

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Zemědělská fakulta**

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Obor: Agroekologie – Ekologické zemědělství

Katedra: Agroekosystémů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

**Diplomová práce**

**Posouzení možností využití celých klásků pšenice  
špaldy pro přípravu pekařských produktů**

**Possibilities of use spelt spikelets for baking  
products preparation**

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

Autor práce: Bc. Linda Vopátková

České Budějovice, 2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Linda VOPÁTKOVÁ**  
Osobní číslo: **Z16366**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Agroekologie - Ekologické zemědělství**  
Název tématu: **Posouzení možností využití celých klásků pšenice špaldy pro přípravu pekařských produktů**  
Zadávající katedra: **Katedra agroekosystémů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce: Otestování možností přípravy chlebové mouky z celých (neloupaných) klásků pšenice špaldy, s cílem posoudit vliv tohoto postupu na technologickou jakost mouky, hygienickou a senzorickou jakost produktu (pekařský pokus).


1. Úvod - úvod do problematiky
2. Literární přehled - pšenice špalda (aktuální rozšíření v ČR, v EU a ve světě, specifika pěstování v EZ. Specifika zpracování pšenice špaldy. Zdokumentované rozdíly v jakosti mezi konvenčně a ekologicky pěstovanou pšenicí špaldou. Klady a záporné aspekty celozrnné a klasické mouky z pohledu nutričního a technologického. Technologie mlynářského a pekařského zpracování zrna pšenice špaldy. Nové trendy ve zpracování pšenice špaldy ve světě.
3. Metodický postup - studium doporučené literatury a zpracování rešerše, zpracování a analýzy vzorků zrna a připravených mouk z pšenice špaldy (obsah bílkovin, SDS test, gluten index, obsah mokrého lepku, Falling number, kompletní reologická analýza na přístroji Mixolab II., stanovení kontaminace zrna DON metodou imunoafinitní chromatografie, pekařský pokus, senzorická analýza). Statistické vyhodnocení dat.
4. Výsledková část - zpracování experimentálních dat získaných při analýzách technologické jakosti pšenice špaldy. Vyhodnocení rozdílů v technologické (pekařské) jakosti a obsahu DON mezi hodnocenými druhy mouky (klasická bílá mouka, celozrnná mouka, mouka připravená z celých klásků). Výsledek pekařského pokusu s připravenými moukami a navržení vhodného poměru mouk pro dosažení optimálního objemu pečiva. Senzorická analýza produktu.
5. Diskuze - Srovnání výsledků s údaji dostupnými v literatuře
6. Závěr - Shrnutí výsledků
7. Seznam citované literatury.

Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)  
Rozsah pracovní zprávy: 30-60-stran včetně příloh  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

1. Prugar, J. (Ed.) (2008): Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Praha, 327 s.
2. Abdel-Aal, E., Wood, P. (Eds.) (2005): Speciality grains for food and feed. AACCC, St. Paul, Minnesota, USA, 414 s.
3. Databáze orgprints.org
4. Konvalina, P., Capouchová, I., Stehno, Z., Káš, M., Janovská, D., Škeříková, A., Moudrý, J. (2012): Pěstování a využití pšenice špaldy v ekologickém zemědělství. VÚRV, v.v.i. v Praze, 40 s.
5. Konvalina, P. (Ed.): Pěstování a využití minoritních obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. JU, České Budějovice, 174 s.
6. Moudrý, J., Bárta, J., Bártová, V., Bubeník, J., Diviš, J., Dostálová, R., Hýbl, M., Konvalina, P., Ondřej, M., Peterka, J., Pexová Kalinová, J., Ponížil, A., Seidenglanz, M., Stražil, Z., Šmirouz, P., Štolcová, M., Vaculík, A. (2011): Alternativní plodiny. Profi Press, Praha, 144 s.
7. Příhoda J., Skřivan P., Hrušková M.: Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2004. Str. 121. ISBN 80-7080-530-7
8. Databáze WoS, SCOPUS

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.**  
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2017**  
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2018**

  
prof. Ing. Miloslav Soch, CSc., dr. h. c.  
děkan

  
JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 1398, 370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2017

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenu a literatury uvedených v seznamu citované literatury a v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis studenta:

**Poděkování:**

Děkuji panu doc. Ing. Petru Konvalinovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, cenné rady, podnětné připomínky a čas, který mi věnoval při konzultacích a dále Ing. Markétě Kypťové a Ing. Ondřeji Vláškovvi za jejich pomoc při analýze a přípravě vzorků.

## **Abstrakt**

Pšenice špalda (*Triticum spelt* L.) se běžně zpracovává na celozrnnou mouku především v BIO kvalitě. Celozrnná mouka neobsahuje pluchy, ty jsou před mletím odstraněny a v potravinářském průmyslu se běžně nevyužívají. Tato práce má za cíl zhodnotit možnosti využití celého zrna včetně pluch v pekařském průmyslu a jejich vliv na jakost, jak z hlediska nutričního, tak technologického.

Analýzy kontroly jakosti byly provedeny u 17 vzorků. A to konkrétně celozrnná mouka pšenice seté, celozrnná mouka pšenice špaldy bez pluch, celozrnná mouka pšenice špaldy s pluchami, dále hladká mouka pšenice seté a hladká mouka pšenice špaldy. Ostatní vzorky byly rozděleny do směsí v různých poměrech hladká mouka x celozrnná mouka.

Základním kamenem kvality chleba a jiných pekařských výrobků je kvalita surovin a to především mouky. Na základě toho bylo nutné u všech vzorků stanovit jakostní hodnoty a provést analýzy, které tuto jakost mouky hodnotí (sedimentační test dle Zelenyho, číslo poklesu, obsah mokrého lepku, obsah N-látek, apod.). Všechny vzorky také prošly reologickým vyhodnocením těsta na přístroji Mixolab II. Dále byla provedena kontrola kontaminace mykotoxiny metodou ROSA Mycotoxin Strips u šrotů, kde je riziko kontaminace nejvyšší.

Na závěr analýzy byl proveden pekařský pokus vybraných 11 vzorků. Po pekařském pokusu následovalo hodnocení objemu pečiva a v závěru senzoričké hodnocení respondenty na základě předloženého dotazníku.

Z pekařského pokusu vyplývá, že je možné použít zrna špaldy i s pluchami nicméně to se odráží na hodnocení respondenty v senzoričké hodnocení. Ti preferovali produkty, které jsou běžné a na novou chuť a strukturu nereagovali kladně.

**Klíčová slova:** pšenice špalda, ekologické zemědělství, pluchy, kontrola jakosti, senzoričké hodnocení

## **Abstract**

Spelt (*Triticum spelt* L.) is commonly processed to wholegrain flour, especially in organic quality. Even this type of flour does not usually contain husks which are removed before milling. This thesis aims to evaluate a possibility of utilizing whole grains including husks in the bakery industry and its effect on the quality from the nutritional as well as technological point of view.

Quality control analyses were conducted in 17 samples. These included whole meal flour of common wheat, whole meal flour of spelt without husks, white flour of spelt with husks, white flour of common wheat and white flour of spelt. Remaining samples were made of soft four and coarse meal mixed in various proportions.

The alpha and omega for the quality of bread and other bakery products is the quality of ingredients, especially the flour. Therefore, it was necessary to determine quality values and conduct corresponding analyses (Zeleny sedimentation test, falling number, wet gluten content, protein content, etc.). All samples were also subject to measuring rheological characteristics of dough using Mixolab II. In whole grain meals, in which there is the highest risk of mycotoxin contamination, incidence of such contamination was surveyed using the ROSA Mycotoxin Strips method.

In the end, the bakery test was conducted with selected 11 samples after which the volume of the baked products was evaluated. This was followed by sensory evaluation by respondents following a presented questionnaire.

The bakery experiment showed that it is possible to use spelt grains with husks, but this was reflected in the sensory test by the respondents. They preferred products which are more common and they did not positively evaluate the new taste and texture.

**Keywords:** spelt, ecoagriculture, husks, quality control, sensory evaluation

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Literární přehled</b> .....	<b>12</b>
2.1	Pšenice špalda ( <i>Triticum spelta</i> L.) .....	12
2.1.1	Historie .....	12
2.1.2	Charakteristika .....	12
2.1.3	Skladba zrna .....	13
2.1.4	Pěstování .....	14
2.1.4.1	Požadavky na prostředí .....	14
2.1.4.2	Volba druhu a odrůd v EZ .....	14
2.1.4.3	Předplodina .....	14
2.1.4.4	Příprava půdy a setí .....	15
2.1.4.5	Hnojení a ošetření během vegetace .....	15
2.1.5	Sklizeň.....	16
2.1.6	Posklizňová úprava .....	16
2.1.7	Skladování.....	16
2.2	Technologie mlynářského a pekařské zpracování zrna .....	17
2.2.1	Vstupní kontrola.....	17
2.2.2	Třídění a čištění.....	17
2.2.3	Mletí .....	17
2.2.4	Skladování mouky.....	18
2.3	Nutriční hodnoty pšenice špaldy .....	18
2.4	Pšenice špalda v ČR .....	21
2.5	Pšenice špalda v EU .....	22
2.6	Využití pšenice špaldy.....	23
2.7	Rozdíly v jakosti konvenční X ekologické pěstování .....	23
2.8	Celozrnná mouka versus bílá mouka.....	24



2.8.1	Mykotoxiny .....	25
2.9	Technologická a pekařská jakost mouky.....	28
2.10	Metody kontroly jakosti .....	29
2.10.1	Číslo poklesu (Falling number).....	29
2.10.2	Obsah mokrého lepku .....	30
2.10.3	Gluten index .....	30
2.10.4	Sedimentační test .....	30
2.10.5	Obsah N-látek.....	31
2.10.6	Vaznost mouky .....	31
2.10.7	Pekařský pokus .....	32
2.10.8	Měrný objem pečiva.....	32
2.10.9	Senzorické hodnocení .....	32
2.11	Proces výroby chleba.....	33
2.11.1	Příprava těsta.....	33
2.11.2	Hnětení .....	34
2.11.3	Zrání .....	35
2.11.4	Dělení a tvarování .....	35
2.11.5	Pečení .....	36
2.11.6	Skladování a chlazení.....	36
<b>3</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Praktická část.....</b>	<b>38</b>
4.1	Metodika a materiál .....	38
4.1.1	Charakteristika a příprava materiálu .....	38
4.1.2	Pracovní postup.....	39
4.1.2.1	Mixolab II. - Stanovení vaznosti mouky .....	39
4.1.2.2	ROSA Mycotoxin Strips .....	40
4.1.2.3	Stanovení obsahu mokrého lepku a Gluten index podle H. Pertena	40

4.1.2.4	Stanovení vlhkosti .....	41
4.1.2.5	Stanovení N-látek dle Kjeldahla.....	42
4.1.2.6	Sedimentační test.....	43
4.1.2.7	Pádové číslo.....	44
4.1.2.8	Pekařský pokus.....	45
4.1.2.9	Objem pečiva.....	47
4.1.2.10	Senzorické hodnocení chleba.....	48
4.2	Výsledky.....	49
4.2.1	Pečení .....	60
4.2.2	Senzorické hodnocení .....	63
4.2.2.1	Výsledky hodnocení .....	66
<b>5</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>67</b>
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>78</b>
<b>9</b>	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>78</b>
<b>10</b>	<b>Seznam grafů.....</b>	<b>79</b>
<b>11</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>80</b>

# 1 ÚVOD

---

Pšenice špalda je považována za původní druh pšenice. V historii má svou nesmazatelnou stopu a tradici. Její využití v pekařské průmyslu je bohaté a výrobci přicházejí stále s řadou nových výrobků. I když pšenice setá v minulosti postupně vytlačila pšenici špaldu z pěstitelských ploch. Špalda po čase opět získala svou oblibu a její pěstitelské plochy v současnosti stále stoupají jak v ČR, tak i ve světě. Změna nastala až s nástupem ekologického zemědělství, kdy byla oceněna schopnost vysokých výnosu a odolnost špaldy vůči negativním vlivům i v případě absence pesticidů a hnojiv. Špalda tak získala oblibu zejména u ekologických zemědělců.

Pšenice špalda nese řadu benefitů jako například, vyšší obsah vitaminů skupiny B, hořčíku, fosforu, železa. Oproti pšenici seté má vyšší obsah bílkovin a jejich nutriční hodnotu, obsahuje všechny esenciální aminokyseliny a více nenasycených mastných kyselin. Vláknina je jiného charakteru oproti pšenici seté, je lépe stravitelná pro lidský organismus a dokonce je prospěšná pro tělní buňky. Špalda také obsahuje vyšší množství lepku s vysokou kvalitou.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

---

### 2.1 PŠENICE ŠPALDA (*TRITICUM SPELTA* L.)

#### 2.1.1 Historie

Pšenice špalda je označována za velmi starou kulturní plodinu, archeologické naleziště Alpy z dobry bronzové to potvrzuje (Abdel-Aal a Hucl, 2005). Domovinou špaldy je jihozápadní Asie. Špalda se dále pěstovala v oblastech Švýcarska, Německa, Anglie, Polska a Skandinávie (Stehno, 2001). První zmínky pěstování špaldy v ČR se datují v 6. stoléní (Vlasák, 1995), dříve byla staročeštinou nazývána také samopše (Petr, Húska, 1997). Další informace o pěstování špaldy pocházejí z poloviny 18. století a to na Litomyšlsku, kdy byla špalda využívána jako náhražka kávy (Prugar a kol., 2008). Po první světové válce došlo k vytlačení špaldy a jejímu nahrazení pšenicí setou a to především z důvodů její vyšší reakce na dusíkatá hnojiva (Zimolka, 2005). V bývalém Československu nebyla pšenice špalda povolena a byla tedy postupně nahrazována pšenicí setou. Na území České republiky se špalda znovu objevila až okolo roku 1991, s nástupem ekologického zemědělství (Moudrý a Vlasák, 1996).

Moudrý (2011) popisuje vznik ozimé formy pšenice špaldy jako křížením mnohoštetu Tauschova (*Aegilops tauschii* syn. *Squarossa* L.) s pšenicí dvouzrnkou (*Triticum dicocon* L.). Nicméně nebyly nalezeny zcela původní druhy a pro nás dostupné formy špaldy jsou již domestikované formy (Konvalina a Graunsgruber, 2012).

#### 2.1.2 Charakteristika

Morfologie pšenice špaldy je oproti ostatním druhům pšenice rozdílná. Má duté, tenkostěnné stéblo a hlubší kořenovou soustavu (Konvalina a kol., 2012). Moudrý a Vlasák (1996) uvádí rozdíly mezi novými a staršími odrůdy a jejich rozdílnosti v délce stébla, u starších odrůd uvádí délku 130 – 150 cm u nových odrůd jsou stébla kratší o 20 – 25 cm. Listy mají více trichomů a jsou užší. Klas je dlouhý 15 – 17 cm, bílého či hnědého zbarvení, bezosinný (Janovská a Stehno, 2010). Rozměry obilky špaldy se pohybují okolo 3,6 x 8,9 mm, HTZ je až o 25 % větší oproti pšenici seté (Moudrý a Stražil, 1999). Pšenice špalda může dosahovat výšky až 150

cm (Moudrý a Vlasák, 1996). Je charakteristická širšími trsy, které zvyšují konkurenční schopnost vůči plevelným druhům (Janovská a Stehno, 2010).

### 2.1.3 Skladba zrna

Pšenici špaldu řadíme do skupiny pluchatých pšenic. Pluchy dokonale chrání zrna před vnějšími negativními faktory a tím se zachová jeho kvalita pro další zpracování. Při zpracování se těchto obalových částí zbavujeme a zrna se z pluch vyloupává (Michalová a kol., 2001). Tento proces probíhá pomocí loupacího zařízení mechanismem broušení kotouči (Stehno, 2001). Svrchní vrstvy zrna jsou převážně nerozpustné a obtížně bobtnající polysacharidy s vysokou mechanickou pevností (Příhoda, Skřivan a Hrušková, 2008). Tato část zrna může sloužit jako nestrávitelná vláknina. Z pekařského hlediska není příliš vhodné využívat tyto vnější vrstvy, dochází k zhoršení kvality a zpracovatelnosti těsta a nižším výsledkům objemu pečiva (Příhoda, Humpolíková a Novotná, 2003).

Osemení, neboli podpovrchové obalové vrstvy zrna, obsahuje barviva. Ty určují barvu zrna. Tyto obalové části jsou také zdrojem polysacharidů s vysokou bobtnavou schopností a mají tak příznivý účinek na vaznost mouky a vláčnost pečiva (Příhoda, Humpolíková a Novotná, 2003). Pšeničné zrna jsou tvořena z 14,5 % otruby (Xie a kol., 2008). Mezi endospermem a obalovými vrstvami zrna se nachází aleuronová vrstva, která bývá společně s endospermem v mouce a částečně ulpí na otrubách. Tato vrstva je označována jako vnější endosperm. Obsah aleuronových vrstev v mouce zvyšuje obsah bílkovin a minerálních látek (Příhoda, Skřivan a Hrušková, 2008). Tyto bílkoviny nejsou z pekařského hlediska příliš významné, nejsou totiž schopny vytvářet dostatečně pevnou strukturu (Xie a kol., 2008).

Vnitřní část zrna neboli endosperm tvoří největší část zrna a je tak technologicky nejvýznamnější částí. Endosperm je tvořen zásobními látkami, které jsou zásadní pro klíčení. Klasická bílá mouka je tvořena právě endospermem, který má především škrobový charakter a menší část zaujímají bílkoviny a to z 10 % (Příhoda, Humpolíková a Novotná, 2003). Podíl endospermu v zrně tvoří až 83 %, klíček 2,5 % (Xie a kol., 2008). Klíček podléhá rychlým oxidačním a enzymatickým změnám, z toho důvodu je před mletím odstraňován, v případě mletí bílé mouky (Příhoda, Skřivan a Hrušková, 2006).

## **2.1.4 Pěstování**

### **2.1.4.1 Požadavky na prostředí**

Pšenice špalda patří mezi nenáročnou obilninu s nízkými požadavky na prostředí. Vyžaduje však dostatek vláhy, snáší i velmi zamokřená prostředí. Doporučují se těžké až středně těžké půdy, naopak nevhodné jsou půdy lehké, písčité. Vyžaduje dostatek vápníku v půdě, vhodné jsou půdy neutrální až zásadité (Moudrý a Vlasák, 1996). Špalda má díky své vyvinuté kořenové soustavě schopnost poutat živiny i z hlubších vrstev půdy (Zimolka a kol., 2005).

Pěstování špaldy se doporučuje v oblastech, kde pšenice setá ztrácí svoji efektivnost, řadíme sem především horské a podhorské oblasti (Moudrý a Stražil, 1999).

### **2.1.4.2 Volba druhu a odrůd v EZ**

V klimatických podmínkách České republiky se volí především ozimé formy pšenice špaldy. Za nejvýznamnější odrůdu v ekologickém zemědělství je označována odrůda Rubiota. Tato odrůda není křížena s pšenicí setou. HTZ 60 g i více, podíl pluch se uvádí v rozmezí 23 - 25 %, obsah hrubého proteinu 19, 19 %. Rubiota má náchylnost k napadení padlí travnímu. Při zkouškách ÚKZÚZ (2006) výnos činil 4, 32 t/ha. Jako alternativu lze využít například odrůdu Ceralio (Konvalina a kol., 2010).

