

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality a bezpečnosti potravin**



**Vliv odrůd pšenice ozimé na reologické a pekařské  
vlastnosti**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jana Králová**

**Obor studia: Kvalita a zpracování zemědělských produktů**

**Vedoucí práce: Ing. Oldřich Faměra, CSc.**

© 2020 ČZU v Praze



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv odrůd pšenice ozimé na reologické a pekařské vlastnosti" 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 20.7. 2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Oldřichu Faměrovi, CSc. za odborné konzultace, vstřícný přístup, cenné rady a ochotu při zpracování mé diplomové práce. Poděkování patří také paní Boženě Riljákové za její věnovaný čas, trpělivost a pomoc při práci v laboratoři.

# Vliv odrůd pšenice ozimé na reologické a pekařské vlastnosti

## Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv vybraných odrůd ozimé pšenice a podmínek stanoviště na reologické vlastnosti těsta a pečiva. Byly posuzovány vlastnosti bílkovin a škrobu a jejich dopad na zpracování těsta a kvalitu pekařských výrobků.

V teoretické části byla popsána problematika ohledně jakosti pšenice. Důležité faktory ovlivňující jakost, mezi které patří hlavně genotyp dané odrůdy, agroekologické podmínky (půdně-klimatické podmínky, počasí, volba předplodiny, hnojení aj.), sklizeň a skladování pšenice. Dále byly shrnuty jednotlivé jakostní ukazatele pro potravinářskou pšenici.

Pro praktickou část bylo vybráno šest odrůd ozimé pšenice z různých skupin pekařské jakosti, odrůdy Annie (E), Dagmar (A), Pankratz (A), Gordian (B), Hyfi (B) a Frisky (C). Vzorky pšenice pocházely ze dvou pokusných stanic ÚZKÚZ, z Čáslavi (260 m n. m., půdní typ černozem hnědozemní, dlouhodobá průměrná teplota 8,9 °C, dlouhodobý průměrný úhrn srážek 555 mm) a z Vysoké u Příbramě (585 m n. m., půdní typ luvizem pseudoglejová, dlouhodobá průměrná teplota 7,1 °C, dlouhodobý průměrný úhrn srážek 611 mm) ze sklizňového ročníku 2017 a 2018. Zrno bylo zpracováno na mouku a následně byl stanoven obsah N-látek, číslo poklesu, Zelenyho test, obsah popela, obsah mokrého lepku a gluten indexu. Pomocí farinografu byly stanoveny reologické vlastnosti těsta a následně proveden pekařský pokus, při kterém byly vyhodnoceny fyzikální a sensorické vlastnosti klonků pečiva.

Z dosažených výsledků bylo zjištěno, že na konečnou kvalitu zrna, těsta i pečiva má největší vliv odrůda, ale velkou částí se podílí i agroekologické vlivy. Z vybraných odrůd byla potvrzena nejlepší jakost u elitní odrůdy Annie s nejvyšším obsahem N-látek, mokrého lepku a Zelenyho testu. Pečivo z této odrůdy bylo charakterizováno velkým objemem s dobrým až typicky pečivovým vzhledem a chutí a neznatelnou parcelací. U odrůd Annie, Pankratz a Gordian byly zjištěny vysoká čísla poklesu (nad 400 s). Odrůda Frisky (C) s obsahem N-látek 11,25 %, sedimentačním indexem 27,5 ml, nižším obsahem lepku (32,6 %), malým měrným objemem pečiva a horším chuťovým vjemem charakterizovala jakostní skupinu nevhodnou pro pekárenské užití. Při sensorickém hodnocení byly preferovány klonky z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě ze sklizňového ročníku 2017 (Annie, Dagmar, Pankratz).

**Klíčová slova:** pšenice, odrůdy, reologie, pekařský pokus

# Influence of winter wheat varieties on rheological and baking properties

## Summary

The aim of this thesis is to find out the influence of selected winter wheat varieties and conditions of location on rheological qualities of dough and bakery products. We assessed qualities of proteins and starch and their influence on processing of dough and quality of bakery products.

The theoretical part describes the issues of wheat quality. There are important factors influencing the quality, especially the genotype of the particular variety, agroecological conditions (soil-climatic conditions, weather, choice of preceding crop, fertilization etc.), harvesting and storage of wheat. Further, there is a summary of individual quality indicators for food wheat.

For the practical part, six winter wheat varieties from different groups of bakery quality were selected, namely varieties Annie (E), Dagmar (A), Pankratz (A), Gordian (B), Hyfi (B) and Frisky (C). Wheat samples came from two experimental stations of ÚZKÚZ (Central experimental and check agricultural institute), from Čáslav (260 metres above sea level, soil type brown earth chernozem, long-term average temperature 8,9 °C, long-term average precipitation amount 555 mm) and from Vysoká u Příbramě (585 meters above sea level, soil type pseudogley luvisol, long-term average temperature 7,1 °C, long-term average precipitation amount 611 mm) from harvesting year 2017 and 2018. Grain was processed to flour and subsequently the content of N-substances, falling number, Zeleny test, ash content, wet gluten content and gluten index were specified. Using farinograph, rheological dough qualities were specified and subsequently a bakery experiment was carried out, by which physical and sensory qualities of bakery were evaluated.

From achieved results, we found out, that the end quality of grain, dough and bakery products is mostly influenced by the variety, but from big part by agroecological influences too. The best quality among the selected varieties was confirmed by the elite variety Annie with the biggest content of N-substances, wet gluten and Zeleny test. The bakery products from this variety were characterized by a big volume with good to typical bakery appearance and taste and imperceptible partition. By varieties Annie, Pankratz and Gordian, high decrease number was found out (over 400 s). Variety Frisky (C) with content of N-substances 11,25 %, sedimentation index 27,5 ml, lower gluten content (32,6 %), low measure bakery volume and worse taste perception characterized the quality group as inappropriate for bakery use. By the sensory evaluation, bakery products from the experimental institute in Vysoká u Příbramě from the harvesting year 2017 (Annie, Dagmar, Pankratz) were preferred.

**Keywords:** wheat, varieties, rheology, baking experiment

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Vědecká hypotéza a cíle práce.....	2
2.1	Vědecká hypotéza .....	2
2.2	Cíle práce .....	2
3	Literární rešerše .....	3
3.1	Látkové složení obilky pšenice .....	3
3.2	Jakost pšenice .....	4
3.3	Vlivy na utváření jakosti pšenice .....	6
3.4	Jakostní ukazatele hodnocení potravinářské pšenice .....	10
3.5	Mouka jako základní surovina .....	13
3.6	Vliv bílkovin lepku na pekařské parametry .....	15
3.7	Vliv škrobu na pekařské parametry.....	16
3.8	Reologické vlastnosti těsta .....	17
4	Materiál a metodika .....	20
4.1	Charakteristika vybraných odrůd .....	20
4.2	Charakteristika pokusných stanovišť .....	23
4.3	Charakteristika sklizňového ročníku.....	23
4.4	Postup výroby mouky .....	24
4.5	Analytické rozbory .....	24
4.6	Stanovení reologických vlastností na farinografu.....	27
4.7	Pekařský pokus.....	27
5	Výsledky.....	29
5.1	Analytické rozbory .....	29
5.2	Reologické vlastnosti .....	36
5.3	Pekařský pokus.....	41
6	Diskuze .....	44
7	Závěr.....	48
8	Seznam literatury .....	49

# 1 Úvod

Společně s ostatními obilovinami je pšenice ozimá z botanického hlediska řazena do čeledi lipnicovitě. Plodem je obilka (zrno), které se skládá ze tří částí. Na povrchu obilky jsou obalové vrstvy (8-14 %), které chrání obilku před vnějšími vlivy. Endosperm zaujímá 84-86 % hmotnosti zrna a obsahuje hlavně škrob a bílkoviny, jejichž obsah je určující pro pekárenskou kvalitu pšeničné mouky. Vnější vrstvu endospermu tvoří aleuronová vrstva. Nejmenší částí je klíček (3 %), který se při mlýnském zpracování odstraňuje.

Pšenice ozimá je nejpěstovanější plodinou na českých polích a zabírá třetinu z celkové osevní plochy (33,1 %). Podle údajů ČSÚ byla v roce 2019 celková plocha pšenice ozimé 814 tis. ha a celková sklizeň činila 4,7 mil. tun s průměrným hektarovým výnosem ve výši 5,79 t.ha<sup>-1</sup> (ČSÚ 2020). Výnos i kvalita sklizeného zrna je dána genotypem (odrůdou), prostředím a vzájemnými interakcemi těchto dvou faktorů. Počasí a agrotechnika patří mezi základní parametry prostředí.

I přesto, že pšeničné výrobky představují základní potravinu pro výživu lidí, nemalá část pšenice je spotřebována jako krmivo nebo průmyslová surovina. Ačkoliv je v posledních letech ve vyspělých zemích konzumace potravin z pšenice z výživového hlediska často vnímána negativně, je zdrojem energie nejen ve formě sacharidů, ale i jiných důležitých látek v podobě esenciálních aminokyselin, vitamínů, minerálních látek a vlákniny (Jirsa et al. 2019). Pšenice je světově nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití z důvodu její mimořádné kvality bílkovin, které jsou schopny vytvořit nakypřenější strukturu a vyšší klenbu než bílkoviny z kterýchkoliv jiných obilovin (Příhoda et al. 2006).

Pro pěstitele je u jednotlivých odrůd nejdůležitější výnos a pěstitelské náklady vyplývající z odolnosti dané odrůdy k různým chorobám a poléhání. Pro mlynáře a zpracovatele je na prvním místě kvalita pšeničného zrna. Ta je nejčastěji charakterizována obsahem bílkovin, sedimentačním indexem, číslem poklesu a podle typu použití také obsahem a kvalitou lepku a souvisejícími reologickými vlastnosti. V současné době je k dispozici velké množství odrůd pšenice s rozdílnou kvalitou, které jsou rozděleny do skupin jakosti E (elitní), A (kvalitní), B (chlebová) a C (nevhodná pro pekárenské užití). Nejvíce pěstovaných odrůd u nás spadá do kategorie kvalitní (A) a elitní (E) pekárenské jakosti (Jirsa et al. 2019).



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

### **2.1 Vědecká hypotéza**

Obsah a vlastnosti bílkovin a škrobu jsou u pšenice založeny geneticky a jsou formovány vnějšími podmínkami. To se projeví různými reologickými vlastnostmi těsta a charakteristikami pečiva.

### **2.2 Cíle práce**

Posoudit vliv vybraných odrůd pšenice ozimé a podmínek stanoviště na reologické vlastnosti těsta a pečiva z pekařského pokusu.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Látkové složení obilky pšenice

Látkové složení v pšeničném zrně je variabilní v závislosti na anatomické stavbě dané odrůdy. Množství jednotlivých látek je také ovlivněno půdními a klimatickými podmínkami, agrotechnikou, výživou a dalšími činiteli. Důležitou složkou obilky je voda, jelikož je součástí všech biochemických a fyziologických procesů probíhajících během růstu, dozrávání a skladování. Z technologického hlediska se zrna dělí podle obsahu vody na mokré (nad 17 %), vlhké (nad 15,5 %), středně suché (nad 14 %) a suché (do 14 %). Největší podíl zrna tvoří sacharidy společně s bílkovinami, dále pak lipidy, minerální látky a vitamíny (Kučerová 2004).

#### 3.1.1 Sacharidy

Sacharidy se vyskytují téměř ve všech částech obilného zrna. Monosacharidy a oligosacharidy se vyskytují ve zralých obilných zrnech ve velmi nízkých koncentracích. Patří sem tedy hlavně polysacharidy, konkrétně škrob, celulóza, hemicelulózy, pentozany a slizy. Škrob se nachází v pšeničném zrně v rozpětí 50-70 % v závislosti na odrůdě a agroekologických podmínkách. Škrob se skládá z jednotek glukózy, které jsou spojeny  $\alpha$ -1,4 glykosidickými vazbami (amylosa) a rozvětvenými prostřednictvím  $\alpha$ -1,6 glykosidických vazeb (amylopektin) a vyskytuje se ve formě škrobových zrn. Ty ve vodě bobtnají a při zahřátí nad 60 °C se zvyšuje viskozita suspenze. Zrna zvětší svůj objem, prasknou a jejich obsah vytéká, čímž vzniká škrobový maz. Podle velikosti zrna dělíme škrob na škrob A o velikosti částic od 10 do 50  $\mu$ m a škrob B o velikosti částic menší než 10  $\mu$ m. Malá zrna jsou pevně fixovaná na bílkovinnou matici a snižují tak nejen kvalitu lepku, ale i výtěžnost škrobu. Velká zrna jsou snadněji degradovatelná  $\alpha$ -amylasou a k jejich mazovatení dochází při nižších teplotách (Prugar et al. 2008; Ral et al. 2016).

#### 3.1.2 Bílkoviny

Zrna obsahují podle odrůd 9-16 % bílkovin a nejvíce jich je v aleuronové vrstvě a klíčku. Nejvýznamnějšími aminokyselinami jsou glutamin, prolin, leucin, cystein, lysin a glutamová kyselina, které mají svůj význam při tvorbě prostorové struktury těsta a jsou určující pro jeho reologické vlastnosti (Arendt & Zannini 2013). Bílkoviny se dělí podle různých hledisek, z nichž nejznámější je na základně rozpustnosti, a to na albuminy (rozpustné ve vodě), globuliny (rozpustné v roztocích solí), gliadiny (rozpustné v 70% etanolu) a gluteniny (z části rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad). Albuminy a globuliny jsou nazývány jako bílkoviny rozpustné a pokud jde o složení aminokyselin, mají nejvyšší nutriční hodnotu. Gliadiny a gluteniny jsou označovány jako bílkoviny lepku a tvoří kolem 80 % všech bílkovin zrna (Goesaert et al. 2015). V těstě tvoří hydratovaný gel, kterému gliadiny dodávají tažnost a gluteniny pružnost. Množství a vlastnosti lepku jsou podstatnými kritérii jakosti pšenice. Obsah a kvalita lepkových bílkovin ovlivňuje viskoelasticitu pšeničného těsta a tím rozhoduje o jeho vhodnosti na výrobu kynutých výrobků. U některých jedinců mohou pšeničné bílkoviny vyvolávat trávicí alergii zvanou celiakie (Palík et al. 2009).

Obsah bílkovin a lepku je ovlivněn hlavně dusíkatým hnojením, zatímco jejich kvalita je určována primárně genovou a odrůdovou specifikou (Petrenko et al. 2017).

### **3.1.3 Tuky**

Obilka pšenice obsahuje pouze 1,5-3 % hmotnostního podílu tvořených vlastními tuky složených převážně z kyseliny linolové a olejové a také z fosfatidů, které obsahují kyselinu fosforečnou a dusíkatou bázi. Největší podíl lipidů se nachází v klíčku obilky. Význam tuků je důležitý z hlediska skladování obilí a mouk. Štěpením fosfatidů se uvolňuje kyselina fosforečná a mastné kyseliny, čímž může dojít ke zvýšení kyselosti. Žluknutí je podmíněno převážně vyšší vlhkostí obilí a rozvojem plísní produkujících lipázy. V mouce je přítomnost malého množství tuku, hlavně fosfolipidů, technologicky nutná. Při mísení a zrání těsta vytvářejí s lepem komplex a tím podporují jeho bobtnavost (Prugar et al. 2008.)

### **3.1.4 Vitamíny**

Největší množství vitamínů je obsaženo v klíčku a v aleuronové vrstvě. Jelikož tyto části přecházejí při mlýnském zpracování do otrub a tmavých krmných mouk, jsou světlé konzumní mouky o část původního obsahu vitamínů ochuzeny. Význam mají hlavně vitamíny skupiny B jako thiamin, riboflavin, niacin a také vitamin E (Hamaker 2008).

### **3.1.5 Minerální látky**

Minerální látky se označují jako popeloviny, tedy anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Nejvíce se jich nachází v klíčku a v aleuronové vrstvě a celkové množství se pohybuje v rozmezí 1,25-2,5 %. Zastoupen je zde především oxid fosforečný (většinou ve formě fytinu), oxid draselný, vápenatý a v malém množství oxid sodný, křemičitý aj. Obsah popelovin v mouce je ukazatelem stupně vymletí, tedy oddělení obalových vrstev a klíčku od endospermu. Minerální látky mají technologický význam, protože se mlýnsko-technologické procesy řídí a mouky připravují podle obsahu popela (Příhoda et al. 2003; Prugar et al. 2008).

## **3.2 Jakost pšenice**

Jakost je definována jako míra uspokojení potřeb zákazníka nebo také jako stupeň naplnění potřeb vůči nějakému standardu. Jakost se rozděluje podle několika hledisek na hygienickou (zdravotní nezávadnost), senzorickou (vzhled, křupavost), nutriční (splnění nutričních požadavků) a technologickou (zpracovatelnost). Technologická jakost je dána chemickým složením zrna pšenice, zejména obsahem zásobních bílkovin v endospermu, které mají schopnost při hnětení těsta společně s dalšími látkami a vodou tvořit bílkovinný komplex neboli lepek. Technologická jakost potravinářské pšenice je komplexní záležitostí, zahrnující interakce geneticky podmíněné vnitřní stavby zrna, hlavně bílkovin, s vnějšími agroekologickými faktory. Tuto jakost rozdělujeme na mlynářskou a pekařskou (Cauvain 2003).

Mlynářská jakost je charakterizována strukturně-mechanickými vlastnostmi zrna, které se projevují při mletí a přípravě obchodních mouk. Je stanovena nepřímými znaky jako je objemová hmotnost, HTZ, tvrdost, hmotnostní podíl na sítích a tvar zrna. Zrno s dobrou mlynářskou jakostí je velikostně vyrovnané, s mělkou rýhou, hladkým povrchem a tenkými obaly (Příhoda et al. 2003).

Pekařská jakost se hodnotí při zpracování mouk v pekařské technologii, a hlavně na hotovém výrobku (objem, tvar, pórovitost, kyprost apod.). Tyto znaky jsou ovlivněny zejména množstvím hlavních složek, tj. bílkovin a škrobu. Mezi hlavní ukazatele pekařské jakosti patří základní parametry jako číslo poklesu, sedimentační index dle Zelenyho, obsah dusíkatých látek a také určení jakosti podle reologických vlastností k objektivnímu stanovení charakteristik mouky na speciálních přístrojích. Přímým ukazatel pekařské jakosti je pekařský pokus (Příhoda et al, 2003; Zimolka et al. 2005). V příloze č. 9 vyhlášky MZe č. 333/1997 Sb. pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta jsou uvedeny požadavky na jakost pekařských výrobků. Běžné pečivo by mělo být pravidelně formované a klenuté, kůrka křupavá a čistá se zlatohnědou barvou bez obnažené střídky. Ta musí být propečená, pórovitá, vláčná a zároveň pružná. Vůně a chuť musí být jemná, příjemná po použitých složkách a odpovídající danému pečivu.

Zrno potravinářské pšenice je podle určení jakosti zařazováno pro pekárenské využití (výroba kynutých výrobků) nebo pro pečivářské výrobky (sušenky, keksy). Rozdělení na tyto dvě kategorie je stanoveno normou ČSN 46 1100-2 a uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1: Požadavky na zrno potravinářské pšenice (ČSN 46 1100-2 „Pšenice potravinářská“)

<b>Jakostní ukazatele</b>	<b>Pšenice pekárenská</b>	<b>Pšenice pečivářská</b>
Vlhkost (%)	max. 14	max. 14 %
Objemová hmotnost (kg/hl)	min. 76	min. 76
Obsah N-látek v sušině (%)	min. 11,5	max. 11,5
Sedimentační index (ml)	min. 30	max. 25
Číslo poklesu (s)	min. 220	min. 220
Příměsí a nečistoty (%)	max. 6,0	max. 6,0

V současné době jsou odrůdy pšenice zařazovány do následujících čtyř kategorií podle vhodnosti pro pekárenské užití, které jsou uvedeny v tabulce 2.

- E – elitní (ve všech znacích nejlepší, obecně by měly sloužit k vylepšování jakosti suroviny)
- A – kvalitní (vyhovující ve všech parametrech)
- B – chlebová (některý z parametrů může být na hranici, v nepříznivých ročníchích nemusí splnit požadavky pro pekárenskou pšenici)
- C – odrůdy nevhodné pro pekárenské využití

Tabulka 2: Kritéria hodnocení pšenice ve skupinách pekařské jakosti ve Státních odrůdových zkouškách ÚKZÚZ

<b>Kategorie</b>	<b>E – elitní</b>	<b>A – kvalitní</b>	<b>B – chlebová</b>
Objemová výtěžnost (ml)	530	500	470
Obsah dusíkatých látek (%)	12,6	11,8	11
Zeleného test (ml)	49	35	21
Číslo poklesu (s)	286	226	196
Objemová hmotnost (kg/hl)	79	78	76
Vaznost vody (%)	55,4	53,2	52,1

### 3.3 Vlivy na utváření jakosti pšenice

Jakost pšenice je ovlivněna odrůdou, ale také místem pěstování (kvalitou půdy), klimatickými podmínkami a agrotechnikou (volba předplodiny, hnojení, doba sklizně atd.). I velmi kvalitní odrůda může vykazovat špatnou pekařskou jakost, pokud nebudou dodrženy správné pěstební postupy, které budou doprovázeny špatnými klimatickými podmínkami. Neexistuje obecná shoda ohledně toho, který z těchto faktorů je důležitější pro většinu kvalitativních znaků, ale vysoce ovlivněny genotypem jsou např. výtěžnost mouky a sedimentační index. Naopak prostředí silně ovlivňuje obsah bílkovin a číslo poklesu (Rozbicki 2015).

#### 3.3.1 Odrůda

Odrůda je považována za důležitý faktor ovlivňující technologickou jakost zrna pšenice jako suroviny pro potravinářskou výrobu. Jednotlivé odrůdy se liší v mnoha znacích, a proto je nutno respektovat jejich užitkový směr, požadavky na agrotechniku a pěstitelské podmínky. Tyto faktory mohou potlačit nebo zvýraznit geneticky určený potenciál pěstování (Prugar et al. 2008). Vliv těchto faktorů na určité jakostní ukazatele pšenice jsou znázorněny v tabulce 3. Požadavky na potravinářskou pšenici se soustředí na zrna s dostatečným obsahem kvalitního lepku a s dobrými mlynářskými vlastnostmi, hlavně vyhovující tvrdostí. Tyto jakostní parametry pšenice jsou dány právě odrůdou a jejími geneticky zafixovanými vlastnostmi (Pederson & Jorgenson 2007). Rozdíly v řadě znaků a vlastností mezi jednotlivými odrůdami pšenice jsou podmíněny odlišnými geny uloženými v chromozómech buněčného jádra (Šašek 2001). Při výběru odrůd k pěstování je důležité brát ohled na účel pěstování, agroekologické podmínky stanoviště, adaptabilitu odrůd a odolnost proti stresovým faktorům prostředí (Palík et al. 2009).

