M. M. NACHIT, 1998. Relationships between ash content, carbon isotope discrimination and yield in durum wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* [online]. **25**(7), 835–842. ISSN 03107841. Dostupné z: doi:10.1071/PP98071.
- CODINA GG, BORDEI D, PALARU V. 2008. The effects of defferent doses of gluten on Rheological behaviour of dough and bread quality. *Roumanian Biotechnological Letters*. 13: 37-42.
- ČSÚ. 2020. Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2019. Praha. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2019>.
- DE TORO, Alfredo, Carina GUNNARSSON, Gunnar LUNDIN a Nils JONSSON, 2012. Cereal harvesting - strategies and costs under variable weather conditions. *Biosystems Engineering* [online]. **111**(4), 429–439. ISSN 15375110. Dostupné z: doi:10.1016/j.biosystemseng.2012.01.010.
- DENCIĆ S, MLADENOV N, KOBILJSKI B. 2011. Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. *International Journal of Plant Peoduction*. 5: 71-82.
- DOLEŽEL, J., O. CHLOUPEK a P. HORČIČKA, HOSNEDL, V., ed., 2008. *Pšenice - od genomu po rohlík: aktuální poznatky doktorandů získané ve výzkumných laboratořích a na pokusných pozemcích*. České Budějovice: Kurent. ISBN 978-80-87111-12-3.
- DOWELL, F. E., E. B. MAGHIRANG, R. O. PIERCE, G. L. LOOKHART, S. R. BEAN, F. XIE, M. S. CALEY, J. D. WILSON, B. W. SEABOURN, M. S. RAM, S. H. PARK a O. K. CHUNG, 2008. Relationship of bread quality to kernel, flour, and dough properties. *Cereal Chemistry* [online]. **85**(1), 82–91. ISSN 00090352. Dostupné z: doi:10.1094/CCHEM-85-1-0082.
- FARAHNAKY, A. a S. E. HILL, 2007. The effect of salt, water and temperature on wheat dough rheology. *Journal of Texture Studies* [online]. **38**(4), 499–510. ISSN 00224901. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4603.2007.00107.x.
- FAMĚRA, O., 1993. *Základy pěstování ozimé pšenice*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-7105-045-8.
- GOESAERT, H., K. BRIJS, W. S. VERAVERBEKE, C. M. COURTIN, K. GEBRUERS a J. A. DELCOUR, 2005. Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to

- impact their functionality. *Trends in Food Science and Technology* [online]. **16**(1–3), 12–30. ISSN 09242244. Dostupné z: doi: 10.1016/j.tifs.2004.02.011.
- GOESAERT H, Brijs K, VERAVERBEKE WS, COURTIN CM, GEBRUERS K, DELCOUR JA. 2015. Wheat flout constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trens in Food Science and Technology*. 16: 12-30.
- JAMES, L., 2019. WHEAT CULTIVATION: A Guide On How To Grow Wheat. Independently Published. ISBN 978-1797719627.
- JIRSA, O., I. POLIŠENSKÁ a S. PALÍK. Kvalita pšenice a žita 2016. *Mlynářské noviny*. 2016, **XXVII**. (158), 1-6.
- JIRSA, O., S. PALÍK, I. POLIŠENSKÁ a I. SEDLÁČKOVÁ. Kvalita potravinářské pšenice a žita ze sklizně 2018. *Mlynářské noviny*. 2018, (29), 2-5.
- JURKANINOVÁ I, PŘÍHODA J. 2015. Uživatelské charakteristiky ze pšenice sklizně 2014. *Mlynářské noviny*. 1: 4-7.
https://www.svazmlynucr.cz/wpcontent/uploads/2015/03/MN1_ON-LINE.pdf
- KADLEC, P., 2008. Technologie potravin I. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-509-1.
- KHAN, Moazzam Rafiq, Faqir Muhammad ANJUM, Shahzad HUSSAIN a Muhammad NADEEM, 2010. A Review of Wheat Quality Assessment. **2**(2), 4539.
- KOVAŘÍKOVÁ D, NETOLICKÁ V. 2011: Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava. Available from <http://www.spaspas.cz/esf-technologicka-priprava>.
- PALÍK, S., 2009. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. Kroměříž: Agrotest fyto. ISBN 978-80-86888-07-1.
- PASHA, I., F. M. ANJUM a C. F. MORRIS, 2010. Grain hardness: A major determinant of wheat quality. *Food Science and Technology International* [online]. **16**(6), 511–522. ISSN 10820132. Dostupné z: doi:10.1177/1082013210379691.
- PAŽOUT, V., V. HEMALOVÁ a M. ALDORFOVÁ, 2012. Hygiena a technologie vegetabilních produktů: Hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekárenských výrobků, těst a těstovin. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-610-0.
- PETR, J., 2001. Pěstování pšenice podle užitkových směrů. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. Zemědělské informace. ISBN 80-7271-090-7.
- PETR, J. a J. HÚSKA, 1997. Speciální produkce rostlinná. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-0152-x.