Nejpěstovanější odrůdy v Německu jsou Franckenkorn nebo Oberkulmer Rotkorn. V Rakousku jsou certifikované dvě ozimé odrůdy špaldy a to Ebners Rotkorn a Ostro (Konvalina a kol., 2010).

Od roku 2016 mohou pěstitelé na trhu zakoupit nově registrovanou BIO odrůdu Wirtas, která nese titul první jarní odrůdy špaldy na evropském trhu. Tato odrůda umožňuje sklizeň jak s pluchou, tak bez pluchy. HTZ 37 - 41 g. Výnos této odrůdy činí 4,1 - 4,45 t/ha vyloupaných zrn. Společnost KLEE AGRO s. r. o. dále vyzdvihuje její odolnost proti poléhání a odolnost proti rzím, fusáriím a septoriím (Katalog odrůd KLEE AGRO s.r.o., 2016).

### **2.1.4.3 Předplodina**

Vzhledem k náchylnosti špaldy k poléhání je důležité volit předplodinu podle oblasti a podmínek pěstování. U chudších půd lze jako předplodinu použít například vojtěšku či jetel (leguminózy) naopak u půd s dostatkem živin nejsou leguminózy

v důsledku poléhání vhodné. Další vhodnou předplodinou je například bob, řepka olejná, brambory. Špalda se nedoporučuje pěstovat po dalších obilninách, především pšenici, a to z důvodů možnosti výskytu houbových chorob na pozemku (Šarapatka, Urban, 2006).

#### **2.1.4.4 Příprava půdy a setí**

Špalda je nenáročnou plodinou, která dobře snáší i horší podmínky. Dokáže tedy prosperovat i na hůře zpracované půdě. Důležité je dostatečně utužené lůžko, kvůli náročnosti na vláhu v době klíčení a vzházení rostliny (Konvalina a kol., 2012).

Setí špaldy se provádí v období září - říjen, dobře snáší i výsev na jaře (Moudrý a Stražil, 1999). Na lepších půdách činí výsevek 180 - 220 kg/ha nahých obilek, naopak v horších podmínkách činí výsevek až 250 kg/ha nahých obilek či 260 - 300 kg/ha obilek s pluchou. Výsevek se provádí do hloubky 40 - 50 mm v řádcích s šířkou 100 - 150 mm (Zimolka a kol., 2005). Moření osiva špaldy se běžně neprovádí (Moudrý, 1997).

#### **2.1.4.5 Hnojení a ošetření během vegetace**

Špalda má hlubokou kořenovou soustavu a výbornou schopnost poutat a přijímat živiny z půdy (Konvalina, 2012). Jak již bylo řečeno, není příliš náročná na živiny, ale je náchylná na poléhání (především jarní formy) v případě přehnojení dusíkem. Hnojení by nemělo překročit 90 kg.ha<sup>-1</sup> N (Moudrý a Stražil, 1999). V ekologické zemědělství se hnojí především kejdou (15 – 20 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) a doporučují se především ozimé formy pšenice špaldy (Moudrý a Stražil, 1999).

Ošetření porostu se nijak neliší od ostatních obilnin, po výsevu se doporučuje suché válení rýhovacími válci pro podporu vzlínivosti vody (Stehno, 2001). V rámci regulace plevelu v ekologickém zemědělství se doporučuje použití síťových nebo prutových brán, před vzejitím plodiny, tak zregulujeme plevelné druhy až z 80 % (Moudrý a Stražil, 1999).

Špalda dobře odolává chorobám a škůdcům, ale může být napadena například chorobou pat stébel (*Gaeumannomyces graminis*), padlí travní (*Erysiphe graminis*), rez travní (*Puccinia graminis*) nebo braničnatkou plevovou (*Septoria nodorum*) (Moudrý a Stražil, 1999). V ochraně špaldy proti chorobám a škůdcům, pěstované

v ekologickém zemědělství, je nutné především dodržovat agrotechnické postupy (Konvalina a kol., 2012).

### **2.1.5 Sklizeň**

Sklizeň pro získání zeleného zrna provádíme v mléčné zralosti (Konvalina a kol., 2012). V případě použití špaldy pro pekařské účely se sklízí v době plné zralosti rostliny (Šarapatka a kol., 2006). V době dozrávání se klas špaldy ohýbá, stéblo a klas jsou hnědočerného zbarvení a zaschlé (Moudrý, Vlasák, 1996). Sklizeň provádíme za snížených otáček a oddáleného mlátícího koše, protože špalda má vyšší náchylnost k lámání klasů. Výnos špaldy se pohybuje okolo 4,0 - 6,0 t/ha, z tohoto množství tvoří 30 - 45 % pluchy (Zimolka a kol., 2005), ty se doporučují ponechat i v době skladování pro ochranu zrna (Moudrý a Vlasák, 1996). Z toho důvodu je vhodné při sklizni regulovat proud vzduchu, protože může dojít k uvolnění obilek z pluch a to z 20 - 30 % (Petr a Húska, 1997).

### **2.1.6 Posklizňová úprava**

Po sklizni je zrno znečištěné řadou příměsí a nečistot, ty můžou snižovat skladovatelnost a hodnotu zrna. Je tedy nutné po sklizni zahájit čištění a sušení zrna na vhodnou vlhkost (Dudáš a kol., 1981).

Po sklizni dochází k operaci odstranění pluch, ty mají v době dozrávání nižší vlhkost a vstřebávají tak vnější vlhkost. Pluchy dokonale chrání zrno před vnějšími negativními faktory a tím zachovávají jeho kvalitu pro další zpracování. Při zpracování se těchto obalových částí zbavujeme a zrno se z pluch vyloupává (Michalová a kol., 2001). Tento proces probíhá pomocí loupacího zařízení mechanismem broušení kotouči (Stehno, 2001).

### **2.1.7 Skladování**

Cílem skladování je vytvořit takové podmínky, které nebudou nijak znehodnocovat jakost zrna a nedojde ke ztrátám hmotnosti (Dudáš a kol., 1981). V průběhu skladování dochází ke zpracování, a tedy se předpokládá zvýšení hodnot produktu. Ztráty nutriční hodnoty v době skladování se celosvětově odhadují na 10 % (Ingr, 2003). Obilí se obecně považuje za dobře skladovatelnou plodinu s nízkými ztrátami (Kučerová a kol., 2007).



## **2.2 TECHNOLOGIE MLYNÁŘSKÉHO A PEKAŘSKÉ ZPRACOVÁNÍ ZRNA**

### **2.2.1 Vstupní kontrola**

Obilí se dopravuje do mlýna nákladními auty. Před přijetím do mlýna podléhá vstupní kontrole. V laboratoři se hodnotí jakostní parametry a vyloučí se případná kontaminace či napadení škůdci. Dodávky splňující jakostní parametry putují do mlýnského sila (Příhoda, Skřivan, Hrušková, 2006).

### **2.2.2 Třídění a čištění**

Před samotným mletím projde zrno mlýnskou čistírnou a hydrotermickou úpravou. První fáze čištění zrna probíhá v „černé čistírně“. V této fázi dochází k odstranění příměsí a nečistot za pomoci sít. V další fázi čištění prochází zrno „bílou čistírnou“. V této fázi se zrno dočišťuje a opracovává se povrch zrna od případné kontaminace mikroorganismy. Odstraňování těchto částí se provádí odíracím strojem s aspirací. Tento stroj pracuje na jednoduchém principu. V první fázi se zrno dostane pádovým hrdlem do pracovní části stroje. Odtud je zrno lopatkami horizontálního rotoru vrháno proti válcovému sítu a postupně prochází celým tělesem k výpadu. Nárazy se uvolňují nečistoty, část obalů a vousek, které jsou odstraňovány aspirací. (Příhoda, Skřivan, Hrušková, 2006).

### **2.2.3 Mletí**

Princip mlecího zařízení spočívá ve dvou pracovních operacích. Jedná se o dezintegraci meliva a třídění produktu. Při mletí dochází k oddělení endospermu od obalových vrstev zrna. Princip této operace spočívá v rozdílných mlecích chodech s odlišnými parametry drcení a třídění (Příhoda, Skřivan, Hrušková, 2006). Mletí zrna se skládá ze tří částí. Šrotování, kdy dochází k otevření zrna a oddělení endospermu, dále drcení a vymílání, kdy se drtí endosperm (Zajíc, 1985).

Špalda se oproti pšenici seté zpracovává hůře a proces trvá déle, jelikož skladba zrna stěžuje jeho vymílání, proto je vhodnější zpracovávat špaldu na celozrnnou mouku, nedochází tak ke ztrátám výtěžnosti (Moudrý a Vlasák, 1996).

## 2.2.4 Skladování mouky

Po semletí je nutné mouku uskladnit a nechat dozrát minimálně 12 dnů před použitím. Pečivo upečené z čerstvé mouky má nízký objem a rozplývavou střídu chleba (Humpl, Příhoda, 1985). Skladování mouky hraje důležitou roli před použitím, v případě nesprávného skladování dochází k znehodnocení materiálu. Sklady musí mít dobré cirkulační schopnosti a nízkou vlhkost. Mouku lze skladovat v pytlicích či volně v moučných silech (Matějovský, 1955).

## 2.3 NUTRIČNÍ HODNOTY PŠENICE ŠPALDY

Nutriční hodnoty v zrně mohou být ovlivňovány v průběhu pěstování řadou faktorů, jako například klimatické podmínky, aplikace hnojiv či agrotechnické postupy (Puumalainen a kol., 2002).

Zrno pšenice špaldy se skládá z vody a sušiny. Množství vody v obilce se pohybuje okolo 12 – 14 %. Sušinu tvoří glycidy a látky glycidické povahy a to až z 60 – 70 %, N-látky zabírají 9 – 15 %, vláknina 2 – 4 %, tuky 1,5 – 2 % a popeloviny 2 – 4 % (Moudrý a Jůza, 1998).

Nejdůležitější skupinou představují sacharidy. Sacharidy v zrně plní zásobní funkci. Vyskytují se ve formě cukrů, hemicelulóz, celulózy, škrobu a slizů (Prugar a kol., 2008). Nejvyšší koncentrace sacharidů je v klíčku a periferních vrstvách endospermu (Pelikán, 2001). Důležitým zásobním polysacharidem zrna je škrob, který tvoří zrno špaldy až z 63, 5 % (Prugar a kol., 2008). Škrob hraje významnou roli v pekařském průmyslu. Má vliv na aktivitu alfa amyláz, které se škrobem vytváří po upečení pružný škrobový gel, který ovlivňuje konzistenci pečiva (Dudáš a kol., 1981).

Bílkoviny můžeme rozdělit na protoplasmatické a zásobní. Do kategorie protoplasmatických bílkovin řadíme albuminy a globuliny. Do kategorie zásobních bílkovin řadíme prolaminy a gluteliny, které tvoří největší část bílkovin v zrně a zaručují výslednou nutriční, krmnou, technologickou a biologickou hodnotu zrna (Pelikán, 2001). Ve srovnání s pšenicí setou obsahuje špalda vyšší množství bílkovin (16 – 17 %) a to zejména pro větší podíl aleuronových vrstev (Boňanská a Francáková, 2002). Abdel-Aal a kol., (1995) uvádí vysoký výživový potenciál bílkoviny a její struktury. Dále uvádí obsah bílkovin 15,4 % v celozrnné mouce semleté

v laboratorních podmínkách, naopak běžně koupená celozrnná mouka vykázala hodnoty nižší a to 15 %.

Obsah minerálních látek v zrně špaldy se pohybuje okolo 1,5 - 3,0 % (Dudáš a kol., 1981). Jejich nejvyšší koncentrace je v klíčku a obalových vrstvách zrna. Podstatnou část minerálních látek tvoří oxid fosforečný ve formě fytinu. Mezi významné kovy v zrně řadíme železo, hořčík, draslík a vápník (Fardet, 2010). Obsah esenciálních aminokyselin se od pšenice seté výrazně neliší. Vyšší obsah je zaznamenán u lecinu (9 mg/100 g zrna). Špalda je významným zdrojem vitamínu skupiny B thiaminu, riboflavinu a niacinu. Špalda dále obsahuje vyšší hodnoty draslíku (379 – 390 mg), hořčíku (3,7 - 5,9 mg) a síry (190 - 210 mg)/100 g (Michalová, 1998). Špalda vykazuje výrazně vyšší hodnoty zinku ve srovnání s pšenicí setou (Tabulka 1). Další rozdílem špaldy od pšenice seté je obsah rozpustné vlákniny, u špaldy se pohybuje v hodnotách 8,0 – 9,0 % sušiny, u pšenice seté okolo 10,0 – 11,0 %. Zajímavým faktem je, že vláknina špaldy má velmi jemnou strukturu a tím je pro organismus lehce stravitelná a dokonce podporuje trávení díky absenci antinutričních substancí. Dále je zajímavý obsah  $\beta$ -karotenu a triokyanátu, které mají regenerační schopnosti v tělních buňkách a chrání je tak před infekčním onemocněním (Michalová, 1998). Oproti pšenicí seté má špalda horší kvalitu lepku, to se odráží na kvalitě pekařských výrobků (Pažout a kol., 2012).

Tabulka 1: Chemické složení zrna pšenice špalda a pšenice seté

	Pšenice špalda	Pšenice setá
Energetická hodnoty (kJ)	1604,0	1479,0
N-látky	12,1	11,6
Tuk	1,7	1,4
Vláknina	2,3	1,8
Popeloviny	2,4	1,8
P	4060	3550
K	4740	4530
Mg	1090	950
Ca	425	437
Na	43,9	38,2
Cu	5,2	4,1
Zn	49,8	32,8
Fe	69,5	60,6

(Základní živiny v %, minerální látky v mg x kg<sup>-1</sup>, aminokyseliny v g x 100g<sup>-1</sup> proteinu), (Prugar a kol., 2008)

## 2.4 PŠENICE ŠPALDA V ČR

Pěstitelské plochy v České republice od příchodu ekologického zemědělství tedy 90. let intenzivně stoupají (Moudrý a Vlasák, 1996). Konvalina a kol. (2012) uvádí pěstitelské plochy 2 232 ha o průměrném výnosu 2,91 t/ha. Data z roku 2013 uvádí zvýšení pěstitelské plochy na 2 247 ha, v těchto číslech jsou zahrnuty plochy ekologického zemědělství, tak i ploch v období konverze (Ročenka 2013 ekologického zemědělství v ČR, 2014). Tabulky pěstitelských ploch pšenice špaldy tuto skutečnost potvrzují, od roku 2014 stoupla ekologická produkce špaldy o 7 405,77 t (Ročenky ekologického zemědělství, 2014, 2016).

V České republice se pšenice špalda pěstuje především v ekologickém zemědělství. Ceny oproti konvenčně pěstované špaldě jsou až o 15 % vyšší (5000 Kč/t). Ekologický zemědělec je nucen dosáhnout výnosu 1,7 t/ha a více pro pokrytí pěstitelských nákladů (Moudrý, 2011).

Tabulka 2: Pěstování pšenice špaldy 2014 - 2016 v ekologickém zemědělství v ČR

Pšenice špalda	Počet ekofarem	Období konverze (ha)	Ekologický režim (ha)	Celkem (ha)	Ekologická produkce (t)	Ekologický výnos (t/ha)
2014	67	35,94	2 022,51	2 058,45	5 675,89	2,81
2015	92	123,25	3 139,01	3 262,26	9 470,29	3,02
2016	117	234,10	4 290,81	4 524,91	13 081,66	3,05

(Zdroj: Ročenky ekologického zemědělství MZe, 2014, 2015, 2016)

Tabulka 3: Vývoj pěstitelských ploch pšenice špaldy v ČR

Plodina	Celková plocha v EZ (ha)			Ekologická produkce (t)			Výnos (t/ha)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Obilniny	18567	24355	13998	30509	43746	40565	-	2,94	2,90
Pšenice setá	3943	5267	6153	6837	9491	8872	-	3,14	3,26
Špalda	1982	2560	2232	5409	6586	6136	-	2,82	2,91

(Zdroj: ÚZEI, 2010, Mze, 2010, ÚKZUZ 2011. (Konvalina a kol., 2012)

## 2.5 PŠENICE ŠPALDA V EU

Špalda se dříve pěstovala v Evropě hojně a to především pro její odolnost proti chladnému klimatu a nenáročnosti na živiny (Faldman, 2001). Mezi hlavní země EU v pěstování pšenice špaldy řadíme Rakousko, Švýcarsko nebo Německo, kde se špalda pěstuje především ve vyšších polohách (Capouchová, 2003). Dále také Belgii, Slovinsku, Francii a Itálii (Fossati a Ingold, 2001, Janovská a Stehno, 2010).

Z údajů webu Eurostat Statistics Explained vyplývá, že v EU se v roce 2016 produkce obilovin v porovnání s předchozím rokem snížila o 4,4 %. Za tyto ztráty můžou především nepříznivé klimatické podmínky. Ztráta oproti roku 2015 činí 13,9 milionů tun obilovin. Z toho pšenice setá a špalda činí ztráty 11,5 %. Produkce EU tak pokrývá přibližně 11,6 % celosvětové produkce obilovin. Za rok 2016 byla nejvýznamnějším producentem pšenice seté a špaldy Francie dále pak Německo, Velká Británie a Polsko.

Obrázek 1: Produkce obilovin EU za rok 2016

	Total cereals	Common wheat and spelt	Grain maize and corn-cob-mix	Barley	Oats	Rye and winter cereal mixtures (maslin)
<b>EU-28</b>	<b>301 358</b>	<b>134 558</b>	<b>62 793</b>	<b>60 082</b>	<b>8 123</b>	<b>7 689</b>
Belgium	2 335	1 447	481	346	16	2
Bulgaria	8 945	5 608	2 226	709	31	15
Czech Republic	8 596	5 455	846	1 845	132	107
Denmark	9 130	4 202	44	3 950	278	577
Germany	45 401	24 329	4 018	10 731	536	3 174
Estonia	934	456	0	357	65	32
Ireland	2 311	648	0	1 480	183	0
Greece	3 474	358	1 552	358	82	24
Spain	24 115	6 815	4 070	9 176	1 110	435
France	54 209	27 560	11 941	10 435	347	98
Croatia	3 554	967	2 154	263	80	5
Italy	18 219	2 989	6 840	988	260	13
Cyprus	10	0	0	3	0	0
Latvia	2 703	2 062	0	283	146	141
Lithuania	5 121	3 844	86	545	155	77
Luxembourg	139	70	1	34	5	4
Hungary	16 645	5 453	8 730	1 594	104	84
Malta	0	0	0	0	0	0
Netherlands	1 387	1 013	123	234	7	5
Austria	5 691	1 853	2 180	860	95	203
Poland	29 849	10 828	4 343	3 441	1 358	2 395
Portugal	1 142	77	711	47	66	16
Romania	21 765	8 406	10 746	1 817	381	26
Slovenia	638	163	346	92	4	4
Slovakia	4 746	2 223	1 566	603	38	46
Finland	3 564	824	0	1 581	1 035	87
Sweden	5 481	2 842	14	1 538	772	102
United Kingdom	21 965	14 383	19	6 655	816	49
Norway	1 210	286	:	574	330	20
Switzerland	743	387	144	159	7	9
Montenegro	8	2	3	1	1	0
Former Yugoslav Republic of Macedonia	641	306	147	145	8	10
Albania	698	275	380	9	32	3
Serbia	10 868	2 885	7 377	396	81	14
Turkey	34 913	16 985	6 400	6 700	225	301
Bosnia and Herzegovina	1 658	307	1 178	77	29	13

Note: 'Total cereals' includes cereals for the production of grain (including seed).