Tabulka 3: Podíl odrůdy a pěstitelských podmínek na některých jakostních ukazatelích pšenice (%) (Petr 2001)

<b>Faktor</b>	<b>Obsah bílkovin</b>	<b>Mokry lepek</b>	<b>Jakost lepku</b>
Odrůda	22,0	28,8	68,3
Pěstitelské podmínky	78,0	76,2	31,7

Šlechtění za účelem zlepšení jakosti začalo na počátku 20. stoléní. Spolu s vývojem způsobů hodnocení jakosti a s novými informacemi o dědičnosti znaků, které jakost podmiňují, se zlepšovaly i metody šlechtění. Původně byly hodnoceny znaky jako sklovitost a tvrdost zrna a později byla věnována pozornost obsahu, bobtnavosti, pružnosti a tažnosti lepku. Účelem šlechtění pšenice ozimé jsou nové odrůdy s komplexem vlastností, které požadují zemědělci, zpracovatelé a spotřebitelé. Rozhodující vlastností úspěšné odrůdy je výnos zrna v kombinaci s jakostí (Prugar et al. 2008).

Šlechtění souvisí s genomem pšenice, který byl náročný na rozluštění, jelikož pšenice má genetické informace spojené nestandardním křížením 3 rodičů. Dědičná informace neboli genom pšenice je 5x delší než u člověka a obsahuje 17 miliard písmen. Genom je složen ze tří navzájem podobným subgenomů a několika úseků DNA, které se opakují. Zahrnuje tři sady chromozomů, 107 891 genů a více než čtyři miliony makrerů. Molekulární markery jsou úseky dědičné informace, které společně s geny přenášejí na potomstvo požadované vlastnosti jako výnos, odolnost proti chorobám, suchu, škůdcům apod. (Hrušková & Švec 2019).

### **3.3.2 Půdně-klimatické podmínky**

Jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje jakost pšenice jsou půdně-klimatické poměry. Půdní fond ČR je s ohledem na klimatické podmínky a také geologické podloží a dostupnost vody rozdělen do 5 výrobních oblastí. Jedná se o výrobní oblast kukuřičnou (6,7 % zemědělské půdy), řepářskou (24,3 %), obilnářskou (40,5 %), bramborářskou (18,5 %) a píceinářskou (10 %) (AMSP ČR 2019). Nejvyšší technologické kvality se dosahuje v kukuřičné a řepářské výrobní oblasti, které vynikají suchým a teplým klimatem. U pšenice pěstované v bramborářské výrobní oblasti mají zrna menší obsah a kvalitu bílkovin (Palík et al, 2009). Nejlepším půdním typem jsou černozemě, hnědozemě a šedozemě s dobrým obsahem humusu, s hodnotou pH v rozmezí 6,2-7 a s průměrnou hloubkou podzemní vody (Prugar et al. 2008). Vnitrozemské klima způsobuje výskyt sklovitějších obilovin s nižší enzymatickou aktivitou a pšenice má také pevnější lepek (Prugar & Hraška 1986).

### **3.3.3 Počasí**

Průběh počasí během vegetace má vliv prakticky na všechny nutriční i technologické kvality pšeničného zrna. Množství srážek má vliv na obsah bílkovin a tím i na celkovou jakost. Intenzita a délka srážek ovlivňuje spolu s podmínkami prostředí, zejména teplotou, klíčení před sklizní (Bidduph et al. 2008). Vyšší množství srážek v době dozrávání způsobí vyšší aktivitu  $\alpha$ -amylasy, a tak dochází k většímu poškození škrobu. Výnos podporuje vlhké počasí v období tvorby obilky, ale na druhou stranu snižuje obsah dusíkatých látek a dalších jakostních znaků. Bohaté srážky jsou vhodné do fáze kvetení s následnou vyšší teplotou vzduchu. Teplota má velký vliv na kvalitu zrna v období metání a kvetení, kdy optimum je v rozmezí 18-20 °C (Prugar et al. 2008). Vyšší tvorbu bílkovin ovlivňuje také teplé a suché počasí v době dozrávání. Naopak extrémní teploty a nedostatek vody mohou způsobit vznik drobných a scvrklých zrn a také velké sklizňové ztráty (Zhang et al. 2013). Oproti srážkám je pozorován výraznější vliv u teploty. Počasí má největší vliv na obsah dusíkatých látek,

objemovou hmotnost a číslo poklesu. Naopak nejméně závislý je sedimentační index, u kterého se významně projevuje vliv genotypu (Palík et al. 2009).

### 3.3.4 Předplodina

Dalším důležitým faktorem je volba předplodiny, která ovlivňuje hlavně živinný režim v půdě a vytváří podmínky pro rozvoj kořenové soustavy pšenice. Vhodné jsou plodiny jako vojtěška, která zanechává v půdě poměrně velké množství posklizňových zbytků. Vyšších výnosů je dosaženo po jetelovině, luskovině, olejnině nebo okopanině, ale obilovina se jako předplodina nedoporučuje (Prugar et al. 2008). Podle výzkumu z let 2006-2013 bylo zjištěno, že po předplodině jeteli byl získán výrazně vyšší výnos pšenice. Také byl zjištěn vyšší obsah N-látek (Smatanová 2014).

### 3.3.5 Hnojení

Pro zlepšení kvalitativních ukazatelů je potřeba také správné hnojení a výživa. Dusík, fosfor a draslík mají vliv na sedimentační index, obsah N-látek a objemovou hmotnost zrna. Hnojení dusíkem může také ovlivnit číslo poklesu (Stewart & Dyke 1993). Pšenice ozimá přijímá dusík od počátku růstu prakticky až do sklizně a hnojení dusíkem by tedy mělo být aplikováno v několika etapách, aby došlo k lepšímu využití živin. Před setím se provádí základní hnojení, které má zajistit nezbytně nutné množství dusíku k vytvoření silného porostu pro přezimování (Prugar et al. 2008).

V konvenčním zemědělském systému je dusík z minerálních hnojiv snadno dostupný rostlinám v jejich raných stádiích vývoje, což má za následek mnohem vyšší výnos zrn (Hanell et al. 2004). Vyšší hladiny dusíku jsou vyžadovány převážně v pozdější vegetační fázi, kdy se zrno formuje a dozrává. V ekologickém zemědělství, kde neexistují rychle působící průmyslová hnojiva se tedy často vyskytuje deficit dusíku a nižší akumulace zásobních bílkovin pšenice. Složení bílkovin zrna v ekologickém a konvenčním pěstování bylo hodnoceno v sadě šesti odrůd ozimé pšenice z různých skupin jakosti v letech 2004 a 2005. Celková dávka hnojiva dusíku byla 75 kg/ha. Odrůdy z konvenčního pěstování byly charakterizovány dvojnásobným množstvím vysokomolekulárních gluteninů ve srovnání s odrůdami z ekologického pěstování. Obsah albuminů a globulinů byl výrazně větší u odrůd z ekologického pěstování. V konvenčním pěstování, kde se obvykle používá dusíkaté hnojivo, došlo ke zvýšení celkového obsahu bílkovin. Tím se zlepšila kvalita pšenice a následné výroby chleba, ale také snížila nutriční hodnota bílkovin (Krejčířová et al. 2007).

Důležité je také zvolit správnou formu dusíkatého hnojiva. Lepší výnosy a kvalita zrna je zřetelně vyšší při použití minerálního dusíku než při použití organického dusíku (Rossini et al. 2018). Množství a rozsah transformace jednotlivých forem živin bezprostředně ovlivňují povětrnostní podmínky v podzimních a zimních měsících (Ryant et al. 2017). Vliv listového hnojení byl zkoumán v pokusné stanici v Bačlyny v letech 2012-2015 a byla potvrzena vyšší účinnost na výnos pšenice. Při ošetření, kdy byla listová hnojiva dodávána v pěti aplikacích, byl výnos vyšší než na pozemcích, kde byla listová hnojiva dodávána ve dvou aplikacích. Došlo také ke zlepšení reologických vlastností těsta (Jankowski et al. 2016).

Pro stabilizaci výnosů a zlepšení kvality zrna je významným předpokladem hnojení pšenice sírou, nejlépe ve formě síranů. Tím může dojít nejen ke zvýšení využití aplikovaného

dusíku k pšenici, ale síra působí pozitivně i na reologické vlastnosti těsta, které se projevují zvýšením objemu pečiva a kvalitou střídky. U výrobků z pšeničné mouky ze stanovišť s deficitem síry je možný vyšší výskyt obsahu akrylamidu, který se projeví silným zhnědnutím kůrky (Ryant et al. 2017).

### 3.3.6 Sklizeň

Posečení a doprava obilí je prováděna skupinou žacích a dopravních mechanismů a následně mlátička zajišťuje uvolňování zrna z klasů, jeho oddělení od slámy i plev a dopravu do zásobníku. Mlátící mechanismus má dvě části, mlátící buben a mlátící koš. Výmlat je prováděn různými typy sklízecích mlátiček. V podmínkách ČR se používají tři druhy, tangenciální, hybridní a axiální. V případě tangenciální sklízecí mlátičky prochází materiál při práci mlátícím mechanismem mezi rotujícím bubnem a pevným košem ve směru tečny mlátícího bubnu. Pokud prochází ve směru jeho osy, mluvíme o axiální sklízecí mlátičce. K uvolňování zrna z klasů tedy dochází u obou používaných mlátících mechanismů rozdílně. U tangenciálního mechanismu jsou nejdůležitější úder mlatek do mlácené hmoty. Při příliš velké rychlosti mlatky dochází k poškození zrna. U axiální sklízecí mlátičky se výmlat uskutečňuje zrychlujícími třecími silami, vytíráním mlatkami bubnu a lištami košů. Separaci výrazně napomáhá odstředivá síla. Jelikož vytírání je šetrnější než úder mlatek, poškozuje axiální mlátící mechanismus zrna méně než tangenciální. Neexistuje zde žádný prudký přechod mezi šikmým dopravníkem a mlátícím ústrojím. Hybridní mlátící ústrojí je ve své podstatě kombinací předchozích dvou systémů. Poškození zrna je tedy závislé na druhu mlátícího ústrojí a na správném seřízení sklízecí mlátičky. Pro dokonalý výmlat s co nejmenšími ztrátami je třeba správně seřadit mlátící mechanismus, tj. volit vhodnou obvodovou rychlost bubnu a mezeru mezi bubnem a košem (Kumhála et al. 2007).

Zásadní je také doba sklizně, jelikož předčasná i opožděná sklizeň způsobí zhoršení jakosti. Při opožděné sklizni dochází ke snížení objemové hmotnosti, obsahu lepkových bílkovin a také se zvyšuje riziko napadení patogeny. To by mohlo způsobit snížení čísla poklesu a nežádoucí enzymatické aktivity (Křen et al. 1998).

### 3.3.7 Posklizňové ošetření

Mezi posklizňovou aktivitu patří čištění, třídění a úprava vlhkosti, aby obilí bylo vysušeno pod 14 % (Mhiko 2012). Suché zrno se vyznačuje nízkým stavem metabolismu, který je schopen odolávat extrémním podmínkám. Kromě vlhkosti je také potřeba provádět pravidelnou kontrolu teploty a výskytu škůdců. Při dlouhodobějším skladování je vhodné zrno ukládat do skladů s možností provzdušňování (Kučerová 2004). Aby mohla být získána mouka určité kvality, musí být skladovaná zrna pšenice před mletím zvlhčena (Meneghetti et al. 2010). Důležitá je také prevence vzniku mykotoxinů, jelikož obilné zrno může být kontaminováno velkým množstvím mikroskopických hub. Již vyvinuté mykotoxiny se stávají velmi odolnými vůči teplotním změnám. Mezi hlavní třídy mykotoxinu, které se vyskytují u obilovin, patří aflatoxiny, trichotheceny, deoxinivalenol, fumonisiny, zearalenony, ochratoxin A a námelové alkaloidy. Většina těchto mykotoxinů je produkována třemi druhy hub: *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* (Birck et al. 2006).



### 3.3.8 Skladování

Během skladování pšenice dochází k biologickým a chemickým interakcím. Zrno je třeba skladovat za zvláštních podmínek, aby se zajistilo zachování výživových a reologických vlastností požadovaných v mlýnském a pekařském průmyslu (Zieger et al. 2017). Po dozrávání a skladování může dojít k mírnému nárůstu obsahu mokrého lepku a ke zlepšení kvality lepku (Móré et al. 2015). Během skladování při vysoké teplotě s vysokou vlhkostí zrna ovšem může docházet i ke snížení obsahu N-látek, mokrého lepu a zvýšení čísla poklesu. Obsah vlhkosti je mimořádně důležitým faktorem pro udržení kvality, jelikož vlhké zrno je náchylnější k plísnovým infekcím než zrno suché (Meneghetti et al. 2010).

Vliv skladování na kvalitu pečení byl sledován u pšenice skladované po dobu jednoho roku ve třech různých režimech. První zahrnoval ukládání obilí v nevyhřívaném skladu v pytloukách (v suchém stavu), druhý také v nevyhřívaném skladu, ale v hermetických plastových pytlích (bez přístupu vzduchu) a třetí při teplotě 6 °C v pytloukách. Laboratorní pečicí test byl proveden před uložením zrna do skladu a poté po jednom, třech, šesti, devíti a dvanácti měsících. Za nejdůležitější kritérium pro odhad zrna z hlediska kvality chleba byl považován objem bochníku. Hodnota se u analyzovaných vzorků pohybovala od 435 cm<sup>3</sup> do 550 cm<sup>3</sup> s vyššími hodnotami pozorovanými po 3 a 6 měsících skladování v chladném stavu ve srovnání s právě sklizeným zrnem a vzorky, které byly skladovány bez přístupu vzduchu během 9 až 12 měsíců. Výsledky laboratorního pečení ve vzorcích skladovaných po jeden rok bez přístupu vzduchu byly ještě horší než z právě sklizeného zrna. Z výzkumu také vyplynulo, že dlouhodobé skladování pšenice ozimé mělo největší vliv na změnu pečení ve srovnání s jinými faktory (povětrnostní podmínky, zemědělské systémy, hnojení) (Petrenko et al. 2017).

## 3.4 Jakostní ukazatele hodnocení potravinářské pšenice

Kvalita zrna závisí hlavně na obsahu organických sloučenin, minerálních živin, vitamínů, antioxidantů a antinutričních sloučenin. Obsah a vlastnosti škrobu jsou velmi důležité včetně základních složek amylozy a amylopektinu (Mallick et al. 2013). Bílkoviny, konkrétně gliadin a glutenin, zajišťují elasticitu a roztažnost těsta (Singh & Khatkar 2005). Pečicí hodnotu zrna a mouky popisuje mnoho vlastností, zejména ty, které charakterizují jeho enzymatický komplex (číslo poklesu) a bílkovinový komplex (obsah celkových bílkovin, hodnoty mokrého lepku a sedimentační index). Komplexní hodnocení se však provádí pečením, včetně vyhodnocení objemu chleba (Ktenioudaki et al. 2011).

Výsledky sledování technologické jakosti potravinářské pšenice ze sklizně 2014 až 2018 jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Průměrné hodnoty kvality pšenice ze sklizně 2014-2018 (Ministerstvo zemědělství, 2019)

Rok	Objemová hmotnost (kg/hl)	Sedimentační index (ml)	Číslo poklesu (s)	N-látky (%)	Obsah příměsí (%)	Obsah nečistot (%)
2014	78,90	42	306	12,1	4,5	1,1
2015	82,20	40	351	12,5	4,3	0,3
2016	77,20	41	324	12,7	6,0	1,1
2017	78,20	46	332	13,7	5,4	0,4
2018	80,20	45	328	13,5	5,2	0,2

### 3.4.1 Vlhkost zrna

Dle normy ČSN EN ISO 712 se jedná o obsah vody v celých zrnech a označuje úbytek hmotnosti zrna sušením při teplotě 130-133 °C. Obsah vlhkosti, který by neměl překročit 14 %, je potřeba regulovat během celého skladování. Vyšší vlhkost by mohla způsobit rozvoj nežádoucích mikroorganismů. V tomto případě je potřeba vlhkost snížit nejčastěji aktivním větráním nebo teplovzdušným sušením (Prugar et al. 2008).

Zvýšení vlhkosti zrna pšenice způsobuje nižší výtěžnost mouky a menší obsah bílkovin v mouce. Tím dochází ke snížení množství bílkovin a ke zkrácení doby vývoje těsta. Vyšší vlhkost také přispívá k mechanickému posílení lepkové sítě a pozitivní účinek je též spojen s mnohem stabilnější konzistencí při hnětení (Warechowska et al. 2016).

### 3.4.2 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost vyjadřuje poměr hmotnosti obiloviny k objemu, který zaujímá povlném nasypání do nádoby za přesně definovaných podmínek. Podle ČSN 46 1100-2 musí mít zrno pro pekárenské zpracování objemovou hmotnost min. 76,0 kg/ha. Je důležitým ukazatelem výtěžnosti mouky a vyjadřuje některé vlastnosti jako je tvar a velikost obilek, sklovitost, vyrovnanost a vlastnost povrchu zrna. Při deštivém počasí během sklizně rychle klesá. Důležitým faktorem správného stanovení objemové hmotnosti je předběžné vysušení zrna na požadovanou vlhkost a odstranění příměsí a nečistot (Prugar et al. 2008; Zimolka 2005).

### 3.4.3 Obsah dusíkatých látek

Obsah dusíkatých látek je důležitým ukazatelem jakosti, který koreluje s obsahem mokrého lepku a objemem pečiva. Čím vyšší je obsah N-látek, je vyšší i obsah lepkových bílkovin, čímž dochází ke zlepšení fyzikálních a chemických vlastností těsta (Palík et al. 2009). Podle normy ČSN 46 1011-2 se u pekárenské pšenice vyžaduje obsah N-látek minimálně 11,5 %, u pšenice pečivářské je to maximálně 11,5 %. Množství N-látek je velmi ovlivněno podmínkami prostředí a také je pro šlechtitele problémem negativní korelace mezi výnosem zrna a obsahem bílkovin (Hanišová & Horčíčka 2002). Celkový obsah bílkovin může být také zvýšen větším přísunem dusíku a tím se zvýší i obsah gliadinu

a gluteninu (Rozbicki 2015). Obsah a kvalita bílkovin jsou velmi důležité faktory pro výslednou jakost pečiva. Vyšší obsah bílkovin vede k lepší kvalitě pečení (Baeckström 2008).

#### **3.4.4 Sedimentační index (Zelenyho test)**

Pro zjištění viskoelastických vlastností bílkovin zrna pšenice (tzn. kvality lepku) se používá sedimentační index. Udává schopnost lepku zvětšovat svůj objem a pozitivně koreluje s obsahem hrubých bílkovin a objemem pečiva. Základem Zelenyho testu je větší rychlost sedimentace částic u mouk s vyšším podílem a kvalitnější bílkovinou (Příhoda et al. 2003). Dle ČSN EN ISO 5529 je sedimentační index charakterizován jako číslo udávající objem sedimentu v ml, který je získán ze suspenze zkoušené mouky v roztoku kyseliny mléčné. Podle normy pro jakost potravinářské pšenice (ČSN 46 1100-2) musí být objem minimálně 30 ml. Čím vyšší je sedimentační objem, tím lepší je kvalita pečení testované odrůdy pšenice. Sedimentační index patří mezi ukazatele, které jsou relativně málo ovlivněny prostředím, a tak se nejvíce využívají jako kritéria šlechtitelského výběru na jakost zrna (Capouchová 2003).

#### **3.4.5 Číslo poklesu**

Číslo poklesu charakterizuje vnitřní prorůstání zrna a tím poškození endospermu hydrolytickými enzymy, což má za následek zhoršení jakosti. Test určuje aktivitu  $\alpha$ -amylasy, která se aktivuje na začátku klíčení zrna. Podle normy ČSN 46 1100-2 by číslo poklesu mělo mít hodnotu aspoň 220 s. U žádného z užitkových směrů pšenice by číslo poklesu nemělo klesnout pod hranici 180 s (Hanišová & Hořčíčka 2002). Vysoké hodnoty čísla poklesu mohou být následkem suchého a teplého počasí a také vyšší skladovací teplotou. Zrno s číslem poklesu vyšším než 400 s má nízkou aktivitu amylolytických enzymů a před zpracováním se vyžaduje přídavek  $\alpha$ -amylasy (Tayehun & Byung 2016). Při nadměrné vlhkosti může docházet ke klíčení zrna a poškození zásobních látek hydrolytickými enzymy, čímž dochází i ke zhoršení pekařské kvality. Těsto je lepkavé, těžko zpracovatelné, střídka pružná a objem pečiva malý (Novotný & Hubík 2006).

#### **3.4.6 Obsah mokrého lepku**

Lepek je heterogenní fáze zásobních bílkovin endospermu zrna. Konkrétně je složen z gliadinu, který ovlivňuje viskozitu a gluteninu způsobující elasticitu. Během kynutí dochází k zadržení oxidu uhličitého, což ovlivní objem pečiva (Hubík & Mareček 2003). Lepek je ve vodě nerozpustný a dle normy ČSN 46 1011-9 je definován jako hlavní podíl pšeničné bílkoviny získaný vypíráním těsta. Při mechanickém vypírání bývá nejčastěji použit přístroj Glutomatic. Lepek ve vodném prostředí zvětšuje svůj objem a vytváří gel, jehož vlastnosti jsou dány především odrůdou, počasím v průběhu vegetace a agrotechnickými zásahy (Singh & MacRitchie 2001). Lepek určuje měkkost, elasticitu a soudržnost chleba čerstvého i po skladování (Curti et al. 2014). Obsah mokrého lepku je v kladné korelaci s obsahem bílkovin a platí i stejná hlediska ve šlechtění, tj. nízká heritabilita a vysoký podíl podmínek prostředí (Capouchová 2003).

