

**Univerzita Pardubice**  
**Fakulta chemicko-technologická**

**Základní parametry mouky**  
**Bakalářská práce**

**2022**

**Eliška Paukertová**

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Eliška Paukertová**  
Osobní číslo: **C19122**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**  
Téma práce: **Základní parametry mouky**  
Zadávací kategorie: **Katedra analytické chemie**

## Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši na téma výroba mouky a její chemické složení. Dále se zaměřte na metody a postupy, kterými se hodnotí vlastnosti a kvalita mouky.
2. V experimentální části práce stanovte vybrané ukazatele kvality mouky, kterými jsou například kyselost, obsah popela, velikost částic, vlhkost nebo aktivita vody. Tyto parametry stanovte u více druhů mouk a výsledky porovnejte.
3. Získané poznatky kriticky zhodnoťte a porovnejte s literaturou.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Hájek, Ph.D.**  
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**prof. Ing. Karel Ventura, CSc.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2022

## **Prohlašuji:**

Práci s názvem Základní parametry mouky jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 18.3. 2022

Eliška Paukertová v. r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce za jeho ochotu, čas, který mi věnoval a cenné rady panu Ing. Tomáši Hájkovi Ph.D. Dále bych chtěla poděkovat mojí rodině a přítelovi za podporu po celou dobu studia. A také Sázavské pekárně za poskytnutí vzorků a času, který mi věnovali.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce se zabývá hodnocením kvalitativních parametrů různých druhů mouky. V Teoretické části je popsána vlastnosti, výroba a složení mouky. V experimentální části byly stanoveny různé parametry mouky, například vlhkost, kyselost, obsah popela, obsah lepku nebo zrnitost. Tyto parametry byly mezi jednotlivými moukami porovnány a zhodnoceny.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

mouka, obilniny, pšenice, žito, vlhkost, obsah popela, kyselost, obsah lepku

## **TITLE**

Basic parameters of flour

## **ANNOTATION**

The evaluation of the quality parameters of different types of flour are the aim of this bachelor's thesis. The properties, production and composition of flour are described in the theoretical part and in the experimental part, various flour parameters were determined, for example moisture, acidity, ash content, gluten content or graininess. These parameters were compared and evaluated between individual flours.

## **KEYWORDS**

flour, cereals, wheat, rye, moisture, ash content, acidity, gluten content

# OBSAH

1	TEORETICKÁ ČÁST .....	12
1.1	Celková produkce obilovin .....	12
1.2	Nejvýznamnější druhy obilovin .....	12
1.2.1	Pšenice .....	12
1.2.2	Žito .....	15
1.3	Další druhy obilovin .....	16
1.3.1	ječmen .....	16
1.3.2	Oves .....	17
1.3.3	Rýže .....	17
1.3.4	Proso .....	17
1.3.5	Kukuřice .....	17
1.4	Složení obilného zrna .....	18
1.4.1	Anatomické složení obilného zrna .....	18
1.4.2	Chemické složení obilného zrna .....	20
1.5	Faktory ovlivňující kvalitu obilného zrna .....	24
1.5.1	Hnojiva .....	24
1.5.2	Klimatické podmínky .....	25
1.5.3	Sklizeň .....	25
1.5.4	Skladování .....	25
1.6	Technologie mlynářství .....	26
1.6.1	Příjem obilí .....	26
1.6.2	Kontrola jakosti zrn .....	26
1.6.3	Předčištění .....	27
1.6.4	Uskladnění obilí .....	27
1.6.5	Způsoby transportu obilí .....	28
1.6.6	Úprava obilí po příjmu ze skladů .....	29

1.6.7	Mletí obilí.....	30
1.7	Výrobky mlynářství.....	33
1.7.1	Rozdělení mouky .....	33
1.8	Základní analytické metody na stanovení kvality mouky.....	36
1.8.1	Stanovení vlhkosti.....	36
1.8.2	Stanovení kyselosti .....	37
1.8.3	Stanovení popela.....	38
1.8.4	Stanovení bílkovin .....	39
1.8.5	Stanovení lepku.....	40
1.8.6	Stanovení lipidů .....	41
2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	43
2.1	Vzorky k analýze.....	43
2.2	Metody stanovení.....	44
2.2.1	Stanovení vlhkosti mouky.....	44
2.2.2	Stanovení kyselosti .....	44
2.2.3	Stanovení popela.....	45
2.2.4	Stanovení zrnitosti .....	46
2.2.5	Stanovení obsahu mokrého lepku .....	46
3	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	48
3.1	Stanovení vlhkosti mouky.....	48
3.2	Stanovení kyselosti mouky .....	50
3.3	Stanovení popela v mouce .....	52
3.4	Stanovení zrnitosti mouky.....	54
3.5	Stanovení mokrého lepku v mouce.....	57
4	ZÁVĚR.....	59
5	POUŽITÁ LITERATURA .....	61



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Klas pšenice seté [8].....	14
Obrázek 2 – Zrno pšenice seté [8].....	14
Obrázek 3 – Klas pšenice tvrdé [8].....	14
Obrázek 4 – Zrno pšenice tvrdé [8].....	14
Obrázek 5 – Klas pšenice špaldy [8].....	15
Obrázek 6 – Zrno pšenice špaldy [8].....	15
Obrázek 7 – Klas žita setého [8].....	16
Obrázek 8 – Zrno žita setého [8].....	16
Obrázek 9 – Rozdíl klasů různých obilovin [16].....	17
Obrázek 10 – Anatomické složení obilného zrna [16].....	18
Obrázek 11 – Podlahová skladiště [38].....	27
Obrázek 12 – Obilná síla [39].....	28
Obrázek 13 – Mlecí stolice [41].....	31
Obrázek 14 – Mlecí válce [12].....	31
Obrázek 15 – Schéma vysévacího stroje a čističky krupice [42].....	32
Obrázek 16 – Vlhkost mouky a maximální vlhkost stanovená normou (červená čára).....	49
Obrázek 17 – Kyselost mouky a maximální kyselost stanovená normou (červené čáry).....	52
Obrázek 18 – Popel v mouce a maximální množství popela stanovené normou (červené čáry) .....	54
Obrázek 19 – Hodnoty propadu 257 $\mu\text{m}$ u vzorků pšeničné a špaldové mouky a jejich minimální propad 257 $\mu\text{m}$ stanovený normou (červená čára).....	56
Obrázek 20 – Hodnoty propadu 162 $\mu\text{m}$ u vzorků pšeničné a špaldové mouky a jejich minimální propad stanovený normou (červená čára).....	56
Obrázek 21 – Hodnoty mokrého lepku ve vzorcích pšeničné a špaldové mouky a jejich maximální množství mokrého lepku stanovené normou (červené čáry).....	58

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Světová produkce obilovin v roce 2019–2022 [1,2].....	12
Tabulka 2 – Rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice [3] .....	18
Tabulka 3 – Chemické složení obilovin [21].....	20
Tabulka 4 – Vzorokly k analýze .....	43
Tabulka 5 – Výsledky stanovení vlhkosti mouky a maximální daná vlhkost dle norem .....	49
Tabulka 6 – Výsledky stanovení kyselosti mouky a maximální kyselost mouky daná normami. $k$ – titrační kyselost mouky $S_k$ – kyselost mouky přepočtena na sušinu mouky, $S_{k,max}$ – maximální kyselost mouky přepočtena na sušinu daná normou .....	51
Tabulka 7 – Výsledky stanovení popela v mouce a maximální množství popela dané normami. $m_b$ – hmotnost vzorku, $m_a$ – hmotnost popela, $X$ – obsah popela ve vzorku, $X_{max}$ – maximální obsah popela daný normou.....	53
Tabulka 8 – Propady mouky sítím o velikosti ok 257 $\mu\text{m}$ a 162 $\mu\text{m}$ a minimální propady dané normou .....	55
Tabulka 9 – Výsledky stanovení mokrého lepku v mouce a maximální množství mokrého lepku dané normami. $m_{vz}$ – hmotnost vzorku mouky, $m_l$ – hmotnost lepku po vyprání vzorku, $X$ – množství lepku v sušině.....	57

## ÚVOD

Potravinářský průmysl je velmi oblíbený a rozšířený obor. Zabývá se zpracováním živočišných a rostlinných surovin za účelem výroby potravin, které pak končí na našich stolech. Každý den sníme několik druhů potravin a jedna z nich je pravděpodobně i mouka. Může mít mnoho podob. Je obsažena například v těstovinách, pečivu, ale může se využívat i jako zahušťovadlo v různých potravinách. Právě pečivo je první věc, která mě napadne, když se bavíme o výrobcích z mouky. Čím více je mouka kvalitnější, tím chutnější a hezčí je i výsledný výrobek a přesně to zákazník požaduje. Mouka obsahuje mnoho aspektů, které ovlivňují právě chuť, nebo strukturu a nadýchanost pečiva. Je to jakost, druh a složení obilného zrna, ze kterého se mouka vyrábí. Avšak ovlivňovat jí můžou i aditiva, které se do mouky přidávají pro zlepšení kvality. Pro pekárny je velmi důležité, aby jejich pečivo bylo chutné a dobře vypadalo, aby si jejich produkty lidé rádi kupovali. Cílem této práce je podrobněji se zaměřit na kvalitu mouky a provést analýzu parametrů, které ji ovlivňují. Mezi tyto parametry patří vlhkost, která je důležitá pro trvanlivost a konzistenci těsta. Dále také kyselost mouky, která určuje její stáří, a například obsah popela udává množství minerálních látek. Další parametr je zrnitost, která dopomáhá k určení homogenizované mouky a v neposlední řadě také množství lepku v mouce, jenž je důležitým parametrem pro objem a strukturu pekařského výrobku.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Celková produkce obilovin

Obiloviny jsou jedny z nejrozšířenějších plodin pro pěstování. Jen za rok 2021 se v ČR oselo 1 334 tis. hektarů osevní plochy a sklídilo se 8 227 tis. tun všech obilovin. Každým rokem produkce stoupá (v roce 2021 stoupla o 1,2 % a v roce 2020 dokonce o 6,3 %). Mezi obilovinami v ČR stále dominuje pšenice, a to zejména ozimá forma, která má zastoupení 53 % celkových osevních ploch. Celková plocha ČR osetá pšenicí činí 710 tis. ha a z toho se 523,1 tis. ha využilo pro potravinářské účely. Pšenice je také velmi populární i v jiných zemích EU, a to zejména v Číně a Indii. Zatím co ve světě je velmi populární kukuřice, u které produkce stoupla až na 1145,9 mil. Tun (tabulka 1). Dále se pak často setkáte s pěstováním ječmene, ovse, nebo také žita. Jejich hodnoty světové produkce jsou uvedeny v tabulce 1 [1,2].