- POLIŠENSKÁ I., 2015. Vyhodnocení souboru odrůd ozimé pšenice Mezinárodní seoutěže pěstebních technologií Kroměříž 2015 z pohledu kvality sklizeného zrna, *Obilnářské listy*. 23: 43-46.
- POLIŠENSKÁ, I., O. JIRSA a I. SEDLÁČKOVÁ. Kvalita potravinářské pšenice 2017 v České republice. *Mlynářské noviny*. 2017, **XXVIII**. (3 (162), 6-9.
- PONTE, J., KULP, K., ed., 2000. Handbook of Cereal Science and Technology, Revised and Expanded [online]. 2. Boca Raton: CRC Press. ISBN 9780429116605. Dostupné z: doi:10.1201/9781420027228.
- POSNER, E. S., 2009. Wheat: Chemistry and Technology. 119-152. ISBN 9781891127557. Dostupné z: doi:10.1016/B978-1-891127-55-7.50012-4.
- PRUGAR, J. 2008. Kvalita rostlinných produktů. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 327 s. Praha. ISBN: 978-80-86576-28-2.
- PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M. 2007. Hodnocení kvality. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky. Mlynářská technologie. ISBN 978-80-239-9475-9.
- PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M. a SKŘIVAN, P. 2004. Cereální chemie a technologie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080-530-7.
- MACRITCHIE, F., 1984. *Baking quality of wheat flours* [online]. ISBN 0120164299. Dostupné z: doi:10.1016/S0065-2628(08)60058-0.
- MARTINEK, V. a P. FILIP, 2012. Skladování a příprava surovin. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky. ISBN 978-80-239-9475-9.
- MIRSAEEDGHAZI, h., Z. EMAM-DJOMEH a Sayed Mohammad Ali MOUSAVI, 2008. Rheometric measurement of dough rheological characteristics and factors affecting it. *International Journal of Agriculture and Biology*. **10**(1), 112–119. ISSN 15608530.
- MUCHOVÁ, Z.: Faktory ovlivňující technologickou kvalitu pšenice a jej potravinářské využití. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2001, 112 s., ISBN 80-7137-923-9.
- SHEWRY, P. R., 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany* [online]. **60**(6), 1537–1553. ISSN 00220957. Dostupné z: doi:10.1093/jxb/erp058.
- SHEWRY, P. R., N. G. HALFORD, P. S. BELTON a A. S. TATHAM, 2002. The structure and properties of gluten: An elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **357**(1418), 133–142. ISSN 09628436. Dostupné z: doi:10.1098/rstb.2001.1024.

- SHEWRY, P. R., M. J. HAWKESFORD, V. PIIRONEN, A. M. LAMPI, K. GEBRUERS, D. BOROS, A. A.M. ANDERSSON, P. ÅMAN, M. RAKSZEGLI, z. BEDO aj. L. WARD, 2013. Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **61**(35), 8295–8303. ISSN 00218561. Dostupné z: doi:10.1021/jf3054092.
- SONG, Y. a Q. ZHENG, 2007. Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins. *Trends in Food Science and Technology* [online]. **18**(3), 132–138. ISSN 09242244. Dostupné z: doi: 10.1016/j.tifs.2006.11.003.
- SOUZA, E. J., M. J. GUTTIERI a R. A. GRAYBOSCH, 2002. Breeding wheat for improved milling and baking quality. *Journal of Crop Production* [online]. **5**(1–2), 39–74. ISSN 1092678X. Dostupné z: doi:10.1300/J144v05n01_03.
- ŠNOBL, J. aj. PULKRÁBEK, 2007. *Základy rostlinné produkce*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-1340-8.
- TAUFEROVÁ, A., 2014. *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II.* Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-692-6.
- VARZAKAS, T., 2016. Quality and safety aspects of cereals (Wheat) and their products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. **56**(15), 2495–2510. ISSN 15497852. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2013.866070.
- VARZAKAS, T., N. KOZUB a I. N. XYNIAS, 2014. Quality determination of wheat: Genetic determination, biochemical markers, seed storage proteins - bread and durum wheat germplasm. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. **94**(14), 2819–2829. ISSN 10970010. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.6601.
- WIESER, H., P. KOEHLER a K. SCHERF, 2020. *Wheat - An Exceptional Crop*. Woodhead Publishing. ISBN 978-0-12-821715-3.
- ZIMOLKA, J., 2005. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Praha: Profi Press. ISBN 80-86726-09-6.