### **3.4.7 Gluten index**

Gluten index (GI) je definován jako poměr množství lepku, které zůstalo na standartním sítu za přesně definovaných podmínek odstředování, k celkovému množství lepku, které bylo vloženo na sítko před odstředováním. GI může nabývat hodnot od 0 do 100 a udává, zda je lepek slabý, středně silný nebo silný. V případě, že GI je nízký, je lepek měkký a rozplývavý. GI s hodnotou 100 charakterizuje velmi pevný lepek. Zrno určené pro pekárenské zpracování by mělo mít GI v rozmezí 85-95. GI je ovlivněn hlavně odrůdou a je v korelaci hlavně se sedimentačním indexem (Příhoda & Hrušková 2007).

### **3.4.8 Příměsi a nečistoty**

Dle ČSN 46 1011-6 jsou mezi příměsi řazeny zlomky zrn, porostlá zrna a zrnové příměsi, kam patří scvrklá zrna, zrna jiných obilovin, zrna poškozená škůdci, zrna se změněnou barvou klíčku a tepelně poškozená zrna. Za nečistoty jsou považovány cizí semena, poškozená zrna, námel a cizí látky. Nejvyšší povolené množství příměsí je 6 % a podíl nečistot může tvořit maximálně 0,5 % (Příhoda & Hrušková 2007).

### **3.4.9 Tvrdost zrna**

Stanovení tvrdosti zrna se v České republice pro hodnocení komerční pšenice nevyužívá a není to metodicky standardizováno. Tvrdost zrna souvisí s přítomností zpevňujících bílkovin na povrchu škrobových zrn. Tvrdost zrna určuje struktura endospermu, která je dána hlavně genetickým základem odrůdy. Obvykle koreluje s výtěžností mouk. K pekárenskému využití jsou vhodnější odrůdy s tvrdším zrnem (Prugar et al. 2008).

## **3.5 Mouka jako základní surovina**

Mouka má jedinečnou vlastnost, že pokud je smíchána s vodou a zpracována hnětením, vytváří viskoelastické těsto schopné zadržovat produkovaný plyn během kvašení a na začátku pečení. Důležitými faktory ovlivňující použití mouky a kvalitu konečných produktů je také doba skladování a technologie mletí mouky (Móré et al. 2015). Mezi další základní vlastnosti, které mají přímý vliv na jakost chleba a tvoří její pekařskou hodnotu patří kromě schopnosti tvorby plynu také pekařská síla mouky, barva mouky a granulace mouky. V současné době se používá mnoho látek k ovlivnění strukturálních a fyzikálně-chemických vlastností složek mouky, aby se optimalizovala jejich funkčnost při výrobě chleba (Goesaert et al. 2015).

### **3.5.1 Skladování mouky**

Jelikož důsledkem správného skladování dochází ke zlepšení kvality, není čerstvá semletá mouka vhodná ke zpracování. Během skladování dochází ke zrání mouky, které je ovlivněno v první řadě stupněm vymletí. Čím jsou mouky více vymleté, tím rychleji zrají. Důležitý je také stupeň zralosti zrna, neboť čím je zrno mladší, tím déle by měla být mouka skladována. Je potřeba zabránit nepříznivým změnám enzymů a rozvoji škůdců. Působením lipolytických enzymů nastává při skladování hydrolýza a uvolňování mastných kyselin.

Největší význam a vliv na změnu jakosti mouky má kyselina linolová, linolenová a olejová, které zpomalují bobtnavost lepku, snižují vaznost vody a zvyšují odolnost škrobu vůči mazovatění. Lepek z čerstvé mouky může často být nedostatečně tažný a snadno se trhat. Při zadělání vzniká lepkavé těsto se špatnými fyzikálními vlastnostmi a mouka má menší vaznost. Výsledný pekařský výrobek může být charakterizován jako nízký, rozplývavý, s malým objemem a trhlinami v kůrce (Příhoda et al. 2003).

Sledování reologických vlastností, které určují kvalitu konečných produktů bylo zkoumáno na třech odrůdách ozimé pšenice během krátkodobého skladování od července do srpna v roce 2012. Vzorky byly analyzovány pomocí valorigrafu. Vaznost vody a stabilita těsta se po jednom měsíci skladování výrazně nezměnily, ale stabilita těsta hodnocena po dvou měsících již byla vyšší (Móré et al. 2015).

### **3.5.2 Granulace mouky**

Granulace neboli velikost moučných granulí vyjadřuje velikost podílu částic, které propadají sítem o stanovené velikosti. Granulace mouky je definována vyhláškou č. 333/1997 Sb., která udává limit pro hladkou mouku alespoň 96 % částic menších než 257  $\mu\text{m}$  a alespoň 75 % částic menších než 162  $\mu\text{m}$ . U polohrubé mouky musí být alespoň 96 % částic menších než 366  $\mu\text{m}$  a alespoň 75 % částic menších než 162  $\mu\text{m}$ . Limit pro hrubou mouku je stanoven na 96 % částic menších než 485  $\mu\text{m}$  a alespoň 75 % částic menších než 162  $\mu\text{m}$ . Semílání na jemné granule má vliv na stupeň poškození škrobu. Méně porušených škrobových zrn a menší enzymovou aktivitu mají hrubší mouky, protože jsou zpracovávány šetrněji. Naopak poškozený škrob snadno podléhá působení amylolytických enzymů a je rychleji hydrolyzován na zkvasitelné cukry a rychleji mazovatí. Nízkomolekulární sacharidy a dextriny pak způsobí lepivost těsta a jeho horší zpracovatelnost. Optimální velikost částic pro výrobu většiny pšeničných výrobků je závislé na síle mouky. Příliš hrubá mouka vytváří chléb o malém objemu s tlustostěnnou střídkou, a naopak příliš jemná mouka způsobí rozplývavý chléb (Příhoda et al. 2003). Granulace mouky se významně podílí i na schopnosti vázat vodu. Jemnější mouka má větší povrch a tím zároveň větší schopnost zadržovat více vody (Idriss et al. 2012).

### **3.5.3 Barva mouky**

Barva mouky je dána genotypem dané odrůdy, ale také je ovlivněna obsahem popela, který je dán stupněm vymletí. Mouka je tím tmavším, čím více je semleto podobalových vrstev (Hidalgo et al. 2014). Podle vyhlášky č. 333/1997 Sb. je pro pšeničnou mouku charakteristická bílá barva s nažloutlým odstínem. Nyní je barva mouky nebo barevný odstín střídky pečiva výrazně ovlivněn používáním přísad celozrnných mouk nebo šrotů (Příhoda et al. 2003).

### **3.5.4 Schopnost tvorby plynu**

Pro správný průběh fermentace je důležitý dostatek zkvasitelných cukrů a správná aktivita kvasinek. Mezi zkvasitelné cukry je řazena maltóza, glukóza a fruktóza a primárně jsou přítomny už v mouce, kam se dostaly ze zrna. Dále vznikají působením amylolytických

enzymů ze škrobu během vedení těsta. Pšeničná mouka obsahuje málo zkvasitelných cukrů a většinou i nedostatek enzymů a z toho důvodu jsou do mouky přidávány (Kučerová 2004).

### 3.5.5 Pekařská síla mouky

Síla mouky je charakterizována množstvím a kvalitou lepkových bílkovin, které během hnětení těsta vytváří elastickou síť zadržující kypřící plyn. Obsah a kvalita lepkových bílkovin v mouce se vyjadřuje obsahem mokrého lepku a má vliv na objem a tvar pšeničného pečiva. Silná mouka při zadělání váže velké množství vody, optima svých fyzikálních vlastností dosahuje pomalu, těsto se nerozplývá a dobře uchovává svůj původní tvar. Naopak slabá mouka dosahuje optima rychle, těsto má sklon k rozplývání, je značně lepivé a vykazuje nevyhovující senzorické vlastnosti (Kovaříková & Netolická 2011).

### 3.5.6 Úprava mouky

Jako zlepšující prostředek k zajištění jakosti pekařského výrobku se ve mlýně obvykle používají oxidační látky (např. kyselina askorbová), enzymy, emulgátory, sladová moučka, vitální lepek a další vazné látky. Kyselina askorbová se u nás dávkuje v množství cca 1-5 ppm, což je značně nižší než v zahraničních mlýnech. Díky ní dochází ke zpevnování lepkové sítě v těstě a k rychlejšímu zrání těsta. Amylololytické enzymy (převážně  $\alpha$ -amyláza) pomáhají štěpit škrob na dextriny a v menším množství až na maltosu a glukosu, které jsou kvasinkami přeměňovány na oxid uhličitý a etanol. Za stejným účelem se u nás přidává i diasta neboli sladová mouka v množství kolem 0,1 % (vztaženo na hmotnost mouky). Zpravidla se přidává jako součást zlepšujícího prostředku a častěji až v pekárně. Ke zlepšení vlastností těst z hlediska jejich zpracovatelnosti při rozvalování, tvarování apod. se používají emulgátory (např. acylglyceroly, lecitin). Způsobují také zlepšení struktury a vláčnosti střídky a podílejí se na zpomalení procesu tvrdnutí pečiva. Jejich dávky se pohybují kolem 0,1 až 0,4 % na hmotnost mouky. Při nízkém obsahu lepku se přidává vitální lepek v množství 0,5 až 3 % podle kvality mouky. Mírně se zvyšuje vaznost a zlepšuje se zpracovatelnost těsta (Kovaříková & Netolická 2011).

## 3.6 Vliv bílkovin lepku na pekařské parametry

Zásobní bílkoviny tvořící lepek jsou důležitou složkou zrn pšenice, které ovlivňují nutriční hodnotu a kvalitu pekařského výrobku. Obsah bílkovin má přímý vliv na objem výrobku. Se zvyšujícím se obsahem bílkovin, se zvyšuje i vaznost vody, a to má za následek větší objem. Obsah bílkovin v pšeničném zrně může být zvýšen aplikací dusíkatých hnojiv (Uhlen et al 1998). Kvalita a množství lepku je také bezprostředně spjata s pekařskou silou mouky. Pekařsky silná mouka se většinou získává z odrůd pšenice s vyšším obsahem bílkovin (12-14 % v sušině). U této mouky je vyžadováno intenzivnější míchání, dobře zadržuje vzduch a oxid uhličitý produkovaný kvasinkami a tím vznikají objemnější výrobky. Pokud mouky obsahují pod 10 % bílkovin, jsou označovány za mouky slabé a jsou vhodné spíše pro výrobu sušenek a oplatků (Velíšek & Hajšlová 2009).

Kvalitu neovlivňuje pouze množství bílkovin, ale také složení. Mouky se stejným obsahem bílkovin mohou vytvářet rozdílné objemy výrobků. Lepek je důležitou součástí

ovlivňující vlastnosti těsta a viskoelastické chování. Zatímco gluteninové frakce ovlivňují pevnost a elastické vlastnosti těsta, gliadinové frakce určují viskozitu a tažnost těsta (Anjum et al. 2007). Rozdílné chování je vysvětleno zejména odlišnou molekulovou hmotností těchto dvou složek. Gluteniny jsou označovány jako vysokomolekulární zásobní bílkoviny pšenice tvořené směsí bílkovinných podjednotek, kde se uplatňují vodíkové, a hlavně disulfidické vazby, kterými se dosahuje vysokých molekulových hmotností. Podjednotky se dělí podle hmotnosti na vysokomolekulární (HMW) a nízkomolekulární (LMW) podjednotky gluteninu. HMW podjednotky jsou minoritní složkou, ale mají významný vliv na pekárenskou kvalitu. Vytvářejí dlouhé polypeptidové řetězce stabilizované disulfidickými můstky, a to zvyšuje pružnost a pevnost lepku. LMW podjednotky tvoří asi jednu třetinu z celkového obsahu bílkovin. Největší vliv na pekárenskou kvalitu mají LMW podjednotky gluteninů, které vytváří komplexy s HMW podjednotkami. LMW podjednotky, které obsahují dva nebo více cysteinových zbytků, mohou vytvářet disulfidové vazby, tím prodlužovat délku řetězce vznikajícího polypeptidu a vytvářet tak kvalitnější těsto (Gianibelli et al. 2001).

Nelepkové proteiny, albuminy a globuliny, jsou důležité zejména z nutričního hlediska díky velmi příznivému zastoupení jednotlivých aminokyselin. Množství albuminové frakce zrna negativně koreluje s objemem pečiva, soudržností těsta a proteolytickou aktivitou, což způsobuje snížení pekařské kvality zrna (Tomić et al. 2016).

### 3.7 Vliv škrobu na pekařské parametry

Škrob má pro pekařské výrobky význam jako zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky při kypření těsta (Kučerová 2004). Při fermentaci dochází ke štěpení škrobu na glukózu a maltózu a vzniká oxid uhličitý, který pomáhá získat vysoké a optimální objemy chleba. Enzym způsobující štěpení škrobu se nazývá  $\alpha$ -amylasa a jeho vyšší aktivita vede k nižšímu číslu poklesu, což má za následek nekvalitní konečné produkty (Gooding & Davies 1997). Zrno s nedostatečnou aktivitou  $\alpha$ -amylasy má také negativní vliv na objem bochníku a obvykle je označováno číslem poklesu nad 400 s. Přidávání exogenních  $\alpha$ -amylas pomáhá vytvářet fermentované cukry, stimuluje fermentaci kvasinek, a proto zvyšuje objem a trvanlivost výrobku (Ral et al. 2016).

Určitý stupeň poškození škrobových granulí má příznivý vliv na kvalitu pekárenských výrobků. Poškozený škrob vzniká při mletí pšenice mechanickým stříhem mezi válci mlýna. Úroveň poškození je ovlivněna tlakem a velikostí mezery mezi válci, poměrem rychlosti válců, průměrem válců, vlhkostí pšenice vstupující do procesu mletí a tvrdostí pšenice. Mletí měkké pšenice má za následek méně poškozený škrob než mletí tvrdé pšenice. Poškozený škrob je mnohem citlivější na enzymatickou hydrolyzu a má zvýšenou schopnost absorbovat vodu. Přílišné poškození škrobu může způsobit problémy s výrobou a vést ke snížení kvality výrobků jako je menší objem, špatná struktura a tmavá barva kůrky. Vyšší absorpce vody poškozeného škrobu může bránit úplnému vývoji lepku. Kromě toho během kvašení škrob příliš degraduje, což vede k nadměrnému uvolňování vody a ke snížení konzistence těsta (Pandey 2013).

Škrob během přípravy těsta absorbuje asi 46 % vody. Díky kombinaci tepla, vlhkosti a času během pečení, škrobové granule želatínují a bobtnají. Amylosa a amylopektin nejsou v granulích homogenně distribuovány, amyulóza se nachází ve středu granulí a vnější vrstvy

jsou obohaceny amylopektinem. Po ochlazení vytváří amyulóza souvislou síť, ve které jsou nabobtnalé a deformované škrobové granule vzájemně propojeny. Díky své rychlé retrogradaci je amyulóza nezbytným strukturálním prvkem chleba a je určujícím faktorem pro počáteční pevnost bochníku. Během skladování chléb postupně ztrácí svěžest, okorává, kůra ztuhne, střídka je pevnější, méně pružná a ztrácí se vlhkost a chuť (Goesaert et al. 2015).

### **3.8 Reologické vlastnosti těsta**

Při smíchání pšeničné mouky s vodou vzniká trojrozměrné viskoelastické těsto. Reologické testování tohoto těsta je preferovaným způsobem pro zkoumání struktury a základních vlastností těsta. Tyto údaje jsou důležité pro odhadování chování těsta při zpracování a při kontrole kvality potravinářských výrobků. Mezi nejčastěji používané přístroje patří farinograf, mixograf, extenzograf a alveograf (Song & Zheng 2007). Nevýhodou této metody je využití poměrně silné deformační síly a popis vlastností těsta během hnětení a kynutí, tedy během „studené fáze“ výroby (Weipert, 1992). Reologické chování těsta je ovlivněno hlavně bílkovou frakcí a interakcí mezi gliadinem a gluteninem. Jejich rozdílné chování je způsobeno především odlišnou molekulovou hmotností. Gluteniny jsou složeny ze skupiny HMW a LMW polypeptidů, které jsou schopné vytvářet polymerní síť a glutenové proteiny ovlivňují dobu míchání těsta a reologické vlastnosti. Obecně lze říct, že přídavek lepku vede ke zlepšení sensorických vlastností pečiva, a to hlavně vzhledu, vlastnosti kůrky, vůně a také zásadně zvětšuje objem pečiva (Codina et al 2008).

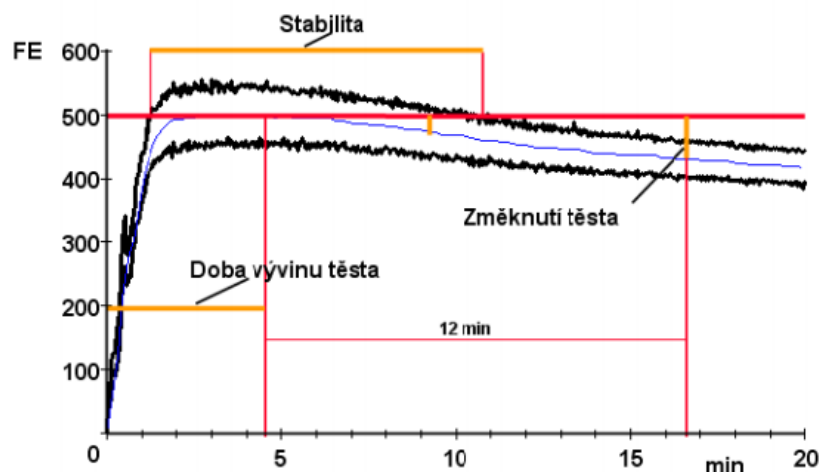
Při hodnocení obsahu lepku u vzorků pšenice pomocí mixografu je potřeba zvážit, zda by měla být použita sůl. Kromě smyslového podílu na chutnosti chleba je sůl rozhodující a nezbytnou složkou při zpracování těsta a je známo, že má velký vliv na reologické vlastnosti těsta včetně stability a síly (Issak et al. 2019).

Reologické vlastnosti těsta (doba vývinu, pokles konzistence a stabilita těsta) mohou být ovlivněny koncentrací vápníku a hořčíku ve vodě. Dle studie z roku 2015 bylo zjištěno, že vyšší koncentrace hořčíků ve vodě zvyšuje stabilitu těsta a snižuje pokles konzistence. Naopak nižší stabilita těsta může být způsobena větší koncentrací vápníku (Sehn et al. 2016).

#### **3.8.1 Farinograf**

Farinograf je nejpoužívanějším přístrojem pro zkoumání reologických vlastností těst a patří k základnímu vybavení obilnářských laboratoří. Základem farinografu je hnětací nádoba se dvěma lopatkami, které rotují konstantními, ale rozdílnými rychlostmi. Do nádoby se vsype pšeničná mouka a za stálého hnětení se postupně přidává voda až do vytvoření těsta o konzistenci 500 F.j. Farinograf zaznamenává odpor těsta při hnětení za definovaných podmínek, kterými jsou velikost hnětačky, počet otáček lopatek a teplota. Odpor se zachycuje v časovém průběhu pomocí registračního zařízení a vykresluje se křivka zaznamenávající hlavní reologické ukazatele kvality mouky. Mezi ně patří vaznost, doba vývinu a stupeň změknutí těsta (Prugar et al 2008; Idriss et al. 2012). Farinografická křivka je zobrazena na obrázku 1





Obrázek 1: Farinografická křivka (Kovaříková & Netolická 2011)

Farinografická vaznost vody je stanovena jako množství vody přidané k mouce, potřebné k dosažení maximální konzistence. Množství vázané vody je ovlivněno tvrdostí zrna. Vaznost vody ovlivňuje stabilitu těsta a výtěžnost těsta i pečiva. Správný přídavek vody je použit k získání úplné křivky hnětení, jejíž různé tvary jsou ukazatelem síly mouky. U silných pekařských mouk je vaznost kolem 58 % a více, naopak u mouk vyrobených z měkkých pšenic je vaznost lehce pod 50 % (Hrubík 1997).

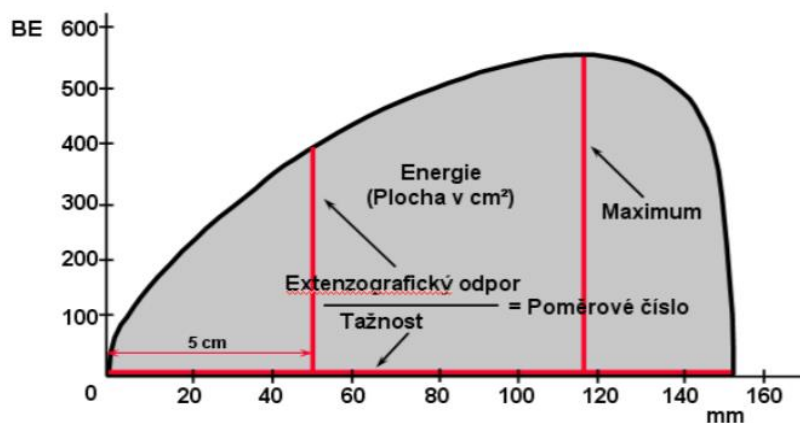
Pokles konzistence nebo také stupeň změknutí těsta udává chování těsta při hnětení a zrání. U silných mouk je nízký pokles konzistence, obvykle do 50 F.j. a u středně silných mouk se pohybuje v rozmezí od 60 do 100 F.j. Obecně tedy platí, že slabší mouky mají vyšší hodnotu změknutí těsta (Příhoda et al 2003; Zimolka 2005).

Vývin těsta je doba potřebná k vyhnětení těsta do maximální konzistence. Slabé mouky jsou velmi citlivé ke hnětení těsta a mají dobu vývinu kolem 1 až 1,5 minuty. U středně silných mouk se doba vývinu pohybuje mezi 2 až 3 minutami a u silných mouk kolem 5 minut a více (Palík 2001).

Stabilita těsta udává dobu od prvního překročení konzistence 500 F.j. do doby, kdy jí překročí naposledy. Středně jakostní mouky mají stabilitu kolem 5 minut a kvalitní pekařské mouky se vyznačují dobrou stabilitou, někdy až po celou dobu hnětení (Příhoda et al. 2003).