Tabulka 1 – Světová produkce obilovin v roce 2019–2022 [1,2].

obilovina	2019/20 [mil. tun]	2020/21 [mil. tun]	2021/22* [mil. tun]
pšenice	761,5	773,1	781,1
ječmen	156,3	159	145,7
žito	12,7	14,1	13,7
oves	23,0	25,7	22,4
kukuřice	1123,9	1129,2	1207,3

\*... odhady pro rok 2021/22

## 1.2 Nejvýznamnější druhy obilovin

Obiloviny jsou nejvýznamnější surovinou pro tvorbu mouky, avšak ne všechny jsou pro tuto úlohu vhodné. Nejvíce se pro výrobu mouky používá pšenice a žito, ale můžeme se setkat i s moukami z ječmene, kukuřice či dalších druhů obilovin [3].

### 1.2.1 Pšenice

Pšenice je díky svým hospodářským vlastnostem a velkému využití jednou z nejvýznamnějších obilovin světa. Jen za jeden rok se jí sklídí celkově přes 700 milionů tun. Využívá se především pro potravinářský průmysl nebo se také může využívat jako krmivo pro zvířata. Je to velmi oblíbená plodina z důvodu velké adaptability a výtěžnosti, ale především je pěstována díky velkému množství obsahu lepku, který tvoří těsto viskózní a tažné, což jsou

žádoucí charakteristiky pro pekárenský průmysl. Právě díky lepku pak můžeme snáze zpracovávat a vytvářet pekárenské výrobky, nudle či těstoviny. Pšenice také kromě lepku obsahuje i jiné složky, jako jsou například minerály, vitamíny, vláknina a esenciální aminokyseliny. U každého druhu se obsah jednotlivých složek liší. I když má pšenice spoustu dobrých vlastností může také u člověka způsobovat intoleranci či alergie [4].

Již před 10–12 tisíci lety se pěstovaly druhy jako je pšenice jednozrnka či dvouzrnka, které se zpracovávaly pro potravu. V dnešních dnech jsou již vyšlechtěné druhy, které se liší od dřívějších forem počtem chromozomů. Zatímco jednozrnka a dvouzrnka mají 2 sady chromozomů, tak dnešní vyšlechtěné pšenice mají 6 sad chromozomů. Genetická konstituce pšenice je důležitá, protože všechny znaky kvality vyplývají z exprese genů a jejich interakce s okolím. Díky tomu mají také odlišné vlastnosti, jak kladné, tak i záporné. Dnešní vyšlechtěné druhy, kam spadá například pšenice setá, mají vyšší výnos díky pevnějšímu klasu, který se netříští při dozrání a díky tomu semena pšenice nepadají při sklizni na zem. Dalším kladným znakem je snazší oddělení pluchu od semene, díky tomu že pluchy nepřiléhají k obilí tak pevně jako dříve. Její další předností je i vyšší obsah lepku, který se v pekárenském průmyslu upřednostňuje. I když mají spoustu pozitivních vlastností mají i některé negativní. Dřívější formy pšenice měly vyšší nutriční hodnotu, jako je například obsah proteinů a stopových prvků. Dále obsahovaly i více karotenoidů které dodávaly chlebu více přirozenou žlutou barvu. Právě díky svým vlastnostem se každá forma pšenice využívá na něco jiného. Dřívější nevyšlechtěné formy se také využívají v dnešní době. Využívají se spíše do salátů, polévek, sušenek, pilafů, nekynutých cereálních výrobků a ty vyšlechtěné využívají spíše pekaři do svých výtvorů [4, 5].

Botanicky je pšenice různorodá rodina příbuzných trav. Existují desítky jednotlivých druhů spadající pod rod *Triticum*. Z toho pouze pět jich je široce pěstováno. Spadá sem pšenice setá (*T. aestivum*), pšenice tvrdá (*T. durum*), pšenice jednozrnka (*T. monococcum*), pšenice naduřelá dvouzrnka (*T. turgidum*), Timopheevova pšenice (*T. Timopheevii*). Jednotlivé odrůdy se mohou lišit tvrdostí endospermu, červenou nebo bílou barvou otrub, zvykem růstu v zimě či létě [6].

### 1.2.1.1 Pšenice setá

Pšenice setá představuje jednu z nejdůležitějších polních plodin na světě. Například v roce 2009 byla celková světová sklizeň přibližně 680 miliónů tun. Na rozdíl od ostatních obilných zrn, pšenice setá obsahuje mnoho lepku, díky kterému je těsto elastické a viskózní. Mouka z pšenice se využívá hlavně do těstovin a pečiva, ale také se výjimečně pšeničná zrna využívají v pivním průmyslu ve formě pšeničného sladu [7].



*Obrázek 1 – Klas pšenice seté [8]*



*Obrázek 2 – Zrno pšenice seté [8]*

### 1.2.1.2 Pšenice tvrdá

Pšenice tvrdá je druhá nejrozšířenější pěstovaná pšenice hned po pšenici seté. Pochází z oblasti Středomoří. Pěstuje se převážně v oblastech se sušším podnebím například v Kazachstánu, nebo Kanadě. Obsahuje velké množství lepku, vlákniny, malá a tvrdá škrobová zrna a při hnětení těsta je potřeba hodně vody na rozdíl od měkké pšenice. Používá se převážně pro výrobu těstovin [9].



*Obrázek 3 – Klas pšenice tvrdé [8]*



*Obrázek 4 – Zrno pšenice tvrdé [8]*

### 1.2.1.3 Pšenice špalda

Pěstování tohoto typu pšenice není tak rozšířené jako u pšenice seté, ale v posledních 20 letech se zemědělci naučili pracovat s touto pšenicí a dnes je to již celkem známá plodina. Špalda není moc náročná na podmínky pěstování, snese nadbytek vláhy, má nízké nároky na teplotu a je i mrazuvzdorná. Má vysokou pekárenskou jakost a obsahuje dostatek lepku a minerálních látek. I přesto, že má díky své frakční stavbě bílkovin vyšší nutriční kvalitu, tak z hlediska technologické stránky je na tom hůře než pšenice setá a má díky tomu horší vlastnosti pro pečení. Právě proto se používá spíše na nekynuté celozrnné výrobky, nebo na výrobu těstovin [10].



Obrázek 5 – Klas pšenice špaldy [8]



Obrázek 6 – Zrno pšenice špaldy [8]

## 1.2.2 Žito

Po světě je žito velmi oblíbená plodina. Hned po pšenici je druhá nejvyužívanější obilnina pro výrobu chleba, ale má i mnoho jiných využití. Jeho velkou výhodou je nenáročnost na podmínky pěstování. Dá se pěstovat i v oblastech, které nejsou pro ostatní obiloviny vhodné jako jsou písčité půdy s nízkou úrodností, nebo drsnějším podnebím. Žito spadá do čeledi lipnicovitých. Jeho nejpěstovanějším druhem je žito seté (*Secale cereale*). Pro zemědělce je nejatraktivnější pěstovat nevyšlechtěnou verzi žita se 7 páry chromozomů a poté ještě vyšlechtěnou verzi žita se 14 páry chromozomů, která se pěstuje v menším množství v Evropě. Rozdíl mezi nimi není tak veliký jako u pšenice, jelikož je žito dosti nenáročné na pěstování a dá se pěstovat v mnoha různých životních podmínkách, proto se na jeho zlepšení a rozvoj nevytlačilo tolik úsilí jako u pšenice. Žito se nejčastěji pěstuje na podzim a říká se mu „zimní žito“. Má velkou rozmanitost využití, například zemědělci ho využívají jako krmivo pro zvířata, či se dá využít i jako vstupní surovina pro destilaci alkoholu [11].



### 1.2.2.1 Žito seté

Stejně tak jako u všech ostatní odrůd žita, tak i žito seté se cení zejména pro jeho vysokou odolnost k horším ekologickým podmínkám a snášenlivosti ke kyselým půdám. Proto se převážně pěstuje ve vysokých polohách, a dokonce se dá pěstovat i v horských oblastech. Oproti ostatním druhům má lepší vlastnosti pro pečení. Mouka z žita setého se využívá zejména na výrobu chleba, perníků či knäckebrotů. Díky svému složení zvyšuje výživovou hodnotu. Žito obsahuje velmi malé množství lepku. Obsahuje však velké množství pentozanů, které částečně nahrazují lepek a kladně ovlivňují technologickou kvalitu výsledného těsta. Bývalo velmi populární hlavně v polovině 20. století, ale v současnosti po něm není taková poptávka a produkce se snížila. V roce 2009 byla produkce žita přibližně 200 tisíc tun [12]. V roce 2021 už je to necelých 14 tisíc tun [1].



Obrázek 7 – Klas žita setého [8]



Obrázek 8 – Zrno žita setého [8]

## 1.3 Další druhy obilovin

Ostatní druhy obilovin se nevyužívají pro výrobu mouky tak hojně, jako pšenice a žito, ale občas se můžeme setkat i s jinými druhy mouky, než žitná a pšeničná.