(Zdroj: Eurostat Statistics Explained)

## 2.6 VYUŽITÍ PŠENICE ŠPALDY

Zajímavým zpracováním pšenice špaldy je získávání “zeleného kaviáru“, jedná se o zelená zrna sklizená v mléčné zralosti, která se suší a udí za pomoci kouře dubového dřeva (120 °C) při vlhkosti 12 – 14 % (Šarapatka a kol., 2006). Takto zpracovaná špalda se podává jako příloha nebo polévky. Špalda může být i hlavní přísadou při výrobě piva (Krieger, 2004). Michalová (2000) a Prugar (2008) uvádí dále jako produkty špaldy například špaldové pukance, suchary, náhražku kávy, vločky. Velkou oblibu u konzumentů má také špaldový bulgur, který má vysoké nutriční hodnoty a velkou škálu využití v kuchyni (pilaf, falafel, kibbeh). Ze špaldy se vyrábí řada extrudovaných výrobků, špaldové těstoviny, knäckebrot vícezrný, suchary, instantní špaldové kaše či jogurty s přídavkem špaldového zrna.

## 2.7 ROZDÍLY V JAKOSTI KONVENČNÍ X EKOLOGICKÉ

### PĚSTOVÁNÍ

Hlavními rozdíly mezi konvenčně a ekologicky vypěstovanou pšenicí špaldou jsou rozdíly v obsahu N-látek a v obsahu mokrého lepku (Krejčířová, Capouchová a Peter, 2007). Konvalina, Zechner a Moudrý (2007) uvádí, že jakostní ukazatele se ale výrazně neliší. Guarda a kol. (2004) ve svých studiích uvádí, že pokud dojde k snížení dávky dusíku o polovinu, obsah bílkovin v zrně tím snížíme o 1 %.

Schmidt a Haugstätter (1997) ve svých studiích uvádí, že pšenice špalda vypěstovaná ekologickým způsobem na rozdíl od pšenice seté má vyšší obsah bílkovin. Toto tvrzení potvrzuje i Prugar (1999) viz Tabulka 4.

Tabulka 4: Ukazatele kvality zrna špaldy (konvenční x ekologické zemědělství)

	Bílkoviny % (N x 5, 75)	Lepek (%)	Gluten index (%)	Sedi-test (ml)
<b>Pšenice obecná</b>				
Varianta konvenční	10, 9	25, 2	57, 5	34
Varianta ekologická	9, 9	21, 4	54, 0	25
<b>Pšenice špalda</b>				
Varianta konvenční	11, 1	18, 5	27, 0	16, 8
Varianta ekologická	11, 5	12, 7	53, 0	14, 8

(Prugar, 1999)

## 2.8 CELOZRNNÁ MOUKA VERSUS BÍLÁ MOUKA

Při zpracování zrna na celozrnnou mouku nedochází ke zbroušení a při její výrobě jsou použity všechny části zrna (vnější obal, moučné jádro, klíček). Celozrnné mouky lze rozdělit na ty, které obsahují celý klíček a ty které obsahují jen jeho část. Všeobecně můžeme tuto mouku zhodnotit jako zdravější, výživnější pro lidský organizmus, se zachováním většiny minerálních látek a vitaminů. Negativem celozrnné mouky je její kratší trvanlivost. Proto je u celozrnné mouky velice důležité její skladování a pravidelná kontrola (Zemanová, 2013).

Bílá mouka je ochuzena o obalové části zrna. Odstraňuje se celý klíček a všechny vrstvy zrna. Bílá mouka oproti celozrnné je ochuzena až o 60 % vápníku, 76 % železa, 85 % hořčíku, 78 % zinku, 77 % vitamínu B<sub>1</sub>, 80 % vitamínu B<sub>2</sub>, 86 % vitamínu E (Zemanová, 2013).

Celozrnná mouka ačkoliv nese řadu benefitů z nutričního hlediska, má i řadu skrytých rizik (Zemanová, 2013). Celozrnnou mouku je nutno brzy zkonsumovat, jelikož celozrnná mouka obsahuje klíček, který rychle podléhá oxidaci a může tak dojít ke žluknutí mouky. Je třeba hlídat stáří mouky. PRO-BIO doporučuje mouku spotřebovat nejlépe do 4 - 5 měsíců po semletí a skladovat při 15 °C, aby nedošlo k jejímu znehodnocení.

Rozdíl mezi klasickou bílou moukou a celozrnnou moukou je také v mletí. Na trhu se běžně nabízí mouky semleté ve válcových mlýnech a ojediněle v kamenném mlýnu. Mezi odborníky je právě mouka semletá v kamenném mlýnu v biokvalitě to nejlepší na trhu z hlediska chuti, kvality a výživových vlastností (Zemanová, 2013).

Zemanová (2013) dále uvádí, že v případě celozrnné mouky se vyplatí kupovat tuto mouku v biokvalitě, tedy mouku zpracovanou ze zrn obilovin vypěstovaných v ekologickém zemědělství. Důvodem tohoto doporučení jsou zbytky pesticidů nacházejících se v obalových částech zrna. V případě obilovin vypěstovaných v ekologickém zemědělství jsou tyto rezidua vyloučena. Naopak u celozrnných mouk v BIO kvalitě v důsledku absence pesticidů je vyšší riziko napadení plísněmi rodu *Fusarium* (*Fusarium poae*, *F. graminearum*, *F. sporotrichoides*), která mohou být producentem mykotoxinů, ty se vyskytují především ve vnějších vrstvách zrna a jejich výskyt je tedy u celozrnné mouky pravděpodobnější (Malíř a Ostrý a kol., 2003).



### 2.8.1 Mykotoxiny

Jedná se o sekundární toxické metabolity vláknitých mikromycetů. Jsou to toxické látky nebílkovinného charakteru, které se mohou vyskytovat v prostředí substrátu a na potravinách. Mykotoxiny mají negativní vliv na lidský organismus. Již vzniklé mykotoxiny v potravinách nelze zcela odstranit (Šimůnek, 2004). V potravinářském průmyslu je známo 114 druhů mykotoxinů, z nichž je 65 druhů toxických pro organismus (Velíšek a Hajšlová, 2009). Kontaminace krmiv a potravin je celosvětovým problémem. FAO uvádí takový odhad, že až 25 % potravinářských plodin na světě podléhá kontaminaci mykotoxiny.

Účinky mykotoxinů v potravinách mohou být akutní, chronické či pozdní. Vysoká koncentrace kontaminace potravin mykotoxiny se vyskytuje především v oblastech Afriky a Asie a jsou zde zaznamenány především akutní případy otravy. V Evropě a Americe je kontaminace výrazně nižší a kontrolují se především pozdní toxické účinky (Malír a kol., 2003).

Ke kontaminaci může dojít v jakékoliv fázi pěstování a výroby (Velíšek a Hajšlová, 2009). V případě kontaminace obilovin dochází k výskytu mykotoxinů již na poli a graduje ve fázi skladování, tato kontaminace způsobuje celosvětovou ztrátu až 55 mil. tun cereálií (Malír a kol., 2003). K prevenci po sklizni je důležité nesklízet vlhké obiloviny a dbát na správnou teplotu skladování a vlhkost vzduchu tak, abychom nepodpořili vývoj mykotoxinů (Kalhotka, 2014). Dalším preventivním opatřením je šetrné zpracování. Poškozené zrno snáze podléhá napadení mykotoxiny (Komprda, 2004).

V případě výskytu neexistují jednoznačná pravidla postupu. Prvním je mechanické třídění, které záleží především na lidském faktoru a nezaručí nám úplné vyloučení mykotoxinů. U kukuřice se uvádí snížení o 32 % (Suchý a Herzig, 2005). Další metodou je tepelné zpracování, ale většina mykotoxinů je velmi termostabilní a ani tento krok není u všech účinný (Velíšek a Hajšlová, 2009). Další možností je extrakce za pomoci organických rozpouštědel (aceton, ethanol). Tato metoda výrazně ovlivňuje nutriční hodnoty potravin, dalším negativním aspektem jsou její vysoké náklady. Ničení mykotoxinů můžeme provádět i za použití ultrafialového a ionizujícího záření, tato metoda se hodnotí jako vysoce efektivní, nicméně opět dochází k znehodnocování potravin z nutričního hlediska (Suchý a Herzig, 2005).

Vzhledem k nárůstu kontaminovaných potravin, byla zpřísněna legislativa a to nařízení komise 1881/2006, které určuje limity mykotoxinů v potravinách. V kontaminaci obilovin jsou kontrolované limity deoxynivalonu a zearalenonu (Nedělník a kol., 2005).

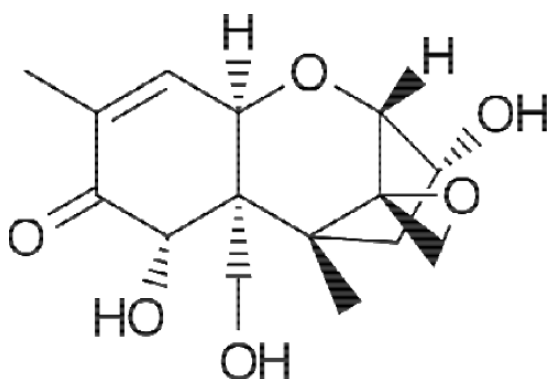
#### ❖ DEOXYNIVALENOL (DON)

Nejvýznamnější mykotoxinem v kontaminaci obilovin je deoxynivalenol (DON) se sumárním vzorcem  $C_{15}H_{20}O_6$ . Jedná se o bílé krystalické jehličky. Tento mykotoxin je řazen do skupiny trichatecenů (Velíšek, 2002). Poducentem DON jsou *Fusarium sporotrichiella*, *F. graminearum*, *F. culmorum* aj. Jeho přítomnost byla prokázána v kukuřici, pšenici, ječmenu, žitné mouce, zázvoru, pivu, sójových bobech, bramborech nebo česneku a je tak označován jako nejznámější a nejčastěji se vyskytující mykotoxin v potravinách (Malíř a kol., 2003).

V případě akutní toxicity DON dochází ke střevním potížím a k zvracení. DON dále ovlivňuje kvalitu vajec u slepic, u skotu může snížit produkci mléka a reprodukční schopnosti. Účinek DON dále vykázal kožní poškození, hematologické změny či gastrointestinální onemocnění (Malíř a kol., 2003).

Kontaminace obilovin je ovlivněná klimatickými podmínkami v době pěstování. Kontaminace můžeme výrazně snížit také při dodržování správných agrotechnických postupů a aplikaci ochranných prostředků (Malíř a Ostrý a kol., 2003).

Obrázek 2: Strukturní vzorec deoxynivalenolu



(Zdroj: VŠCHTE)

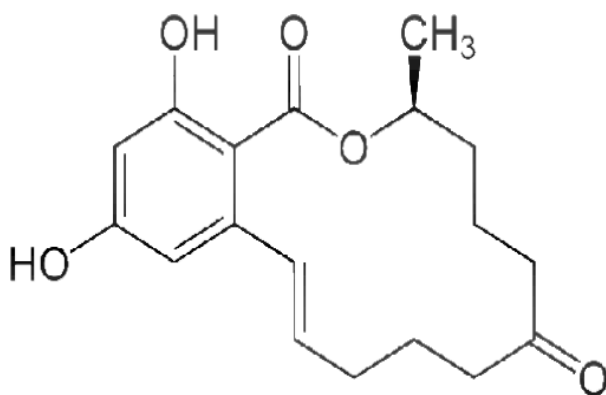
### ❖ ZEARALENON (ZEA)

Mezi další významný mykotoxin obilovin se řadí zearalenon se sumárním vzorcem  $C_{18}H_{22}O_5$ . Tento mykotoxin patří do skupiny trichatecenů (Velíšek, 2002). Jedná se o bílou krystalickou látku bez zápachu. *Fusarium graminearum*, *F. moniliforme*, *F. culmorum* a další jsou producenty zearalenonu. Výskyt tohoto mykotoxinu byl prokázán dále v banánech, kari či pepři (Malíř a Ostrý a kol., 2003).

Tento druh mykotoxinu způsobuje chronická onemocnění. Případ onemocnění po konzumaci potravin kontaminovaných zearalenonem pochází z Portorika, kde u děvčat ve věku 8 – 9 let po konzumaci kontaminovaných potravin došlo k růst prsou. ZEA stejně jako DON může být pro lidský organismus karcinogenní, u žen může způsobovat rakovinu děložního hrdla.

Zearalenon je velmi stálý a zůstává ve svém stavu i po teplem zpracování mouky. Jeho výskyt je často spojován s DON v obilovinách (Malíř a Ostrý a kol., 2003).

Obrázek 3: Strukturní vzorec zearalenonu



(Zdroj: VŠCHTE)

## 2.9 TECHNOLOGICKÁ A PEKAŘSKÁ JAKOST MOUKY

Ukazatele kvality a jakosti hodnotí ty vlastnosti, které jsou měřitelné. Tyto hodnoty mohou být ovlivňovány jak vnějšími, tak vnitřními ukazateli (Peter, 2001). Jakost lze vyjádřit ukazateli:

- Nutriční jakost
- Pekařská jakost
- Technologická jakost
- Hygienická jakost
- Užitná jakost

(Zimolka a kol., 2006)

Z pekařského hlediska špalda vykazuje horší kvalitu lepku než pšenice setá. Vykazuje nižší hodnoty Gluten indexu i sedimentačního testu dle Zelenyho. Pekařské požadavky na sediment se pohybují okolo 35 ml a více, těchto hodnot sedimentu špalda nedosahuje. Špalda má i horší reologické vlastnosti těsta, její těsto není stabilní jako u pšenice seté, a má nižší odolnost vůči mechanickému namáhání. V důsledku všech těchto skutečností dochází k nižšímu objemu pečiva než u pšenice seté. Kladem využití špaldy v pekařském průmyslu je trvanlivost pečiva, vláčnost a specifické aroma (Prugar a kol., 2008).

Obsah bílkovin se liší dle odrůdy, pohybuje se v rozmezí 13 - 19 %. Obsah mokrého lepku se pohybuje v hodnotách 35 – 44 %. Špaldová mouka se příliš nedoporučuje pro mechanické zpracování, jelikož má nižší schopnost přijímat vodu. Benefitem špaldového těsta je jeho dlouhá vláčnost a trvanlivost výsledného pekařského produktu, nicméně čistě špaldové pečivo se dělá pouze ojediněle, většinou se špaldová mouka používá v kombinaci s klasickou pšeničnou moukou, pro zlepšení stravitelnosti a trvanlivost pečiva. Chut'ové rozdíly nejsou příliš patrné (Moudrý, Vlasák, 1996).

Dle pekárenské jakosti lze obiloviny rozdělit do jakostních kategorií:

- E – elitní
- A – kvalitní
- B – chlebová
- C – nevhodná pro pekařské využití

Tabulka 5: Minimální požadavky na zařazení odrůd pšenice do jakostních skupin

Jakostní skupina	E-elitní	A-kvalitní	B-chlebová
Objemová výtěžnost (ml)	530	500	470
Obsah hrubých bílkovin (%)	12,6	11,8	11
Zeleného test (ml)	49	35	21
Číslo poklesu (s)	286	226	196
Objemová hmotnost (g.l <sup>-1</sup> )	790	780	760
Vaznost mouky (%)	55,4	53,2	52,1

(ÚKZÚZ, 2011)

## 2.10 METODY KONTROLY JAKOSTI

### 2.10.1 Číslo poklesu (Falling number)

Číslo poklesu v pekařské jakosti poukazuje na sacharido-amylázový komplex v zrně (Petr, Louda, 1998). Předpovídá charakter těsta a hodnotí aktivitu  $\alpha$ -amylasy, která rozhoduje o finální struktuře pečiva. Technika metody spočívá ve zmazování mouky ve vodní lázni a následné měření škrobu. Uvádí se v hodnotách času (sekund) za který pronikne viskozimetr suspenzí.

V případě nízkých hodnot se předpokládá střída mazlavá, naopak u vysokých hodnot se předpokládá drobné těsto s nízkým objemem (Pavlík a kol., 2009). Vyhovující hodnoty se pohybují v rozmezí 220 – 250 s (Burešová, Pavlík, 2009).

Tabulka 6: Hodnota čísla poklesu

Hodnota čísla poklesu (s)	Interpretace pro pekařské účely
Pod 150	Vysoká aktivita $\alpha$ -amylasy, obilí je poškozeno; střída chleba bude mazlavá
220	Limit pro EU intervenční pšenice
200 - 300	Optimální aktivita $\alpha$ -amylasy, neporostlé obilí; střída chleba je velmi dobrá
300 a více	Nízká aktivita $\alpha$ -amylasy; střída chleba je drobná, objem bochníku bude snížený

(Pavlík a kol., 2009)

### 2.10.2 Obsah mokrého lepku

V kontrole pekařské jakosti jsou hodnoty lepku rozhodující a to z důvodu vytváření lepkové mřížky, která tvoří výsledný objem pečiva v průběhu kvasných pochodů v době zrání těsta. Tento komplex je tvořen především z gliadinů a gluteninů, které v kontaktu s vodou v závislosti na energii při zpracování tvoří lepkovou mřížku (Petr a Louda, 1998). Dle tabulky č. 7 (Šedivý a kol., 2013) vyplývají optimální hodnoty 30 -35 %.

Tabulka 7: Hodnota obsahu mokrého lepku

Množství mokrého lepku (%)	Vyhodnocení	Množství bílkovin (%)
Nad 40	Velmi vysoký	Přes 14
35 - 40	Velmi dobrý	12 - 14
30 - 35	Dobrý	10 - 12
20 - 25	Slabý	6 - 10
Pod 20	Velmi slabý	Pod 6

(Šedivý a kol., 2013)

### 2.10.3 Gluten index

Metoda navazuje na stanovení mokrého lepku. Jedná se o posouzení mokrého lepku a jeho síly. Hodnota vyjadřuje hmotnostní potencionální podíl mokrého lepku, který zůstane na sítku po promytí solným roztokem (Bodnfil a Posner, 2012). Ideální hodnoty gluten indexu jsou v rozmezí 82 – 89 %, hodnoty pod 82 % ukazují na nižší objem (Příhoda, Humpolíková a Novotná, 2003).

### 2.10.4 Sedimentační test

Zeleného test určuje kvalitu bílkovinného komplexu a jeho viskoelastické vlastnosti (Petr a Louda, 1998). Ukazatelem jsou hodnoty sedimentu (ml) v kyselině mléčné s bromfenolovou modří, tento sediment je ukazatelem kvality lepkové bílkoviny (Sluková, 2003). Dříve byl používán SDS test, který se v současné době používá u pšeničného šrotu, ukazatelem jsou také hodnoty v ml, v činidle roztok dodecylsulfátu sodného v kyselině octové.