### 3.8.2 Extenzograf

Extenzograf se používá k měření odporu a tažnosti těsta. Je vhodný pro posuzování pekařské kvality mouky, přípravy těsta a také při posuzování zlepšujících prostředků. Z mouky, vody, soli a případně dalších přísad se ve hnětačce připraví těsto. V tvarovacím zařízení se předepsaným způsobem vytvaruje do tvaru válečku. Těsto je uloženo do temperovaného prostoru k odležení na dobu 45, 90 a 135 minut. Vlastní měření je realizováno rovnoměrným klesáním háku, který napíná volnou část válečku těsta až do jeho přetržení. Registrační zařízení přístroje zaznamenává odpor, který těsto háku klade při natahování. Výsledným záznamem je extenzografická křivka, která je znázorněna na obrázku 2 (Brabender 2017).



Obrázek 2: Extenzografická křivka (Kovaříková & Netolická 2011)

### 3.8.3 Alveograf

Alveograf je vhodný pro posuzování kvality mouky používané pro výrobky, u kterých je vyžadována nižší výtěžnost těsta a dle receptury dané konstantní množství vody (např. těsta na výrobu crackerů, oplatků, slaných tyčinek apod.). Alveograf hodnotí změny těsta na principu plošné deformace těsta napínaného tlakem plynu. Těsto se v průběhu nafoukne vzduchem až do prasknutí. Přebytek tlaku v bublině se zaznamenává. Nadměrný tlak vzduchu v bublině je měřítkem pevnosti v tahu. Dobrý chléb je obvykle indikován vysokými hodnotami celkové energie použité k vyfukování bublin a maximálním tlakem během nafukování (Güçbilmez et al. 2019).

## 4 Materiál a metodika

Pro tuto diplomovou práci bylo vybráno šest odrůd pšenice ozimé ze stanic ÚKZÚZ ve dvou pěstebních stanicích, ve Vysoké u Příbramě a v Čáslavi. Pro zkoumání byly vybrány odrůdy Annie, Dagmar, Pankratz, Gordian, Hyfi a Frisky sklizené v roce 2017 a 2018.

Vzorky zrna byly zpracovány na mouku na laboratorním mlýnu YM-1 a následně u jednotlivých vzorků mouk byly provedeny analytické rozbory a zjišťována vlhkost (%), obsah N-látek (%), číslo poklesu (s), sedimentační index dle Zelenyho (ml), obsah popela (%), obsah lepku (%) a z toho vypočítaný gluten-index. Mouka byla také použita na stanovení reologických vlastností těsta na farinografu. Podle základní receptury byly z těsta upečeny klonky, u kterých byly změřeny fyzikální charakteristiky a hodnoceny senzorní ukazatele jakosti.

Výsledky byly hodnoceny pomocí programu STATISTICA CZ 12 a byla použita analýza rozptylu (ANOVA) k určení statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými faktory, tedy odrůdami, pokusnou stanicí v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě a mezi rokem sklizně 2017 a 2018. Hladina významnosti byla stanovena  $\alpha = 0,05$  (5 % pravděpodobnost chyby).

Z důvodu nedostatku mouky ze sklizně 2017 z obou pokusných stanic nebylo provedeno hodnocení obsahu lepku a GI.

### 4.1 Charakteristika vybraných odrůd

Informace o vybraných odrůdách pro hodnocení pekařské jakosti jsou z brožury Seznam doporučených odrůd 2018 vydané Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským. Rozdělení odrůd dle jakostních skupin je uvedeno v tabulce 5.

Tabulka 5: Zařazení hodnocených odrůd pšenice ozimé do skupin podle pekařské jakosti

Jakostní skupina	Odrůdy
E	Annie
A	Dagmar, Pankratz
B	Gordian, Hyfi
C	Frisky

#### 4.1.1 Annie

Annie je pekařská středně raná odrůda elitní (E) jakosti. Rostliny jsou středně vysoké, méně odnožující a zrna velká. Výnos zrna v neošetřené variantě pěstování je v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti středně vysoký, v obilnářské a bramborářské oblasti nízký. V ošetřené variantě pěstování je výnos zrna v kukuřičné a řepařské oblasti nízký, v obilnářské a bramborářské velmi nízký. Hodnocení odrůdy Annie je shrnuto v tabulce 6.

Tabulka 6: Hodnocení odrůdy Annie (ÚKZUZ, 2018)

Objem pečiva	velmi vysoký
Obsah dusíkatých látek	velmi vysoký
Hodnota Zeleného testu	vysoká
Vaznost vody	velmi vysoká
Hodnota čísla poklesu	velmi vysoká
Objemová hmotnost	vysoká až velmi vysoká

#### 4.1.2 Dagmar

Dagmar je pekařská poloraná odrůda kvalitní (A) jakosti. Rostliny jsou středně vysoké až nízké, velmi dobře odnožující a zrno velké. Výnos zrna v neošetřené variantě pěstování je v kukuřičné, obilnářské a bramborářské výrobní oblasti středně vysoký, v řepařské středně vysoký až vysoký. V ošetřené variantě pěstování je výnos zrna ve všech výrobních oblastech středně vysoký. Hodnocení odrůdy Dagmar je shrnuto v tabulce 7.

Tabulka 7: Hodnocení odrůdy Dagmar (ÚKZUZ, 2018)

Objem pečiva	vysoký
Obsah dusíkatých látek	středně vysoký
Hodnota Zeleného testu	středně vysoká
Vaznost vody	vysoká
Hodnota čísla poklesu	středně vysoká
Objemová hmotnost	velmi vysoká

#### 4.1.1 Pankratz

Pankratz je polopozdní až pozdní odrůda kvalitní (A) jakosti. Rostliny jsou středně vysoké, velmi dobře odnožující a zrno malé. Výnos zrna v neošetřené variantě pěstování je v kukuřičné výrobní oblasti středně vysoký, v řepařské, obilnářské a bramborářské oblasti vysoký. V ošetřené variantě pěstování je výnos zrna v kukuřičné oblasti středně vysoký, v řepařské oblasti středně vysoký až vysoký a v obilnářské a bramborářské oblasti vysoký. Hodnocení odrůdy Pankratz je shrnuto v tabulce 8.

Tabulka 8: Hodnocení odrůdy Pankratz (ÚKZUZ, 2018)

Objem pečiva	středně vysoký
Obsah dusíkatých látek	nízký
Hodnota Zeleného testu	středně vysoká
Vaznost vody	středně vysoká
Hodnota čísla poklesu	vysoká
Objemová hmotnost	vysoká

### 4.1.2 Gordian

Gordian je pekařská polopozdní odrůda chlebové (B) jakosti. Rostliny jsou nízké, středně odnožující a zrno malé. Výnos zrna v neošetřené variantě pěstování je ve všech výrobních oblastech velmi vysoký. V ošetřené variantě pěstování je výnos zrna v kukuřičné oblasti středně vysoký až vysoký, v řepařské, obilnářské a bramborářské výrobní oblasti vysoký. Hodnocení odrůdy Gordian je shrnuto v tabulce 9.

Tabulka 9: Hodnocení odrůdy Gordian (ÚKZUZ, 2018)

Objem pečiva	nízký
Obsah dusíkatých látek	nízký
Hodnota Zeleného testu	středně vysoká až vysoká
Vaznost vody	středně vysoká
Hodnota čísla poklesu	vysoká
Objemová hmotnost	vysoká

### 4.1.3 Hyfi

Hyfi je středně raná pekařská odrůda chlebové (B) jakosti. Rostliny jsou středně vysoké, středně odnožující a zrno středně velké. Výnos zrna v neošetřené variantě pěstování je v kukuřičné výrobní oblasti vysoký, v řepařské, obilnářské a bramborářské velmi vysoký. V ošetřené variantě pěstování je výnos zrna v kukuřičné a řepařské oblasti vysoký, v obilnářské a bramborářské oblasti velmi vysoký. Hodnocení odrůdy Hyfi je shrnuto v tabulce 10.

Tabulka 10: Hodnocení odrůdy Hyfi (ÚKZUZ, 2018)

Objem pečiva	vysoký
Obsah dusíkatých látek	středně vysoký až nízký
Hodnota Zeleného testu	středně vysoká
Vaznost vody	středně vysoká
Hodnota čísla poklesu	středně vysoká
Objemová hmotnost	středně vysoká

### 4.1.1 Frisky

Frisky je polopozdní odrůda nevhodná pro pekařské využití (kategorie C). Rostliny jsou nízké, středně odnožující a zrno středně velké až malé. V neošetřené variantě pěstování je výnos zrna ve všech výrobních oblastech velmi vysoký. Výnos zrna v ošetřené variantě pěstování je v kukuřičné výrobní oblasti vysoký, v řepařské, obilnářské a bramborářské oblasti velmi vysoký. Hodnocení odrůdy Frisky je shrnuto v tabulce 11.

Tabulka 11: Hodnocení odrůdy Frisky (ÚKZUZ, 2018)

Objem pečiva	velmi nízký
Obsah dusíkatých látek	nízký až velmi nízký
Hodnota Zeleného testu	středně vysoká
Vaznost vody	nízká
Hodnota čísla poklesu	středně vysoká
Objemová hmotnost	vysoká

## 4.2 Charakteristika pokusných stanovišť

### 4.2.1 Čáslav

Zkušební stanice Čáslav se nachází ve Středočeském kraji v okrese Kutná Hora v nadmořské výšce 260 m. Půdní typ v této lokalitě je černozem hnědozemní a druh je hlinitá půda. Dlouhodobá průměrná teplota je 8,9 °C a dlouhodobý průměrný úhrn srážek je 555 mm.

### 4.2.2 Vysoká u Příbramě

Zkušební stanice Vysoká u Příbramě se nachází také ve Středočeském kraji v okrese Příbram v nadmořské výšce 585 m. Půdním typem je luvizem pseudoglejová a stejně jako v Čáslavi půdní druh hlinitý. Dlouhodobá průměrná teplota je 7,1 °C a dlouhodobý průměrný úhrn srážek je 611 mm.

## 4.3 Charakteristika sklizňového ročníku

### 4.3.1 Rok sklizně 2017

Pro faktory hodnocené v této diplomové práci je důležitý průběh počasí hlavně v době formování zrna. Červen byl v ČR teplotně silně nadnormální s průměrnou měsíční teplotou 18,2 °C. Srážkově byl červen na území ČR normální s průměrným měsíčním úhrnem srážek 68 mm. Rozložení srážkových úhrnů bylo ale v rámci republiky výrazně proměnlivé a mimo jiné i v části středních Čech se projevil deficit srážek. Z výsledků hodnocení kvality pšenice v ČR, kterou monitoruje Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž vyplývá, že z celého souboru analyzovaných vzorků (celkem 547 vzorků) byly potvrzeny průměrné hodnoty kvality potravinářské pšenice. Byla hodnocena vlhkost, objemová hmotnost, sedimentační index, obsah N-látek, číslo poklesu a obsah příměsí a nečistot. Limitujícím faktorem byla hodnota objemové hmotnosti. Dobré byly výsledky hodnot čísla poklesu a také obsah N-látek (Kůst & Záruba 2018).

### 4.3.2 Rok sklizně 2018

I v roce 2018 bylo rozložení srážkových úhrnů v rámci republiky výrazně proměnlivé a deficit srážek se projevil hlavně v Jihomoravském kraji, v části středních Čech a v některých okresech Vysočiny. V červnu již část porostů viditelně trpěla suchem. Z výsledků

monitoringu hodnocení kvality vyplývá, že kvalita potravinářské pšenice v ČR byla velmi dobrá. Z 551 hodnocených sklizňových vzorků vyhovělo celkem 80 % ve všech parametrech, což je výrazně vyšší procento než v předchozím roce, kdy vyhovělo 66 % vzorků. Výsledky ukazují, že limitujícím faktorem kvality v roce 2018 bylo číslo poklesu, ale nejedná se o výrazně horší ukazatel. Oproti nízké objemové hmotnosti v roce 2017 byl průměr v roce 2018 za celou ČR třetí nejvyšší za posledních 12 let (80,2 kg/hl). Zrno obsahovalo stejně jako v předchozím roce vyšší podíl zlomků zrn, patrně jako následek sklizně za nízké vlhkosti zrna (Kůst & Záruba 2019).

#### 4.4 Postup výroby mouky

Nejprve bylo provedeno ruční předčištění vzorků, při kterém byla odstraněna zrna poškozená škůdci, napadená plísněmi, mechanicky poškozená zrna, pluchy, kamínky a zrna jiných plodin. Zrno bylo zváženo a následně vyčištěno na přístroji Labofix přes síto. Poté byl vzorek vyloupán na loupačce, zvážen a nakropen. Množství vody pro nakropení bylo zjištěno z následujícího vzorce.

$$\frac{(15 - \text{skutečná vlhkost}) * \text{množství obilí} * 1,25}{85}$$

Po nakropení bylo zrno přendáno do skleněné lahve se zabroušeným hrdlem, přikryto alobalovým víčkem a vloženo do pračky, kde bylo mícháno. Po 2 minutách byla lahev vyndána, pevně uzavřena a ponechána tak do druhého dne. Vzorek byl znovu obrušován na loupačce a byla stanovena vlhkost. Zrno bylo opět zváženo a následně vypočítáno množství vody potřebné pro dokropení podle dalšího vzorce.

$$\frac{(15 - \text{skutečná vlhkost}) * \text{množství obilí} * 1,29}{85}$$

Po dokropení bylo zrno ponecháno asi 10 minut odpočívat a poté proběhlo samotné mletí mouky. Mletí bylo prováděno na mlýnu značky Yücebas makine analitik cihazlar sanayi.

#### 4.5 Analytické rozbory

##### 4.5.1 Stanovení vlhkosti

Pomůcky: analytické váhy, kovová vysoušečka, termostatická sušárna, exsikátor

Stanovení vlhkosti bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 712. Do předem vysušené a zvážené vysoušečky s víčkem bylo naváženo 5 g homogenního vzorku, který byl rozprostřen na dno misky. Ta byla vložena s odklopeným víčkem do vyhřáté sušárny na 130 °C a ponechána tam 90 minut. Následně byla miska uzavřena víčkem, vložena do exsikátoru a po vychladnutí na laboratorní teplotu zvážena s přesností na 0,001 g.

Obsah vlhkosti byl vypočítán podle následujícího vzorce a výsledek vyjádřen v procentech na jedno desetinné místo.

$$\frac{(\text{hmotnost před sušením} - \text{hmotnost po sušení}) * 100}{\text{navážka}}$$

#### 4.5.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Pomůcky: analytické váhy, mineralizační blok, destilační jednotka, mineralizační tuby, kuželové baňky, byreta, míchadla

Chemikálie: destilovaná voda, katalyzátor (tablety 3,5 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 3,5 mg Se), koncentrovaná H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 40% roztok NaOH, 1% roztok H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, Tashiro indikátor, roztok 0,2N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Dusíkaté látky byly stanoveny dle normy ČSN 46 1011-18. Do mineralizační kyvety byl navážen 1 g vzorku s přesností na 0,001 g a byly přidány 2 katalyzátorové tablety, 20 ml koncentrované kyseliny sírové a vše bylo promícháno. Následně dáno do mineralizačního bloku, kde byl zajištěn konstantní ohřev na 420 °C. Mineralizace probíhala 90 minut a poté se obsah nechal zchladnout. Automaticky bylo přidáno 60 ml destilované vody a probíhala destilace vodní parou za přídavku 70 ml 40% hydroxidu sodného. Vzniklý amoniak se jímá do předlohy s 30 ml 1% kyseliny borité a Tashiro indikátorem. Množství amoniaku se stanovilo titrací 0,2N kyselinou sírovou.

Obsah dusíkatých látek v sušině byl vypočítán podle následujícího vzorce, kde přepočítávací faktor pro pšenici je roven 5,7 a výsledek byl získán jako aritmetický průměr ze dvou stanovení a vyjádřen v procentech.

$$\frac{(0,28 * \text{přepočítávací faktor} * \text{spotřeba H}_2\text{SO}_4 * \text{faktor H}_2\text{SO}_4) * 100}{\text{sušina}}$$

#### 4.5.3 Stanovení sedimentačního indexu (Zelenyho test)

Pomůcky: analytické váhy, přístroj seditester, sedimentační válec, automatická byreta, násypka

Chemikálie: destilovaná voda, bromfenolová modř, Zelenyho roztok (kys. mléčná, isopropanol, voda)

Stanovení sedimentačního indexu bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 5529. Do sedimentačního válce bylo automatickou byretou nadávkováno 50 ml roztoku bromfenolové modři. K tomu bylo nasypáno 3,2 g analytického vzorku zváženého s přesností na 0,05 g. Válec byl uzavřen zátkou a 5x krátce protřepán. Následně byl válec vložen do seditesteru a po 5 minutách promíchávání kývavým pohybem bylo přidáno 25 ml sedimentačního činidla. Promíchávání suspenze pokračovalo do 10. minuty. Po ukončení míchání byl obsah válce ponechán ve svislé poloze 8 minut sedimentovat a následně se odečetl objem sedimentu s přesností na 1 ml.

V případě, že vlhkost analytického vzorku byla v rozmezí 13,5-14,5 %, byla sedimentační hodnota rovna přečtenému objemu sedimentu v ml. Pokud byl obsah vody ve vzorku jiný, sedimentační hodnota byla vypočítána podle následujícího vzorce. Výsledkem byl v obou případech aritmetický průměr hodnot získaných ze dvou stanovení a uveden na celé číslo.



#### 4.5.4 Stanovení čísla poklesu

Pomůcky: analytické váhy, přístroj Falling numer, viskozimetrické zkumavky, kovové viskozimetrické míchadlo, gumové zátky, pipeta

Číslo poklesu bylo stanoveno dle normy ČSN EN ISO 3093. Vodní lázeň byla naplněna 2 až 3 cm pod okraj nádoby a po celou dobu zkoušky byla voda udržována v intenzivním varu. Hmotnost vzorku byla navážena dle tabulky v závislosti na obsahu vlhkosti vzorku a převedena do viskozimetrické zkumavky. Pipetou bylo přidáno 25 ml destilované vody o teplotě  $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . Zazátkovaná zkumavka byla v ruce minimálně 20x protřepána za účelem vzniku homogenní suspenze. Následně bylo do zkumavky vloženo míchadlo, kterým se do suspenze setřely částičky mouky ulpělé na stěnách. Zkumavka s míchadlem byla vložena do vroucí vodní lázni a došlo k automatickému sepnutí počítadla míchání a času zkoušky. Přesně po 5 s začalo promíchávání suspenze rychlostí jednoho pohybu nahoru a jednoho pohybu dolů za sekundu. Po 59 s se míchadlo zastavilo v horní poloze a přesně v 60. sekundě se míchadlo uvolnilo. Počítadlo bylo automaticky zastaveno v okamžiku, kdy míchadlo kleslo do úrovně horní části zátky a ozvalo se zvukové znamení. Na automatickém počítadle se odečetl celkový čas v sekundách.

Výsledkem byl aritmetický průměr dvou hodnot měření vyjádřený v sekundách.

#### 4.5.5 Stanovení popela

Pomůcky: analytické váhy, porcelánové kelímky, exsikátor, elektrická muflová pec

Stanovení obsahu popela bylo provedeno dle normy ČSN 56 0512-8. Do předem vyžíhané a zvažené porcelánové misky bylo naváženo 5 g homogenního laboratorního vzorku s přesností na 0,0001 g. Miska byla vložena do muflové pece vyhřáté na 900 °C, kde byl obsah zuhelnatěn tak, že se vzorek nechal volně hořet slabým plamenem. Po zhasnutí plamene a skončení vývoji dýmu byla pec uzavřena a vzorek se spaloval 180 minut opět při 900 °C. Následně byla miska vložena do exsikátoru a po vychladnutí na laboratorní teplotu byla zvážena s přesností na 0,0001 g.

Obsah popela v sušině byl vypočítán jako aritmetický průměr dvou stanovení podle následujícího vzorce a výsledek byl vyjádřen v procentech na dvě desetinná místa.

$$\frac{(m_2 - m_0) * 100}{(m_1 - m_0)}$$

$m_0$  = hmotnost prázdného kelímku v g

$m_1$  = hmotnost kelímku a zkušební vzorku před spalováním v g

$m_2$  = hmotnost kelímku a popela v g

#### 4.5.6 Stanovení mokrého lepku a gluten indexu

Pomůcky: analytické váhy, vypírací nádobka s jemným sítkem, automatický dávkovač na 10 ml, vypírač lepku Glutomatic, centrifuga

Chemikálie: destilovaná voda, 2% roztok chloridu sodného

Stanovení mokrého lepku bylo provedeno dle normy ČSN 46 1011-9. Bylo naváženo 10 g vzorku s přesností na 0,01 g a kvantitativně převedeno do vypírací nádoby s jemným sítkem. Následně bylo z dávkovače po kapkách přidáno 5 ml roztoku chloridu sodného a nádoba vložena do vypírače. Po proběhnutí programu byla vyjmuta kulička vypraného lepku. Pomocí odstředění byl odstraněn vypírací roztok ulpělý na povrchu a lepek byl zvážen s přesností na 0,01 g.

Obsah lepku v sušině byl vypočítán podle následujícího vzorce. Výsledek byl získán jako aritmetický průměr ze dvou stanovení a vyjádřen v procentech na dvě desetinná místa.

$$\frac{\text{hmotnost lepku} * 10 * 100}{\text{sušina}}$$

Hodnota gluten indexu byla vypočítána podle dalšího vzorce a vyjádřena na celé číslo.

$$\frac{\text{hmotnost lepku ulpělého v sítku} * 100}{\text{celková hmotnost lepku}}$$

#### 4.6 Stanovení reologických vlastností na farinografu

Stanovení reologických vlastností bylo provedeno dle ČSN ISO 5530-1 na přístroji farinograf od firmy Brabender s hnětačkou na 300 g mouky. Pomocí termostatu byl přístroj zahřátý na 30 °C. Do hnětačky bylo naváženo 300 g (100 g) mouky s přesností na 0,1 g a hnětačka byla uzavřena. Mouka se míchala 1 min. a poté byla z byrety přidávána voda, vytemperovaná na 30 °C, do vytvoření těsta maximální konzistence mezi 480 a 520 F.j. Průběh hnětení byl zaznamenáván v podobě farinografické křivky. Ta se na grafu zaznamenávala po dobu nejméně 12 min. od doby zřetelného poklesu křivky. V případě potřeby bylo hnětení opakováno a hnětačka vždy důkladně vyčištěna.