### 1.3.1 ječmen

Pravděpodobně nejstarší pěstovanou obilovinou na světě je právě ječmen. Pěstuje se především jako krmivo pro zvířata, nebo pro sladovnické a pivovarské účely. Dříve se z ječmene vyráběla i mouka, která se používala jako přísada do pekařských výrobků jako je například chleba, či vdolky, ale pečivo pak nebylo tak kypré a vyklenuté, jak by bylo třeba. Ječmen totiž neobsahuje dostatek bílkovin, které zajistí nakypřenou strukturu, zato obsahuje mnoho vlákniny [12].



### 1.3.2 Oves

Oves se dříve nevyužíval na pečivo, ale spíše k léčebným účelům, jelikož látky v něm obsažené pomáhají předcházet srdečním chorobám. Proto se stal populárnější pro lidskou výživu. Oves není vhodný pro výrobu pekařských výrobků, jelikož obsahuje malé množství lepku a těsto by pak nebylo dostatečně tažné a pružné. Používá se spíše pro výrobu kaší, vloček, cereálií, a hlavně pro krmné účely [12, 13].

### 1.3.3 Rýže

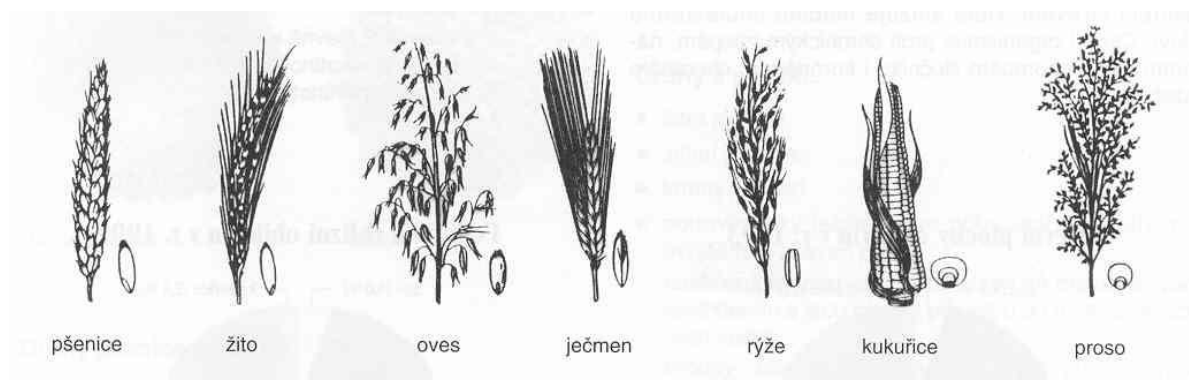
Rýže je nejrozšířenější obilovinou využívanou pro konzumaci. Využívá se zejména jako příloha v podobě bílých bezpluchatých zrn, nebo se z ní vyrábí mouka, která se pak přidává do bezlepkových směsí. Využívá se také pro výrobu kaší, jelikož se snadno rychle rozvaří [14].

### 1.3.4 Proso

Proso patří v Evropě spíše mezi netradiční obiloviny. Proso je u nás známo spíše pod pojmem jáhly, což jsou loupaná leštěná zrna žlutavé barvy. Z jáhlů se vyrábí zejména kaše, nákypy a v poslední době také müsli směsi. Proso se také využívá pro tvorbu mouky, ale ne tak hojně jako ostatní obiloviny. Používá se zejména v kombinaci s žitnou moukou na výrobu běžného pečiva, sušenek či nudlí [12].

### 1.3.5 Kukuřice

Kukuřice se využívá převážně pro výrobu krupice, ale také se z ní vyrábí mouka. Mouka z kukuřice je významná tím, že neobsahuje lepek a může se používat do bezlepkových výrobků vhodných pro celiaky. Tvoří se z ní chleby, cornflakes, crackery, placky nebo různé křupky. Nejde také opomenout využití kukuřice k výrobě alkoholu, lihovin a biopaliv [12, 15].



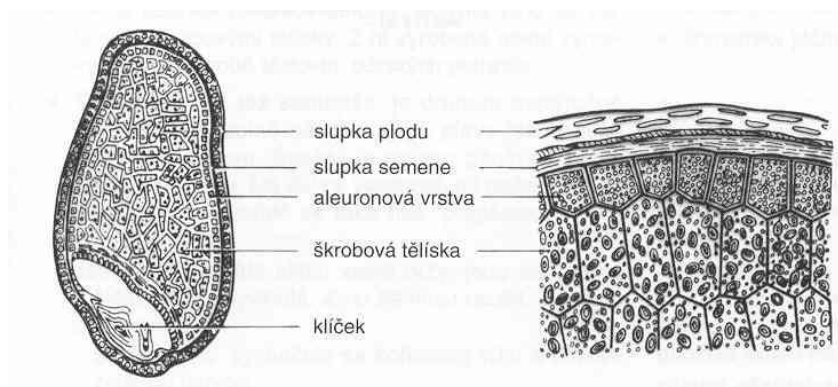
Obrázek 9 – Rozdíl klasů různých obilovin [16]

## 1.4 Složení obilného zrna

Obilné zrna má složitější strukturu, než se na první pohled může zdát. Skládá se z několika obalových vrstev a mnoho chemických látek, které plní svoji danou funkci. Vlastnosti každé mouky jsou ojedinělé právě díky složení obilných zrn. Každý druh je jiný a obsahuje i jiné množství látek či odlišné složky.

### 1.4.1 Anatomické složení obilného zrna

Obilné zrna je složeno z několika vrstev. Těmi jsou slupka plodu a slupka semene, kterým se také říká otruby. Dále se v zrna nachází aleuronová vrstva a také škrobová zrna uložená v endospermu. Nejmenší, ale dosti důležitá složka je také klíček (Obrázek 10).



Obrázek 10 – Anatomické složení obilného zrna [16]

Rozdíly ve skladbě částí obilky mezi pšenicí a ostatními obilovinami nejsou výrazné (Tabulka 2). Největší část zrna zabírá endosperm (až 88 % obilky) a nejmenší část klíček (do 4 % obilky). Výjimkou je kukuřice, která má odlišné procentuální zastoupení klíčku, oplodí a osemení.

Tabulka 2 – Rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice [3]

Část zrna	Rozmezí podílu (%hm.)
Oplodí a osemení	3,5–9,5
Aleuronová vrstva	4,6–10,4
Endosperm	80,1–88,5
Klíček	2,3–3,6

### 1.4.1.1 Obalové vrstvy

- **Oplodí a osemení (slupka plodu a slupka semene)**

Na povrchu obilného zrna se nacházejí dvě vrstvy. Nazývají se oplodí a osemení, ale také se jim říká otruby. Tyto vrstvy mají stejnou funkci, a to chránit zrno před vnějšími vlivy, aby se zrno nepoškodilo, nebo se dovnitř nedostaly škodlivé látky. Obsahují velké množství vitamínů a minerálů. Mají tudíž vysokou výživovou hodnotu, a pokud mlynáři chtějí vytvořit celozrnnou mouku (kterou poznáte díky její našedivělé barvě), nechávají při mletí otruby spolu s ostatními vrstvami na zrna a semelou je zároveň se zrnem. Díky nim má pak i výsledná mouka více výživných látek [17].

- **Aleuronová vrstva**

Aleuronová vrstva se nachází mezi obalovými vrstvami a třetí vrstvou nazývanou endosperm. Je to měkká část zrna, složená z větších buněk, která má vysoký obsah bílkovin (trojnásobně větší než v endospermu) a enzymů. Má vysoký obsah vitamínů a nejvyšší obsah minerálních látek ze všech složek zrna. Aleuronová vrstva jde ruku v ruce s oplodím a osemením tudíž se může rozemlít spolu s endospermem a využívat pro výrobu celozrnné mouky, nebo se ze zrna může odstranit společně s otrubami. Všechny tyto možnosti se vyhodnocují podle podmínek mletí a výsledném druhu mouky. Je bohatým zdrojem vlákniny, fytové kyseliny, rostlinných sterolů a polyfenolů [18].

- **Endosperm**

Endosperm je nejspodnější a nejrozsáhlejší část zrna nacházející se pod aleuronovou vrstvou. Skládá se z mnoha buněk, které jsou obklopeny buněčnou stěnou bohatou na pentozany. Uvnitř endospermu se vyskytují škrobová zrna uskladněná v bílkovinné matici a další živiny důležité pro klíčení zárodku. Úkolem endospermu je ochránit tyto škrobová zrna, aby se nepoškodila. Škrobové granule totiž podléhají mechanickému poškození při zpracovávání zrn, které pak obnažují vnitřek granulí a škrob mnohem snadněji podléhá hydrolyze amylázami. Nadměrné poškození škrobových zrn může mít za následek lepkavou strukturu konečného produktu [19].

- **Klíček**

Klíček neboli embryo tvoří nejmenší část zrna a je zodpovědná za vývoj a růst nové rostliny. Je zdrojem bílkovin a enzymů, dále také vitamínů, minerálních látek, rostlinných sterolů a dalších biologicky aktivních látek. Je velmi náchylný na oxidační a enzymatické změny,

čímž by zhoršoval kvalitu výrobku, a proto se tato část při výrobě mouky odstraňuje. Pokud by se však klíček zpracoval k potravinářskému použití, musí být jeho enzymy inhibovány během několika hodin, jinak by se projevil nežádoucí chuťové a pachové změny. Klíčky obsahují nejvíce lipidů ze všech částí zrna, a proto se z nich u některých druhů obilovin lisuje olej [20].

## 1.4.2 Chemické složení obilného zrna

Obiloviny jsou zdrojem všech výživově významných látek. Obsahují sacharidy, bílkoviny, lipidy, vitamíny a minerální látky. Avšak tyto živiny nejsou v zrně zastoupeny ve stejném množství. Každý druh obilovin má své specifické složení (Tabulka 3) a díky němu i vlastnosti. Pro spotřebitele je pak nejdůležitější množství bílkovin (zejména lepku) a škrobu [20].