Normy ČSN:

ČSN 46 1100-2. 2001. Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská. Český normalizační institut, Praha.

ČSN 46 1200-2. 2002. Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice. Český normalizační institut, Praha.

Další zdroje:

JP Agro Trade. *JP Agro Trade* [online]. Bona Media, 2022 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <http://www.jpagrotrade.cz/tabulky/psenice-potravinarska.png>.

Katedra kvality a bezpečnosti potravin. *ČZU v Praze* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2022 [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: <https://katedry.czu.cz/kkbp/pristroje?editmode=0>.

Obilniny 2018: Seznam doporučených odrůd. Brno: ÚKZÚZ, 2018. ISBN 978-80-7401-161-0.

Obilniny 2019: Seznam doporučených odrůd. Brno: ÚKZÚZ, 2019. ISBN 978-80-7401-175-7.

Samostatné přílohy

Příloha 1 Výsledky pekařského pokusu - Čáslav (2016 až 2018)

Odrůda	Rok	Objem (ml)	Měrný objem (ml)	Poměr V/Š	Vlastnosti těsta	Tvar	Vzhled	Parcelace	Střída	Póry	Chuť
Dagmar	2016	620	298	0,70	3	2	0	1	2	3	1
	2017	640	217	0,73	3	2	0	1	3	3	3
	2018	630	309	0,73	3	2	0	1	2	3	3
Annie	2016	730	352	0,65	3	2	1	0	3	3	3
	2017	740	356	0,76	3	3	0	0	3	3	3
	2018	770	376	0,63	1	3	1	0	3	3	3
Gordian	2016	570	277	0,68	3	3	0	0	3	3	2
	2017	610	300	0,66	2	2	0	1	2	3	1
	2018	590	284	0,62	3	0	4	0	2	3	3
Pankratz	2016	590	285	0,71	3	2	1	1	2	3	1
	2017	600	293	0,71	3	2	1	1	3	3	0
	2018	640	314	0,66	3	2	4	3	3	3	3
Frisky	2016	530	260	0,61	3	2	0	0	3	2	1
	2017	600	295	0,64	3	2	0	0	3	3	1
	2018	580	278	0,64	3	2	4	1	3	3	2
Hyfi	2016	720	362	0,70	3	3	0	1	2	3	3
	2017	740	367	0,73	3	2	0	1	3	3	2
	2018	800	394	0,66	3	3	1	4	3	3	3

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 2 Výsledky pekařského pokusu - Vysoká (2016 až 2018)

Odrůda	Rok	Objem (ml)	Měrný objem (ml)	Poměr V/Š	Vlastnosti těsta	Tvar	Vzhled	Parcelace	Střída	Póry	Chuť
Dagmar	2016	670	328	0,62	3	3	3	2	3	3	2
	2017	780	383	0,69	3	3	4	3	4	3	4
	2018	680	330	0,59	3	3	4	3	3	3	2
Annie	2016	900	432	0,70	3	3	3	1	4	3	3
	2017	920	448	0,71	3	4	4	0	4	3	4
	2018	820	400	0,64	1	3	3	0	3	3	3
Gordian	2016	720	355	0,64	3	3	3	3	2	2	3
	2017	740	361	0,69	3	3	4	3	3	3	3
	2018	630	400	0,65	3	3	4	3	2	3	2
Pankratz	2016	660	322	0,68	3	3	2	2	3	3	2
	2017	740	361	0,68	3	3	4	3	3	3	4
	2018	680	331	0,72	3	3	4	1	2	3	2
Frisky	2016	640	310	0,66	2	2	1	2	3	3	2
	2017	680	333	0,67	3	3	4	2	3	4	3
	2018	700	343	0,66	3	3	3	3	3	3	2
Hyfi	2016	800	388	0,63	2	3	4	4	3	3	2
	2017	880	432	0,69	3	4	4	4	4	3	3
	2018	770	380	0,67	2	4	4	3	3	2	3

Zdroj: vlastní zpracování