Z tabulky č. 8 vychází, jako nejlepší hodnoty 40 – 50 ml, to potvrzuje i Beldrok a kol. (2000), který uvádí hodnoty 38 – 42 ml jako vyhovující pekařské jakosti.

Tabulka 8: Hodnocení Zeleného testu

Objem sedimentu (ml)	Jakost lepku
30 - 40	Dobrý lepek
40 - 50	Velmi dobrý lepek

(Šedivý a kol., 2013)

### 2.10.5 Obsah N-látek

Mezi hlavní ukazatele kvality mouky řadíme obsah N-látek. Dusíkaté látky v mouce rozhodují o fyzikálních a chemických vlastnostech těsta a především tvorbě plynných částic v době kynutí, ty pak ve výsledku ovlivňují celý objem pečiva (Burešová, Pavlík, 2009). Ideální obsah N-látek se uvádí okolo 11,5 %. Obsah N-látek je ovlivněn hnojením a klimatickými podmínkami v době pěstování (Muchová, 2001).

### 2.10.6 Vaznost mouky

Vaznost mouky je závislá na schopnosti mokrého lepku bobtnat a na obsahu bílkovin v mouce. Vaznost mouky se stanovuje na reologické přístroji farinografu, který určuje schopnost vázat vodu a měří stabilitu těsta, tedy její reologické vlastnosti (Prugar, 2008).

Vědní obor reologie je jedním z odvětví fyziky, který se zabývá deformací a tokem hmoty v reakci na napětí (Schramm, 2004). Cílem reologického testu je kontrola kvality, vyhodnocení mechanických vlastností materiálu, vyhodnotit molekulární strukturu, určit složení materiálu a jeho výkon během zpracování (Dobraszczyk a Morgenstern, 2003). Hodnotí mechanickou odolnost těsta, vaznost vody, homogenitu mouky, účinky přísad a celkový pekařský výkon mouky (Idriss, Abdelrahman a Snege, 2012). Nástroji reologie jsou:

#### **Farinograf**

Farinograf funguje na principu vyhřátí nádoby na 30 °C, která je vybavena hnětacím zařízením, které těsto za konstantních otáček hnětou s přísádkem vody v takovém množství, aby bylo dosaženo maximální konzistence (500 FJ). Testy se provádí v daném množství materiálu (300 g, 50 g, 10 g) s vlhkostí 14 %. Výsledkem testu jsou farinografické křivky, které vyhodnocují vývin, stabilitu, stupeň změknutí těsta a jeho schopnost poutat vodu v časovém horizontu (Hadnadev a kol., 2011).

## **Mixolab II.**

Mixolab II. je dalším nástrojem reologie, který simuluje zpracování těsta a hodnotí jeho pekařskou kvalitu. Princip tohoto reologického nástroje spočívá v kroucení těsta dvěma lopatkami a jeho vývin v reálném čase. V jednotkách Nm nebo mNm. Hodnocenými parametry jsou reologické vlastnosti těsta, enzymatická aktivita, mazovatění a retrogradace škrobu a redukce bílkovin. Výsledkem měření je křivka, která hodnotí tyto vlastnosti těsta v horizontu času (x), při vývinu teploty (y) na jednotky Mixolabu (Nm nebo mNm) (Manuál Chopin technologies).

### **2.10.7 Pekařský pokus**

Reálnou kvalitu mouky zjistíme při samotném pečení, které může prokázat či vyvrátit teorie předchozích ukazatelů kvality. Při pekařském pokusu je nutno dodržet receptury a postupy pečení. Nejdůležitějším výsledkem pekařského pokusu je výsledný objem pečiva, který se hodnotí v  $\text{cm}^3 / 100 \text{ g}$  výrobku a sensorické hodnocení (Příhoda, Humpolíková a Novotný, 2003).

### **2.10.8 Měrný objem pečiva**

Objem pečiva určujeme v rámci sensorického hodnocení po pekařském pokusu, lze použít metodu Rapid mix test RMT (Petr a Louda, 1998). Z důvodu vysokých nákladů byla vyvinuta lacinější alternativa a to MiniRMT (Sedláček, 2012).

Postupy všech metod jsou podrobně popsány v praktické části této práce (Kapitola 4: Praktická část).

### **2.10.9 Sensorické hodnocení**

Jedná se ohodnocení na základě lidských smyslů a preferencí (Pokorný, 1993). Pro dosažení objektivních výsledků je nutno eliminovat rušivé vlivy, které mohou sensorické hodnocení ovlivnit a tím znehodnotit. Tyto podmínky jsou stanoveny mezinárodní normou ISO 8589 Sensorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání sensorického pracoviště, podle kterých jsou přesně stanovené pokyny vybavení místnosti, postupy aj. (Ingr a kol, 1997). Při sensorickém hodnocení se hodnotí především vůně, chuť, textura (Vavřena, 1995).



Tabulka 9: Optimální podmínky pro senzorickou analýzu

Optimalizovaný faktor	Optimální podmínky pro hodnocení
Hladina zvuku	Kolem 40 dB, izolace dveří a oken
Teplota	21 – 23 °C, nejlépe klimatizace
Vlhkost vzduchu	40 – 70 %, v zimě vlhčení
Pohyb vzduchu	Poznatelný jen o přestávkách, jinak klid
Pachy	Ochrana před pachy ventilací, pachovými filtry a nátěry neabsorbující pachy
Zrakové vjemy	Světle šedá nebo bílá barva, bez výzdoby
Kontakt s lidmi	Příhrady mezi hodnotiteli, kóje

(Pokorný a kol., 1998)

## 2.11 PROCES VÝROBY CHLEBA

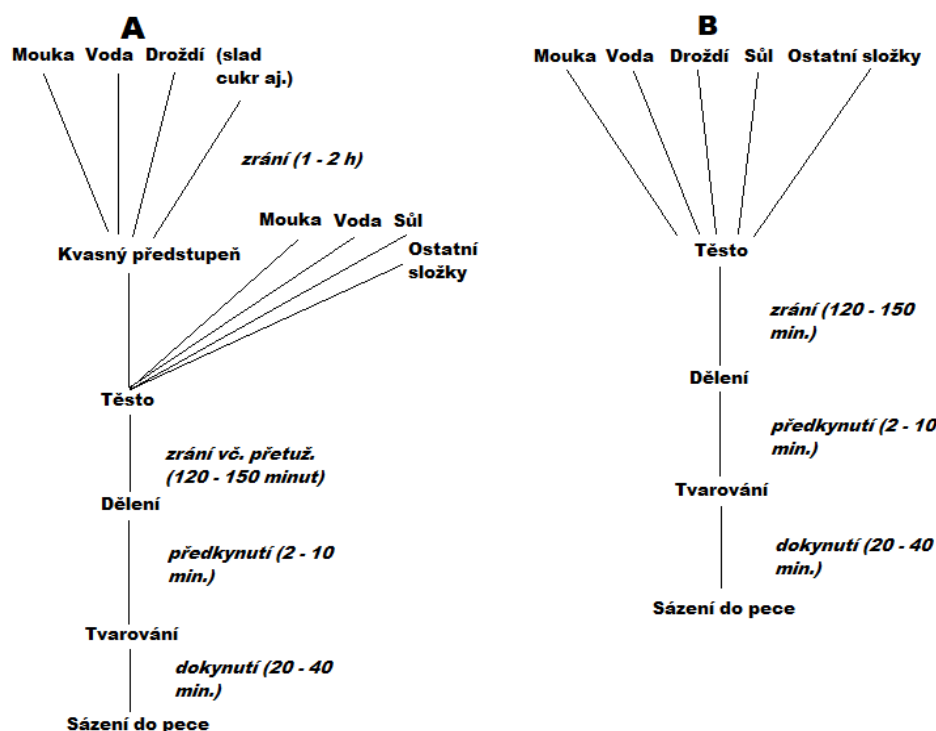
### 2.11.1 Příprava těsta

Příprava těsta je prvním krokem v pečení. Hraje významnou roli v kvalitě těsta, a to především v surovinovém složení a vytvoření správných sytému. Jedná se o systémy koloidně-chemické a fyzikálně chemické dále nakypření a odpovídající teplota surovin (Příhoda, 1995).

Doporučuje zpracovávat suroviny při pokojové teplotě (okolo 20 °C). Mouka se prosévá přes síta a tím se zvýší množství kyslíku ve směsi, kterým podpoříme rozvoj živých kultur v procesu kynutí (Bulková, 2011).

V zakládání těsta lze použít dvě varianty živých kultur. Lze použít založený kvas, který je nutno připravit předem, síla takového kvasu záleží na době zrání. Dále můžeme využít jednodušší varianty, droždí.

Obrázek 4: Schéma vedení kvasu



(Příhoda, Humplíková, 2003)

## 2.11.2 Hnětení

V průběhu zpracování neboli hnětení dochází k řadě chemických a fyzikálních změn. Změny v těstě nastupují pozvolně. K dosažení správného prohnětení těsta je důležitý čas.

Při zachování postupu pokojové teploty vody podpoříme bobtnání lepku a dojde tak k vytvoření dostatečné lepkové mřížky. Podoba těsta úzce souvisí se vzdušným dusíkem a kyslíkem. Díky dusíku se v těstě vytváří mikropóry, které nejsou zprvu zřetelné, ale projeví se až v procesu zrání. Přítomnost kyslíku v těstě hraje důležitou roli při oxidačních procesech, které v těstě probíhají při hnětení, vznikají disulfidické vazby, které zpevňují těsto a zaručují jeho pružnost (Příhoda, Humpolíková, Novotná, 2003).

Uvádí se, že čím intenzivněji se těsto hněte, tím se zvyšuje předpoklad vysoké pórovitosti, může ale dojít také k přehnětení těsta a těsto pak má lepkavý charakter, který není žádoucí (Příhoda, Humpolíková, Novotná, 2003).

Důležitou fází při hnětení je vývin těsta, v průběhu hnětení je třeba dostatečně promísit všechny suroviny. Nejdůležitější složkou je voda, ta pomáhá k bobtnání

lepkové mřížky. Voda se nejdříve dostane do kontaktu s povrchovými částmi rozemletého zrna (až 200  $\mu\text{m}$ ), v důsledku intenzivního mechanického namáhání dochází k odírání částic a tím může voda proniknout až do středu částic zrna, vytváří se pružný gel, který pomáhá těstu odolávat deformaci, odpor těsta je vysoký (Příhoda, Humpolíková, Novotná, 2003).

### **2.11.3 Zrání**

Při procesu zrání dochází v těstě ke kvasným pochodům. Aby v těstě v době zrání docházelo ke správným procesům je důležité správné zpracování těsta, ale také dostatečná doba zrání pro vytvoření mikropórů (Dobraczyk a kol., 2000). I Bernd (2014), ve své knize Chléb, klade důraz na proces zrání a zároveň dodává heslo- „V klidu je síla.“, dále upozorňuje na individuální dobu zrání, ať se jedná o těsto s použitím droždí či kvasu.

Biologické kypření je úzce závislé na alkoholovém kvašení, při kterém vzniká  $\text{CO}_2$  a etanol. V případě běžně používaného žitného kvasu dochází také k produkci kyseliny mléčné a octové. V případě chemického kypření můžeme dle použitých kypřidel zcela ovlivňovat objem. Mechanické kypření není časově náročné, jelikož není zapotřebí zrání těsta a okamžitě se přistoupí k dalšímu kroku přípravy. Mechanicko-termické kypření funguje na bázi změn tlaku a teploty působené na těsto, tím zvyšuje svůj objem (Kučerová, 2004).

Proces kynutí probíhá v kynárně, která bývá součástí pecí. Doporučená teplota se pohybuje v rozmezí 26 – 28  $^{\circ}\text{C}$  s relativní vzdušnou vlhkostí 70 %. Doba kynutí je individuální, u chlebového těsta se doporučuje 55 minut (Pelikán, 2001).

### **2.11.4 Dělení a tvarování**

Tvarování pečiva lze provést více způsoby. Můžeme vytvarovat těsto do klasického chlebového bochníku nebo lze použít také formy, v kterých těsto pečeme (Bernd, 2014). Během manipulace s těstem může dojít ke ztrátám kvasných plynů, proto se doporučuje, po dotvarování nechat těsto ještě pár minut kynout a poté přejít k pečení (Kučerová, 2004). U chlebového těsta se před samotným pečením doporučuje potřít vrchní část bochníku vodou (vlažení), zajistíme tím lesklý vzhled a předejdeme tím popraskání kůrky (Pelikán, 2001).

### **2.11.5 Pečení**

Mezi nejdůležitější technologické kroky patří pečení. Správné pečení je závislé na průběžné teplotě a vlhkosti v peci. Ideální teplota se pohybuje okolo 275 °C s průběžným zapařováním, čímž vytváříme dobré podmínky pro vytvoření správné kůrky chleba kondenzací vodní páry, která podporuje prostup tepla bochníkem. Plyny, které se vytvořily v době zrání těsta, zvyšují svůj objem především v první fázi pečení a vytvářejí výsledný objem pečiva (He a Hoiseney, 1991). Ve druhé fázi (dopékání) se teplota v peci snižuje na 210 °C – 230 °C. Tradiční český chléb se peče 50 – 55 minut. (Příhoda, Humpolíková, 2003). Doba pečení může být v rozmezí 35 – 80 minut, záleží na použitých surovinách, na druhu mouky, tvaru pečiva aj. (Pelikán, 2001).

### **2.11.6 Skladování a chlazení**

Proces chlazení má značný vliv na kvalitu pečiva, chlazení probíhá v chladicích zařízení pomocí proudu vzduch (Vavřena, 1951) nebo samovolně v dřevěných regálech. Nízká teplota výrazně ovlivňuje tvrdnutí pečiva (Bulková, 2011). Při skladování tedy dbáme na teplotu, která by se měla pohybovat okolo 15 °C (Kadlec, 2002).

### 3 CÍL PRÁCE

---

Otestování možností přípravy chlebové mouky z celých (neloupaných) klásků pšenice špaldy, s cílem posoudit vliv tohoto postupu na technologickou jakost mouky, hygienickou a senzorickou jakost produktu (pekařský pokus).

#### **Dílčí cíle:**

- **Zhodnotit pekařskou jakost směsí pro přípravu chleba.**
- **Zhodnotit obsah DON ve směsích.**
- **Zhodnotit senzorické vlastnosti připravených směsí.**
- **Doporučit možnosti využití zrna s pluchami.**

#### **Pracovní hypotézy:**

- **Zpracované celé zrno pšenice špaldy nebude nadlimitně kontaminováno DON.**
- **Bude možné sestavit směs s poměrem klasické mouky a mouky připravené z celých klásků s odpovídající pekařskou jakostí.**
- **Bude nalezen optimální poměr ve složení směsi z hlediska senzorických vlastností.**

## 4 PRAKTICKÁ ČÁST

---

### 4.1 METODIKA A MATERIÁL

#### 4.1.1 Charakteristika a příprava materiálu

Obrázek 5: Zrna pšenice špalda (*Triticum spelta* L.) s pluchami



(Foto: Linda Vopátková)

Obrázek 6: Zrna pšenice špalda (*Triticum spelta* L.) bez pluch



(Foto: Linda Vopátková)

Obrázek 7: Mlýn CHOPIN TECHNOLOGIES Obrázek 8: Šrotovník



(Foto: Linda Vopátková)

V mlýně (Obrázek 7) byly semlety zrna bez pluch na hladkou mouku pšenice setá a hladkou mouku pšenice špaldy. Ve šrotovníku (Obrázek 8) byla zpracována celá zrna pšenice setá a pšenice špaldy a pšenice špaldy s pluchami.

## 4.1.2 Pracovní postup

### 4.1.2.1 Mixolab II. - Stanovení vaznosti mouky (ICC 173)

Obrázek 9: Mixolab II.



**Pomůcky:** Mixolab II., analytická váha

**Postup:** Každý vzorek byl navážen. Navážka byla stanovena softwarem Mixolabu, poté se navážka vložila do hnětačky, víko se uzavřelo a byla provedena zkouška a umístění vstřikovacích trysek. V případě křivky mimo toleranci, se proces zastavil, vyčistil se hnětač a celý proces se opakoval znovu. Proces stanovení vaznosti mouky na přístroji Mixolab II trvá u jednoho vzorku přibližně 90 minut.

#### 4.1.2.2 ROSA Mycotoxin Strips

Obrázek 10: Přípravené vzorky

Obrázek 11: Příklad ROSA-M Reader



**Pomůcky:** ROSA-M Reader, mykotoxinové proužky, semleté vzorky, PE dózy, centrifuga

**Chemikálie:** destilovaná voda, pufrční roztok

**Postup:** Semleté vzorky se navážily po 10 g a vložily do PE dóz. K připravenému vzorku byla přidána destilovaná voda (50 ml). Dózy se uzavřely a důkladně protřepaly, tak aby se všechny složky důkladně promísily. PE dózy se vloží do centrifugy, kde probíhá sedimentace. Poté se do mikrozkušavek nadávkoval 1 ml pufrčního roztoku a 100  $\mu$ l extraktu z PE dóz a vše se důkladně promíchá. Mykotoxikační proužky se vložily do vyhřátého inkubátoru, proužek se po rysku odlepil a napipetovalo se na odlepenou část 300  $\mu$ l roztoku z mikrozkušavek. Proužek se uzavřel a ROSA-M Reader vyhodnotil obsah mykotoxinů ve vzorku.

#### 4.1.2.3 Stanovení obsahu mokrého lepku a Gluten index podle H. Pertena

(ČSN 560512-10, ICC 137/1), (ICC 155)

**Pomůcky:** Glutomatic, digitální váhy, centrifuga, analytická váha

**Chemikálie:** destilovaná voda, NaCl

**Postup:** Příklad Glutomatic se před použitím musel zavodnit, proto byl nejdříve spuštěn program bez vzorku. Poté se navážilo vždy 10 g od každého vzorku a program byl spuštěn. Glutomatic nasával NaCl (2%) roztok, kterým byl každý vzorek postupně vymílán. Po ukončení programu se každý vzorek vyndal a vložil do centrifugy, kde došlo k odstranění přebytečné kapaliny a lepek se rozdělil na části před sítkem a za sítkem, pro další hodnocení (Glutomatic Systém Perten – manuál k obsluze).



**Vzorec pro výpočet Gluten indexu:**

$$\text{GI} = \frac{\text{Hmotnost mokrého lepku nad sítkem (g)}}{\text{Celková hmotnost mokrého lepku (g)}} \times 100$$

Obrázek 12: Glutomatic Systém Perten



(Foto: Linda Vopátková)

#### **4.1.2.4 Stanovení vlhkosti**

(ČSN ISO 712)

**Pomůcky:** analytická váha, sušárna, kovové misky, kleště, exsikátor

**Postup:** Jednotlivé vzorky se navážily po 5 g s přesností na 0,001 g. Laboratorní vzorky byly promíchány a rovnoměrně rozprostřeny na dno misek, které byly zváženy. Připravené vzorky byly vloženy do sušárny s odklopeným víčkem při teplotě 130 °C. Vzorky byly ponechány v sušárně po dobu 90 minut. Po uplynutí této lhůty se misky uzavřely víčkem a vložily se do exsikátoru. Po vychladnutí v exsikátoru se misky opět zvážily s přesností 0,001 g. Na základě hodnot před sušením a po sušení byla stanovena vlhkost jednotlivých vzorků v %.