Tabulka 3 – Chemické složení obilovin [21]

Obilovina	Voda [%hm.]	Škrob [%hm.]	Bílkoviny [%hm.]	Lipidy [%hm.]	Minerální látky [%hm.]
Pšenice	13,2	59,2	11,7	2,2	1,5
Ječmen	13,7	52,4	11,6	1,7	1,9
Žito	11,7	52,2	10,6	2,1	2,3
Oves	13,0	40,1	12,6	5,7	2,9
Rýže	13,1	70,4	7,4	2,4	1,2
Kukuřice	12,5	62,6	9,2	3,8	1,3

### 1.4.2.1 Sacharidy

Sacharidy mají v obilném zrně několik důležitých funkcí. Jedna z nich je funkce stavební. Tyto sacharidy tvoří především stěny zrna a slouží jako mechanická ochrana buněk. Ty jsou pro člověka stravitelné. Zbylé sacharidy mají zásobní funkci a slouží jako zásoba a zdroj energie, avšak jsou pro člověka nestravitelné [22].

- **Monosacharidy**

Monosacharidy se volně v zrně vyskytují jen ojediněle, a to zejména v klíčku. Do mouky se pak po vymletí dostává pouze 1–3 % monosacharidů. Spadá sem hlavně glukóza, fruktóza a v malém množství pak ještě arabinóza, xylóza, ribóza [12].

- **Oligosacharidy**

Pro oligosacharidy jsou charakteristické vlastnosti sladivost a rozpustnost ve vodě. V obilovinách slouží jako zásobní forma. Významné oligosacharidy v obilovinách jsou maltóza (vzniká hydrolyzou škrobu), isomaltóza, sacharóza, a nízkomolekulární dextriny [12].

- **Vláknina**

Tvoří ji jedlé části rostlin, převážně uhlíkové polymery, které však lidské střevo není schopno strávit ani vstřebat. Má pozitivní vliv na zdraví a vykazuje mnoho příznivých účinků pro člověka. Má pozitivní vliv na gastrointestinální trakt, ovlivňuje peristaltiku střev, podporuje rozvoj a aktivitu zdravých prospěšných mikroorganismů ve střevě, reguluje hladinu glukosy, insulinu a krevního cholesterolu. V obilovinách má žito nejvyšší obsah vlákniny a pšenice jí obsahuje nejméně [22].

**$\beta$ -glukany** jsou součástí vlákniny a jsou složeny z molekul  $\beta$ -glukosy. Jsou obsaženy zejména v ječmeni a ovsu. Vlastnosti se odvíjejí od jejich struktury. Mají vliv na pocit sytosti, jelikož zvyšují viskozitu v lidském střevě. Množství  $\beta$ -glukanů v zrně je však ovlivňováno genotypem obiloviny, klimatickými podmínkami, agronomickými vstupy, posklizňovými změnami.

**Pentozany** patří do skupiny polysacharidů vlákniny. Jsou důležitou součástí obilovin, které neobsahují dostatek lepku, aby výrobek dosáhl požadované struktury. Mají schopnost vytvářet po namočení do vody gelovitou viskózní strukturu. Nejvíce pentozanů obsahuje žito, kde nahrazuje chybějící lepek. Dělí se na: ve vodě extrahovatelné, které ovlivňují kvalitu mouky pozitivně a na neextrahovatelné, které ji ovlivňují negativně [22].

- **Škrob**

Je to nejvíce zastoupený sacharid v obilném zrně a zároveň i nejvýznamnější. Vyskytuje se ve formě škrobových zrn. Jeho významné vlastnosti jsou nerozpustnost ve vodě a mazovatění. Pokud škrob ponoříme do studené vody začne pomalu bobtnat. Když ale zahřejeme vodu na 50–70 °C dojde k mazovatění škrobu. Když teplota začne klesat z mazu se stane hustý gel, který ve své molekulové mřížce obsahuje velké množství vody. Při dosažení teploty přibližně 0 °C dojde k jevu zvanému retrogradace, při které se gel zbavuje vody a začíná tuhnut. Tato jeho schopnost má veliký vliv v pečárenském průmyslu při tvorbě a zrání těsta a pečení. Pokud po procesu pečení pečivo zchladne nastane retrogradace, což určuje strukturu a texturu

pečiva. Zároveň se retrogradace podílí na stárnutí pečiva. Při zpracování je důležité, v jakém stavu se škrob nachází. Při skladování a přípravě obilí k mletí jsou některá zrna vždy poškozeny buďto enzymaticky (amylázami) nebo mechanicky. Částečné poškození je příznivé, jelikož se ze zrna uvolní maltóza, kterou pak využívají kvasinky pro fermentaci při zrání a kynutí těsta. Zároveň má úroveň poškození vliv na glykemický index výrobků. Čím vyšší úroveň poškození tím vyšší glykemický index [23].

#### 1.4.2.2 Bílkoviny

Bílkoviny jsou tvořeny aminokyselinami. Hlavními aminokyselinami v obilném zrně jsou glutamin, prolin a leucin. Vlastnosti bílkovin závisí na strukturním uspořádání a složení aminokyselin. Tuto danou funkci však mohou i ztratit či pozměnit, a to procesem nazývaným denaturace, což je způsobeno změnou teploty, tlaku, fyzikálních, nebo chemických faktorů, které mohou negativně pozměnit strukturu aminokyselin a tím i jejich funkci. Tento děj nastává například při vaření mouky či pečení. Denaturace však může mít v potravinářském průmyslu i příznivé účinky. Hlavní pozitivní účinek denaturace je zvýšená stravitelnost a údržnost potravin. Dále to můžeme pozorovat ve formě změny barvy kůrky, textury, konzistence, chuti a vůně potravin. Tudíž je zřejmé, že denaturace bílkovin je při výrobě pečiva jedním z hlavních biochemických dějů [12].

Bílkoviny v obilovinách se podle rozpustnosti v roztocích dělí do 4 skupin:

- Albuminy – rozpustné ve vodě
- Globuliny – rozpustné ve zředěných roztocích solí
- Prolaminy (u pšenice nazývány jako gliadiny) – rozpustné ve zředěném ethanolu
- Gluteliny – rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad [12]

V obilném zrně jsou hlavními bílkovinami prolaminy (gliadiny) a gluteliny které tvoří lepek [24].

- **Lepek**

Lepek je, jak již bylo zmíněno, složen ze dvou bílkovin, a to gliadinů a glutelinů. Tyto bílkoviny nejsou rozpustné ve vodě, a tak lze lepek z mouky získat vypíráním těsta pod vodou. Prolaminy dodávají lepku tažnost a gluteliny zase pružnost. To jsou typické vlastnosti lepku. Díky němu je těsto vláčné a nadýchané. Lepek je nejvíce obsažen v pšenici a dále také v ječmenu a malé množství najdeme i v žitu a ovsu [25].

Jakostí lepku je určena síla mouky, která je spjata s vazností vody. Jelikož při míchá mouky s vodou se gliadiny a gluteniny spojují a vytváří mezi sebou vazby. Tímto způsobem se tvoří síť lepku, která má schopnost zachytit vzduchové bublinky. Tato síť pak zajišťuje nadýchanou strukturu, tažnost a pružnost těsta, umožňuje mu se zvětšovat a udržovat pevnost během pečení [26].

Lepek se sám o sobě může v potravinářství používat jako zahušťovadlo, látka zvýrazňující chuť, nebo jako bílkovinný doplněk. Díky tomu, že zlepšuje chuť, používá se do vývarů, směsí koření, kávy nebo octa. Dokonce ho můžeme najít i na dopisní obálce, kde uplatňuje své lepidivé a pojivové vlastnosti. Lepek jako součást obilného zrna se pak používá pro výrobu cereálií, pečiva, ale může být i složkou polévkových bujónů, omáčkách či kečupech [27].

### **1.4.2.3 Lipidy**

V zrně slouží hlavně jako zdroj energie, zdroj bioaktivních látek (esenciální mastné kyseliny), nosiče minoritních látek, ale také dodávají potravinám chuť a texturu. Mají také důležitou funkci při výrobě těsta, a to zejména fosfolipidy, které působí jako povrchově aktivní látky při tvorbě homogenní struktury těsta. Také se většina z nich při hnětení váže do struktury pšeničného lepku. Lipidy v obilovinách nejsou nejvýznamnější součástí. Žito, pšenice a ječmen obsahují přibližně 3 % lipidů, oves a kukuřice jsou na lipidy trochu bohatší a obsahují 5–9 %. Lidé využívají převážně lipidy obsažené v klíčku, ze kterých se vyrábí lisovaný olej [28].

### **1.4.2.4 Vitamíny a minerální látky**

Vitamíny se v zrně vyskytují hlavně v obalových vrstvách a v klíčku. V endospermu mnoho vitamínů nenajdeme. Vyskytují se zde hlavně vitamíny skupiny B ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_6$ ), ale najdeme zde i vitamín A ve formě  $\beta$ -karotenu. Po vymletí zrn v mouce zůstane 10–40 % původního množství vitamínů [26].

Minerální látky se vyjadřují pomocí množství popela, který se získá zpopelněním. Nejvíce minerálních látek je obsaženo v aleuronové vrstvě, která obsahuje 56–60 % minerálních látek. Dále pak endosperm obsahuje 20–26 % a oplodí a osemení 7–10 %, dokonce i klíček obsahuje minerální látky a to 2–4 %. Velikou část minerálních látek zaujímá hořčík anebo vápník. Toto rozložení je však v každém druhu obiloviny rozloženo jinak [26].