Množství vody přidané k mouce, potřebné k dosažení maximální konzistence, bylo označeno jako farinografická vaznost vody. Byla vyjádřena v procentech na jedno desetinné místo. Dále byla z farinografické křivky hodnocena:

- Doba vývinu těsta (b) – doba od začátku přidávání vody až do začátku poklesu křivky. Výsledek byl uveden v minutách s přesností na 0,5 min.
- Stabilita těsta (c) – doba rozdílu mezi body, kdy vrch křivky poprvé přetíná 500 F.j. a kdy ji přetíná naposledy. Výsledek byl uveden v minutách.
- Pokles konzistence (stupeň změknutí) (d) – rozdíl (F.j.) mezi středem křivky na konci doby vývinu těsta a středem křivky 12 min. po tomto bodě. Výsledek byl vyjádřen ve farinografických jednotkách s přesností na 5 F.j.

#### 4.7 Pekařský pokus

Před začátkem pekařského pokusu byl zapnut termostat farinografu a kynárna na provozní teplotu 30 °C a pec na 240 °C. Dle základní receptury bylo naváženo 300 g mouky, 12 g droždí, 3 g tuku, 4,5 g cukru, 5,1 g soli, 1,5 g diasty a vše bylo dáno

do hnětačky. Bylo zapnuto míchání, zapisovací zařízení a z byrety byla přidávána voda vytemperována na 30 °C. Množství vody bylo o 6 % nižší než vaznost vody stanovena při farinografickém hodnocení. Konzistence těsta se pohybovala mezi 550-650 F.j. Od doby prvního poklesu křivky se těsto nechalo míchat ještě 5 minut a poté bylo dáno na 45 minut kynout do kynárny přikryté miskou. Následně bylo těsto rozděleno na klonky o hmotnosti 80 g a na skulovači vytvořeny bulky. Ty byly přesunuty na tukem vymazané plechy a přikryté v kynárně nechány ještě 50 minut. Poté byly vloženy do pece a pro zapaření vnitřního prostoru pece bylo použito 70 ml destilované vody. Bulky byly pečeny 14 minut, po vyjmutí z pece nechány 90 minut chlادنout a následně hodnoceny.

K hodnocení pečiva byly vždy použity tři bulky, které byly nejprve zváženy. Výška a šířka (mm) pečiva se změřila posuvným měřítkem a byl vypočítán jejich poměr. Objem pečiva (ml) byl zjišťován pomocí semínek řepky, kterými byla naplněna nádoba a pravítkem zarovnána s okrajem nádoby. Nádoba se vyprázdnila a následně byla postupně zasypávána z odměřeného podílu semen při průběžném vkládání hodnocených bulek tak, aby se nedotýkaly vzájemně ani se stěnou nádoby. Přebytečná semínka byla zachycena do odměrného válce, ze kterého byl odečten objem. Z objemu pečiva a jeho hmotnosti byl následně vyjádřen měrný objem pečiva (ml/100 g pečiva). Senzorický profil pečiva byl hodnocen podle interního předpisu laboratoře zkoušení jakosti obilovin ČZU Praha uvedeného v tabulce 31 v příloze.

## 5 Výsledky

V diplomové práci byly hodnoceny odrůdy pšenice ozimé z různých skupin pekařské jakosti pocházející z pokusných stanic v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě ze sklizně 2017 a 2018.

### 5.1 Analytické rozbory

Výsledky jsou uvedeny v následujících tabulkách 12, 13, 14 a 15. Hodnocení bylo provedeno dle ČSN 46 1100-2 Pro obiloviny potravinářské, část 2: Pšenice potravinářská.

Tabulka 12: Analytické hodnocení pšeničných mouk ze stanice Čáslav, sklizeň 2017

Odrůda	Vlhkost (%)	Popel (% v suš.)	Číslo poklesu (s)	Lepek (% v suš.)	GI – gluten index	N-látky (% v suš.)	Zeleného test (ml)
<b>Annie</b>	14,2	0,59	558	--	--	13,71	27
<b>Dagmar</b>	15,7	0,50	356	--	--	11,78	26
<b>Pankratz</b>	15,8	0,64	471	--	--	12,57	25
<b>Gordian</b>	14,8	0,55	356	--	--	12,06	21
<b>Hyfi</b>	16,3	0,53	382	--	--	11,40	26
<b>Frisky</b>	13,4	0,59	345	--	--	10,93	21

Tabulka 13: Analytické hodnocení pšeničných mouk ze stanice Vysoká u Příbramě, sklizeň 2017

Odrůda	Vlhkost (%)	Popel (% v suš.)	Číslo poklesu (s)	Lepek (% v suš.)	GI – gluten index	N-látky (% v suš.)	Zeleného test (ml)
<b>Annie</b>	15,0	0,61	473	--	--	15,79	34
<b>Dagmar</b>	15,4	0,50	399	--	--	12,26	34
<b>Pankratz</b>	14,9	0,60	427	--	--	11,85	28
<b>Gordian</b>	15,0	0,55	420	--	--	11,50	26
<b>Hyfi</b>	14,8	0,51	320	--	--	11,78	31
<b>Frisky</b>	15,8	0,57	347	--	--	11,25	28

Tabulka 14: Analytické hodnocení pšeničných mouk ze stanice Čáslav, sklizeň 2018

Odrůda	Vlhkost (%)	Popel (% v suš.)	Číslo poklesu (s)	Lepek (% v suš.)	GI – gluten index	N-látky (% v suš.)	Zeleného test (ml)
<b>Annie</b>	15,3	0,59	480	43,45	91	14,91	40
<b>Dagmar</b>	15,5	0,48	399	32,43	100	11,89	36
<b>Pankratz</b>	15,4	0,59	412	33,22	100	11,86	33
<b>Gordian</b>	15,7	0,50	398	32,74	96	11,48	27
<b>Hyfi</b>	15,6	0,53	264	30,45	100	11,38	32
<b>Frisky</b>	15,9	0,53	329	30,08	100	11,12	29

Tabulka 15: Analytické hodnocení pšeničných mouk ze stanice Vysoká u Příbramě, sklizeň 2018

Odrůda	Vlhkost (%)	Popel (% v suš.)	Číslo poklesu (s)	Lepek (% v suš.)	GI – gluten index	N-látky (% v suš.)	Zeleného test (ml)
<b>Annie</b>	14,9	0,63	596	44,42	78	14,70	37
<b>Dagmar</b>	14,8	0,52	390	38,15	76	13,10	31
<b>Pankratz</b>	14,8	0,60	536	34,27	94	11,54	31
<b>Gordian</b>	14,2	0,54	517	38,81	78	12,51	31
<b>Hyfi</b>	15,1	0,59	306	36,16	92	11,56	30
<b>Frisky</b>	14,8	0,58	389	35,21	82	11,70	32

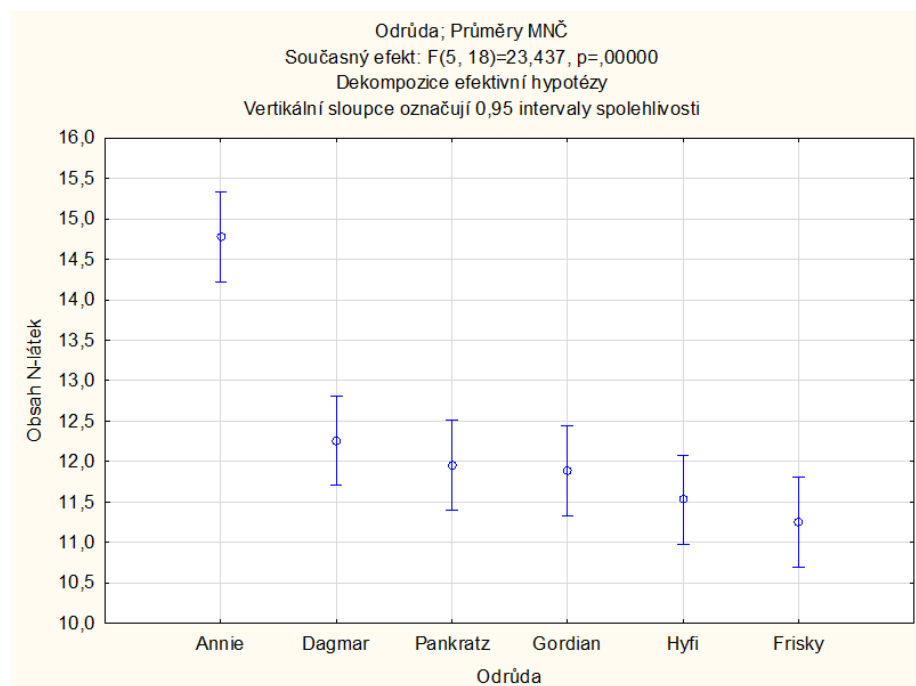
### 5.1.1 N-látky

Pšenice používaná v pekárenství musí dle ČSN 46 1100-2 „Pšenice potravinářská“ obsahovat min. 11,5 % dusíkatých látek. Tomuto množství vyhověla většina našich odrůd. Výjimkou byla odrůda Frisky s celkovým nejmenším množstvím N-látek, která ovšem patří mezi odrůdy nevhodné pro pekárenské užití. V Čáslavi v roce 2017 to bylo 10,93 % a v roce 2018 byla hodnota 11,12 %. Další odrůdou, která nesplnila tyto kritéria byla Hyfi ve druhém roce. Ve Vysoké u Příbramě se jednalo opět o odrůdu Frisky, kde byly hodnoty pro rok 2017 pouze 11,25 %, ale v roce 2018 byl min. obsah N-látek splněn (11,70 %). Výrazně nejvyšší obsah dusíkatých látek byl zjištěn u odrůdy Annie, a to ve všech stanovení. Nejvyšší hodnota byla naměřena ze sklizně v roce 2017 ve Vysoké u Příbramě (15,79 %) a průměrný obsah u této odrůdy byl 14,78 %. Statistické hodnocení zobrazeno v tabulce 16 udává významný rozdíl mezi odrůdami pšenice ozimé ( $p=0,000000$ ), což je znázorněno v grafu 1.

Tabulka 16: Přehled statistických rozdílů u N-látek mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro obsah N-látek Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	3616,952	1	3616,952	14001,95	0,000000
Odrůda	32,484	5	6,497	25,15	0,000000
Ročník	0,032	1	0,032	0,12	0,731337
Místo	0,825	1	0,825	3,19	0,092859
Chyba	4,133	16	0,258		

Graf 1: Statisticky významné rozdíly N-látek mezi jednotlivými odrůdami



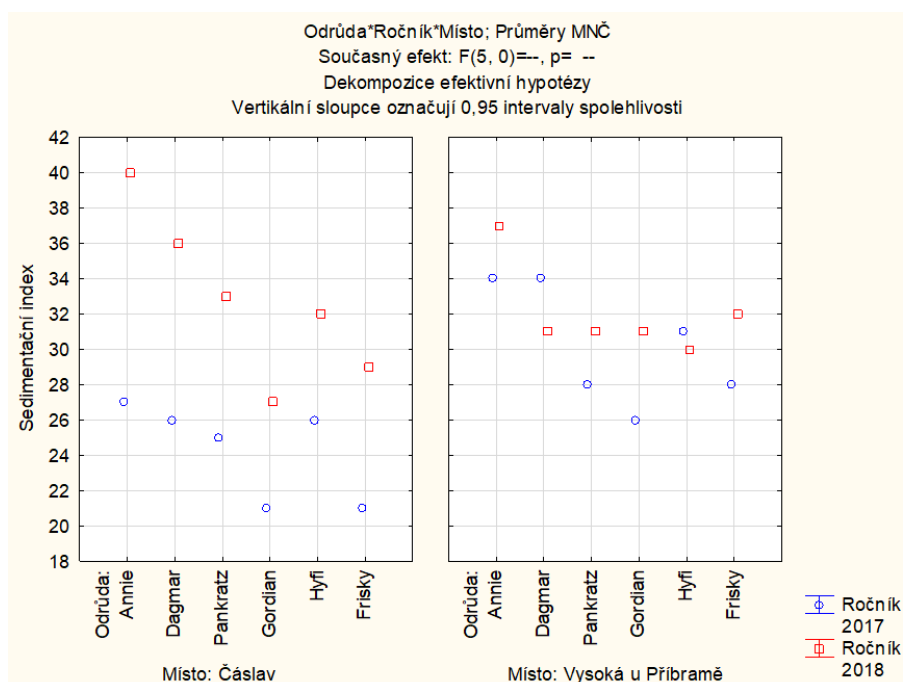
## 5.1.2 Sedimentační index (Zelenyho test)

V Čáslavi v roce 2017 nevyhověla normě pro pekárenské použití žádná odrůda. Nejvyšší objem měla odrůda Annie s hodnotou 27 ml. Ve Vysoké u Příbramě v roce 2017 vyhověly odrůdy Hyfi (31 ml), Dagmar (34 ml) a Annie (34 ml). V roce 2018 byly průměrně zjištěny vyšší hodnoty objemu sedimentu než v roce 2017. V Čáslavi nevyhověly odrůdy Gordian (27 ml) a Frisky (29 ml). Nejvyšší objem měla odrůda Annie (40 ml) stejně jako u pšenice z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě (37 ml). V této lokalitě a roce splnily požadavek na objem sedimentu všechny odrůdy. Při statistickém hodnocení byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi všemi třemi faktory, tedy odrůdami ( $p=0,009417$ ), ročníky sklizně ( $p=0,000348$ ) i místy pokusné stanice ( $p=0,043856$ ). Výsledky jsou znázorněny v tabulce 17 a v grafu 2.

Tabulka 17: Přehled statistických rozdílů u sedimentačního indexu mezi jednotlivými faktory

	Jednorozměrné testy významnosti pro sedimentační index Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	21360,67	1	21360,67	2726,894	0,000000
Odrůda	176,33	5	35,27	4,502	0,009417
Ročník	160,17	1	160,17	20,447	0,000348
Místo	37,50	1	37,50	4,787	0,043856
Chyba	125,33	16	7,83		

Graf 2: Statisticky významné rozdíly sedimentačního indexu mezi odrůdami, ročníky sklizně a místy pokusné stanice



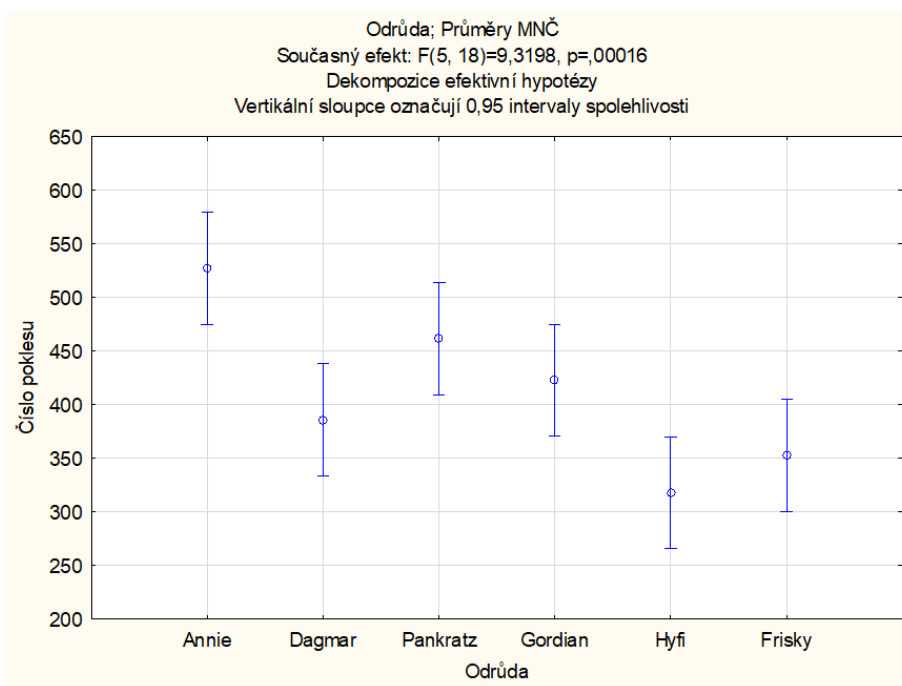
### 5.1.1 Číslo poklesu

Číslo poklesu u pšenice určené pro pekárenské účely má být dle požadavků minimálně 220 s. Toto kritérium splnily všechny odrůdy z obou oblastí i sklizní. Nejnižší hodnotu v Čáslavi v roce 2017 měla odrůda Frisky (356 s) a v roce 2018 odrůda Hyfi s hodnotou 264 s, což bylo i celkově nejnižší číslo poklesu. Tato odrůda měla i celkovou nejnižší průměrnou hodnotu, a to 310 sekund. Naopak nejvyšší měla odrůda Annie, jejíž průměrné číslo poklesu ze všech stanovení bylo 527 s. Příliš vysoké číslo poklesu také není vhodné, jelikož ve výsledném produktu může způsobit malý objem a suchost. Poměrně vysoké hodnoty měla i odrůda Pankratz, u které ve všech stanovení číslo poklesu překročilo 400 s. Jak je uvedeno v tabulce 18, byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami ( $p=0,000199$ ), což je znázorněno v grafu 3.

Tabulka 18: Přehled statistických rozdílů u čísla poklesu mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro číslo poklesu Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	4059038	1	4059038	1723,865	0,000000
Odrůda	115129	5	23026	9,320	0,000162
Ročník	1094	1	1094	0,464	0,505316
Místo	5704	1	5704	2,423	0,139157
Chyba	37674	16	2355		

Graf 3: Statisticky významné rozdíly čísla poklesu mezi jednotlivými odrůdami





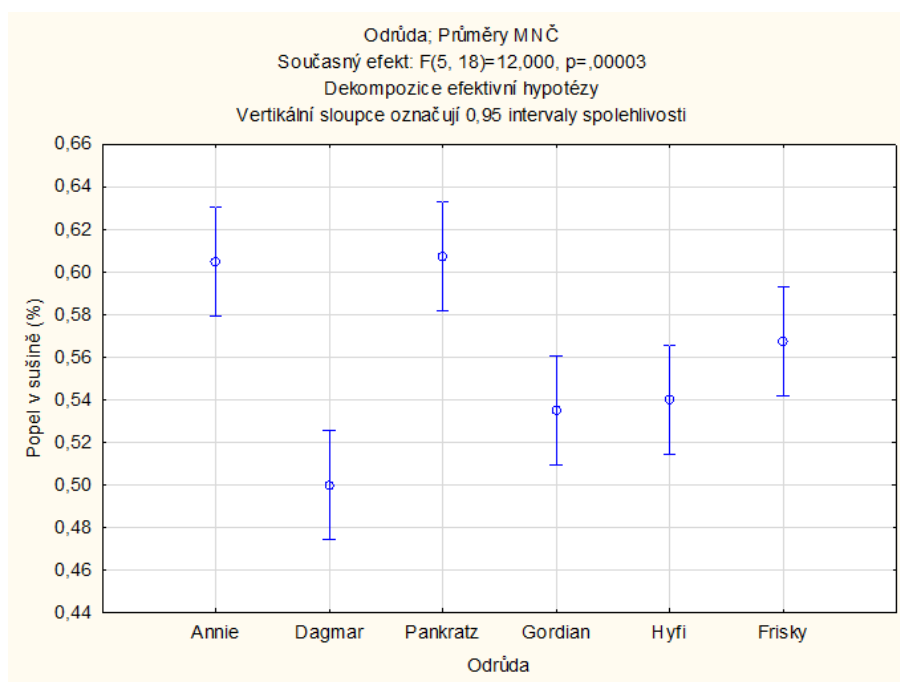
## 5.1.2 Obsah popela v sušině

Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 333/1997 Sb. má obsah popelovin v mouce pšeničné světlé být max. 0,6 % hmotnosti v sušině. Ve Vysoké u Příbramě této vyhlášce nevyhověla v obou letech odrůda Annie, a to pouze o 0,01 % v roce 2017 a o 0,02 % o rok později. Nejnižší hodnoty v této lokalitě byly zjištěny u odrůdy Dagmar, v prvním roce 0,50 % a následně 0,52 %. V Čáslavi ve sklizni 2017 převyšovala množství popelovin pouze odrůda Pankratz o 0,03 %. Nejméně popela v sušině bylo opět u odrůdy Dagmar 0,50 % v roce 2017 a 0,48 % v roce 2018. V tomto roce v Čáslavi splnily vyhlášku všechny odrůdy a jejich průměrná hodnota byla 0,54 %. Statistické hodnocení je zobrazeno v tabulce 19 a byl zjištěn významný rozdíl pouze mezi odrůdami ( $p=0,000049$ ), což je znázorněno v grafu 4.