**Vzorec:** vlhkost (%) = (Hmotnost před sušením – hmotnost po sušení) x 100/navážka

#### 4.1.2.5 Stanovení N-látek dle Kjeldahla

(ICC 105/2)

**Pomůcky:** Odměrná baňka, pipety, byrety, titrační baňky, Pronitro II. (destilační zařízení), mineralizační tubusy, Block digest (mineralizační zařízení)

**Chemikálie:** kyselina sírová (96%), síran draselný (práškový), síran měďnatý, hydroxid sodný (roztok), kyselina boritá, kyselina sírová (odměrný roztok), bromkresolová zeleň, metylčerven, etanol

**Katalyzátor:** 3, 5 g  $K_2SO_4$  + 0, 4 g  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (množství pro 1 vzorek)

**Postup:** Do vypalovacích tubusů byly naváženy vzorky vždy po 1 g. Tubusy byly očíslovány, aby nedošlo k záměně. Ke každému vzorku byly přidány 4 g katalyzátoru a 10 ml  $H_2SO_4$ . Poté byly všechny vzorky vypalovány při teplotě 420 °C cca 3 hodiny. Po zbarvení do zelena pokračovalo vypalování dalších 30 minut v termobloku. Po vypálení se nechaly vzorky ve vypnutém termobloku ještě 30 minut odstát se zapnutou vývěvou. Tubusy se nechaly vychladit na pokojovou teplotu. Dále se do všech tubusů přidalo 20 ml destilované vody a vzorky prošly přístrojem Pronitro II destilací, se spuštěným automatickým programem. Po ukončení se všechny vzorky titrovaly  $H_2SO_4$  s faktorem 0,9259 do růžového zbarvení, spotřebovaná kapalina byla zaznamenána pro další výpočty.

Obrázek 13: Destilační přístroj Pro-Nitro II    Obrázek 14: Block digest



(Foto: Linda Vopátková)

#### 4.1.2.6 Sedimentační test

➤ **Zelenyho** (ČSN ISO 5529, ICC116/1)

**Pomůcky:** Sedimetr, analytické váhy, sedimentační válce, automatická byreta, trychtýř

**Chemikálie:** destilovaná voda, fenolftalejn, bromfenolová modř, hydroxid sodný, kyselina mléčná

➤ **SDS test** (ČSN 46 1021)

**Pomůcky:** Sedimetr, analytické váhy, sedimentační válce, automatická byreta, trychtýř

**Chemikálie:** destilovaná voda, kyselina octová, dodecyl sulfát

**Postup:** Do sedimentačních válců bylo automatickou byretou přidáno 50 ml bromfenolové modři a následně 3, 2 g vzorku pomocí trychtýře. Každý vzorek byl navážen dvakrát pro přesnější údaje a důvěryhodnost výsledku. Válce se uzavřely a 5x důkladně protřepaly a vložily do Seditestru, který byl uveden do chodu na program KÝVÁNÍ. Po 5 minutách se přístroj automaticky vypnul. Do vzniklé suspenze bylo přidáno 25 ml sedimentačního činidla, válce se opět zazátkovaly a přístroj se uvedl do chodu ve stejném programu. Po skončení míchání byly válce ze Seditestru vyndány a odloženy na vodorovnou plochu, kde se nechaly 8 minut sedimentovat. Po sedimentaci se odečte množství sedimentu ve válci. Výsledek ze dvou měření stejného vzorku nesmí překročit 2 ml (ČSN ISO 5529).

Obrázek 15: Seditr



(Foto: Linda Vopátková)

#### 4.1.2.7 Pádové číslo

(ČSN ISO 3093, ICC 107/1)

**Pomůcky:** analytické váhy, automatická byreta, Falling Number 1305

**Chemikálie:** destilovaná voda

**Postup:** Všechny vzorky byly důkladně naváženy. Navážka byla určena podle tabulek dle vlhkosti dané mouky. Přístroj pro zjištění pádového čísla se před použitím musel zahřát. Do zkumavky byl přidán navážený vzorek s destilovanou vodou (25 ml), zkumavka se zazátkovala a důkladně se 40 x protřepala. Poté se opět otevřela a veškerý materiál, který zůstal na stranách a zátce, se setřel zpět na dno. Do zkumavky se suspenzí se vložilo míchadlo a takto připravený materiál do vroucí vodní lázně. Poté začalo automatické měření pádového čísla. Přístroj ukončení programu nahlásil zvukovým znamením. (Falling Number 1305 – návod k obsluze)

Obrázek 16: Falling Number



(Foto: Linda Vopátková)

#### 4.1.2.8 Pekařský pokus

(ICC 131)

**Pomůcky:** pekárna MIWE FreshFoodSystem, odměrná nádoba, digitální váhy, pečící papír, nádoby na kynutí

**Suroviny:** mouky, voda, sůl, suché droždí, kmín, cukr

**Receptura:** 250 g mouky, 150 ml vody, 8 g soli, 8 g cukru, 1,5 g suchého droždí, 1,5 g kmínu

**Postup:** Všechny suroviny byly nejprve pečlivě naváženy a připraveny do nádob k zpracování. 20 minut před zahájením hnětení těsta byla odměřena voda, která se smísila s cukrem a suchým droždím, aby se zaktivovalo a v těstě správně pracovalo při kynutí. Po přípravě následovalo hnětení těsta, kterého se zúčastnilo 11 studentů. Všechna těsta tedy byla hnětena ve stejný čas a stejně dlouho dobu a to 10 minut. Poté se těsta nechalo přikryté v nádobě, za pokojové teploty 45 minut kynout. Po prvním kynutí následovalo překládání těsta a dokynutí 1,5 hodiny za pokojové teploty. Po kynutí byla těsta přemístěna na plechy pekárny, které byly ještě vyloženy pečícím papírem. Horní část bochníku byla 3x lehce naříznuta pro podporu kynutí v pekárně a zabránění nerovnoměrnému popraskání kůrky a následně potřena vodou pro podporu vytvoření kůrky. Do předehřáté trouby na 250 °C byly vloženy plechy a se zapařením byly chleby pečený 5 minut, po uplynutí této doby byla teplota snížena na 200 °C a chleby se dopékaly dalších 15 minut. Po dopečení byly chleby vyjmuty z pekárny a přemístěny na prodyšné místo k vychladnutí.

Obrázek 17: Bochníky chleba před pečením



(Foto: Linda Vopátková)

Obrázek 18: Bochníky chleba po upečení



(Foto: Linda Vopátková)

Obrázek 19: Proces pečení, pekárna MIWE FreshFoodSystem



(Foto: Linda Vopátková)

#### 4.1.2.9 Objem pečiva

**Pomůcky:** laboratorní objemoměr k měření objemu pečiva

**Postup:** Jednotlivé bochníky byly zabaleny do potravinářské folie z hygienických důvodů. Následně byly bochníky jednotlivě vkládány do nádrže. Po uložení bochníku se nádrž uzavřela a přístroj se přetočil o 180 stupňů, volný prostor se vysypal semeny prosa a na stupnici ukázaly hodnotu objemu v cm<sup>3</sup>.

Obrázek 20: Laboratorní objemoměr k měření objemu pečiva



(Foto: Linda Vopátková)

#### 4.1.2.10 Senzorické hodnocení chleba

**Pomůcky:** dotazníky, očíslované vzorky, nůž

**Postup:** Všechny chleby byly nakrájeny a očíslovány. Respondentům byly rozdány připravené dotazníky (Příloha 1) k hodnocení jednotlivých vzorků.

Obrázek 21: Rozkrájené chleby: vzorek č. 1 - 5



(Foto: Linda Vopátková)

Obrázek 22: Rozkrájené chleby: vzorek č. 6 - 11



(Foto: Linda Vopátková)



## 4.2 VÝSLEDKY

V následujících tabulkách (č. 10 - 16) jsou uvedeny výsledky pekařské jakosti a reologické charakteristiky stanovené na přístroji Mixolab II.

Tabulka 10: Výsledky pekařských parametrů (průměr dvou opakování)

Varianta	Pádové číslo (s)	DON (ppm)	GI (%)	Mokřý lepek (%)	Zeleného test (ml)	SDS test (ml)	Vlhkost (%)	Obsah bílkovin (%)	Objem pečiva (cm <sup>3</sup> )
Hladká mouka - pšenice	378	-	75	40,4	24	77	12,96	9,19	2700
Hladká mouka - špalda	255	-	80	45,1	16	58	14,23	9,95	2800
Celozrnná mouka - pšenice	403	0	58	40,7	16	61	9,69	11,27	2100
Celozrnná mouka - špalda	249	0	54	37,5	12	38	9,95	12,14	2000
Celozrnná mouka – špalda s pluchami	384	0	52	35,6	17	39	8,65	12,05	1600
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – pšenice	547	-	62	38,2	10	66	10,5	10,85	2200
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – pšenice	511	-	75	40,5	18	71	11,26	10,23	-
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – pšenice	347	-	64	32,6	8	49	10,75	10,03	2200
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – pšenice	334	-	70	33,8	15	51	11,19	10,29	-
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda	314	-	73	40,7	9	56	10,83	11,48	2400
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda	331	-	68	41,3	15	64	11,24	10,7	-
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda	271	-	77	35,6	9	42	11,31	12,3	2000
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda	215	-	81	33,2	13	43	11,29	10,83	-
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	371	-	60	30,2	11	66	10,64	11,33	2200
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	438	-	71	45,2	15	72	10,49	10,49	-
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	315	-	61	31,6	12	48	10,83	11,93	2300
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	294	-	67	30,5	16	46	10,8	10,58	-

Hodnoty gluten indexu byly naměřeny u všech vzorků nízké, v rozmezí 52 – 81 %. Nejnížší hodnoty byly naměřeny u celozrnných mouk, které měly gluten index nižší než 60 %, tedy slabý lepek, to může být způsobeno negativní reakcí odrůdy na pěstování v ekologickém zemědělství. Pádové číslo vykazalo velmi vysoké hodnoty (249 – 547 s), které předpovídají nízkou aktivitu alfa amylázy a nižší objem pečiva. Obsah DON nebyl u žádného vzorku celozrnných mouk potvrzen. V sedimentačním testu dle Zelenyho byly naměřeny nízké hodnoty sedimentu (9 – 18 ml). Obsah bílkovin se pohyboval v normě (9,19 – 12,3 %), nižší hodnoty byly naměřeny u hladké mouky – pšenice (9,19 %) a hladké mouky – špaldy (9,95 %), ale obě tyto mouky prokázaly v pekařském pokusu nejvyšší objem pečiva. Hladká mouka – pšenice 2700 cm<sup>3</sup> a hladká mouka – špalda 2800 cm<sup>3</sup>. Nejnížší objem byl naměřen u celozrnné mouky – špaldy s pluchami (1600 cm<sup>3</sup>).

Tabulka 11: Výsledky hodnocení parametru C1 (Tukey HSD test)

Varianta		C1				
Podíl mouky	kód	absorpce vody a doba vývinu těsta			pružnost těsta	odolnost těsta vůči přehnětění
		Čas (min)	Točivý moment (Nm)	Teplota (°C)	Amplituda (Nm)	Stabilita (min)
Hladká mouka - pšenice	7	1,24f	1,08b	30,05e	0,082e	6,99f
Hladká mouka - špalda	8	0,70b	1,11e	29,65d	0,072c	1,49a
Celozrnná mouka - pšenice	4	5,81m	1,08b	31,05g	0,081e	9,98n
Celozrnná mouka - špalda	5	1,83i	1,09c	31,45h	0,094g	8,78j
Celozrnná mouka – špalda s pluchami	6	0,64a	1,11d	31,05g	0,134j	9,88m
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – pšenice	16	3,55k	1,12f	31,15g	0,067b	8,78j
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – pšenice	17	4,66l	1,09c	32,00i	0,058a	9,44l
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – pšenice	3	0,99e	1,13g	30,65f	0,087f	8,80j
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – pšenice	15	2,18j	1,14h	29,85de	0,087f	7,09g
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda	2	1,44g	1,15i	27,65a	0,077d	5,70e
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda	12	1,62h	1,07a	29,15c	0,086f	9,12k
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda	13	3,55k	1,08b	28,65b	0,074c	8,68i
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda	14	1,63h	1,11d	30,45f	0,079d	8,78j
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	1	0,72b	1,07a	30,45f	0,099h	3,44d
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	11	0,93d	1,15i	30,10e	0,127i	8,27h
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	9	0,76c	1,12f	31,25gh	0,099h	3,39c
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	10	0,75c	1,15i	29,95e	0,098h	1,94b

Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné difference ( $P \leq 0,05$ )

**Parametr C1** (Tabulka č. 11) ukazuje dobu vývinu těsta. Hodnoty pro pšenici jsou zpravidla v rozmezí 0,99 – 7,36 min. obecně platí, že silnější mouky mají delší dobu vývinu těsta. Tento parametr je ovlivněn hlavně kvalitou lepku, velikostí škrobových zrn a stupni degradace škrobu.

Jak je zřejmé z tabulky č. 11, nejdelší doba vývinu těsta byla zaznamenána u celozrnné mouky z pšenice seté (5,81 min). Případně u kombinace hladké a celozrnné mouky pšenice seté (4,66 min). Naopak překvapivě krátká doba vývinu těsta byla zaznamenána u hladké mouky pšenice seté (1,24 min.) a pšenice špaldy (0,70 min.). Jedna z nejnižších hodnot byla zjištěna v případě celozrnné mouky, připravené z celých klásků pšenice špaldy (0,64 min). Podle výsledků Tukey HSD testu ( $p \leq 0,05$ ) nebyla v rámci výsledků dalších směsí zjištěna žádná podobnost. Z výsledků je jasně patrné, že ve směsích s podílem celozrnné mouky připravené z celých klásků docházelo vždy ke snižování doby absorpce vody a doby vývinu těsta. Například vzorek pšenice špaldy s 25 % a 50 % podílem této mouky nevykazoval ani žádnou statisticky průkaznou diferenci ( $p \leq 0,05$ ).

**Amplituda** je znakem pružnosti těsta. Pružnější těsto dosahuje vyšších hodnot. V případě amplitudy se zajímavým způsobem projevil obsah pluch ve směsi. Velmi vysokých hodnot dosahovala 100 % celozrnná mouka s pluchami pšenice špaldy – 0,134 Nm. Obdobný efekt se projevil i u směsí s podílem celozrnné mouky s pluchami, který se blížil hodnotě 0,1 Nm (žádné statisticky průkazné difference na základě Tukey HSD testu mezi třemi směsmi) resp. 0,127 Nm v případě 75 % hladké mouky připravené z pšenice seté a 25 % mouky celozrnné i s pluchami v případě pšenice špaldy. Přídavek celozrnné mouky s podílem pluch se tak patrně projevuje jako určité pojivo, které vede ke zvyšování pružnosti těsta.

Celkovou stabilitu těsta a toleranci mouky k míchání indikuje parametr **stabilita**. Hodnoty se zpravidla pohybují v rozmezí 4,69 – 11,42 min. V našem případě velmi nízkých hodnot dosahovala hladká mouka z pšenice špaldy (1,49 min) a směs s vysokým podílem této mouky v kombinaci s celozrnnou moukou z celých klásků (1,94 min). Ke snížení hodnot stability došlo také u směsí s 50 % podílem celozrnné mouky špaldové s pluchami.

Hodnota **parametru C2** (Tabulka č. 12) představuje zeslabení bílkovin v závislosti na mechanické práci a teplotě. Čím déle mechanická práce a teplota na zpracovávané těsto působí, tím by měla být hodnota vyšší. Hodnoty se pohybují v rozmezí 0,37 – 0,63 Nm. Z našich výsledků v tabulce č. 12 je zřejmé, že mezi vzorky jsou minimální statisticky průkazné diference ( $P \leq 0,05$ ). Nejvyšších hodnot „Torgue“ (točivého momentu) dosáhla celozrnná mouka z pšenice špaldy i s pluchami (0,61 Nm). Z tabulky č. 12 je patrné, že vyšších hodnot bylo dosaženo spíše u celozrnných mouk. U hladkých mouk byla zjištěna spíše krátká doba vývinu těsta

**Parametr C3** (Tabulka č. 13) hodnotí kvalitu škrobu. Vyjadřuje gelovatění škrobu ve vzorku mouky s optimálními hodnotami v rozmezí 1,59 – 2,27 Nm. Z výsledků v tabulce č. 13 je zřejmé, že všechny zjištěné hodnoty jsou v tomto rozmezí. Nejvyšší mazovatění škrobu bylo zjištěno u hladké mouky z pšenice a u některých směsí s vysokým podílem této mouky, což dokládají výsledky Tukey HSD testu ( $P \leq 0,05$ ). Nejnižší hodnota mazovatění škrobu byla zjištěna u celozrnné špaldové mouky (1,69 Nm).

**Parametr C4** (Tabulka č. 14) charakterizuje stabilitu horkého gelu. Hodnoty jsou zpravidla v rozmezí 0,95 – 2,12 Nm. Z tabulky č. 14 je zřejmé, že hodnoty stability horkého gelu jsou v rámci uvedeného rozmezí. V případě parametru C4 je přímá vazba k hodnotám čísla poklesu, kdy vzorky se sníženými hodnotami vykazují také nižší číslo poklesu. Z výsledků je tedy zřejmé, že určité narušení alfa amylázového komplexu lze předpokládat u celozrnné mouky z pšenice špaldy (1,05 Nm). Ostatní vzorky se jeví jako optimální. Mezi jednotlivými vzorky jsou statisticky průkazné diference ( $P \leq 0,05$ ).

**Parametr C5** (Tabulka č. 15) udává retrogradaci škrobu ve fázi chlazení. Hodnoty jsou zpravidla v rozmezí 1,46 – 3,73 Nm. Námi zjištěné výsledky retrogradace škrobu, uvedené v tabulce č. 15 jsou v rámci tohoto rozmezí. Nejnižší hodnota byla zjištěna v případě tohoto parametru u vzorků mouky pšenice špaldy – celozrnná mouka a celozrnná mouka s pluchami. Naopak nejvyšší hodnoty retrogradace škrobu ve fázi chlazení jsme změřili u hladké mouky z pšenice seté. Větších hodnot retrogradace dosahovali vzorky s vyšším podílem hladké mouky z pšenice seté.

**Parametr  $\alpha$**  (Tabulka č. 16) udává rychlost zeslabení bílkovin při záhřevu. Záporné hodnoty poukazují na klesající tendenci rychlosti zeslabení v závislosti na teplotě. Nejmenší hodnota -0,125 Nm/min byla naměřena u vzorku s 50 % podílem špaldové celozrnné mouky a špaldové celozrnné mouky s pluchami. **Parametr  $\beta$**  udává rychlost mazovatění škrobu. Nejrychleji mazovatěl vzorek ve směsi 75% hladké mouky z pšenice špaldy a 25 % celozrnné špaldové mouky s pluchami (0,99 Nm). Naopak nejnižší hodnotu vykazovala pšenice setá (0,27 Nm) a některé ze směsí s vyšším podílem hladké pšeničné mouky (např.: 75 % hladká pšeničná mouka + 25 % celozrnná mouky špaldová s pluchami). Další hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 16.