## **1.5 Faktory ovlivňující kvalitu obilného zrna**

Kvalita zrna je dána zejména genetikou. Jsou to určité vlastnosti, které se dědí u dané odrůdy. Kvalita zrna může být ovlivněna i jinými faktory než jen odrůdou, např. prostředím ve kterém se zrno pěstuje, nebo jak často a čím zrno hnojíme [29].

Důležité parametry pro hodnocení kvality zrna je vlhkost, velikost částic, kyselost a obsah minerálních látek. Nejdůležitější parametr, podle kterého se hodnotí kvalita zrna je však obsah lepku. Jedna třetina obsahu bílkovin (lepku) je dána genetickým původem a zbytek je ovlivněn vnějšími faktory. Další ukazatel jakosti pak může být obsah dusíkatých látek, či sacharidů. Kvalita zrn je pro zemědělce velmi důležitá, jelikož ovlivňuje jejich výkupní cenu. Nejde totiž jen o kvantitu, ale i o kvalitu [30].

### **1.5.1 Hnojiva**

Výnos pšeničného zrna a jeho kvalita je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících výkupní cenu obilovin. Pro dosažení co nejvyšších výnosů a kvality zrna mohou zemědělci uplatňovat a kombinovat širokou škálu agronomických opatření, jako je vhodné střídání plodin v osevních sledech, hnojení a ochrana porostů pšenice a různé technologické postupy [30].

Potřeba dusíku u pšenice závisí na výši očekávaného odběru této živiny rostlinami. Při kalkulaci dusíkatého hnojení je nejprve potřeba přihlédnout k přísunu mineralizovaného dusíku z půdy. Přeměna dusíku v půdě probíhá ve vegetačním období nerovnoměrně a je ovlivněna především půdními vlastnostmi a klimatickými podmínkami. Při stanovování dávky dusíkatého hnojiva je vedle půdních vlastností důležité zohlednit také další faktory jako předplodinu, typ odrůdy, odnožování a aktuální počasí [31].

#### **1.5.1.1 Konvenční a ekologické pěstování**

Hlavním rozdílem mezi konvenčním a ekologickým pěstováním je jejich cíl. U konvenčního pěstování se klade velký důraz na kvantitu obilovin a následný výnos. Tudiž se využívá podpůrných prostředků (průmyslová hnojiva, pesticidy, regulátory růstu...), aby se urychlil růst obilovin a mohlo se co nejrychleji sklídit velké množství obilovin. U ekologického pěstování se spíše klade důraz na kvalitu obilovin a místo chemických látek se využívají biologická hnojiva, což pak také způsobuje menší výnos než u konvenčního pěstování, ale také menší chemické znečištění. U konvenčního pěstování se zjistilo, že na konci pěstitelské doby je v zrnu více dusíkatých látek, což pak dále souvisí s vyšším množstvím lepku a vody



než u pěstování ekologického. Tudiž jsou zrna pěstovaná konvenčním způsobem technologicky kvalitnější, ale za cenu větší chemické toxicity.

### **1.5.2 Klimatické podmínky**

Při pěstování obilovin se musí zemědělci přizpůsobovat klimatickým podmínkám. Nesprávné klimatické podmínky mohou mít negativní dopad na růst obilovin. Nejdůležitější faktory, které kvalitu ovlivňují jsou teplota, vlhkost, sluneční záření a množství srážek [32].

Srážky ovlivňují obsah bílkovin a celkovou kvalitu. Při malém množství srážek mají rostliny málo vody a odráží se to negativně na množství dusíkatých látek. Pokud zrno v období tvorby obilky má málo vlhkosti, nevydaří se tak velká úroda, jak kdyby bylo vlhkosti dostatek. Zároveň ale mnoho vlhkosti snižuje množství dusíkatých látek v obilce [30].

Teplota je nejdůležitější při dozrávání. V tomto období je optimální teplota pro tvorbu velkého množství bílkovin 22–25 °C. Při teplotě nad 30 °C se už tvoří drobná scvrklá zrna. Sluneční záření podporuje fotosyntézu, a tak i tvorbu sacharidů [30].

### **1.5.3 Sklizeň**

Při sklizni je důležité, aby obilí dosáhlo plné zralosti zrna. V tomto období je zrno zaschlé, tvrdé a těžko se láme. Nedochozí tedy k mechanickému poškození zrna, které je nežádoucí. Dále se zrno vymlacuje mlátičkou. Zde by mohlo dojít právě k mechanickému poškození zrna, proto se mlátička nastavuje podle vlhkosti zrna. Sušší zrna jsou více náchylná k poškození jak ta v optimální vlhkosti. Optimální vlhkost zrna je 13,2–14,3 % [33].

Obilná hmota při sklizni obsahuje nežádoucí příměsi například: semena plevelů, hrudky hlíny, prach, organické a anorganické nečistoty nebo zrna jiných obilovin. Tyto složky nepříznivě ovlivňují kvalitu zrna a mají nepříznivý vliv na skladovatelnost [34].

### **1.5.4 Skladování**

Zachovat kvalitu obilí je úkolem hlavně pro dlouhodobé skladování. Někdy se obilí může skladovat i rok či více. Při skladování je velmi důležité zachovat pekárenský či těstárenský potenciál sklizeného obilí co nejdéle [35].

V obilném zrně probíhá mnoho biochemických procesů, které znehodnocují kvalitu zrna. Zrno se snaží stát zárodkem nové rostliny, a tak v období posklizňového dozrávání dochází k chemickým a enzymatickým procesům. Pro pekárenské zpracování je nezbytné, aby bílkoviny, sacharidy a enzymy zachovaly svou chemickou strukturu [36].

Při skladování dochází pomocí dýchání k spotřebovávání biopolymerů a přeměně na oxid uhličitý a vodu. To má za následek uvolnění tepla a přehřívání obilných zrn, což může snižovat životaschopnost. Vlivem dýchání se také můžou na povrchu zrna tvořit kapky vody, které vedou ke zvlhnutí vzduchu v mezizrnových prostorech, a to jsou příznivé podmínky k rozvoji mikroorganismů. Při dýchání se také snižuje využitelná hmota zrna. Další nežádoucí proces je klíčení, které doprovází intenzivní dýchání. Procesu klíčení se dá zabránit ochlazením či snižováním vlhkosti. Nejlépe se obilí skladuje ve stavu tzv. anabiózy, což je stav, kdy zrno žije, ale jeho životní funkce jsou utlumeny na minimum [12, 34].

## **1.6 Technologie mlynářství**

Mlynářství je proces zpracování obilí na mouku v mlynářských závodech, který zahrnuje několik klíčových technologických kroků.

### **1.6.1 Příjem obilí**

Jako první krok se musí obilí do skladů nějakým způsobem dostat. Obilí se přijímá výhradně od prvovýrobců, kteří obilí dopravují přímo z pole. Dpravují ho převážně nákladními auty nebo traktory s valníky. Při dovozu obilí se z dodávky odebere reprezentativní vzorek, aby se mohla určit kvalita přijímaného zboží [37].

### **1.6.2 Kontrola jakosti zrn**

Při kontrole jakosti se převážně stanovují:

- nečistoty a příměsi
- přítomnost škůdců
- vzhled a pach zrna
- stanovení vlhkosti
- obsah bílkovin (přepočtem dusíkatých látek)
- obsah mokrého lepku

Tyto testy by se měly zhotovovat co nejrychleji, aby se zajistila plynulost příjmu obilí do skladu. Obsah mokrého lepku se v laboratoři stanovuje přímo z analytických vzorků. Stanovení vlhkosti a obsahu bílkovin se analyzují nepřímo pomocí přístrojů založených na principu blízké infračervené spektroskopie. Při této kontrole se dají stanovit schopnosti, ale kontaminace mykotoxiny stanovit nelze [12].

### 1.6.3 Předčištění

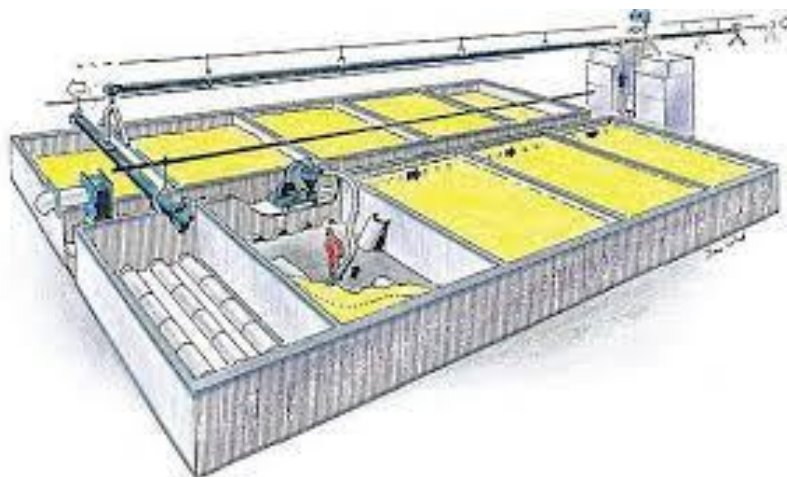
Tento proces je pro oddělení větších částí nečistot a příměsí. Obilí prochází hrubým procesem odstraňování nečistot, kterým se odstraní větší příměsí, jako jsou kamínky, větve, plevele a podobně. To se často provádí pomocí mechanických separátorů, sít nebo větrání. Zamezí se tím tak příčiny ohrožení skladování [12].

### 1.6.4 Uskladnění obilí

Obilí se dá uskladňovat buďto v obilných silech, nebo v podlahových skladištích. V dnešní době se využívá spíše metoda bezobalového skladování v silech [12].