Tabulka 19: Přehled statistických rozdílů u obsahu popela mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro obsah popela v sušině Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	7,504017	1	7,504017	12979,92	0,000000
Odrůda	0,035833	5	0,007167	12,00	0,000032
Ročník	0,000150	1	0,000150	0,26	0,617445
Místo	0,001350	1	0,001350	2,34	0,146011
Chyba	0,009250	16	0,000578		

Graf 4: Statisticky významný rozdíl obsahu popela mezi jednotlivými odrůdami



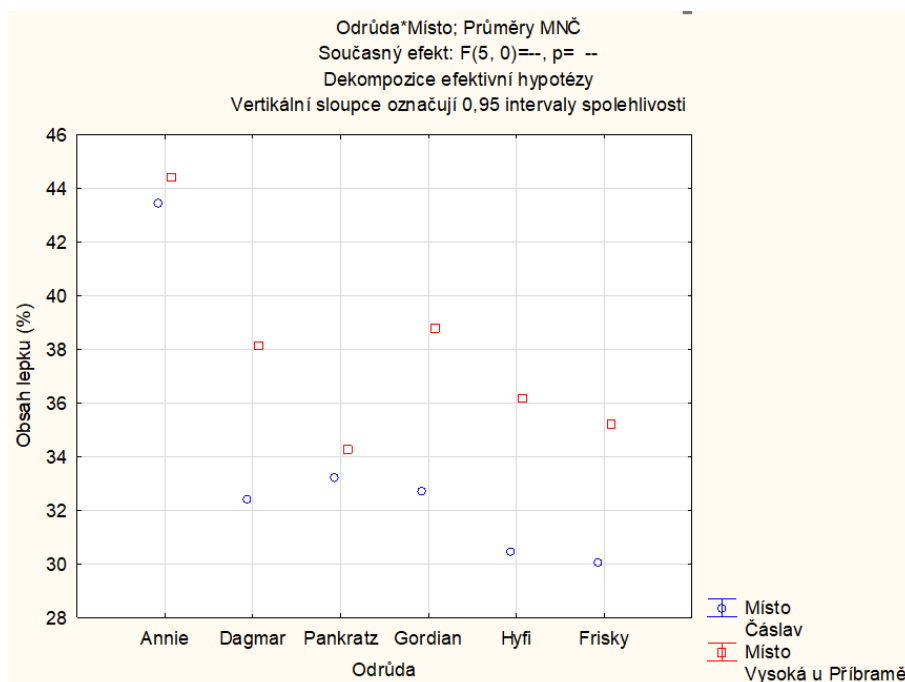
### 5.1.3 Obsah lepku

Nejvyšší množství lepku bylo zjištěno u elitní odrůdy Annie (v Čáslavi 43,45 %, ve Vysoké u Příbramě 44,42 %) a můžeme jí z tohoto hlediska považovat za nejkvalitnější. Nejnižší obsah lepku v pšenici pocházející z Čáslavi byl u odrůdy Frisky (30,08 %) a následně Hyfi (30,45 %). Ve Vysoké u Příbramě byl obsah lepku u všech odrůd vyšší než u pšenic pocházejících z Čáslavi. Nejnižší množství měla odrůda Pankratz s obsahem lepku 34,27 %. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky z pokusné stanice v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě ( $p=0,008823$ ) i mezi jednotlivými odrůdami ( $p=0,008389$ ). Při tomto stanovení nebyly hodnoceny vzorky ze sklizně 2017. Výsledky jsou znázorněny v tabulce 20 a v grafu 5

Tabulka 20: Přehled statistických rozdílů u obsahu lepku mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro obsah lepek Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	15364,65	1	15364,65	5251,563	0,000000
Odrůda	173,68	5	34,74	11,872	0,008389
Místo	50,64	1	50,64	17,307	0,008823
Chyba	14,63	5	2,93		

Graf 5: Statisticky významné rozdíly u obsahu lepku mezi jednotlivými odrůdami a místy pokusných stanic



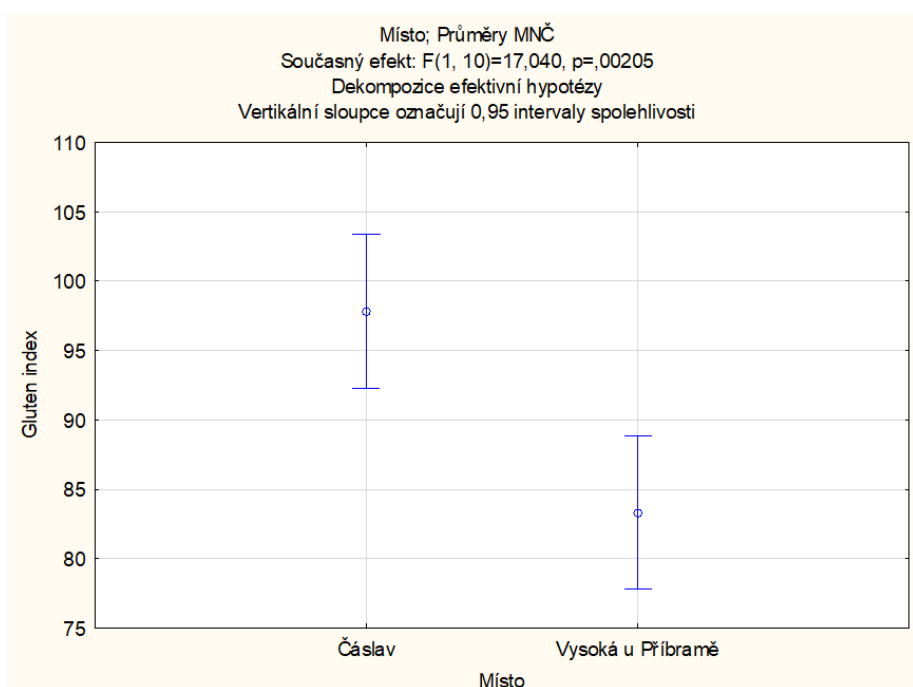
## 5.1.4 Gluten index

Gluten index by měl být v rozmezí 85-95. V Čáslavi této hodnotě vyhověla pouze odrůda Annie (91). Odrůdy Dagmar, Frisky, Pankratz a Hyfi měly hodnotu GI 100 a lepek tedy vzhledem k vysoké hodnotě lze považovat za silný. Pšenice ze stanice Vysoké u Příbramě měly hodnotu GI nižší než pšenice z Čáslavi. Správná hodnota GI byla zjištěna u odrůdy Pankratz (94), Hyfi (92) a Frisky (82). Ostatní odrůdy měly hodnoty GI nižší a lepek můžeme považovat za slabý. U statistického hodnocení gluten indexu nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými odrůdami, ale byl zjištěn mezi vzorky z pokusné stanice v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě ( $p=0,003410$ ). Statistické hodnocení je uvedeno v tabulce 21 a významný rozdíl mezi pokusnými stanicemi v grafu 6. Gluten index nebyl zjišťován u vzorků ze sklizně 2017.

Tabulka 21: Přehled statistických rozdílů u gluten indexu mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro gluten index (gluten index) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	98464,08	1	98464,08	4253,308	0,000000
Odrůda	254,42	5	50,88	2,198	0,203857
Místo	630,75	1	630,75	17,040	0,002051
Chyba	115,75	5	23,15		

Graf 6: Statisticky významné rozdíly u GI mezi místy pokusných stanic



## 5.2 Reologické vlastnosti

Výsledky reologických vlastností získaných měření na farinografu jsou rozděleny podle oblasti pokusné stanice a ročníku sklizně a zaznamenány v tabulkách 22, 23, 24, 25.

Tabulka 22: Výsledky farinografického stanovení pšeničných mouk jednotlivých odrůd – Čáslav, sklizeň 2017

Odrůda	Vaznost vody (%)	Vývin těsta (min)	Stabilita těsta (min)	Pokles konzistence (F.j.)
Annie	61,5	8,0	12,5	10
Dagmar	54,5	1 ¾	5 ¼	50
Pankratz	54,7	2,0	4,0	60
Gordian	54,2	2 ¼	6 ¾	50
Frisky	51,9	1 ¾	4 ¾	50
Hyfi	52,5	2,0	4 ¾	70

Tabulka 23: Výsledky farinografického stanovení pšeničných mouk jednotlivých odrůd – Vysoká u Příbramě, sklizeň 2017

Odrůda	Vaznost vody (%)	Vývin těsta (min)	Stabilita těsta (min)	Pokles konzistence (F.j.)
Annie	67,4	8,0	10 ½	10
Dagmar	55,0	2 ½	9	50
Pankratz	55,0	2 ½	5 ¾	40
Gordian	56,6	2 ½	6 ½	30
Hyfi	55,4	2 ½	7 ½	40
Frisky	53,3	2,0	4,0	50

Tabulka 24: Výsledky farinografického stanovení pšeničných mouk jednotlivých odrůd – Čáslav, sklizeň 2018

Odrůda	Vaznost vody (%)	Vývin těsta (min)	Stabilita těsta (min)	Pokles konzistence (F.j.)
Annie	64,4	9	13 ¾	30
Dagmar	54,7	2 ¼	8	30
Pankratz	55,7	2 ½	4 ½	40
Gordian	54,4	2	4 ½	50
Hyfi	53,5	2	4 ¼	60
Frisky	51,8	2 ¼	5 ½	40

Tabulka 25: Výsledky farinografického stanovení pšeničných mouk jednotlivých odrůd – Vysoká u Příbramě, sklizeň 2018

Odrůda	Vaznost vody (%)	Vývin těsta (min)	Stabilita těsta (min)	Pokles konzistence (F.j.)
Annie	69,3	4 ¼	3 ¼	30
Dagmar	60,7	2 ½	1 ¾	80
Pankratz	58,9	3,0	4 ½	60
Gordian	61,8	3 ¼	5 ¼	70
Hyfi	60,2	3 ½	2 ¾	80
Frisky	58,8	3 ½	5,0	70

### 5.2.1 Vaznost vody

Většina pšeníc pěstovaných v našich podmínkách má vaznost mezi 53-60 % a tomu odpovídaly i naše výsledky. Jediná odrůda, která u obou oblastí i ročníků vykazovala výrazně vyšší hodnotu byla odrůda Annie s nejvyšší vazností ve Vysoké u Příbramě ve sklizeň 2018 (69,3 %) a lze jí tedy zařadit mezi silné mouky. Nejnižší vaznost v pokusné stanici ve Vysoké u Příbramě měly v roce 2017 odrůdy Dagmar a Pankratz (obě 55,0 %) a v roce 2018 odrůda Frisky (58,8 %) a opět Pankratz (58,9 %). V roce 2017 byly hodnoty ve Vysoké u Příbramě u všech odrůd nižší než v roce 2018. V Čáslavi, kde byly hodnoty vaznosti průměrně nižší než ve Vysoké u Příbramě, byla druhá nejvyšší vaznost (po odrůdě Annie) u odrůdy Pankratz. V roce 2017 byla zjištěna nejnižší hodnota 51,9 % u odrůdy Frisky a v roce 2018 u stejné odrůdy s hodnotou 51,8 %. Jelikož žádná z odrůd neměla vaznost nižší než 50 %, patří všechny mezi středně silné nebo silné mouky. Jak je vidět v tabulce 26 při hodnocení vaznosti vody nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly.

Tabulka 26: Statisticky významné rozdíly u vaznosti vody mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro vaznost vody Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	73077,08	1	73077,08	494,4858	0,000000
Odrůda	750,22	5	150,04	1,0153	0,440878
Ročník	83,14	1	83,14	0,5626	0,464105
Místo	420,59	1	420,59	2,8460	0,110997
Chyba	2364,54	16	147,78		

### 5.2.2 Vývin těsta

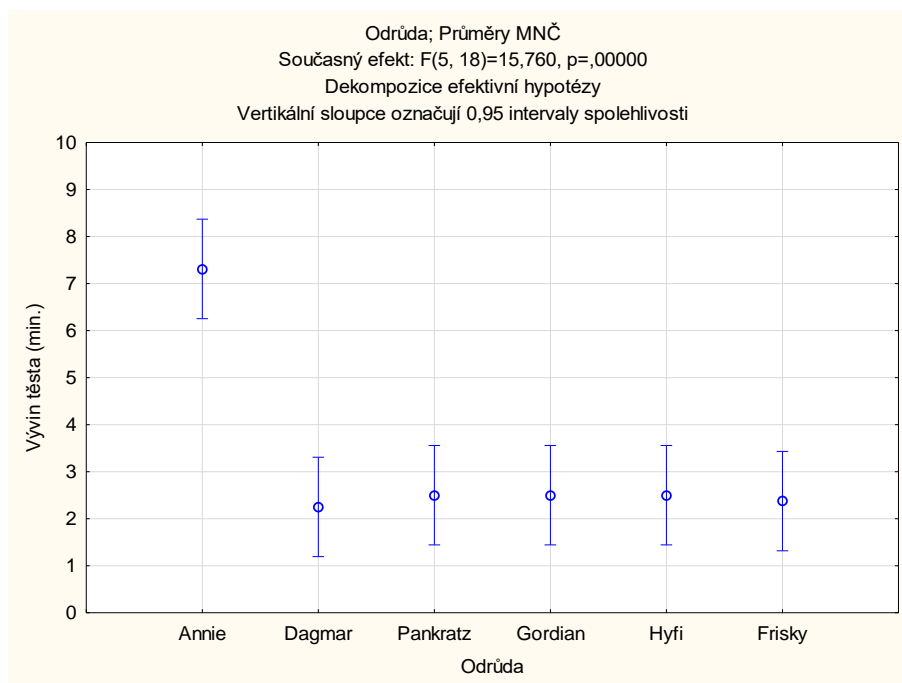
Doba vyhnětení těsta do maximální konzistence, tedy nejdelší doba vývinu těsta, byla opět u odrůdy Annie. V roce 2017 v obou oblastech shodně 8 min a v roce 2018 v Čáslavi

9 min. Ve Vysoké u Příbramě v roce 2017 můžeme všechny ostatní odrůdy dle vývinu těsta zařadit mezi středně silné mouky s časem 2 min 30 s (Frisky 2 min). V roce 2018 ve Vysoké u Příbramě se hodnoty u všech odrůd kromě Annie pohybovaly v rozmezí od 2 min 30 s do 3 min 30 s. V Čáslavi v roce 2017 byly průměrně nejkratší doby vývinu těsta s nejnižší hodnotou u odrůdy Frisky 1 min 45 s. V roce 2018 všechny odrůdy (kromě Annie) lze dle vývinu těsta nazvat středně silnými mouky. Statické hodnocení je znázorněno v tabulce 27 a byly zjištěny významné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami ( $p=0,00009$ ), které jsou uvedeny v grafu 7.

Tabulka 27: Přehled statistických rozdílů u vývinu těsta mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro vývin těsta Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	251,8776	1	251,8776	226,2480	0,000000
Odrůda	79,8255	5	15,9651	14,3406	0,00009
Ročník	0,2109	1	0,2109	0,1895	0,669170
Místo	0,2109	1	0,2109	0,1895	0,669170
Chyba	17,8125	16	1,1133		

Graf 7: Statisticky významné rozdíly u vývinu těsta mezi místy pokusných stanic



### 5.2.3 Stabilita těsta

Stabilita u středně silných mouk je kolem 4-5 min. Nejvyšší stabilita těsta byla zjištěna u odrůdy Annie s průměrnou hodnotou 10 min. V Čáslavi v roce 2017 byla stabilita těsta u této odrůdy naměřena 12 min 30 s. Naopak nejnižší doba stability těsta byla u odrůdy Pankratz (4 min), kterou spolu s odrůdou Hyfi můžeme zařadit mezi středně silné mouky. Ostatní odrůdy měly hodnoty větší než 5 min. Ve Vysoké u Příbramě ve stejném roce byla nejvyšší hodnota opět u odrůdy Annie (10 min 15 s) a nejnižší u odrůdy Frisky (4 min). V roce 2018 v Čáslavi byla nejdelší doba stability těsta ze všech vzorků s hodnotou 13 min 45 s (odrůda Annie). Ve Vysoké u Příbramě ve sklizni 2018 byly zjištěny průměrně výrazně nižší hodnoty než u ostatních vzorků (3 min 45 s). Nejnižší hodnota byla naměřena u odrůdy Dagmar (1 min 45 s), která ale průměrně měla druhou nejvyšší hodnotu (6 min). Nejvyšší hodnota s časem 3 min 15 s byla u odrůdy Gordian. U stability těsta nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly, výsledky jsou uvedeny v tabulce 28.

Tabulka 28: Přehled statistických rozdílů u stability těsta mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro stabilita těsta Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	867,0026	1	867,0026	145,8456	0,000000
Odrůda	82,4193	5	16,4839	2,7729	0,054609
Ročník	13,8776	1	13,8776	2,3345	0,146065
Místo	6,7734	1	6,7734	1,1394	0,301618
Chyba	95,1146	16	5,9447		

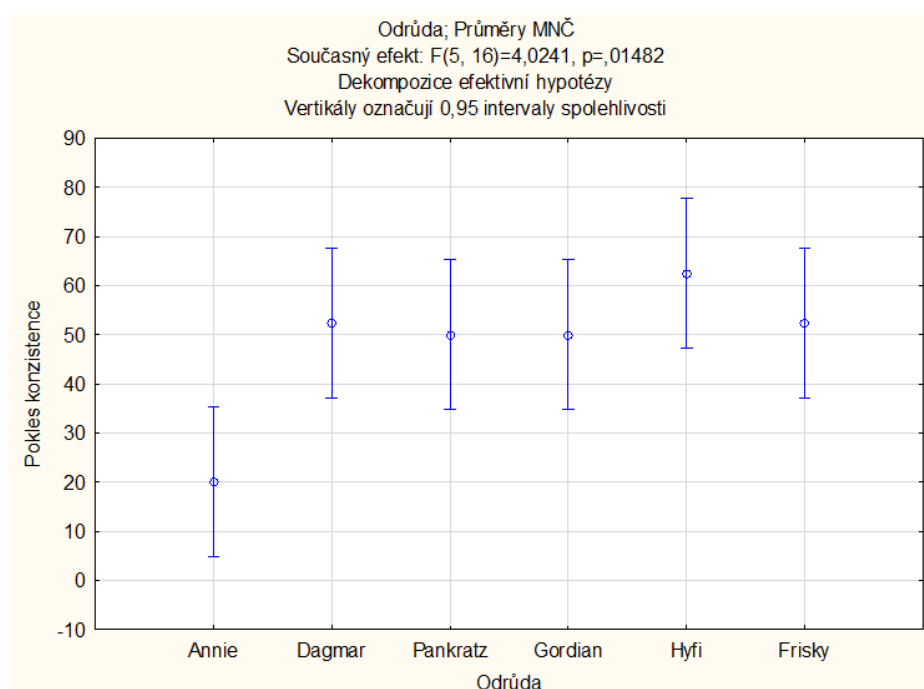
### 5.2.4 Pokles konzistence

U středně silných mouk pěstovaných na našem území je pokles konzistence mezi 60-100 F.j. Výsledky této práce měly obecně průměrně lehce nižší hodnoty. Za výrazně nejsilnější mouku dle poklesu konzistence můžeme považovat odrůdu Annie s průměrnou hodnotou 20 F.j. V Čáslavi v roce 2017 byla nejvyšší hodnota poklesu konzistence u odrůdy Hyfi (70 F.j.). Ve Vysoké u Příbramě ve stejném roce měla po odrůdě Annie nejnižší pokles konzistence odrůda Gordian (30 F.j.). Dle hodnot můžeme všechny odrůdy z tohoto stanovení zařadit mezi silné mouky. V Čáslavi v roce 2018 spolu s odrůdou Annie měla nejnižší hodnotu odrůda Dagmar (30 F.j.) a naopak nejvyšší pokles konzistence odrůda Hyfi (60 F.j.). Ve Vysoké u Příbramě v roce 2018 byly zjištěny průměrně nejvyšší hodnoty (65 F.j.), konkrétně u odrůd Dagmar a Hyfi (80 F.j.). Nejnižší pokles konzistence byl opět u odrůdy Annie. Dle výsledků ze statistického hodnocení v tabulce 29 byl zjištěn významný rozdíl mezi jednotlivými odrůdami ( $p=0,014823$ ), které jsou znázorněny v grafu 8.

Tabulka 29: Přehled statistických rozdílů u poklesu konzistence mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro pokles konzistence Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	55104,17	1	55104,17	265,8291	0,000000
Odrůda	4170,83	5	834,17	4,0241	0,014823
Ročník	704,17	1	704,17	3,3970	0,083921
Místo	204,17	1	204,17	0,9849	0,335759
Chyba	3316,67	16	207,29		

Graf 8: Statisticky významné rozdíly u poklesu konzistence mezi jednotlivými odrůdami



### 5.3 Pekařský pokus

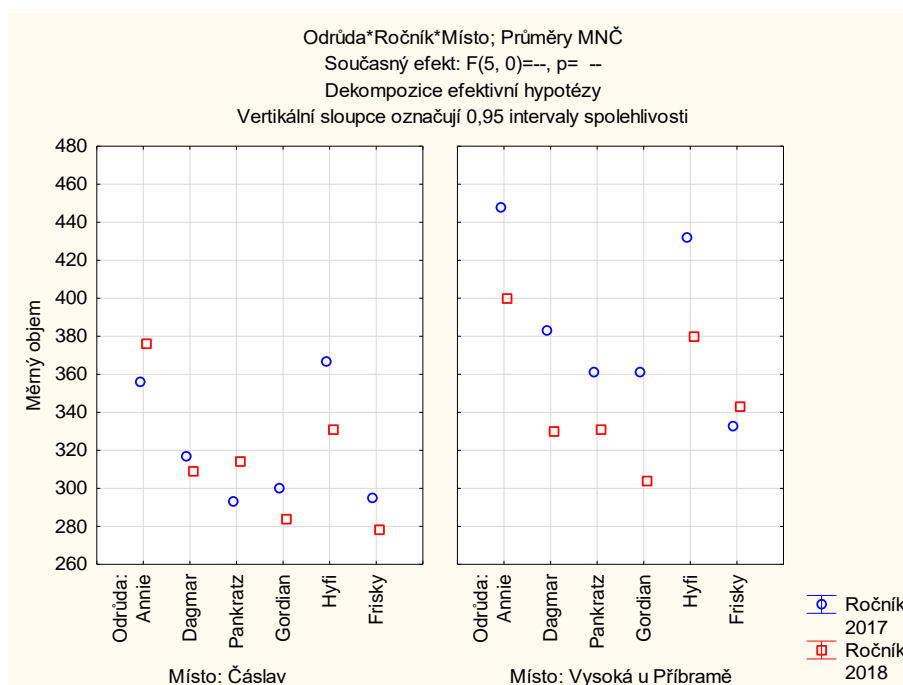
Nejdůležitějším ukazatelem, který byl hodnocen v rámci pekařského pokusu byl měrný objem pečiva. Průměrně byl zjištěn nejvyšší měrný objem u elitní odrůdy Annie (395 ml/100 g pečiva) a následně u odrůdy Hyfi (377,5 ml/100 g pečiva), který spadá do jakostní třídy B. Naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny u odrůd Frisky a Gordian. Měrný objem pečiva z mouk z pokusné stanice z Čáslavi byl v obou ročnících nižší než z mouk z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě. Při analýze rozptylu byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi všemi třemi faktory. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce 30 a grafu 9.