**Parametr  $\gamma$**  vyjadřuje rychlost enzymatické degradace škrobu, resp. délku trvanlivosti degradace. Nejnižší rychlost enzymatické degradace byla naměřena hladké mouky pšeničné (Tabulka č. 16) a pak směsi 75 % hladké pšeničné mouky s 25 % celozrnné mouky špaldové s pluchami.

Tabulka 12: Výsledky hodnocení parametru C2 (Tukey HSD test)

Varianta		C2 - zeslabení bílkovin, funkce mechanické práce a teploty		
Podíl mouky	kód	Čas (min)	Točivý moment (Nm)	Teplota (°C)
Hladká mouka - pšenice	7	17,04de	0,42i	53,05a
Hladká mouka - špalda	8	16,65c	0,32b	52,95a
Celozrnná mouka - pšenice	4	17,99j	0,43j	55,10abcd
Celozrnná mouka - špalda	5	17,42g	0,36d	57,51de
Celozrnná mouka – špalda s pluchami	6	17,18f	0,61n	54,95abcd
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – pšenice	16	16,55b	0,41h	54,90abcd
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – pšenice	17	16,24a	0,44k	57,95e
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – pšenice	3	16,55b	0,37f	56,90bcde
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – pšenice	15	16,65c	0,35c	55,15abcde
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda	2	17,58h	0,36d	54,85abcd
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda	12	17,04de	0,37e	55,45abcde
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda	13	19,43k	0,32b	54,35abc
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda	14	17,75i	0,37f	57,00cde
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	1	17,08e	0,45m	55,35abcde
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	11	16,97d	0,44l	55,55abcde
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	9	17,63h	0,39g	56,75bcde
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	10	17,19f	0,27a	54,15ab
Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné difference ( $P \leq 0,05$ )				

Tabulka 13: Výsledky hodnocení parametru C3 (Tukey HSD test)

Varianta		C3 - gelovatění škrobu		
Podíl mouky	kód	Čas (min)	Točivý moment (Nm)	Teplota (°C)
Hladká mouka - pšenice	7	27,14o	2,02k	82,85l
Hladká mouka - špalda	8	24,38k	1,88e	80,65h
Celozrnná mouka - pšenice	4	24,18i	1,92f	76,91g
Celozrnná mouka - špalda	5	22,24c	1,69b	74,85e
Celozrnná mouka – špalda s pluchami	6	21,16a	1,94g	69,70a
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – pšenice	16	23,91h	1,96h	81,75j
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – pšenice	17	23,29e	2,03l	81,85j
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – pšenice	3	23,49g	1,95gh	82,35k
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – pšenice	15	24,24j	1,93f	82,15k
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda	2	23,29e	1,80c	75,45f
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda	12	24,16i	1,80c	81,25i
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda	13	25,18n	1,62a	72,00b
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda	14	24,16l	1,84d	80,85h
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	1	21,78b	1,97b	72,65c
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	11	24,89m	2,02jk	82,35k
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	9	22,29d	2,01j	73,60d
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	10	23,43f	1,96h	77,07g
Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné diference ( $P \leq 0,05$ )				



Tabulka 14: Výsledky hodnocení parametru C4 (Tukey HSD test)

Varianta		C4 - stabilita horkého gelu		
Podíl mouky	kód	Čas (min)	Točivý moment (Nm)	Teplota (°C)
Hladká mouka - pšenice	7	30,03b	1,94p	85,31g
Hladká mouka - špalda	8	32,76h	1,53j	83,31e
Celožrnná mouka - pšenice	4	31,45f	1,62m	83,81f
Celožrnná mouka - špalda	5	31,06e	1,05a	85,91h
Celožrnná mouka – špalda s pluchami	6	31,03e	1,40f	85,81h
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – pšenice	16	33,85k	1,15b	80,65b
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – pšenice	17	30,94d	1,91o	88,05k
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – pšenice	3	33,34j	1,24d	82,10d
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – pšenice	15	31,39f	1,61l	86,50i
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda	2	33,02i	1,32e	81,15c
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda	12	32,82h	1,41g	83,35e
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda	13	35,89l	1,21c	75,80a
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda	14	33,04i	1,47h	83,35e
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	1	30,34c	1,72n	86,61i
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	11	29,89a	1,90o	87,20j
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	9	32,32g	1,49i	83,81f
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	10	33,38j	1,59k	82,21d
Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné diference ( $P \leq 0,05$ )				

Tabulka 15: Výsledky hodnocení parametru C5 (Tukey HSD test)

Varianta		C5 - retrogradace škrobu ve fázi chlazení		
Podíl mouky	kód	Čas (min)	Točivý moment (Nm)	Teplota (°C)
Hladká mouka - pšenice	7	45,01a	2,97o	56,70g
Hladká mouka - špalda	8	45,02a	2,24k	57,10i
Celozrnná mouka - pšenice	4	45,00a	2,52m	55,70d
Celozrnná mouka - špalda	5	44,99a	1,57c	56,65g
Celozrnná mouka – špalda s pluchami	6	45,02a	1,48a	56,20f
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – pšenice	16	45,02a	1,67d	55,11b
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – pšenice	17	45,02a	2,97o	56,91h
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – pšenice	3	45,00a	1,88f	54,61a
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – pšenice	15	45,02a	2,35l	57,61j
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda	2	45,03a	1,98g	55,61c
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda	12	45,02a	2,07i	56,11e
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda	13	45,02a	1,51b	59,61n
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda	14	45,02a	2,05h	58,41k
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	1	45,00a	2,55n	57,11i
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	11	45,00a	2,99p	58,81m
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	9	43,52a	1,86e	58,61l
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celozrnná mouka – špalda s pluchami	10	44,99a	2,20j	58,81m
Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné difference ( $P \leq 0,05$ )				

Tabulka 16: Výsledky hodnocení parametru směrnice (Tukey HSD test)

Varianta	Směrnice			
	kód	Alfa - rychlost zeslabení bílkovin při záhřevu (Nm/min)	Beta - rychlost mazovatění škrobu (Nm/min)	Gama - rychlost enzymatické degradace (Nm/min)
Hladká mouka - pšenice	7	-0,089abc	0,27a	-0,007m
Hladká mouka - špalda	8	-0,073abc	0,59h	-0,067f
Celožrnná mouka - pšenice	4	-0,096ab	0,67m	-0,037j
Celožrnná mouka - špalda	5	-0,105ab	0,57g	-0,137a
Celožrnná mouka – špalda s pluchami	6	-0,032c	0,61j	-0,046i
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celožrnná mouka – pšenice	16	-0,095abc	0,67m	-0,137a
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celožrnná mouka – pšenice	17	-0,112ab	0,67l	-0,025l
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celožrnná mouka – pšenice	3	-0,102ab	0,60i	-0,107b
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celožrnná mouka – pšenice	15	-0,057bc	0,54d	-0,027k
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celožrnná mouka – špalda	2	-0,105ab	0,77n	-0,087c
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celožrnná mouka – špalda	12	-0,097ab	0,55e	-0,072e
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celožrnná mouka – špalda	13	-0,087abc	0,56f	-0,082d
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celožrnná mouka – špalda	14	-0,107ab	0,39c	-0,071e
50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celožrnná mouka – špalda s pluchami	1	-0,081abc	0,54d	-0,029k
75 % hladká mouka – pšenice + 25 % celožrnná mouka – špalda s pluchami	11	-0,115ab	0,39b	-0,002n
50 % hladká mouka – špalda + 50 % celožrnná mouka – špalda s pluchami	9	-0,125a	0,65k	-0,057h
75 % hladká mouka – špalda + 25 % celožrnná mouka – špalda s pluchami	10	-0,091abc	0,99o	-0,062g
Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné diference ( $P \leq 0,05$ )				

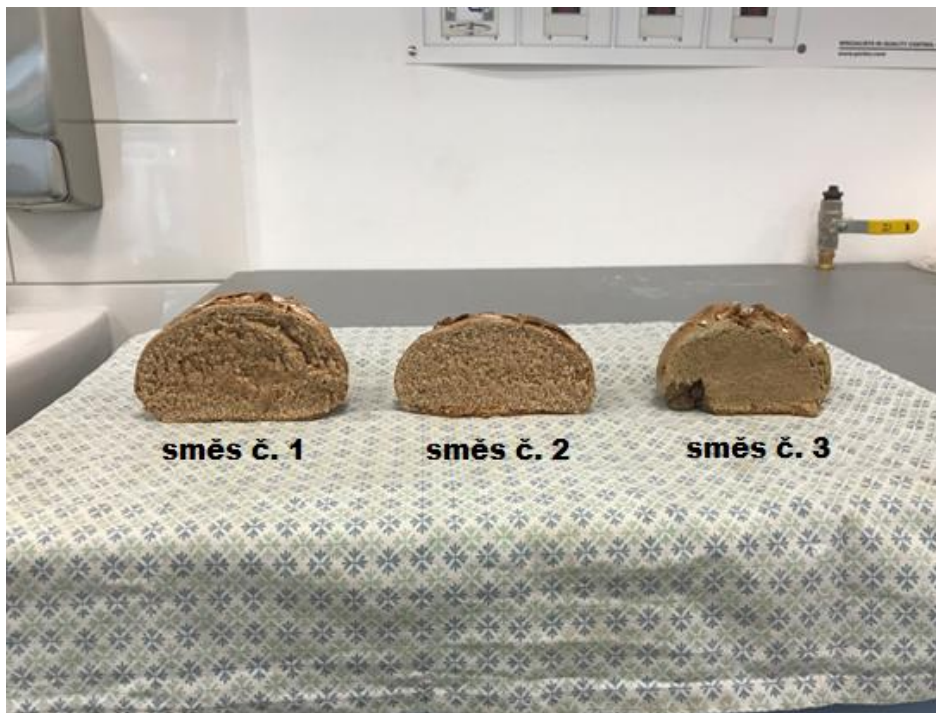
### 4.2.1 Pečení

Pro pekařský pokus bylo vybráno 11 směsí.

Tabulka 17: Číslování a složení směsí

<u>Číslování</u>	<u>Složení směsi</u>
Směs č. 1	Celozrnná mouka – pšenice
Směs č. 2	Celozrnná mouka – špalda
Směs č. 3	Celozrnná mouka špalda s pluchami
Směs č. 4	Hladká mouka pšenice
Směs č. 5	Hladká mouka špalda
Směs č. 6	50 % hladká mouka – špalda + 50 % mouka celozrnná - špalda s pluchami
Směs č. 7	50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda s pluchami
Směs č. 8	50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - špalda
Směs č. 9	50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda
Směs č. 10	50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - pšenice
Směs č. 11	50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - pšenice

Obrázek 23: Směs č. 1: celozrnná mouka pšenice, směs č. 2: celozrnná mouka špaldy bez pluch, směs č. 3: celozrnná mouka špaldy s pluchami.



(Foto: Linda Vopátková)

Obrázek 24: Směs č. 4: hladká mouka pšeničná, směs č. 5: hladká mouka špaldová.



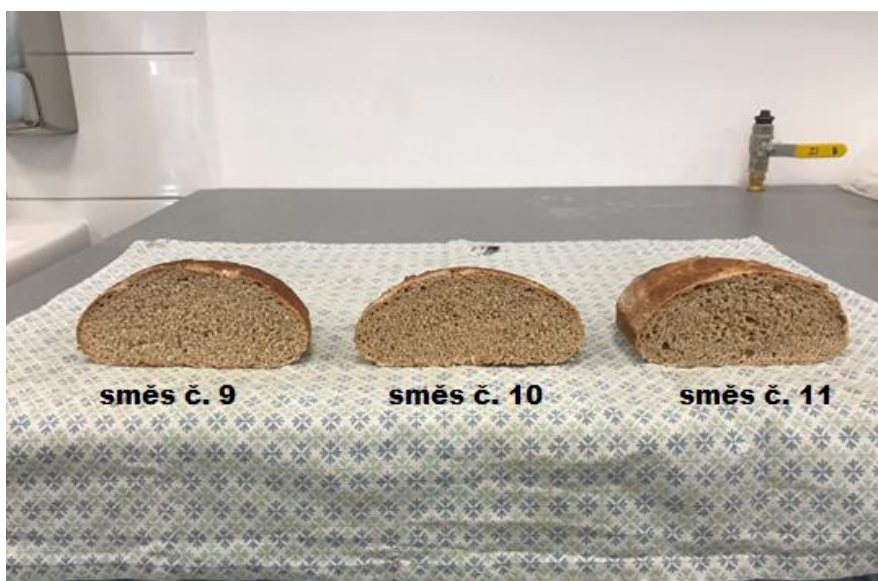
(Foto: Linda Vopátková)

Obrázek 25: Směs č. 6: 50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka špalda s pluchami, směs č. 7: 50 % hladká mouka pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda s pluchami, směs č. 8: 50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - špalda bez pluch



(Foto: Linda Vopátková)

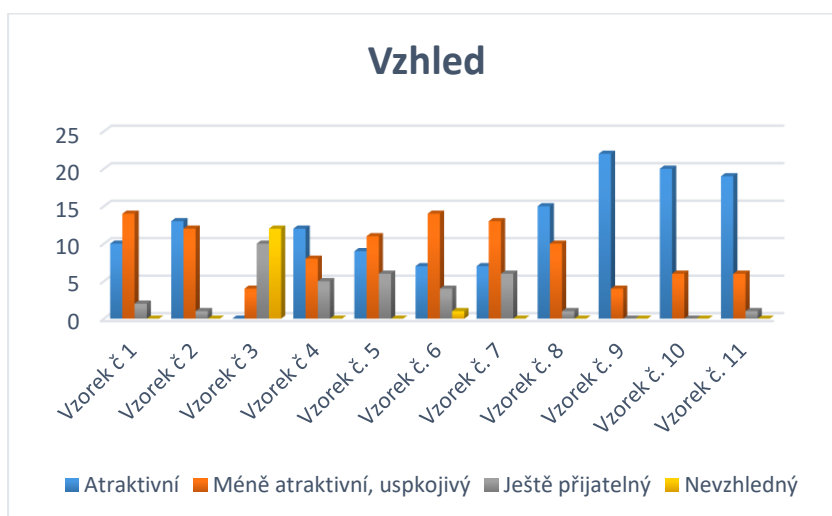
Obrázek 26: Směs č. 9: 50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda bez pluch, směs č. 10: 50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - pšenice, směs č. 11: 50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - pšenice



(Foto: Linda Vopátková)

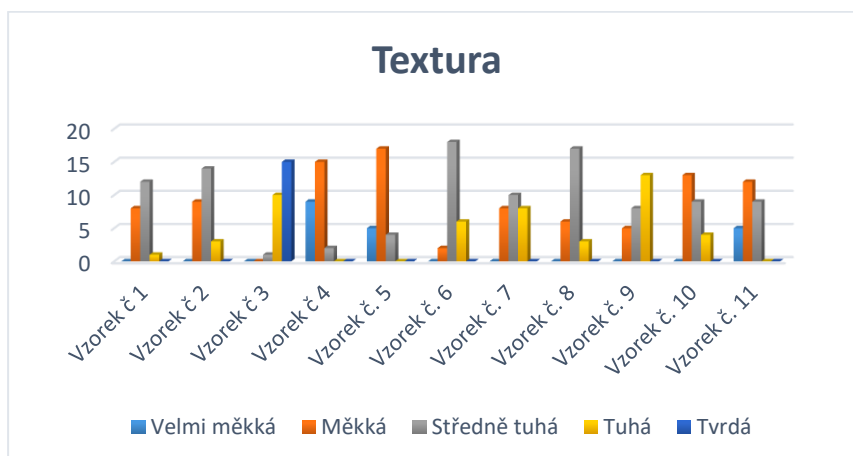
## 4.2.2 Senzorické hodnocení

Graf 1: Hodnocení vzhledu chlebů



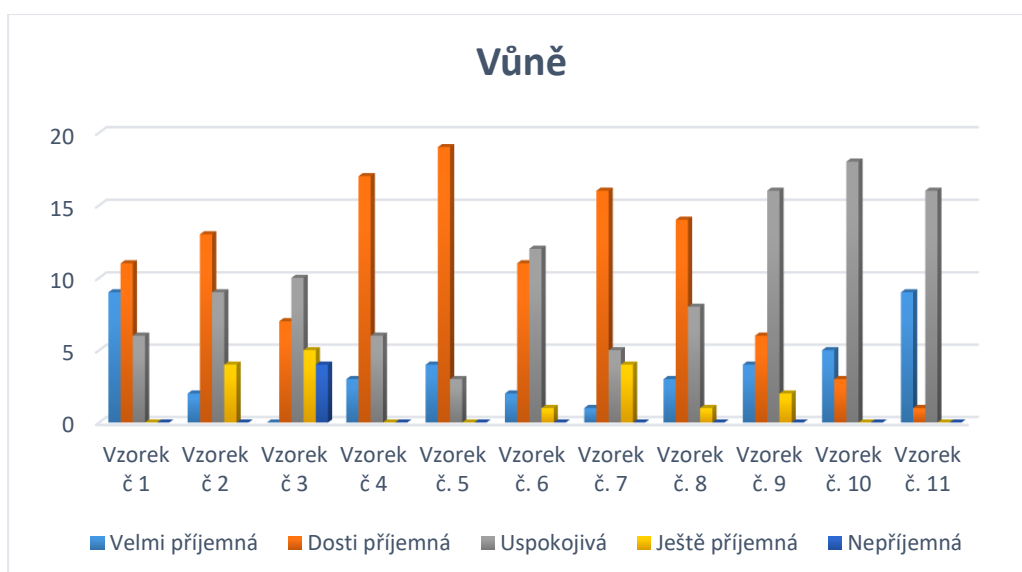
V celkovém vzhledu respondenty nejvíce zaujaly bochníky vzorků č. 9, 10 a 11, které byly označeny jako vzhledově atraktivní. Žádný účastník sensorického hodnocení pečiva neoznačil jako nevzhledný.