#### 1.6.4.1 Podlahová skladiště

Jsou to několikapatrové budovy, ve kterých se obilí skladuje na podlahách jednotlivých pater. Tento typ skladování se dnes využívá jen výjimečně, a to kvůli jeho nevýhodám jako je nízká využitelnost obestavěného prostoru a značná potřeba ruční práce. Dnes se využívají spíše pro skladování čerstvého obilí. Není vhodné pro skladování velkého množství obilí, jelikož ve vysoké násypce by byly špatné podmínky pro samovolné větrání a výměně vzduchu. V dnešní době jsou moderní jednopodlažní skladiště z lehčích materiálů pro dobré odvětrávání (Obrázek 11) [26].



Obrázek 11 – Podlahová skladiště [38]

#### 1.6.4.2 Sila

Jsou to vysoké budovy s šachtovými komorami a čistírenskou věží. Na rozdíl od podlahových skladišť sila obsahují vysoký dopravní systém, takže se v nich nemusí využívat tolik ruční manipulace. Budova se skládá ze tří hlavních částí: hlavy, silového korpusu a spodku se zátkou. Hlava sila má za úkol nést střechu a jsou v ní uloženy rozdělovače a spadové trubky do jednotlivých komor. Korpus slouží k uchování obilí. Zatímco podlahová skladiště využívají 80 % prostoru tak v silech se dá využít až 95 %. Dalšími výhodami jsou jednoduchá manipulace s obilím, ochrana proti škůdcům a požáru [26].



Obrázek 12 – Obilná sila [39]

#### 1.6.5 Způsoby transportu obilí

Obilí se ze skladovacích zařízení dostává mechanickými transportními zařízeními, nebo ze sil například i samospádem z komor a nakládá se na dopravní prostředky jako je například nákladní auta, vlaky či lodě. Přepravují se buďto volně nebo také v obalech. Z dopravních prostředků se opět obilí vypouští mechanicky či samospádem do takzvaných příjmových košů, které jsou pod úrovní terénu a ohraničeny pletivem, aby se mohlo lépe obilí vykládat [12].

## 1.6.6 Úprava obilí po příjmu ze skladů

### 1.6.6.1 Třídění sypkých směsí

Nejprve se musí vytrídít sypké heterogenní směsi. Můžou se třídít podle rozměru, aerodynamických vlastností nebo hmotnosti. Jde hlavně o oddělení zrn od nečistot [12].

- **Podle velikosti**

Třídí se zejména na sítích, u kterých je důležité dodržet některé předpoklady. Je to například správná volba síta. Vyrábí se síta rovinná válcová či hranolová. Každý typ síta má jiný požadovaný pohyb sítem, aby se heterogenní směs co nejlépe oddělila. U rovinných sít je to vibrace nebo kruhovitý pohyb a síto je ve vodorovné poloze. U válcových nebo hranolových se využívá spíše rotace válce (hranolu) s vibrací. Aby se menší částice dostaly do otvorů v sítu, musí síto vytvářet nerovnoměrný pohyb, kdy setrvačná síla překoná sílu třecí a umožní tak relativní pohyb částic, kdy větší částice jsou vymršťovány a nezabraňují těm menším průchodu otvory v sítu. Propadnutí malých částic nikdy nebude 100 %, vždy v sítu zůstane nějaký nedosev.

Jako druhá možnost třídění jsou triéry. Jejich princip je založen na rozlišení a třídění podle délky částic. Triér je složen z plechového válce, který má zevnitř vyraženy důlky. Když se válec s obilím roztočí, částice se zaseknou v jamce a válec je vynese nahoru a podle velikosti začnou částice vypadávat. Dlouhé částice, které nezapadnou do důlku tak dobře jako krátké částice, díky většímu těžišti mimo jamku vypadnou dříve než částice kratší, které jamka vynese až k vrchu válce. Ve válci je zaveden žlábek, do kterého padají částice, které se v jamce udrží déle. Částice jsou tak rozděleny na dvě frakce – na kratší a na delší částice [12].

- **Podle aerodynamických vlastností**

Aerodynamické vlastnosti jsou do značné míry dány tvarem částic. Toto třídění je uzpůsobeno zejména pro odstranění lehkých částic, jako je například prach nebo kousky slámy. Podstata třídění spočívá ve vztahu mezi silou, kterou na částice působí vzestupný vzdušný proud a tíhovou silou. Lehké částice a částice s vysokými hodnotami tvarového součinitele budou unášeny proudem vzduchu, zatímco těžké, malé částice se nevznosí a zůstanou na místě. Velikost proudu vzduchu musí mít takovou sílu, aby odnesl jen nečistoty a obilí, aby zůstalo v oddělovači [12].

- **Podle hmotnosti**

V této technologii se částice třídí v toku kapaliny či plynu. Těžké částice se potopí na dno, nebo zůstanou na podložce. Na tento způsob funguje odkaménkovač. Je to čistírenské zařízení, které slouží pro odstraňování kamínků z obilí. Přístroj obsahuje nakloněné síto, které se pohybuje kmitavým pohybem. Současně směrem vzhůru proudí vzduch, který nadnáší obilná zrna a ty pak můžou padat ve směru náklonu síta. Zatímco kamínky zůstanou na sítu a díky kmitání jsou dopravovány na opačnou stranu než zrna [12].

- **Podle feromagnetických vlastností**

Obilí se očistí od kovových feromagnetických příměsí z čištěné směsi. Využívají se k tomu elektromagnetické separátory nebo permanentní magnety [12].

- **Podle vzhledu**

Optická separace se provádí v už vytríděné směsi na základě barvy a tvaru, pomocí magnetických separátorů. Jakmile se ve směsi objeví zrna, která nemají požadovaný tvar či barvu, tak se odstraní, aby se zamezilo vnesení kontaminovaných zrn mykotoxiny do výroby [12].

### **1.6.7 Mletí obilí**

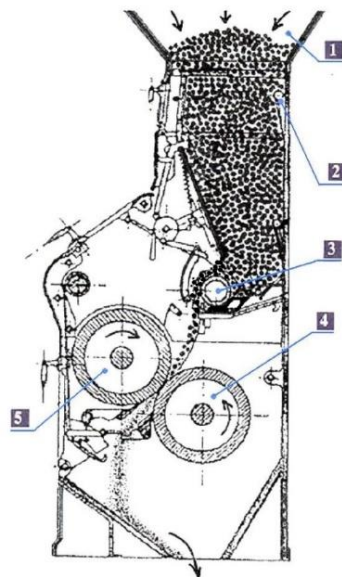
Ještě předtím, než se obilí dostane k procesu mletí se vyčištěná zrna promíchávají s vodou v přístroji zvaném nakrápěč, kde se upraví jejich vlhkost na 15–16 %. Voda tak pronikne do zrna a zlepší se tím možnost oddělení obalových vrstev od endospermu. Po dokonalém promísení s vodou se zrna na pár hodin nechají odležet v zásobnících a pak pokračují ke strojům na úpravu povrchu. K tomu se používá odírací stroj, který odstraní ze zrna oplodí, vousky a nevyčištěný prach. Takto upravené obilí je připraveno k mletí a nechává se v odležovacích komorách [40].

Při mletí mouky je hlavním cílem odstranění obalových vrstev od endospermu. Dosáhne se tím pak klasické bílé barvy mouky, na kterou jsme zvyklí. Nejedná se jen o kvantitativní proces, ale i o kvalitativní odlišení. Je to velmi složitý proces, který se dá rozdělit na 2 etapy – drcení meliva a třídění produktu. Celý mlýnský proces se skládá z více fází, který na sebe postupně navazují [19].

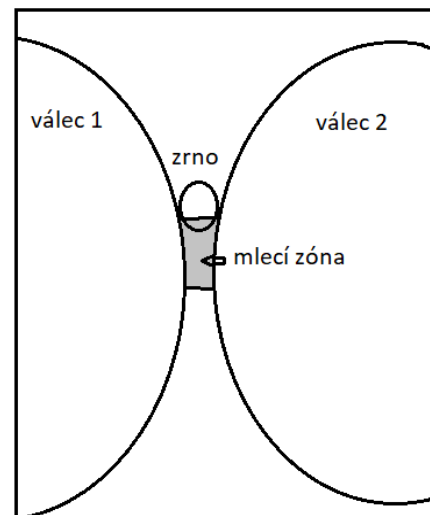
Struktura pšeničného zrna se mění od středu až k povrchu na 2 hlavní struktury, endosperm a obalové vrstvy. Tyto dvě struktury jsou od sebe celkem jasně odděleny. Střed endospermu obsahuje kvalitní škrobová zrna a bílkoviny s málo tažným lepem. Mouky tvořené z této části zrna nejsou vhodné pro pekárenské zpracování, ale spíše se využívá k uvaření například

pro těstoviny nebo knedlíky. Občas se tyto mouky používají pro výrobu cukrárenských šlehaných hmot. Směrem k obalovým vrstvám stoupá aktivita amylasy, které mají vlastnost poškozovat škrobová zrna. Také se zvyšuje tažnost lepku a jeho schopnost bobtnání, ale jeho pružnost naopak klesá. Mouky z této části zrna jsou typické pro pekařský průmysl pro tvorbu těst.

Jako první se uskuteční šetrné otevření zrna, a to tak že se rozdělí na větší části, aby se dalo dostat do středu zrna. Této fázi se říká šrotování ve šrotovacích pasážích a pracuje se zde s 5–6 šroty. Mouky rozemleté ve druhém a třetím šrotovacím stroji mají celkem nízké množství popela a vysoký množství kvalitního lepku, a proto jsou skvěle využitelné pro pekárenský průmysl. Zrno se drtí válcovými stolicemi, které se skládají ze dvou kovových válců, který se otáčí každý jinou rychlostí proti sobě (Obrázek 13 a 14).