Tabulka 30: Přehled statistických rozdílů u měrného objemu mezi jednotlivými faktory

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro měrný objem Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	2819462	1	2819462	9489,808	0,000000
Odrůda	24745	5	4949	16,657	0,000008
Ročník	2948	1	2948	9,923	0,006194
Místo	14308	1	14308	48,159	0,000003
Chyba	4754	16	297		

Graf 9: Statisticky významné rozdíly měrného objemu mezi odrůdami, ročníky sklizně a místy pokusné stanice



Průměrné hodnoty poměru výšky/šířky u jednotlivých odrůd nebyly výrazně odlišné. U odrůd Annie, Dagmar, Pankratz a Hyfi byl zjištěn poměr 0,69 mm a u odrůd Gordian a Frisky 0,65 mm. V roce 2017 byly průměrné hodnoty poměru výšky/šířky mírně vyšší než v roce 2018. Tvar výrobku byl nejčastěji hodnocen stupnicí 3, která udává středně klenutý výrobek nebo stupnicí 2 (méně klenutý). U odrůdy Hyfi byl výrobek z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě hodnocen jako dobře klenutý. Výjimkou byla odrůda Gordian v roce 2018 z pokusné stanice v Čáslavi, kdy byl výrobek velmi nízký a nepravidelný. Technologické vlastnosti těsta byly u většiny odrůd hodnoceny jako pružné a nelepivé. Naopak málo pružné a poněkud lepkavé těsto bylo zjištěno u odrůdy Annie v roce 2018 z pokusné stanice v Čáslavi i ve Vysoké u Příbramě. Výrazné rozdíly byly zjištěny u vzhledu výrobku. V Čáslavi v roce 2017 byla barva kůrky u odrůdy Pankratz určena jako normální, typicky pečivová a u všech ostatní odrůd jako velmi světlá a matná. V roce 2018 byla velmi

světlá barva u odrůdy Dagmar, typicky pečivová u odrůdy Annie a Hyfi a tmavá, matná kůrka u odrůdy Pankratz, Gordian a Frisky. Ve Vysoké u Příbramě v roce 2017 měly výrobky ze všech odrůd tmavou a matnou barvu kůrky. To odpovídá i výsledkům z roku 2018, pouze odrůdy Annie a Frisky měly tmavší a lesklý vzhled. Parcelace byla u většiny odrůd velmi různá, pouze u odrůdy Annie byla z obou pokusných stanic i ročníků zcela neznatelná. U odrůdy Hyfi se vyskytovala dokonce velmi výrazná parcelace. Dalším ukazatelem, který byl hodnocen byla střídka. Vlastnosti střídky byly ve Vysoké u Příbramě v roce 2017 u odrůdy Annie, Dagmar a Frisky hodnoceny jako velmi dobré, jemné. U většiny ostatních byla střídka dobrá, jemná nebo případně dostatečná. Pórovitost střídky byla u téměř všech vzorků méně rovnoměrná se středními póry a jemnými stěnami. Výjimkou byla odrůda Frisky z Vysoké u Příbramě ze sklizně 2017, která měla střídku rovnoměrnou se středními póry a jemnými stěnami a odrůda Hyfi z Vysoké u Příbramě ze sklizně 2018, u které byla střídka naopak nerovnoměrná s menšími dutinami a hrubšími stěnami. Subjektivní hodnocení celkového chuťového vjemu bylo u jednotlivých vzorků velmi rozdílné. Nejlépe byly vyhodnoceny vzorky z Vysoké u Příbramě ze sklizně 2017, kdy odrůdy Annie, Dagmar a Pankratz měly velmi dobrou, typicky pečivovou chuť. Ze sklizně 2018 byly odrůdy hodnoceny jako dobré nebo méně dobré. V Čáslavi v roce 2017 byla u odrůdy Pankratz zjištěna cizí kyselá příchut' a odrůdy Gordian a Frisky byly označeny jako mdlé. V roce 2018 z Čáslavi byla chuť u všech odrůd hodnocena jako dobrá s výjimkou odrůdy Frisky, která byla méně dobrá.

Podrobně zaznamenané všechny výsledky z pekařských pokusů jsou uvedeny v tabulkách 32, 33, 34 a 35 v příloze. Upečené klonky určené k hodnocení z odrůdy Frisky z pokusné stanice z Čáslavi ze sklizně 2017 jsou na obrázku 2 a z odrůdy Annie z Čáslavi ze sklizně 2018 na obrázku 3.



Obrázek 3: Klonky z odrůdy Frisky z Čáslavi ze sklizně 2017 (vlastní foto)



Obrázek 4: Klonky z odrůdy Annie z Čáslavi ze sklizně 2018 (vlastní foto)

## 6 Diskuze

V diplomové práci byly hodnoceny jakostní ukazatele u šesti odrůd ozimé pšenice, které zahrnovaly všechny jakostní třídy. Byl porovnáván vliv genotypu daných odrůd, vliv agroekologických podmínek ÚKZÚZ v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě a také vliv sklizňového ročníku 2017 a 2018 na reologické vlastnosti těsta a následně při pekařském pokusu.

U hodnot obsahu N-látek byl prokázán velký vliv odrůdy, jelikož bylo dosaženo sestupně nejvyšších hodnot u odrůd jakosti E, A, B a C. Odrůda Annie (E) měla nejvyšší obsah N-látek a splnila kritéria pro zařazení do elitní třídy jakosti. To se shoduje s výzkumem Polišenské & Jirsy (2015), kde elitní odrůdy také dosahovaly nejvyšších hodnot N-látek. Průměrné hodnoty N-látek u vzorků z pokusné stanice v Čáslavi byly nižší (12,09 %) než u vzorků z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě (12,46 %). Průměrný obsah N-látek ze sklizně v roce 2017 i 2018 v této diplomové práci je nižší, než které udává Ministerstvo zemědělství (2019) jako průměrné hodnoty kvality pšenice ze sklizně v letech 2014-2018 uvedené v literární rešerši v tabulce 4. Statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými odrůdami se neshoduje s výsledky studie Rozbicki et al. (2015), který udává že obsah bílkovin byl mnohem silněji ovlivněn faktory prostředí (tj. rokem a místem) než genotypem. Větší vliv prostředí udává i Branlard et al. (2001), který ve své studii zkoumal 162 odrůd ozimé pšenice pěstovaných na třech různých lokalitách.

Viskoelastické vlastnosti bílkovin byly hodnoceny pomocí sedimentačního indexu, který je stanoven na minimální objem 30 ml pro zařazení do potravinářské pšenice. Podle Capouchové (2003) a Palíka et al. (2015) je hodnota Zeleného testu výrazně ovlivněna odrůdou. V této studii byl potvrzen statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými odrůdami a nejvyšší hodnota byla zjištěna u elitní odrůdy Annie (40 ml) z pokusné stanice v Čáslavi ze sklizňového ročníku 2018. Ani z jedné pokusné stanice a sklizňového ročníku nebylo ovšem splněno kritérium pro zařazení do této třídy jakosti, které je stanoveno na 49 ml. I u ostatních odrůd byly průměrné hodnoty výrazně nižší (32 ml) než udává Ministerstvo zemědělství (2019) s průměrnou hodnotou 45 ml za rok 2018 nebo ÚKZÚZ (2018) v popisu jednotlivých odrůd. To může být vysvětleno dle Burešové (2005), která uvádí, že výsledky jsou značně ovlivněny i prostředím a v nepříznivých podmínkách nemusí elitní odrůdy splňovat daná kritéria. Statisticky významný rozdíl u vzorků z pokusné stanice v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě i ze sklizňového ročníku 2017 a 2018 je tedy v souladu s tvrzením nezanedbatelného vlivu podmínek prostředí, který udává i Polišenská & Jirsa (2019).

Poškození hlavní zásobní látky škrobu endospermu zrna amylolytickými enzymy udává číslo poklesu. Minimální hodnotu (220 s) výrazně převyšovaly všechny odrůdy. Nadprůměrné hodnoty čísla poklesu, které jsou v posledních letech v našich podmínkách časté, udává i Jirsa & Polišenská (2019). Ve výzkumu Polišenské et al. (2014) byl prokázán vliv odrůdových vlastností, což je v souladu s výsledky této práce, ve které byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi odrůdami. Elitní odrůda Annie měla průměrně nejvyšší číslo poklesu, ale například odrůda Hyfi (B) měla nižší průměrnou hodnotu než odrůda Frisky (C). Rozbicki (2015) a Palík et al. (2009) udávají, že číslo poklesu je výrazně ovlivněno průběhem počasí. Lokální deště neovlivnily číslo poklesu na žádné z pokusných stanic a nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ani mezi sklizňovými ročníky. Vysoké hodnoty čísla poklesu jsou

důsledkem suchého a teplého počasí, čemuž odpovídají i výsledky této studie. I přesto, že Čáslav má vyšší dlouhodobou teplotu a nižší úhrn srážek, byla zjištěna vyšší průměrná hodnota čísla poklesu u vzorků z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě.

Ačkoliv obsah lepku je výrazněji ovlivněn agroekologickými podmínkami, je v této studii prokázán hlavně vliv odrůdy, kdy elitní odrůda Annie měla nejvyšší obsah lepku a odrůda Frisky z jakostní třídy C (nevhodná pro pekárenské účely) měla obsah lepku nejnižší. To je v souladu s hodnocením stejných odrůd ze studie Hliněnské (2018), která se zabývala pšenicí ze sklizňového ročníku 2016. Menší vliv genotypu oproti vlivu prostředí udává ve své studii Denčić et al. (2011), který hodnotil během čtyř let 140 genotypů pšenice pocházejících z 28 zemí. Palík et al. (2009) uvádí, že čím je vyšší obsah lepkových bílkovin, tím je odrůda kvalitnější, ale Zimolka (2005) však tvrdí, že mnoho odrůd s menším množstvím kvalitního lepku je pro pekařské účely vhodnější než odrůdy s vysokým obsahem nekvalitního lepku. Z výsledků lze pozorovat vliv počasí, tj. vliv místa pokusné stanice i sklizňového ročníku na obsah mokrého lepku. Jelikož průměrné hodnoty obsahu lepku byly vyšší z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě (37,84 %) než z Čáslavi (33,73 %) nelze potvrdit, že vyšších hodnot je dosaženo v oblastech s teplejším a sušším počasím.

Dále byla hodnocena síla lepku pomocí hodnoty gluten indexu, která by v ideálním případě pro pekařské užití měla být v rozmezí 85-95. Hodnoty GI nad 95 nejsou z pekařského hlediska příznivé, lepek je příliš tuhý. Příhoda & Hrušková (2007) udávají, že GI je ovlivněn převážně odrůdou, a to ve své studii potvrzuje i Vysloužil (2012) a Červenková (2017). V této studii byly zjištěny z pokusné stanice v Čáslavi hodnoty GI 100 u odrůd z jakostní skupiny A (Dagmar, Pankratz), B (Hyfi) i C (Frisky), Výrazně lepší hodnota GI byla zjištěna u elitní odrůdy Annie (91). Podle statistického hodnocení analýzy rozptylu byl zjištěn větší vliv prostředí než genotypu. U odrůd pšenice z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě byly hodnoty GI průměrně výrazně nižší (83).

Reologická měření napodobují chování těsta a tím pomáhají předvídat kvalitu konečného produktu. Jedním z nejvýznamnějších ukazatelů pekařské kvality je vaznost vody, která je dle Novotného & Hubíka (2006) závislá na tvrdosti zrna, kdy měkké odrůdy vážou méně vody. Tento faktor nebyl v diplomové práci posuzován a není možné ho tedy potvrdit nebo vyvrátit. Zjištěné hodnoty vaznosti vody byly vyšší u elitní (E) a kvalitních (A) odrůd než u odrůd, které patří do chlebové (B) třídy jakosti. Všechny odrůdy splňovaly kritéria pro zařazení do své jakostní skupiny. Mezi jednotlivými odrůdami nebyl zjištěný statisticky významný rozdíl a větší vliv okolního prostředí je v rozporu se studií Denčić et al. (2011), který udává největší vliv právě genotypu. Jurkaminová & Příhoda (2015) ve svém výzkumu uvádí rozdíly ve vaznosti vody pro jednotlivé oblasti. Ze sledovaných pokusných stanic byly v obou ročníkových sklizních u všech odrůd zjištěny vyšší vaznosti u vzorků z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě. Tanaka (1969) udává, že vaznost vody je ovlivněna převážně vlastnostmi hlavní složkou mouky, což je lepek. To můžeme potvrdit u odrůdy Annie (E) z pokusné stanice v Čáslavi, jejíž obsah lepku (43,45 %) i vaznost vody byly nejvyšší (64,4 %). Naopak odrůda Frisky (C) s vazností vody 53 % měla obsah lepku pouze 30,08 %. Příhoda et al. (2003) tvrdí, že na vaznosti vody závisí další vlastnosti těsta, jako je doba vývinu, pokles konzistence a stabilita těsta. Zimolka et al. (2005) udává, že čím je vyšší vaznost vody, tím vyšší by měl být i objem pečiva.

Doba vývinu těsta se nejčastěji pohybovala v rozmezí 2-3 minut, což je shodné jako ve studii Veselé (2016). Výrazně vyšších hodnot dosahovala elitní odrůda Annie a pomocí analýzy rozptylu byl mezi odrůdy tedy zjištěn statisticky významný rozdíl. Naopak mezi odrůdami z pokusné stanice v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě rozdíl zjištěn nebyl.

Při hodnocení poklesu konzistence byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi odrůdami, kdy elitní odrůda Annie měla výrazně nižší pokles než ostatní odrůdy. Průměrně nejvyšší hodnota poklesu konzistence byla u vzorků z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě ze sklizňového ročníku 2018, ale významný rozdíl mezi oběma pokusnými stanicemi zjištěn nebyl. To je v rozporu s výzkumem Jurkaninové et al. (2015), kde byly v jednotlivých oblastech zjištěny různé hodnoty poklesu konzistence.

Delší hodnoty stability těsta byly naměřeny u odrůd jakosti E a A oproti odrůdám z jakostní třídy B a C. Mezi odrůdami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl, a i přes rozdílné podmínky nebyl zjištěn ani mezi jednotlivými pokusnými stanicemi. Stejně výsledky uvádí Červenková (2017), která hodnotila odrůdy z pokusné stanice v Lednici a v Lípě, ale naopak ve studii Jurkaninové et al. (2015) se v závislosti na různých agroekologických podmínkách hodnoty stability těsta lišily.

Ze senzorického hodnocení pečiva je důležitým ukazatelem měrný objem pečiva, jelikož určuje přijatelnost pro zákazníka. Většina studií hodnotí vzájemné korelace mezi měrným objemem, jakostními a reologickými parametry, což v této diplomové práci nebylo zkoumáno. Z výsledku lze souhlasit s tvrzením Zimolky et al. (2005), že čím vyšší je vaznost vody, tím vyšší by měl být i objem pečiva. Nejvyšší vaznost i objem pečiva byl zjištěn u odrůdy Annie, naopak nejnižší u nejméně kvalitní odrůdy Frisky. Vyšších hodnot v obou parametrech dosahovaly vzorky z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě. Za poměrně nestandardní lze považovat i vyšší hodnoty měrného objemu pečiva odrůdy Hyfi (B).

## 7 Závěr

V diplomové práci bylo hodnoceno šest odrůd, které zahrnovaly zástupce z každé skupiny pekařské jakosti, pěstovaných v pokusných stanicích ÚKZÚZ v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě ve sklizňovém ročníku 2017 a 2018. Během tohoto výzkumu byl nejčastěji zjištěn vliv genotypu. Statisticky významné rozdíly byly prokázány u hodnocení N-látek, Zeleného testu, čísla poklesu, obsahu popela, obsahu lepku, vývinu těsta, poklesu konzistence i měrného objemu pečiva. Agroekologické podmínky obou stanovišť ÚKZÚZ v Čáslavi a ve Vysoké u Příbramě byly odlišné a statisticky významný rozdíl byl zjištěn mezi hodnotami sedimentačního indexu dle Zeleného, obsahem lepku, gluten indexu a měrným objemem pečiva. Statisticky významný rozdíl mezi ročníkem sklizně nebyl s výjimkou sedimentačního indexu u jednotlivých jakostních ukazatelů prokázán.

Kromě Zeleného testu bylo zjištěno, že jednotlivé odrůdy splňují normy pro zařazení do jakostních tříd. Odrůda Annie (E) vykazovala nejvyšší obsah N-látek (14,8 %), mokrého lepku (43,9 %), Zeleného testu (34,5 ml) a čísla poklesu (527 s), které ale už lze považovat za nevhodné. Z reologických vlastností byla naměřena vysoká vaznost vody (65,7 %), dlouhá doba vývinu (7 min), vysoká stabilita těsta (10 min.) a nízký pokles konzistence (20 F.j.). Klonky měly největší měrný objem (395 ml/100 g pečiva), dobré a jemné vlastnosti střídky, neznatelnou parcelaci a dobrý až typicky pečivový vzhled a chuť. Odrůdy Dagmar (A) a Pankratz (A) také splňovaly většinu jakostních parametrů s hodnotami nižšími než měla elitní odrůda. Dle výsledků lze obě odrůdy také doporučit pro výrobu pečiva a při porovnání těch dvou odrůd ze stejné jakosti byly zjištěny lepší hodnoty u odrůdy Dagmar. Odrůdy pekařské skupiny B, kam je zařazena odrůda Gordian a Hyfi, měly nižší obsah N-látek i obsah lepku. Hodnoty sedimentačního indexu nesplňovaly kritéria pro zařazení pšenice na pekárenské účely. Odrůda Hyfi měla poměrně velký měrný objem pečiva (377 ml/100 g pečiva), správně klenutý tvar a dobrý chuťový vjem. Nejhorší jakostní ukazatele vykazovala odrůda Frisky (C) s obsahem N-látek pouze 11,25 % a měrným objemem 312 ml/100 g pečiva. Při senzorickém hodnocení byla chuť charakterizována jako méně dobrá až mdlá.

Výsledky dosažené v DP potvrdily hypotézu, že obsah a vlastnosti bílkovin a škrobu jsou u pšenice založeny geneticky a jsou formovány vnějšími podmínkami, což se projeví různými reologickými vlastnostmi těsta a charakteristikami pečiva.

## 8 Seznam literatury

- AMSP ČR. 2019. Analýza zemědělství. Český statistický úřad, Praha. Available from <http://amsp.cz/wpcontent/uploads/2019/08/Anal%C3%BDzazem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD-2019.pdf>.
- Anjum FM, Khan MR, Din A, Saeed M, Pasha I, Arshad MU. 2007. Wheat gluten: high molecular weight glutenin subunits – structure, genetics and relation to dough elasticity. *Journal of food science*. **72**: 56-63.
- Arendt EK, Zannini E. 2013. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead publishing, Oxford.
- Baeckström GL, Hanell U, Svensson G. 2008. Baking Quality of Winter Wheat Grown in Different Cultivating Systems, 1992–2001: A Holistic Approach **24**: 53-79.
- Biddulph T, Plummer J, Setter TL, Mares DJ. 2008. Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum*) in the field. *Field Crops Research*. **107**: 116-128.
- Birck NM, Lorini I, Scussek VM. 2006. Fungus and mycotoxins in wheat grain at post harvest. *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*. Campinas. 198-205.
- Brabender 2017. Extensograph®-E. For measuring the flour quality and stretching behaviour of dough. Duisburg. Available from [https://www.tracomme.ch/wordpress/wp-content/uploads/2018/04/Brabender-Extensograph-E\\_E.pdf](https://www.tracomme.ch/wordpress/wp-content/uploads/2018/04/Brabender-Extensograph-E_E.pdf).
- Branlard G, Dardevet M, Saccomano R, Lagoutte F, Gourdon J. 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. *Euphytica*. **119**: 59-67.
- Burešová I, Lorencová E. 2013. *Výroba potravin rostlinného původu – Zpracování obilovin*. Univerzita Tomáše Bati, Zlín.
- Capouchová I. 2003. *Vliv odrůdy a agroekologických faktorů na škrobářenskou a pečivářenskou jakost ozimé pšenice*. Praha
- Cauvain P. 2003. *Bread making*. Woodhead Publishing, Cambridge.
- 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.



Curti E, Carini E, Tribuzio G, Vittadini E. 2014. Bread staling: effect of gluten on physico-chemical properties and molecular mobility. *Food Science and Technology*. **59**: 418-425.

Červenková M. 2017. Vliv odrůdových vlastností pšenice na kvalitativní ukazatele zrna, těsta a pečiva [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha

ČSN EN ISO 3093. 2011. Pšenice, žito a pšeničná a žitná mouka, pšenice tvrdá (durum) a semolina z pšenice tvrdé – Stanovení čísla poklesu podle Hagberga-Pertena. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČSN EN ISO 5529. 2011. Pšenice – Stanovení sedimentačního indexu – Zeleného test. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČSN EN ISO 5530-1. 2015. Pšeničná mouka – Fyzikální vlastnosti těsta – Část 1: Stanovení absorpce vody a reologických vlastností pomocí farinografu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČSN EN ISO 712. 2010. Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Referenční metoda. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČSN 46 1011-6. 2002. Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin – Část 6: Zkoušení obilovin – Stanovení obsahu příměsí a nečistot. Český normalizační institut, Praha

ČSN 46 1011-9. 1988. Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin. Zkoušení obilovin. Stanovení mokrého lepku. Stanovení tažnosti lepku. Stanovení bobtnavosti lepku. Český normalizační institut, Praha.

ČSN 46 1011-18. 2003. Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin. Zkoušení obilovin – Stanovení obsahu dusíkatých látek. Český normalizační institut, Praha

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

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>.

Denčić S, Mladenov N, Kobiljski B. 2011. Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. *International Journal of Plant Production*. **5**: 71-82.