Graf 2: Hodnocení textury chlebů



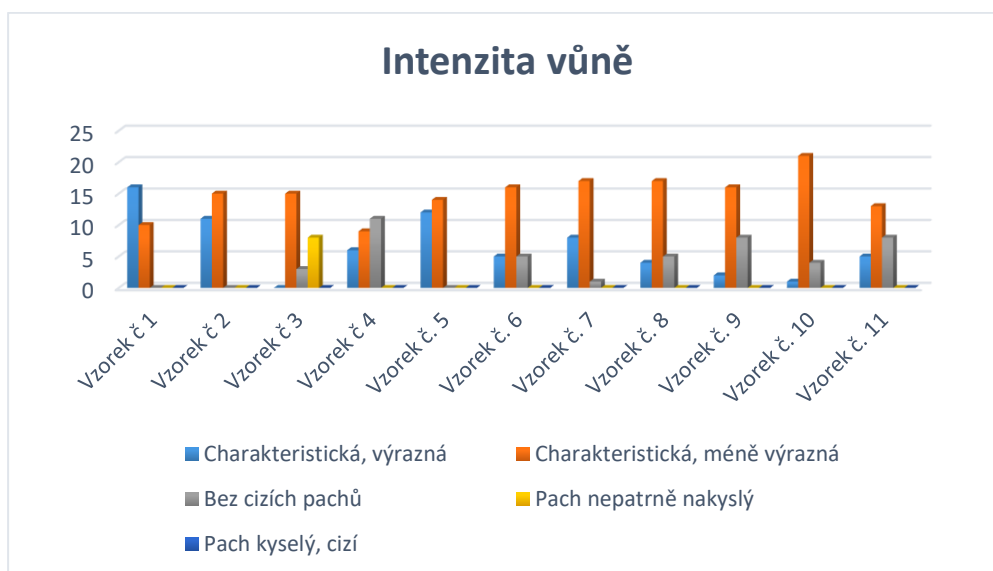
Hodnocení textury nedopadlo nějak jednoznačně a shodně u většiny respondentů. Nejlépe hodnocený byl vzorek č. 4, tedy chléb z hladké mouky pšenice seté, jehož texturu označilo 9 z 26 účastníků jako velmi měkkou a dalších 15 jako měkkou. Naopak nejhůře hodnocený byl vzorek č. 3, tedy chléb upečený z neloupané celozrnné mouky pšenice špaldy. Tento chléb označilo 15 respondentů jako tvrdý a 10 jako tuhý.

Graf 3: Hodnocení vůně chlebů



Hodnocení vůně bylo velmi odlišné a u všech chlebů kladné. Pouze u chleba z mouky chlebové špaldové byla jeho vůně jedním z respondentů označena jako nepříjemná.

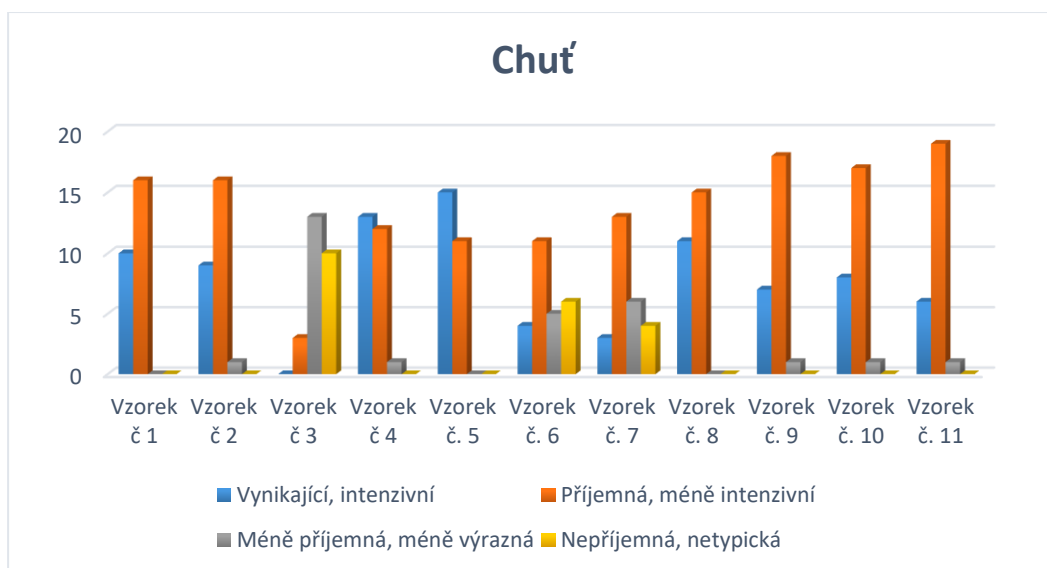
Graf 4: Hodnocení intenzity vůně chlebů



Intenzita vůně, jak již vyplývá z grafu, byla většinou hodnocena kladně, a to jako charakteristická méně výrazná. Respondenti nezaznamenaly žádné cizí pachy či kyselý pach.

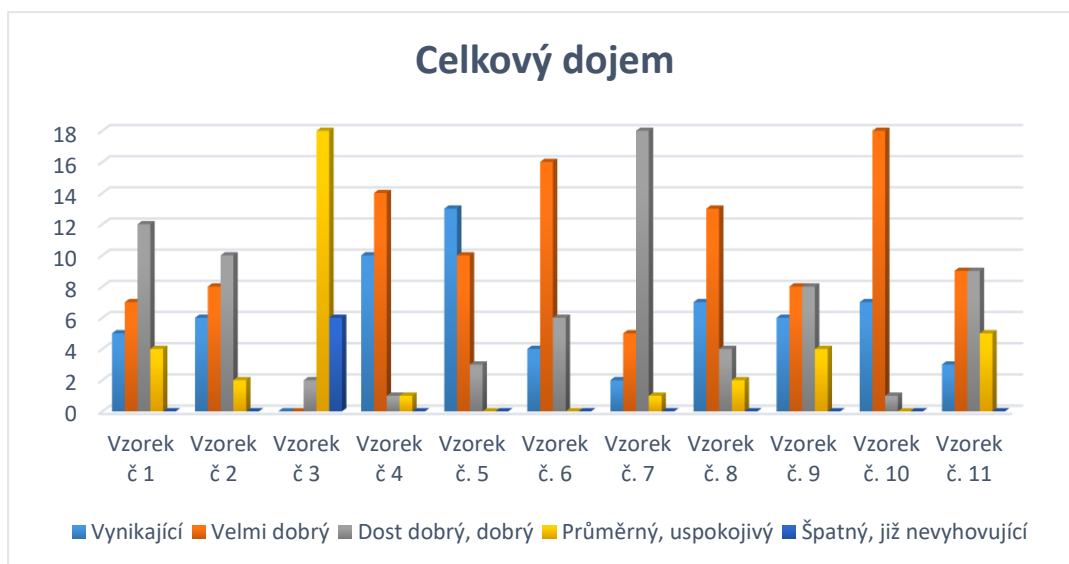


Graf 5: Hodnocení chutě chlebů



Velmi důležitým ukazatelem jakosti chleba je samozřejmě chuť. U všech chlebů byla chuť vyhodnocena jako příjemná, méně intenzivní. Negativní hodnocení dostal chléb z mouky chlebové špaldové, který dva z respondentů označili jako chuťově nepříjemný a netypický.

Graf 6: Hodnocení celkového dojmu



Nejlépe hodnocený v celkovém dojmu byl chléb z mouky celozrnné pšeničné jemně mleté a chlebové pšeničné. Naopak průměrné hodnocení v celkovém dojmu získal chléb z mouky chlebové špaldové.

#### 4.2.2.1 Výsledky hodnocení

Tabulka 18: Výsledky senzorického hodnocení

Pořadí	Směs	Průměr hodnocení
1.	Hladká mouka - špalda	1,72
2.	Hladká mouka - pšenice	1,84
3.	50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - pšenice	1,89
4.	50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - pšenice	1,93
5.	Celozrnná mouka - pšenice	1,99
6.	50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka špalda bez pluch	2,02
7.	50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda bez pluch	2,16
8.	Celozrnná mouka - špalda bez pluch	2,25
9.	50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - špalda s pluchami	2,27
10.	50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda s pluchami	2,28
11.	Celozrnná mouka - špalda s pluchami	3,65

V celkovém hodnocení dopadl nejlépe chléb z hladké mouky špaldové, tento chléb měl světlé zbarvení a při pečení prokázal výborné vlastnosti. Jeho struktura byla velmi měkká a na respondenty zapůsobil nejlépe, naopak chléb z celozrnné mouky pšenice špaldy s pluchami získal velmi špatné hodnocení. Důvodem je jeho hutná textura, na kterou respondenti nereagovali pozitivně.

## 5 DISKUZE

---

V hodnocení obsahu N-látek dle Kjeldaha byly prokázány u všech vzorků optimální hodnoty, které se pohybují v rozmezí 9,19 – 12,3 %, pouze dva vzorky prokázaly hodnoty nižší od optima a to hladké mouky pšenice setá (9,19 %) a špaldy (9,95 %). Muchová (2001) uvádí jako optimální hodnoty N-látek 11,5 %. Dále uvádí, že hodnoty mohou být ovlivněny meteorologickým podmínkami stanoviště ve fázi tvorby zrna. Hodnoty N-látek byly téměř u všech vzorků splněny. Krejčířová a kol. (2006) uvádí, že mouky v produkci ekologického zemědělství vykazují obsah N-látek nižší z důvodu omezených možností dodání dusíkatých látek do půdy v ekologické zemědělství.

Ve stanovení sedimentu byly provedeny dvě analýzy u všech vzorků. Sedimentační test dle Zelenyho a SDS test, který se provádí u šrotu. Výsledky testu dle Zelenyho jsou podprůměrné. Hodnoty se pohybují v rozmezí 8 – 25 ml. Šedivý a kol. (2013) hodnotí množství sedimentu takto: dobrý lepek 30 – 40 ml a velmi dobrý lepek

40 – 50 ml, žádný ze vzorku nedosáhl těchto hodnot, pouze vzorek hladké mouky pšenice seté, u kterého byl sediment stanoven na 25 ml. Beldrok a kol., 2000 uvádí takto nízké hodnoty jako nevyhovující pro pekařské účely, z hlediska předpokladu nižší kvality bílkovin v zrně. Tento fakt potvrzuje i Eckert a kol. (1993), který poukázal na pozitivní vztah mezi objemem pečiva a obsahem bílkovin v závislosti z hodnoty testu dle Zelenyho.

Obsah mokrého lepku byl naměřen v hodnotách 30,2 – 45,2 %. Faměra a kol. (2015) uvádí, že hodnoty mokrého lepku jsou v souladu s obsahem N-látek. To potvrzuje i Šedivý a kol. (2013), uvádí, že množství mokrého lepku v rozmezí 35 – 40 % je v souladu s hodnotami N-látek 12 – 14 % a nejlépe vyhovuje pekařským parametrům. Tomuto tvrzení nejlépe odpovídá celozrnná mouka špaldy bez pluch, která prokázala 37,5 % mokrého lepku a 12,14 % obsahu N-látek. I přes odpovídající hodnoty byl naměřen nízký objem pečiva u tohoto vzorku, důvodem můžou být nízké hodnoty gluten indexu, ty dokazují nižší kvalita lepku a stabilitu horkého gelu, která vede k narušení alfa amylázového komplexu.

V analýze Gluten index byly prokázány hodnoty 52 – 80 %. Optimální hodnoty GI se uvádí v rozmezí 82 – 89 %. Žádný ze vzorku nesplnil limit optimálních hodnot

GI. Hodnoty pod 82 % předpovídají nižší objem. Hodnoty nižší než 60 %, ukazují na velmi špatnou kvalitu lepku, takto nízké hodnoty potvrdily všechny celozrnné mouky. (Šedivý a kol., 2013).

Hodnoty pádového čísla byly stanoveny jako velmi vysoké. Burešová, Pavlík (2009) uvádí optimální hodnoty pádového čísla v rozmezí 220 – 250 s. Dle Pavlík (2009) hodnoty pádového čísla v rozmezí 200 – 300 s jsou ukazatelem žádoucí aktivity  $\alpha$ -amylasy. Do této kategorie se řadí 5 vzorků, které prošly analýzou, zbylých 12 vzorků podléhá hodnocení s nízkou aktivitou  $\alpha$ -amylasy (300 a více s). Tyto hodnoty značí předpoklad nižšího objemu výsledného pečiva.

Analýza metodou DON byla provedena u celozrnných vzorků, kde se případný výskyt mykotoxinů u bio mouk předpokládá z důvodů zachování obalových částí a absencí pesticidů v ekologickém zemědělství (Zemanová, 2013). Všechny vzorky prokázali hodnoty 0 ppm.

V reologickém hodnocení vzorků na přístroji Mixolab II., který posuzuje chování těsta a jeho reologické vlastnosti (Papoušková a kol., 2011), byla stanovena nejnižší jakost u celozrnné mouky špaldové bez pluch. Vzorek celozrnné mouky s pluchami byl v průběhu testování nestálý, v době vývinu těsta docházelo ke zvýšení pružnosti a odolnosti namáhání, dá se tedy předpokládat, že pluchy v těstě tvořily jednotný celek a udržovaly tak konzistenci celého těsta. V dalších parametrech vykazala spíše podprůměrné výsledky, to se projevilo i v senzorickém hodnocení. To potvrzuje i Příhoda, Humpolíková a Novotná (2003), ti nedoporučují využívat tyto obalové části z důvodu zhoršení kvality a zpracovatelnosti těsta, což vede k nižšímu objemu pečiva. V případě kombinace s hladkou moukou pšenice lze dosáhnout odpovídajícím hodnotám. U hladké mouky pšeničné byla prokázána vysoká kvalita (vysoká retrogradace škrobu, vysoká kvalita škrobu, optimální stabilita horkého gelu). Z poměru hladké mouky pšenice a celozrnné mouky špaldy s pluchami v rámci hodnocení těsta na přístroji Mixolab II. jako nejlépe vyhovující směs s vyšším podílem hladké mouky pšenice a to 70 % hladká mouka – pšenice + 25 % celozrnné mouky – špaldy s pluchami. Hladká mouka pšeničná byly naměřeny vysoké hodnoty retrogradace škrobu S přidavkem celozrnné moky špaldy s pluchy lze retrogradaci škrobu udržet v optimu. Pozitivním faktorem v této směsi je i její amplituda, ve které

celozrnná mouka s pluchami působí jako pojivo a dochází tak ke zvýšení pružnosti těsta.

Při zpracování těst docházelo k mazovatění u vozku hladké mouky pšenice a špaldy, to potvrzuje i Turkey HDS test (Tabulka 11), který potvrdil u těchto vzorků nízkou dobu vývinu těsta. Naopak celozrnné mouky vykázaly hodnoty vyšší. V případě směsí nebyl prokázán ideální poměr. S přidavkem celozrnné mouky s pluchami docházelo k snižování doby absorpce vody a doby vývinu těsta.

V rámci hodnocení objemu pečiva bylo hodnoceno pouze 11 vzorků, které byly určeny pro senzorickou analýzu. Objem pečiva se u těchto vzorků pohyboval v rozmezí 800 – 1400 cm<sup>3</sup>. Tyto hodnoty je nutné z hlediska poloviční receptury zdvojnásobit, tedy na rozmezí 1600 – 2800 cm<sup>3</sup>. Nejnižší objem prokázal bochník z celozrnné mouky neloupané pšenice špaldy, tuto skutečnost potvrzuje Zemanová (2013), která uvádí, že pečivo s vyšším podílem vlákniny, tuků předpovídá nižší objem pečiva. Nižší objem pečiva má za následek i vyšší obsah bílkovin u tohoto vzorku. Bylo prokázáno, že při navýšení optima bílkovin dochází k vyšší vaznosti vody, která ve výsledku snižuje objem pečiva (Humpl a Příhoda, 1985). Vyšší obsah bílkovin byl prokázán také u celozrnné mouky pšenice špaldy a směsi 50 % hladká mouka - špalda + 50 % celozrnná mouka - špalda bez pluch, který odpovídá i objemu pečiva, který byl u těchto vzorků nižší (2000 cm<sup>3</sup>) oproti ostatním vzorkům. Nejvyšší objem prokázal chléb z hladké mouky špaldy (2800 cm<sup>3</sup>) a chléb z hladké mouky pšenice (2700 cm<sup>3</sup>).

Výsledky senzorického hodnocení jsou jednoznačné. Respondenty nejméně oslovil chléb z mouky celozrnné špaldy s pluchami, tento chléb prokázal nízký objem a jeho textura byla hodnocena jako velmi tuhá, taktéž chuťově byl označen za nevyhovující. Je nutné podotknout, že v případě pečení chleba ze šrotu se doporučuje šrot před samotným zpracováním 24 hodin předem namáčet a nechat nabobtnat (Bernd, 2014). Tento krok byl z důvodu zachování jednotnosti postupu u všech bochníků vynechán. Tento fakt mohl být příčinou takto záporného hodnocení. V případě použití směsí v kombinaci celozrnné mouky špaldy s pluchami a hladké mouky pšenice seté (50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda s pluchami) a špaldové (50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - špalda s pluchami), nebyly ohlasy takto záporné, nicméně obě směsi byly hodnoceny nejhůře hned po samotném neloupaném šrotu. Nejvíce respondenty oslovil chléb z hladké mouky pšenice seté a

špaldy. Při tomto výsledku se nabízí jednoduché vysvětlení a to, že respondenti nejlépe hodnotili to, na co jsou zvyklí, dále také v důsledku textury chleba. U obou chlebů byl prokázán vysoký objem pečiva, dobrá chuť a texturu.

## 6 ZÁVĚR

---

Tato diplomová práce se zabývala možností využití chlebové mouky z celých klásků pšenice špaldy, tedy i s pluchami. Bylo provedeno reologické zhodnocení těsta na přístroji Mixolab II. pro predikci jakosti pečiva, dále proběhlo zhodnocení obsahu mykotoxinů. Pro komplexní zhodnocení kvality zrna byly zjištěny pekařské jakostní ukazatele. Na závěr bylo provedeno senzorické hodnocení pečiva.

Objem pečiva odpovídal složení směsí, nejnižší objem prokázal chléb z celozrnné mouky špaldy s pluchami, ale v kombinaci s hladkou moukou pšenice seté i pšenice špaldy se objem pečiva vyrovnal ostatním vzorkům. Lze tedy tvrdit, že pluchy samotné mají výrazný vliv na objem pečiva, ale v případě směsí v kombinaci s hladkou moukou lze dosáhnout optimálních hodnot objemu. V rámci senzorického hodnocení směsí s pluchami vyplývá, že směs 50 % hladká mouka špalda + 50 % celozrnná mouka - špalda s pluchami byla nejlépe akceptovatelná respondenty. To bylo potvrzeno i v rámci hodnocení reologických vlastností těsta, na základě Tukey HDS testu byla potvrzena, jako vyhovující směs 70 % hladká mouka pšeničná s přídavkem 25 % celozrnné mouky s pluchami.

U žádných z celozrnných vzorků nebyla prokázána kontaminace mykotoxiny.

Výsledky diplomové práce potvrdily, že využití celých klásků s pluchami při pečení je možné. Přítomnost rozdrčených pluch v pečivu ale nese řadu negativních faktorů, které výrazně ovlivňují chuť, strukturu a objem pečiva. Pluchy mohou v pečivu představovat přidanou hodnotu v podobě nestravitelné vlákniny a v kombinaci s hladkou moukou lze i vyhovět požadavkům na chuť spotřebitele.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

---

ABDEL, AAL, E-S.M, HUCL P, (2005): Spelt: A Speciality Wheat for Emerging Food Uses. In: ABDEL AAL E-SM, WOOD P, (Eds.), Speciality Grains for Food and Feed, American Association of Cereal Chemists Inc., Minnesota, pp. 109-142.

BERND, A. (2014): Chléb, ISBN 978-249-2383-3

BODNFIL, D. J., POSNER, E. S. (2012): Can vread wheat quality be determined by gluten index?, Journal of Cereal Science. 56. 115 – 118.