Obrázek 13 – Mlecí stolice [41]



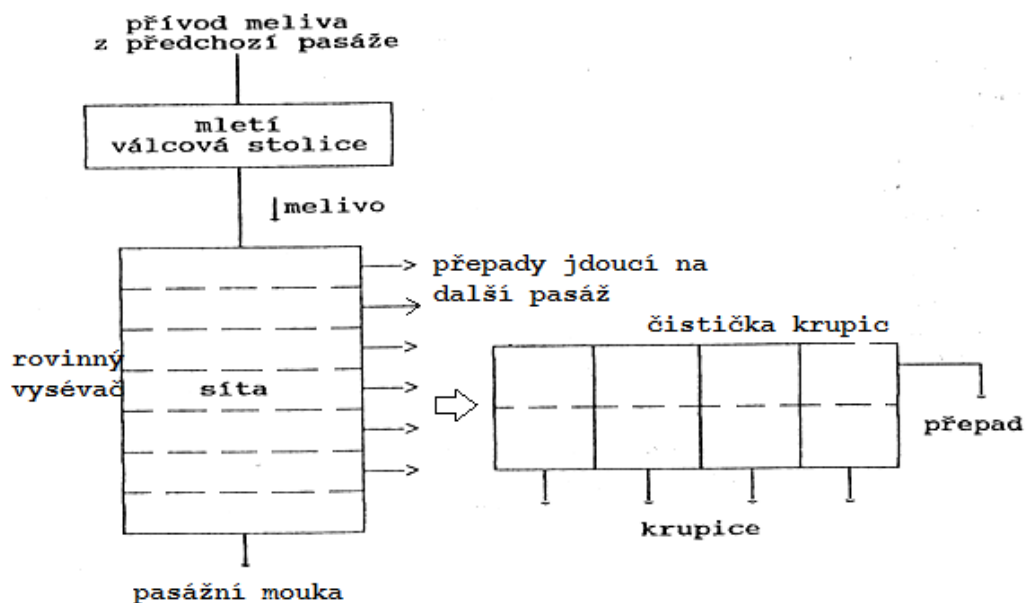
Obrázek 14 – Mlecí válce [12]

Povrch válců je buďto upraven rýhováním, nebo jsou hladké. Rýhy mají tvar trojúhelníku, kde se užší část nazývá „ostří“ a delší „hřbet“. Způsob, jakým jsou rýhy válce orientovány je pro mlecí proces důležité. Jsou 4 způsoby, jak se mohou rýhy orientovat – ostří na ostří, hřbet na hřbet, ostří na hřbet a hřbet na ostří. Válce se pohybují jinou rychlostí, což je velmi důležité pro stříh zrna, aby se nedeformovalo tlakem. Mezi válci, v místě nejmenší vzdálenosti, kde se zrna drtí na menší částičky se tato vzdálenost nazývá mlecí spára. Poté se částice, na kterých ulpěly zbytky obalů, dále melou na jemnější strukturu pomocí válců. Avšak válce v této fázi mají jemnější rýhování nebo hladký matovaný povrch. Účelem je oddělit zbylý endosperm od otrub co nejšetrněji, aby se co nejméně slupek dostalo do očištěného endospermu. Tato pasáž se nazývá luštění krupic. Dostaneme tak dvě frakce.

Jednu s čistým endospermem a druhou s obalovými vrstvami a částí endospermu. Další odstranění endospermu od obalových vrstev je složitější, tudíž se do meliva dostává čím dál více částí slupek. Nakonec se provádí vymílání, kde se využívají hladké válce a drtí se zde části endospermu na mouku, která má částice o požadované velikosti.

U Žita se díky své odlišné struktuře využívá jiný postup mletí než pšenice. Žitné zrnó nemá tak dobře oddělitelné obalové vrstvy od endospermu, takže by se tu nedal využít proces šetrného vybírání endospermu od obalu, proto se využívá drcení pomocí silného přtlaku válci. To je důvod proč se u žita oddělují hrubé obalové vrstvy a zbytek už se jen pomele na mouku. Hlavním cílem je získat při prvním drcení, co nejvíce žitné mouky. Zisk by měl být alespoň 50 % mouky. Žitná mouka pak obsahuje, díky otrubám více slupek (popela) a není tak „čistá“ jako mouka pšeničná. Navíc v sobě žitná mouka neobsahuje takřka žádný lepek, takže jeho schopnost tažnosti a pružnosti tu chybí.

Během drcení se zrna rozdělila na melivo pro další chody a na pasážní produkty. Vymletý endosperm se pak dělí podle velikosti částic, aerodynamických vlastností a hmotnosti. Třídění probíhá pomocí vysévacího stroje (Obrázek 15), který se skládá z několika vodorovných sít.



Obrázek 15 – Schéma vysévacího stroje a čističky krupice [42]



Síta jsou posazena nad sebou a každé má jinou velikost ok. Vrchní síto má oka největší velikosti (až 1365  $\mu\text{m}$ ) a spodní síto má nejmenší velikost ok (až 85  $\mu\text{m}$ ). Melivo se pak dělí na přepad, to je melivo, které zůstává nad sítem, a na propad, což je část, která propadne sítem dolů. Vysévač provádí dva různé pohyby, a to vodorovný krouživý a vibrační. Díky těmto pohybům se částice dostanou do relativního pohybu. Větší částice tak umožní propad těm menším. Zároveň se ještě těžší částice separují od lehčích, které se shlukují dál od síta a ty těžší se seskupují blíže k sítu. Avšak tato separace nikdy neproběhne se 100 % účinkem. Po roztřídění podle velikosti na heterogenní frakce se používají čističky krupic neboli reformy, kde se částičky dělí podle aerodynamických vlastností a hmotnosti. Reforma je tvořena nakloněným pásem s několika síty za sebou. Síta mají stejně jako u vysévačů různé velikosti ok, které jsou seřazen podle velikosti za sebou. Směs částic se na sítích pohybuje ve vrstvě směrem dolů. Částice, které neobsahují zbytek obalových vrstev propadávají sítem dolů do sběrových žlabů. Toto ale není výsledný produkt, který si můžeme koupit v obchodu, jelikož mouka ještě prochází procesem biochemických a fyzikálních změn, čemuž se říká zrání mouky. Po dozrání a stabilizaci jakostních parametrů se mouka homogenizuje ve velkých míchačkách a poté se může zabalit a odvést k prodeji [3].

## **1.7 Výrobky mlynářství**

Mlynářství je odvětví, které se zabývá zpracováním obilí a výrobou různých druhů mouk. Vlastnosti mouky se odvozují od kvality obilného zrna, ze kterého se vyrábí. Jelikož je mnoho druhů obilí, znamená to, že bude i mnoho druhů mouky.

### **1.7.1 Rozdělení mouky**

#### **1.7.1.1 Podle obsahu lepku**

Je důležité si uvědomit, že mouka s vysokým obsahem lepku je ideální pro pečení například chleba, zatímco mouka s nízkým obsahem lepku je vhodná pro pečení jemného a křehkého pečiva. Bezlepková mouka je určena pro lidi s celiakií nebo intolerancí na lepek. Při výběru mouky je důležité si přečíst popis na obalu, který vám poskytne informace o obsahu lepku a vhodnosti mouky pro vaše potřeby. Avšak množství lepku není jediný ukazatel kvality mouky. Lepek musí být také kvalitní, aby byly pekárenské vlastnosti dostačující [25]. Podle lepku se mouka dělí na mouku s vysokým obsahem lepku. Tato mouka obsahuje vysoké množství lepku (cca 12–14 %) a je schopna vytvářet lepkavou, pružnou a tažnou strukturu. Je ideální pro pečení chleba, kde je potřeba vyvinout sílu a elasticitu těsta. Patří sem například pšeničná mouka s vysokým obsahem lepku nebo speciální chlebová mouka. Jako další je

mouka s nízkým obsahem lepku: Tato mouka obsahuje nižší množství lepku (cca 7–10 %) a je méně lepkavá. Je vhodná pro pečení jemného a křehkého pečiva, jako jsou sušenky, piškoty nebo moučníky. Do této kategorie patří mouka mletá ze středu zrna, jako je pšeničná hladká mouka (T450), nebo kukuřičná mouka. Jelikož se v dnešní době často vyskytuje celiakie (intolerance na lepek) využívá se mouka bezlepková. Tato mouka je buďto přirozeně bez obsahu lepku, nebo je zcela zbavena lepku. Je určena právě pro lidi s celiakií. Používá se jako náhrada mouky pro pečení bezlepkových produktů, jako jsou bezlepkové chleby, pečivo, těstoviny atd. Bezlepkovou mouku lze vyrobit z různých obilovin a pseudocereálií, jako je rýže, kukuřice, amarant, quinoa nebo pohanka [26].

### **1.7.1.2 Podle typu obilí**

Obilí je mnoho druhů a ze všech se dá vyrobit mouka. Ta nejrozšířenější je pšeničná mouka, která se získává z pšenice seté. Pšeničná mouka se dá využít takřka na jakékoliv pečení, díky jejím výborným pečicím vlastnostem. Další velmi využívaná mouka je žitná mouka, která se vyrábí z žita setého a má specifickou chuť. Je často používána na pečení tmavých chlebů a pečiva. Dále se můžeme setkat s ječnou moukou, která sice není tak známá jako pšeničná či žitná, ale často se využívá v kombinaci s ostatními moukami. Ovesná mouka se využívá především pro svou ovesnou chuť než pro své pekárenské vlastnosti. Využívá se pro křehčí pečivo jako jsou například sušenky. V dnešních dnech celkem populární špaldová mouka, která obsahuje velké množství minerálních látek a je pro člověka lehce stravitelná. Využívá se pro sladké i slané pečivo. Další druhy nejsou v běžném využití tak časté, ale využívají se spíše pro lidi s celiakií, jelikož neobsahují lepek. Spadá sem kukuřičná, jáhlová, pohanková, nebo rýžová mouka [12].