- Gianibelli MC, Larroque OR, Macritchie F, Wrigley CW. 2001. Biochemical, Genetic and Molecular Charakterization of Wheat Glutenin and Its Component Subunits. *Cereal Chemistry*. **78**: 635-646.
- Güçbilmez CM, Şahin M, Akçacık AG, Aydoğan S, Demir B, Hamzaoğlu S, Gür S, Yakışır E. 2019. Evaluation of GlutoPeak test for prediction of bread wheat flour quality, rheological properties and baking performance. *Journal of Cereal Science*. **90**: 1-9.
- 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.
- Gooding MJ, Davies WP. 1997. Wheat production and utilization: systems, quality and the environment. Cab International, Wallingford.
- Hanell U, Baeckström G, Svensson G. 2004. Quality studies on wheat grown in different cropping systems: A holistic perspective. *Acta Agriculturae Scandinavica*. **54**: 254-263.
- Hamaker B. 2008. Technology of functional cereal products. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Hanišová A, Horčíčka P. 2002. Šlechtění pšenice na jakost pro různé směry využití. Sb. 8. semináře „Nové poznatky z genetiky a šlachtenia polnohospodářských rostlin-šlechtenie obilnin na kvalitu. VÚRV, Piešťany.
- Hidalgo A, Fongaro L, Braolini A. 2014. Wheat flour granulometry determinec colour perception. *Food Research International*. **64**: 363-370.
- Hliněnská V. 2018. Vliv odrůd pšenice ozimé na reologické vlastnosti těsta [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha
- Horáková V. 2018. Seznam doporučených odrůd. *Obiloviny 2018*. ÚKZUZ, Brno.
- Hrubík K. 1997. Mlynářská ročenka 1997. Svaz průmyslových mlýnů České republiky, Praha.
- Hrušková M, Švec I. 2019. Mlynářské noviny. Svaz průmyslových mlýnů České republiky. Nová tiskárna Pelhřimov s.r.o., Pelhřimov.
- Hubík K, Mareček J. 2003. Kvalita obilnin. Available from <https://www.uroda.cz/kvalita-obilnin/>

- Idriss M, Abdelrahman RA, Senge B. 2012. Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*. **36**: 196-202.
- Isaak C, Sapirstein H, Wu Y, Graf R. 2019. Effects of water absorption and salt on discrimination of wheat gluten strength assessed by dough mixing and protein composition. *Journal of Cereal Science*. **89**: 1-8.
- Jankowski KJ, Hulanicky PS, Sokólski M, Hulanicki P, Dubis B. 2016. Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to different systems of foliar fertilization. *Journal of Elementology* **21**: 715-278.
- Jirsa O, Tvarůžek L, Polišenksá I. 2019. Výnos a kvalita odrůd ozimé pšenice v polním pokusu v Kroměříži v roce 2018. *Obilnářské listy*. **2**: 28-35.
- Jurkaninová I, Příhoda J. 2015. Uživatelské charakteristiky ze pšenice sklizně 2014. *Mlynářské noviny*. **1**: 4-7. [https://www.svazmlynucr.cz/wp-content/uploads/2015/03/MN1\\_ON-LINE.pdf](https://www.svazmlynucr.cz/wp-content/uploads/2015/03/MN1_ON-LINE.pdf)
- Kovaříková D, Netolická V. 2011: Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava. Available from <http://www.spspas.cz/esf-technologicka-priprava>
- Krejčířová L, Capouchová I, Petr J, Bicanová E, Faměra O. 2007. The effect of organic and conventional growing systems on quality and storage protein composition of winter wheat. *Plant, Soil and Environment*. **53**: 499-505.
- Křen J. 1998. Metodika pěstování ozimých plodin. Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž.
- Ktenioudaki A, Butler F, Gallagher E. 2011. Dough characteristics of Irish wheat varieties I. Rheological properties and prediction of baking volume. *Food Science and Technology*. **44**: 594-601.
- Kučerová J. 2004. Technologie cereálií. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Kumhála F, Heřmánek P, Mašek J, Kvíz Z, Honzík I. 2007. Zemědělská technika. Stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Kůst F, Záruba J. 2018. Situační a výhledová zpráva obiloviny 2017. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- Kůst F, Záruba J. 2019. Situační a výhledová zpráva obiloviny 2018. Ministerstvo zemědělství, Praha.

- Mallick SA, Azaz K, Gupta M, Sharma V, Sinha K. 2013. Characterization of grain nutritional quality in wheat. *Indian Journal of Plant Physiology*. **18**: 183-186.
- Meneghetti VL, Pohndorf RS, Biduski B, Zavareze E, Gutkoski LC, Elias MC. 2019. Wheat grain storage at moisture milling: Control of protein quality and bakery performance. *Journal of Food Processing and Preservation*. **43**: 1-9
- Mhiko TA. 2012. Determination of the causes and the effects of storage conditions on the quality of silo stored wheat (*Triticum aestivum*) in Zimbabwe. *Natural Products and Bioprospecting*. **2**: 21-28.
- Móré M, Diósi G, Sipos P, Gyori Z. 2015. Investigation of rheological properties of winter wheat varieties during storage. *Acta Universitatis Sapientiae*. **8**: 63-69.
- Novotný F, Hubík K. 2006. Nové směry v hodnocení jakosti potravinářské pšenice. *Leading farmers*. Available from <https://www.leadingfarmers.cz/knihovna/clanky/detail/nove-smery-v-hodnoceni-jakosti-potravinarske-psenice>
- Palík S. 2001. Mlýnářská ročenka 2001. Svaz průmyslových mlýnů České republiky. Praha.
- Palík S, Burešová I, Edler S, Sedláčková I, Tichý F. 2009. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž.
- Pandey NL, 2013. Baking quality in wheat: Effect of delayed harvest, cultivars, growing conditions and nitrogen fertilization. [MSc. Thesis]. Norwegian University of Life Sciences. Ås.
- Petr J. 2001. Pěstování pšenice podle užitkových směrů. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Petrenko V, Liubich V, Bondar V. 2017. Baking quality of wheat grain as influenced by agriculture systems, weather and storing conditions. *Romanian agricultural research*. **34**: 69-76.
- Polišenská I, Jirsa O. 2015. Vyhodnocení souboru odrůd ozimé pšenice Mezinárodní seoutěže pěstebních technologií Kroměříž 2015 z pohledu kvality sklizeného zrna, *Obilnářské listy*. **23**: 43-46.
- Polišenská I, Jirsa O. 2019. Kvalita sklizně pšenice 2018 a hodnocení nejčastěji pěstovaných odrůd. *Agromanuál*. **2**: 100-102.
- Prugar J, Hraška Š. 1986. Kvalita pšenice. Příroda, Bratislava.

Příhoda J, Humpolíková P, Novotná D. 2003. Základy pekárenské technologie. Pekař a cukrář s.r.o., Praha.

Příhoda J, Hrušková M. 2007. Hodnocení kvality: aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi. Svaz průmyslových mlýnů České republiky, Praha.

Příhoda J, Skřivan P, Hrušková M. 2006. Cereální chemie a technologie I. VŠCHT, Praha

Ral JP, Whan A, Larroque O, Leyne E, Pritchard J, Dielen AS, Howitt CA, Morell MK, Newberry M. 2016. Engineering high  $\alpha$ -amylase levels in wheat grain lowers Falling Number but improves baking properties **14**: 364-376.

Rossini F, Provenzano ME, Sestili F, Ruggeri R. 2018. Synergistic Effect of Sulfur and Nitrogen in the Organic and Mineral Fertilization of Durum Wheat: Grain Yield and Quality Traits in the Mediterranean Environment. **8**: 189.

Rozbicki J, Ceglińska A, Gozdowski D, Jakubczak J, Cacak-Pietrzak G, Madry W, Golba J, Piechociński M, Sobczyński G, Studnicki M, Drzazga T. 2015. Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread-making quality in winter wheat. Journal of Cereal Science **61**: 126-132.

Ryant P, Antošovský J, Škarpa P. 2017. Hnojení pšenice ozimé na jaře. Mendelova univerzita v Brně. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-psenice-ozime-na-jare>

Sehn GAR, Noqueira AC, Almeida EL, Chang YK, Steel CJ. 2015. Fortification of Wheat Dough with Calcium and Magnesium Ions Affects Empirical Rheological Properties. Cereal chemistry **4**: 405-410.

Singh H, MacRitchie F. 2001. Application of polymer science to properties of gluten. Journal of Cereal Science **33**: 231-234

Singh M, Khatkar B. 2011. Structural and functional properties of wheat storage proteins: a review. Journal of Food Science and Technology. **42**: 455-471.

Smatanová M. 2014. Sledování vlivu stupňované intenzity hnojení na výnosy plodin, na agrochemické vlastnosti půd a bilanci živin. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno. Available from [http://eagri.cz/public/web/file/366748/ZZAZP\\_stacionar.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/366748/ZZAZP_stacionar.pdf)

- Song Y, Zheng Q. 2007. Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins. *Trends in Food Science & Technology* **18**: 132-138.
- Stewart B, Dyke G. 1993. Factors Affecting the Grain Yield, Milling and Breadmaking Quality of Wheat 1969-1972: II. Breadmaking quality in relation to variety and nitrogen fertiliser. *Plant Varieties and Seeds* **6**: 169-169.
- Tanaka K. 1969. Relation between farinograph mixing curve and mixing requirements. *Cereal science today*. **14**: 296.
- Tayehun J, Byung-Kee B. 2016. Storage Conditions Affecting Increase in Falling Number of Soft Red Winter Wheat Grain. *Cereal chemistry* **93**: 263-267
- Tomić J, Torbica A, Popović L, Hristov N, Nikolovski B. 2016. Wheat breadmaking properties in dependence on wheat enzymes status and climate conditions. *Food Chemistry* **199**: 565-572.
- Uhlen A, Hasfskjolf R, Kalhovd AH, Sahlstrom S, Longva A, Magnus E. 1998. Effects of cultivar and temperature during grain filing on wheat protein content, composition, and dough mixing properties. *Cereal Chemistry*. **75**: 460-465.
- Velišek J, Hajšlová J. 2009. *Chemie potravin*. OSSIS, Tábor.
- Vesela B. 2016. Hodnocení pečiva ve vztahu k jakostním parametrům pšenice. [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Vysloužil J. 2012: Vliv vybraných ukazatelů mlynářské a pekařské jakosti pšenice na reologické vlastnosti těsta [MSc. Thesis]. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Warechowska M, Markowska A, Warechowski J, Mis A, Nawrocka A. 2016. Effect of tempering moisture of wheat on grinding energy, middlings and flour size distribution, and gluten and dough mixing properties. *Journal of Cereal Science* **69**: 306-312.
- Weipert D. 1992. Descriptive and fundamental rheometry in a new light. *Cereal Foods World* **35**: 15-24.
- Zhang X, Cai J, Wollenweber B, Liu F, Dai T, Cao W, Jiang D. 2013. Multiple heat and drought events affect grain yield and accumulations of high molecular weight glutenin subunits and glutenin macropolymers in wheat. *Journal of Cereal Science* **5**: 134-140.

Zieger V, Ferreira CD, Goebel JTS, El Halal SLM, Santetti GS, Gutkoski LC, Elias MC. 2017. Changes in properties of starch isolated from whole rice grains with brown, black, and red pericarp after storage at different temperatures. *Food Chemistry*. **216**: 194–200.

Zimolka J. 2005. Pšenice – pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, Praha.

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Požadavky na zrno potravinářské pšenice (ČSN 46 1100-2 „Pšenice potravinářská“)	5
Tabulka 2: Kritéria hodnocení pšenice ve skupinách pekařské jakosti ve Státních odrůdových zkouškách ÚKZÚZ	6
Tabulka 3: Podíl odrůdy a pěstitelských podmínek na některých jakostních ukazatelích pšenice (%) (Petr 2001)	6
Tabulka 4: Průměrné hodnoty kvality pšenice ze sklizně 2014-2018 (Ministerstvo zemědělství, 2019)	11
Tabulka 5: Zařazení hodnocených odrůd pšenice ozimé do skupin podle pekařské jakosti	20
Tabulka 6: Hodnocení odrůdy Annie (ÚKZUZ, 2018)	21
Tabulka 7: Hodnocení odrůdy Dagmar (ÚKZUZ, 2018)	21
Tabulka 8: Hodnocení odrůdy Pankratz (ÚKZUZ, 2018)	21
Tabulka 9: Hodnocení odrůdy Gordian (ÚKZUZ, 2018)	22
Tabulka 10: Hodnocení odrůdy Hyfi (ÚKZUZ, 2018)	22
Tabulka 11: Hodnocení odrůdy Frisky (ÚKZUZ, 2018)	23
Tabulka 12: Analytické hodnocení pšeničných mouk ze stanice Čáslav, sklizeň 2017	29
Tabulka 13: Analytické hodnocení pšeničných mouk ze stanice Vysoká u Příbramě, sklizeň 2017	29
Tabulka 14: Analytické hodnocení pšeničných mouk ze stanice Čáslav, sklizeň 2018	30
Tabulka 15: Analytické hodnocení pšeničných mouk ze stanice Vysoká u Příbramě, sklizeň 2018	30
Tabulka 16: Přehled statistických rozdílů u N-látek mezi jednotlivými faktory	31
Tabulka 17: Přehled statistických rozdílů u sedimentačního indexu mezi jednotlivými faktory	32
Tabulka 18: Přehled statistických rozdílů u čísla poklesu mezi jednotlivými faktory	33
Tabulka 19: Přehled statistických rozdílů u obsahu popela mezi jednotlivými faktory	34
Tabulka 20: Přehled statistických rozdílů u obsahu lepku mezi jednotlivými faktory	35
Tabulka 21: Přehled statistických rozdílů u gluten indexu mezi jednotlivými faktory	36
Tabulka 22: Výsledky farinografického stanovení pšeničných mouk jednotlivých odrůd – Čáslav, sklizeň 2017	37
Tabulka 23: Výsledky farinografického stanovení pšeničných mouk jednotlivých odrůd – Vysoká u Příbramě, sklizeň 2017	37



Tabulka 24: Výsledky farinografického stanovení pšeničných mouk jednotlivých odrůd – Čáslav, sklizeň 2018 .....	37
Tabulka 25: Výsledky farinografického stanovení pšeničných mouk jednotlivých odrůd – Vysoká u Příbramě, sklizeň 2018 .....	38
Tabulka 26: Statisticky významné rozdíly u vaznosti vody mezi jednotlivými faktory .....	38
Tabulka 27: Přehled statistických rozdílů u vývinu těsta mezi jednotlivými faktory .....	39
Tabulka 28: Přehled statistických rozdílů u stability těsta mezi jednotlivými faktory .....	40
Tabulka 29: Přehled statistických rozdílů u poklesu konzistence mezi jednotlivými faktory ..	41
Tabulka 30: Přehled statistických rozdílů u měrného objemu mezi jednotlivými faktory .....	42
Tabulka 31: Kritéria pro senzorické hodnocení pečiva (ČZU, Praha) .....	I
Tabulka 32: Výsledky pekařského pokusu z mouky z pokusné stanice Čáslavi, sklizeň 2017 ..	II
Tabulka 33: Výsledky pekařského pokusu z mouky z pokusné stanice Čáslavi, sklizeň 2018 ..	III
Tabulka 34: Výsledky pekařského pokusu z mouky z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě, sklizeň 2017 .....	IV
Tabulka 35: Výsledky pekařského pokusu z mouky z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě, sklizeň 2018 .....	V

## Seznam grafů

Graf 1: Statisticky významné rozdíly N-látek mezi jednotlivými odrůdami.....	31
Graf 2: Statisticky významné rozdíly sedimentačního indexu mezi odrůdami, ročníky sklizně a místy pokusné stanice .....	32
Graf 3: Statisticky významné rozdíly čísla poklesu mezi jednotlivými odrůdami .....	33
Graf 4: Statisticky významný rozdíl obsahu popela mezi jednotlivými odrůdami.....	34
Graf 5: Statisticky významné rozdíly u obsahu lepku mezi jednotlivými odrůdami a místy pokusných stanic.....	35
Graf 6: Statisticky významné rozdíly u GI mezi místy pokusných stanic.....	36
Graf 7: Statisticky významné rozdíly u vývinu těsta mezi místy pokusných stanic.....	39
Graf 8: Statisticky významné rozdíly u poklesu konzistence mezi jednotlivými odrůdami ....	41
Graf 9: Statisticky významné rozdíly měrného objemu mezi odrůdami, ročníky sklizně a místy pokusné stanice .....	42

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Farinografická křivka (Kovaříková & Netolická 2011).....	18
Obrázek 2: Extenzografická křivka (Kovaříková & Netolická 2011) .....	19
Obrázek 3: Klonky z odrůdy Frisky z Čáslavi ze sklizně 2017 (vlastní foto) .....	43
Obrázek 4: Klonky z odrůdy Annie z Čáslavi ze sklizně 2018 (vlastní foto) .....	44

## Samostatné přílohy

Tabulka 31: Kritéria pro senzorické hodnocení pečiva (ČZU, Praha)

Znak	4	3	2	1	0
<b>Technické vlastnosti těsta</b>	Velmi pružné, nelepivé	Pružné, nelepivé	Méně pružné	Málo pružné, poněkud lepivé	Nepružné, lepivé
<b>Tvar výrobku</b>	Dobře klenutý	Středně klenutý	Méně klenutý	Klenutý	Velmi nízký, nepravidelný
<b>Barva kůrky</b>	Normální, typicky pečivová	Tmavší lesklá	Světlejší lesklá	Tmavá matná	Velmi světlá matná
<b>Parcelace</b>	Velmi dobrá	Dobrá	Méně výrazná	Málo výrazná	Neznatelná
<b>Vlastnosti střídky (pružnost)</b>	Velmi dobrá, jemná	Dobrá, jemná	Dostatečná	Nízká, drolivá střídka	Nepružná, lepivá
<b>Pórovitost střídky</b>	Rovnoměrná, jemné stěny, střední póry	Méně rovnoměrná, jemné stěny, střední póry	Nerovnoměrná, hrubší stěny, menší dutiny	Nerovnoměrná, hrubé stěny, dutiny	Nerovnoměrná, hrubé stěny, husté póry, odfouklá kůrka
<b>Celkový chuťový vjem</b>	Velmi dobrý, typicky pečivový	Dobrá	Méně dobrý	Mdlý	Cizí příchut', cizí pach

Tabulka 32: Výsledky pekařského pokusu z mouky z pokusné stanice Čáslavi, sklizeň 2017

<b>Ukazatel/vzorek</b>	<b>Annie</b>	<b>Dagmar</b>	<b>Pankratz</b>	<b>Gordian</b>	<b>Hyfi</b>	<b>Frisky</b>
<b>Objem 3 kusů pečiva (ml)</b>	740	640	600	610	740	600
<b>Měrný objem pečiva (ml na 100g pečiva)</b>	356	317	293	300	367	295
<b>Výška/šířka (mm)</b>	65/85	60/82	56/79	56/84	61/83	54/84
<b>Poměr výška/šířka</b>	0,76	0,73	0,71	0,66	0,73	0,64
<b>Technické vlastnosti těsta</b>	3	3	3	2	3	3
<b>Tvar výrobku</b>	3	2	2	2	2	2
<b>Vzhled výrobku (barva kůrky)</b>	0	0	4	0	0	0
<b>Parcelace</b>	0	1	1	1	1	0
<b>Vlastnosti střídky (pružnost)</b>	3	3	3	2	3	3
<b>Pórovitost střídky</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Chut'ový vjem</b>	3	3	0	1	2	1
<b>Poznámka</b>	-	popraskané	-	-	-	-

Tabulka 33: Výsledky pekařského pokusu z mouky z pokusné stanice Čáslavi, sklizeň 2018

<b>Ukazatel/vzorek</b>	<b>Annie</b>	<b>Dagmar</b>	<b>Pankratz</b>	<b>Gordian</b>	<b>Hyfi</b>	<b>Frisky</b>
<b>Objem 3 kusů pečiva (ml)</b>	770	630	640	590	800	580
<b>Měrný objem pečiva (ml na 100g pečiva)</b>	376	309	314	284	394	278
<b>Výška/šířka (mm)</b>	55/87	58/80	55/83	50/81	59/89	52/81
<b>Poměr výška/šířka</b>	0,63	0,73	0,66	0,62	0,66	0,64
<b>Technické vlastnosti těsta</b>	1	3	3	3	3	3
<b>Tvar výrobku</b>	3	2	2	0	3	2
<b>Vzhled výrobku (barva kůrky)</b>	1	0	4	4	1	4
<b>Parcelace</b>	0	1	3	0	4	1
<b>Vlastnosti střídky (pružnost)</b>	3	2	3	2	3	3
<b>Pórovitost střídky</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Chut'ový vjem</b>	3	3	3	3	3	2
<b>Poznámka</b>	-	-	-	-	-	-

Tabulka 34: Výsledky pekařského pokusu z mouky z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě, sklizeň 2017

<b>Ukazatel/vzorek</b>	<b>Annie</b>	<b>Dagmar</b>	<b>Pankratz</b>	<b>Gordian</b>	<b>Hyfi</b>	<b>Frisky</b>
<b>Objem 3 kusů pečiva (ml)</b>	920	780	740	740	880	680
<b>Měrný objem pečiva (ml na 100g pečiva)</b>	448	383	361	361	432	333
<b>Výška/šířka (mm)</b>	66/93	62/90	61/90	61/89	65/94	59/88
<b>Poměr výška/šířka</b>	0,71	0,69	0,68	0,69	0,69	0,67
<b>Technické vlastnosti těsta</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Tvar výrobku</b>	4	3	3	3	4	3
<b>Vzhled výrobku (barva kůrky)</b>	4	4	4	4	4	4
<b>Parcelace</b>	0	3	3	3	4	2
<b>Vlastnosti střídky (pružnost)</b>	4	4	3	3	4	3
<b>Pórovitost střídky</b>	3	3	3	3	3	4
<b>Chuťový vjem</b>	4	4	4	3	3	3
<b>Poznámka</b>	-	-	-	popraskané	popraskané	popraskané

Tabulka 35: Výsledky pekařského pokusu z mouky z pokusné stanice ve Vysoké u Příbramě, sklizeň 2018

<b>Ukazatel/vzorek</b>	<b>Annie</b>	<b>Dagmar</b>	<b>Pankratz</b>	<b>Gordian</b>	<b>Hyfi</b>	<b>Frisky</b>
<b>Objem 3 kusů pečiva (ml)</b>	820	680	680	630	770	700
<b>Měrný objem pečiva (ml na 100g pečiva)</b>	400	330	331	400	380	343
<b>Výška/šířka (mm)</b>	58/90	51/87	60/83	55/84	60/89	57/87
<b>Poměr výška/šířka</b>	0,64	0,59	0,72	0,65	0,67	0,66
<b>Technické vlastnosti těsta</b>	1	3	3	3	2	3
<b>Tvar výrobku</b>	3	3	3	3	4	3
<b>Vzhled výrobku (barva kůrky)</b>	3	4	4	4	4	3
<b>Parcelace</b>	0	3	1	3	3	3
<b>Vlastnosti střídky (pružnost)</b>	3	3	2	2	3	3
<b>Pórovitost střídky</b>	3	3	3	3	2	3
<b>Chuťový vjem</b>	3	2	2	2	3	2
<b>Poznámka</b>	-	-	popraskané	-	-	-