BOJŇANSKÁ, T., FRANČÁKOVÁ, H. (2002): The use od spelt wheat (*Triticum spelt* L.) for baking applications (1. 12. 2017), (Dostupné z: <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/52979.pdf>), Roslinná výroba, 141 – 147.

BUREŠOVÁ, I, PALÍK, S. (2009): Počasí jako faktor pekárenské kvality pšeničného zrna, Obilnářské listy 1/2009, (5. 1. 2016). Dostupné z: <http://www.vukrom.cz/obilnarske-listy/pdf-ol/obil-listy-1-09.pdf>

CAPOUCHOVÁ, I. (2003): Vliv odrůdy a agroekologických faktorů na škrobárenskou a pečivárenskou jakost ozimé pšenice. Praha. 198.

ČSN ISO 712 - Obiloviny a výrobky z obilovin - Stanovení vlhkosti - Praktická referenční metoda

ČSN ISO 5529 - Pšenice - Stanovení sedimentačního indexu - Zelenyho test

ČSN ISO 8589 - Senzorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště.

DOBRA SZCZYK, BOGDAN, J., CAMPBELL, GRANT, M., GAN, ZHILIN (2001): Bread- a unique food. In: Cereals a Cereal Products: Technology a Chemistry, Aspen Publishers, USA. 19. 180-232”

ECKERT, B., AMEND, T., BELITZ, H. D. (1993): The course of the SDS a Zeleny sedimentation tests for gluten quality a related phenomena studied using the light microscope. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A. 196. 122–125



EUROSTAT Statistics Explained: Agricultural production-crops, (11. 1. 2018), (Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural\\_production\\_-\\_crops#Cereals](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural_production_-_crops#Cereals))

FALLING NUMBER 1305, Perten: Návod k obsluze

FAMĚRA, O., MAYEROVÁ, M., BUREŠOVÁ, I., KOUŘIMSKÁ, L., PRÁŠILOVÁ, M. (2015): Influence of selected factors on the content and properties of starch in the grain of non-food wheat. *Plant Soil Environ.* 61: 241–246.

FÖRSTER, CH., WILMERSDORF, G., LUTZ, C., MÜLLER, E. (2004): Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe für eine umweltgerechte Getreideproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen. Final report of research project of Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung a Justus-Liebig-Universität Giessen.

FELDMAN, M. (2001): Origin of cultivated wheat. In: Bojean, H. P., Angus, W. J. (Eds.), *The world wheat book: A history of wheat breeding*, Lavoiser Publishing, Paris

GLUTOMATIC SYSTÉM PERTEN – manuál k obsluze Glutomatic 2200 a Centrifuge 2015

GUARDA G., PADOVAN S., DELOGU G. (2004): Grain yield, nitrogen-use efficiency a baking quality of old a modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy.* 21. 181-192.

HAMPL, J., PŘÍHODA, J. (1985): *Cereální chemie a technologie II*, Praha 1

HE, H., HOSENEY, R. C. (1991): Gas retention of different cereal flours, *Cereal Chemistry.* 68. 224-336

INGR, I., POKORNÝ, J., VALENTOVÁ, H. (1997): *Senzorická analýza potravin*, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, ISBN 80-715-7283-7.

JANOVSKÁ, D., STEHNO Z. (2010): Produkce osiva hlavních obilovin v ekologickém zemědělství. *Úroda*, 58(3): 37 – 40.

KADLEC, P. a kolektiv (2002): *Technologie potravin I*, Praha, VŠCHT, ISBN 80-7080-509-9

KATALOG ODRŮD KLEE AGRO s.r.o., 2016, (12. 1. 2018), (Dostupné z: <http://www.klee-agro.cz/obiloviny-jarni.pdf>)

KONVALINA, P., CAPOUCHOVÁ, I., KÁŠ M., JANOVSKÁ, D., ŠKEŘÍKOVÁ, A., MOUDRÝ, J. (2012): Pěstování a využití pšenice špaldy v ekologickém zemědělství. VÚRV, v.v.i., Praha, ISBN 978-80-7427-118-2

KONVALINA, P., MOUDRÝ, J. (2008): Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, ISBN 978-80-7394-131-4, s. 8-11

KONVALINA, P. a kolektiv (2010): Volba druhu a odrůdy pšenice v ekologickém zemědělství, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, ISBN 978-80-7394-230-4.

KONVALINA, P., GRAUSGRUBER, H. (2012): Pšenice špalda. Pěstování a využití minoritních obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. 43-62

KONVALINA, P. (2012): Pěstování a využití minoritních obilovin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, ISBN 978-80-87510-24-7.

KUČEROVÁ, J. (2004): Technologie cereálií. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, ISBN 80-7157-811-8.

KUČEROVÁ, J., MORÁVKOVÁ, E., (2004): Bílkoviny hlavním kritériem pekařské jakosti pšenice. In: Kračmar S., Veselý P., Mareš P., Vavrečka J. Proteiny 2004. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita V Brně, 2004, s 10-12. ISBN 80-7157-779-0.

KREJČÍŘOVÁ, L., CAPOUCHOVÁ, I., PETR, J. (2007): Protein composition a quality of winter wheat from ecological a conventional farming. Proceeding of conference „Organic farming 2007

KONVALINA, P., ZECHNER, E., MOUDRÝ, J. (2007): Breeding a variety testing of bread wheat – *Triticum aestivum* L. for organic a low input farming. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 98. ISBN 978-80-7394-039-3

- KREJČÍŘOVÁ, L., CAPOUCHOVÁ, I., PETR, J. (2007): Protein composition a quality of winter wheat from ecological a conventional farming. Proceeding of conference „Organic farming 2007“.
- KRIEGER, M. (2004): Bierspezialitäten aus Dinkel, Emmer und Einkorn. Schrift. Genetics Resources. 23: 176-181.
- MALÍŘ, F., OSTRÝ, V., (2003): Vlákňité mikromycety (plísňě), mykotoxiny a zdraví člověka. Brno, 349 s. ISBN 80-701-3395-3.
- MARQUART, L., JASOBS, D., MC INTOSH, G., REICKS, M., POUTANEN, K. (2007): Whole Grains a Health, Blackwell Publishers, ISBN 978-0-8138-0777-5.
- MATĚJOVSKÝ, K. (1955): Přehled pekařství: 1. díl: Suroviny, Praha, s. 148.
- MICHALOVÁ, A., HUTAŘ, M. (1998): Pšenice špalda, Výživa a potraviny, roč.53,č.6,str.186-188
- MOUDRÝ, J. (2011): Alternativní plodiny. Praha: Profi Press
- MOUDRÝ, A STRAŠIL, (1999): Pěstování alternativních plodin, Jihočeská univerzita České Budějovice. 165.
- MOUDRÝ, J., VLASÁK, M. (1996): Pšenice špalda – alternativní plodina, Metodiky pro zemědělskou praxi, UZPI Praha (Dostupné z: [http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Psenice\\_spalda.htm](http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Psenice_spalda.htm), 29. 11. 2015)
- MUCHOVÁ, J. (2001): Faktory ovplyvňujúce technologickú kvalitu pšenice a jej potravinárske využitie, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.
- NEDĚLNÍK, J., HAJŠLOVÁ, J., SÝKOROVÁ, S. (2005): Validáční studie Mykotoxiny – detekce, dynamika a podmínky kontaminace potravin a krmiv. Výzkumný ústav rostlinné výroby (online). (Dostupné z: [http://www.phytopsanitary.org/old/projekty/2005/VVF\\_01\\_2005.pdf](http://www.phytopsanitary.org/old/projekty/2005/VVF_01_2005.pdf)), (29. 12. 2017).
- PAPOUŠKOVÁ, L., CAPOUCHOVÁ, i., KOSTELANSKÁ, M., ŠKEŘÍKOVÁ, A., PROKINOVÁ, E., HAJŠLOVÁ, H., SALAVA, J., FAMĚRA, O., (2011): Changes in beking quality of winter wheat with defferent intensity of *Fusarium spp.* Contamination detected by means of new rheological systém mixolab. Czech J. Food Sci. 29: 420 – 429.

PALÍK, S. a kolektiv (2009): Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice, Kroměříž, ISBN 978-80-86888-07-1

PAŽOUT, V., HEMALOVÁ, V., ALDORFOVÁ, M. (2012): Hygiena a technologie vegetabilních produktů: hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekařských výrobků a těstovin. Vyd 1., Brno, 84 s. ISBN 978-807305-603-2.

PELIKÁN, M. (2001): Zpracování obilovin a olejnin, Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, ISBN 80-715-7525-9

PETR, J., HÚSKA, J. (1997): Speciální produkce rostlinná – I, 1. vyd. Praha: AF ČZU, 197 s., ISBN 80-213-0152-X

PETR, J., LOUDA, F. (1998): Produkce potravinářských surovin, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ISBN 80-7080-332-0

POKORNÝ, J. (1993): Metody senzorické analýzy potravin a stanovení senzorické jakosti, Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, ISBN 80-85120-34-8.

POKORNÝ, J., PANOVSKÁ, Z., VALENTOVÁ, H., (1998): Senzorická analýza potravin, Praha VŠCHT, ISBN 80-7080-329-0.

PRUGAR, J. (1999): Kvalita rostlinných produktů ekologického zemědělství, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, ISBN 80-7271-048-6, s. 22-23, 79

PRUGAR, J. a kolektiv (2008): Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí, Praha, ISBN 978-80-86576-28-2.

PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D., (2003): Základy pekárenské technologie, Pekař a cukrář s.r.o. Praha, ISBN 80-902922-1-6

PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. (2006): Cereální chemie a technologie I.: Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ISBN 80-7080-530-7.

SCHMIDT, R., HAUGSTÄTTER, M. (1997): Winterweizen und Dinkel im Sortenversuch aus Öko-Betrieben in Baden-Württemberg. Lebendige Erde

STEHNO, Z., (2001): Pěstování a možnosti využití pluchatých pšenice. *Farmář* 7, 18-21.

SUCHÝ, P. A HERZIG, I. (2005): Plísně a mykotoxiny: Prevence jejich vzniku a dekontaminace v krmivech. (ONLINE), BRNO, (Dostupné z: [www.bezpecnakrmiva.cz/soubory/2-studie\\_prof\\_sucheho.rtf](http://www.bezpecnakrmiva.cz/soubory/2-studie_prof_sucheho.rtf)), (16. 3. 2018).

ŠARAPATKA, B., URBAN, J. a kolektiv (2006): Ekologické zemědělství v praxi, PRO-BIO, 502 s.

ŠEDIVÝ, P., DOSTÁL, J., KOVAŘÍKOVÁ, D., MARTÍNEK, V. (2013): Pekařská technologie I., ISBN 978-80-903913-7-6.

ŠIMŮNEK, J. (2004): Mykotoxiny: Přehled nejdůležitějších mykotoxinů (online). (Dostupné z: [www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/plisne\\_a\\_mykotoxiny.pdf](http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/plisne_a_mykotoxiny.pdf)), (1. 2. 2018).

VÁCLAVÍKOVÁ, M., KONVALINA, P., HAJŠLOVÁ, J. (2012): Kvalita pšenice v ekologickém zemědělství. *Zemědělec*. 16. 33.

VELÍŠEK, J. (2002): *Chemie potravin 3*. OSSIS, Tábor, 343 s.

VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J., (2009): *Chemie potravin 2*. 3. vydání, Tábor, s 456 – 481. ISBN 978-80-86659-16-9.

VŠCHTE v Praze: *Prezentace Estrogenní látky*, (12. 12. 2017), (Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/11170461/#>)

XIE, X., CUI, S. W., LI, W., TSAO, R. (2008): Isolation a characterization of wheat bran starch. *Food Research International*. 41. 882 – 887.

ZAJÍC, J. (1985): *Princip potravinářských technologií a vody*, Praha, Nakladatelství technické literatury, s. 170.

ZEMANOVÁ, H. (2013): *BioAbecedář Hanky Zemanové*, ISBN 978-80-87049-30-3.

ZIMOLKA, K. A KOL. (2005): *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Praha: Profi Press s.r.o, 180 s., ISBN 80-86726-09-6

## 8 SEZNAM TABULEK

---

Tabulka 1: Chemické složení zrna pšenice špaldy a pšenice seté.....	20
Tabulka 2: Pěstování pšenice špaldy 2014 - 2016 v ekologickém zemědělství v ČR21	
Tabulka 3: Vývoj pěstitelských ploch pšenice špaldy v ČR.....	21
Tabulka 4: Ukazatele kvality zrna špaldy (konvenční x ekologické zemědělství) ....	23
Tabulka 5: Minimální požadavky na zařazení odrůd pšenice do jakostních skupin..	29
Tabulka 6: Hodnota čísla poklesu .....	29
Tabulka 7: Hodnota obsahu mokrého lepku .....	30
Tabulka 8: Hodnocení Zeleného testu .....	31
Tabulka 9: Optimální podmínky pro senzorickou analýzu .....	33
Tabulka 10: Výsledky pekařských parametrů (průměr dvou opakování).....	49
Tabulka 11: Výsledky hodnocení parametru C1 (Tukey HSD test) .....	51
Tabulka 12: Výsledky hodnocení parametru C2 (Tukey HSD test) .....	55
Tabulka 13: Výsledky hodnocení parametru C3 (Tukey HSD test) .....	56
Tabulka 14: Výsledky hodnocení parametru C4 (Tukey HSD test) .....	57
Tabulka 15: Výsledky hodnocení parametru C5 (Tukey HSD test) .....	58
Tabulka 16: Výsledky hodnocení parametru směrnice (Tukey HSD test) .....	59
Tabulka 17: Číslování a složení směsí .....	60
Tabulka 18: Výsledky senzorického hodnocení .....	66

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

---

Obrázek 1: Produkce obilovin EU za rok 2016 .....	22
Obrázek 2:Strukturní vzorec deoxynivalenolu.....	26
Obrázek 3:Strukturní vzorec zearalenonu.....	27
Obrázek 4:Schéma vedení kvasu .....	34
Obrázek 5: Zrna pšenice špalda ( <i>Triticum spelta</i> L.) s pluchami .....	38
Obrázek 6: Zrna pšenice špalda ( <i>Triticum spelta</i> L.) bez pluch .....	38
Obrázek 7: Mlýn CHOPIN TECHNOLOGIES Obrázek 8: Šrotovník.....	38
Obrázek 9: Mixolab II.....	39
Obrázek 10: Připravené vzorky Obrázek 11: Přístroj ROSA-M Reader	

Obrázek 12: Glutomatic Systém Perten .....	41
Obrázek 13: Destilační přístroj Pro-Nitro II    Obrázek 14: Block digest.....	42
Obrázek 15: Sedimetr.....	43
Obrázek 16: Falling Number.....	44
Obrázek 17: Bochníky chleba před pečením .....	45
Obrázek 18: Bochníky chleba po upečení.....	46
Obrázek 19: Proces pečení, pekárna MIWE FreshFoodSystem .....	46
Obrázek 20: Laboratorní objemoměr k měření objemu pečiva .....	47
Obrázek 21: Rozkrájené chleby: vzorek č. 1- 5 .....	48
Obrázek 22: Rozkrájené chleby: vzorek č. 6- 11 .....	48
Obrázek 23: Směs č. 1: celozrnná mouka pšenice, směs č. 2: celozrnná mouka špaldy bez pluch, směs č. 3: celozrnné mouka špaldy s pluchami. ....	61
Obrázek 24: Směs č. 4: hladká mouka pšeničná, směs č. 5: hladká mouka špaldová. ....	61
Obrázek 25: Směs č. 6: 50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka špalda s pluchami, směs č. 7: 50 % hladká mouka pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda s pluchami, směs č. 8: 50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - špalda bez pluch .....	62
Obrázek 26: Směs č. 9: 50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - špalda bez pluch, směs č. 10: 50 % hladká mouka – špalda + 50 % celozrnná mouka - pšenice, směs č. 11: 50 % hladká mouka – pšenice + 50 % celozrnná mouka - pšenice.....	62

## 10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Hodnocení vzhledu chlebů .....	63
Graf 2: Hodnocení textury chlebů.....	63
Graf 3: Hodnocení vůně chlebů .....	64
Graf 4: Hodnocení intenzity vůně chlebů .....	64
Graf 5: Hodnocení chutě chlebů .....	65
Graf 6: Hodnocení celkového domu .....	65

# 11 PŘÍLOHY

## DOTAZNÍK PRO HODNOCENÍ SENZORICKÝCH VLASTNOSTÍ CHLEBA

V dotazníku zaškrtněte vždy jednu možnost od každého vzorku.

Předem děkuji za Váš čas.

### **A. Hodnocení celkového vzhledu**

	atraktivní	méně atraktivní, uspokojivý	ještě přijatelný	nevzhledný
vzorek č. 1				
vzorek č. 2				
vzorek č. 3				
vzorek č. 4				
vzorek č. 5				
vzorek č. 6				
vzorek č. 7				
vzorek č. 8				
vzorek č. 9				
vzorek č. 10				
vzorek č. 11				

### **B. Hodnocení textury**

	velmi měkká	měkká	středně tuhá	tuhá	tvrdá
vzorek č. 1					
vzorek č. 2					
vzorek č. 3					
vzorek č. 4					
vzorek č. 5					
vzorek č. 6					
vzorek č. 7					
vzorek č. 8					
vzorek č. 9					
vzorek č. 10					
vzorek č. 11					



### C. Hodnocení vůně

	velmi příjemná	dosti příjemná	uspokojivá	ještě přijatelná	nepříjemná
vzorek č. 1					
vzorek č. 2					
vzorek č. 3					
vzorek č. 4					
vzorek č. 5					
vzorek č. 6					
vzorek č. 7					
vzorek č. 8					
vzorek č. 9					
vzorek č. 10					
vzorek č. 11					

### D. Hodnocení vůně intenzitní stupnice

	charakteristická, výrazná	charakteristická, méně výrazná	bez cizích pachů	pach nepatrně nakyslý	pach kyselý, cizí
vzorek č. 1					
vzorek č. 2					
vzorek č. 3					
vzorek č. 4					
vzorek č. 5					
vzorek č. 6					
vzorek č. 7					
vzorek č. 8					
vzorek č. 9					
vzorek č. 10					
vzorek č. 11					

### **E. Hodnocení chuti**

	vynikající, intenzivní	příjemná, méně intenzivní	méně příjemná, méně výrazná	nepříjemná netypická
vzorek č. 1				
vzorek č. 2				
vzorek č. 3				
vzorek č. 4				
vzorek č. 5				
vzorek č. 6				
vzorek č. 7				
vzorek č. 8				
vzorek č. 9				
vzorek č. 10				
vzorek č. 11				

### **F. Celkový dojem**

	vynikající	velmi dobrý	dost dobrý, dobrý	průměrný, uspokojivý	špatný, již nevyhovující
vzorek č. 1					
vzorek č. 2					
vzorek č. 3					
vzorek č. 4					
vzorek č. 5					
vzorek č. 6					
vzorek č. 7					
vzorek č. 8					
vzorek č. 9					
vzorek č. 10					
vzorek č. 11					