### **1.7.1.3 Podle velikosti částic**

Mouka se dělí podle velikosti částic na několik kategorií, které označují, jak jemná a homogenní je mouka. Toto dělení se využívá pro snazší znalost využití v pekárenském průmyslu. První kategorií je hladká mouka, která je nejjemnější moukou a je velmi jemně mletá. Velikost jejich částic se pohybuje mezi 162  $\mu\text{m}$  až 257  $\mu\text{m}$ . Je vhodná na pečení jemného pečiva, jako jsou dorty, sušenky, koláče nebo bílý chléb. Další je polohrubá mouka, jenž je mírně hrubší než hladká mouka. Její velikost částic by se měla pohybovat v rozmezí 257  $\mu\text{m}$  až 366  $\mu\text{m}$ . Je vhodná pro pečení chleba, housek a pečiva, které vyžaduje trochu hrubší strukturu. Dalším druhem je hrubá mouka, která je hrubší než polohrubá mouka a může dosahovat velikosti částic až 487  $\mu\text{m}$ . Používá se na pečení tmavšího chleba, placek nebo

těstovin. Jako poslední je krupice, která obsahuje nejhrubší částice a používá se na kaše, či do knedlíků [43].

#### **1.7.1.4 Podle části zrna, ze kterého jsou umlety**

Zrno obsahuje více částí, které se dají využít na výrobu mouky. Podle toho, kterou část využijeme, nám vznikne jiný druh mouky. Dle tohoto dělení můžeme získat 3 kategorie. Jako první je světlá (bílá) mouka, která se mele z endospermu zrna a je tak ochuzena o spoustu živin. zároveň je menší šance, že tato mouka bude obsahovat nečistoty. Druhá je tmavá (celozrnná) mouka, jenž se mele převážně z obalových vrstev. Obsahuje tedy mnoho živin ale málo lepku. Pečivo upečené z této mouky má hutnější strukturu. Třetí je mouka chlebová, která obsahuje část endospermu, ale také část obalových vrstev a klíčku. Je tedy „něčím mezi“ moukou světlou a celozrnnou. Podle názvu je patrné, že její vlastnosti jsou vhodné pro výrobu chleba [44].

#### **1.7.1.5 Podle typového čísla**

Typová čísla jsou rozřazena podle obsahu popelových látek v mouce, které jsou indikátorem obsahu otrub a dalších nepřečištěných částí obilí, popřípadě popisuje jemnost mletí. Toto číslo se vztahuje k obsahu popela ve vzorku mouky. Označuje se písmenem „T“ za kterým následuje číselná hodnota. Přesná definice je obsah popelovin (v mg) na 100 g mouky. Vyšší hodnota typového čísla je spojena s vyšším obsahem minerálních látek. Liší se v závislosti na druhu použitého obilí. V rámci tohoto systému se typová čísla pohybují od T400 po T1800, přičemž nižší číslo značí mouku s nižším obsahem popelových látek (a tedy s menším obsahem otrub), zatímco vyšší číslo značí mouku s vyšším obsahem popelových látek (a tedy s vyšším obsahem otrub). Mouky v rozmezí T400–T650 obsahují malé množství otrub. Jsou vhodné pro pečení jemného pečiva, jako jsou sušenky, piškoty, koláče či dorty. Další rozmezí je T700–T850, což jsou mouky s větším množstvím otrub. Používají se na pečení chleba, housek, a pečiva s větší strukturou. Jako další jsou mouky v rozmezí T900–T1300. Jsou to mouky s výrazným podílem otrub a jsou vhodné pro pečení tmavšího chleba, placek nebo těstovin. Poslední rozmezí je T1500–T1850, což jsou mouky s významným podílem otrub. Využívají se především pro speciální účely a v některých tradičních receptech [44].

## **1.8 Základní analytické metody na stanovení kvality mouky**

Analytických stanovení pro kvalitu mouky je mnoho. Každá z těchto metod má své výhody a omezení. Volba konkrétní metody závisí na dostupnosti vybavení, potřebné přesnosti měření a finanční nebo časové náročnosti.

### **1.8.1 Stanovení vlhkosti**

Vlhkost je důležitým faktorem kvality, konzervace a odolnosti proti znehodnocení mouky. Udává množství vody ve vzorku. Vlhkost mouky se dá analyzovat několika různými způsoby. Dají se rozdělit na přímé a nepřímé stanovení. U přímých stanovení se stanovuje voda ve vzorku, což jsou například metoda podle Karla-Fischera, plynová chromatografie nebo spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIR spektroskopie). U nepřímých stanovení se nejprve stanoví sušina vzorku, ze které se pak následně vypočítá vlhkost. Sem spadají gravimetrická metoda a stanovení pomocí analyzátoru vlhkosti [45,46].

#### **1.8.1.1 Stanovení pomocí analyzátoru vlhkosti**

Tato metoda je velmi rychlá a nenáročná. Sušina se stanoví vysušením vzorku pomocí analyzátoru vlhkosti při teplotě 105 °C. Na analyzátoru vlhkosti se po vysušení zobrazí obsah sušiny ve vzorku v procentech. Odečtením od 100 % poté lze získat obsah vody ve vzorku.

#### **1.8.1.2 Gravimetrická metoda**

Velmi často využívaná metoda je právě gravimetrická. Tato metoda spočívá v tom, že se zváží určité množství mouky, následně se mouka pomalu vysuší v sušárně při 105 °C do konstantní hmotnosti a zbytek se znovu zváží. Tím zjistíme sušinu mouky. Vlhkost mouky je pak vypočítána jako rozdíl mezi hmotnostmi vzorku před sušením a po sušení [47].

#### **1.8.1.3 NIR spektroskopie**

Při použití NIR spektrometrie lze pomocí spektrometru stanovit vlhkost mouky měřením energie, která se odráží nebo je vysílána vzorkem. Voda má totiž schopnost absorbovat elektromagnetické záření v oblasti blízkého infračervené záření. Pro vodu se využívají vlnové délky v rozmezí 1100 nm až 2500 nm. Tento přístup využívá specifické absorpční vlastnosti různých komponent ve vzorku a může být pomocí křivek dále upraven tak, aby poskytl spolehlivé a přesné výsledky [48].

#### **1.8.1.4 Metoda podle Karla-Fischera**

Princip této reakce je založen na chemické reakci mezi vzorkem obsahujícím vodu a činidlo Karla-Fishera. Toto činidlo obsahuje jód a oxid siřičitý. Po smíchání vzorku s činidlo začne voda reagovat s jódem. Tato reakce vytváří ionty hydroxoniového jodidu, které jsou detekovány během titrace. V průběhu reakce se do roztoku přidává Karl-Fisherovo činidlo a je sledován bod ekvivalence buďto vizuálně konduktometricky nebo coulometricky. Díky objemu přidaného činidla se pak dá vypočítat množství vody ve vzorku [45].

#### **1.8.1.5 Plynová chromatografie (GC)**

Principem plynové chromatografie je separace látek pomocí dvou fází. První fáze je fáze mobilní neboli pohyblivá. Tato fáze představuje tzv. nosný plyn, pro který se nejčastěji využívá vodík či dusík. Mobilní fáze zajišťuje transport vzorku až do kapilární kolony, kde dojde k separaci vody pomocí stacionární fáze, což je druhá fáze chromatografu. Jako stacionární fáze se nejčastěji využívá polyetylenglykol (PEG), který má dobrou schopnost vázat vodu. Po oddělení vody na koloně se voda detekuje vhodným detektorem, například tepelně vodivostní detektor či hmotnostním spektrometrem. Ještě před započnutím separace se musí vzorek extrahovat v organickém rozpouštědle, aby se voda dostala ven ze vzorku [45].

### **1.8.2 Stanovení kyselosti**

Kyselost mouky způsobují kyseliny, které jsou buďto přirozeně se vyskytující díky enzymatickým rozkladům tuků, či fermentaci, nebo uměle přidané kyseliny pro její úpravu a zlepšení vlastností [49]. Kyselost mouky můžeme určit různými způsoby. Nejvyužívanější metodou je volumetrická metoda, ale můžeme využívat i metodu pomocí pH metru, která ale není tak přesná jako titrační metoda. Dá se také využít i kapalinová chromatografie [45].

#### **1.8.2.1 Metoda pomocí pH metru**

Pro stanovení kyselosti mouky pomocí pH metody je třeba vzorky mouky smísit s vhodným množstvím vody, aby se vytvořil roztok o známé koncentraci. Kyselost pak změříme pomocí pH metru, který určí přesnou hodnotu pH roztoku. Mouka by měla vykazovat mírně kyselé pH. Tato metoda je však pouze orientační [50].

#### **1.8.2.2 Volumetrická metoda**

Tato metoda je velmi přesná a často využívaná pro stanovení kyselosti. Principem této metody je neutralizace vzorku. Kyselost se stanoví ve výluhu titrací odměrným roztokem hydroxidu sodného na indikátor fenolftalein. Hydroxid neutralizuje kyselost výluhu a bod

ekvivalence se pozná změnou zbarvení indikátoru [51]. Bod ekvivalence se také může stanovit pomocí potenciometrie [45].

### **1.8.2.3 Vysokoučinná kapalinová chromatografie (HPLC)**

Tato metoda spočívá v oddělení organických kyselin od ostatních složek pomocí 2 fází, mobilní fáze a stacionární fáze. Stacionární fázi představuje kolona, která je naplněna materiálem s určitými vlastnostmi, který je schopen oddělit kyseliny od ostatních složek směsi. Může to být ionexová kolona nebo silikagel s alkylem C18 nebo fenyl, které dokážou zachytit a oddělit kyseliny. Mobilní fáze je pohyblivý roztok, která vede vzorek do kolony. Jako mobilní fáze se může využít směs metanolu a vody. Vzorek je dávkován do proudu mobilní fáze a v koloně je separován na jednotlivé složky, které vstupují do detektoru. Nejčastější detektory jsou fotometrické detektory například UV-VIS detektor [45].

### **1.8.3 Stanovení popela**

Popel je anorganický zbytek, který zůstane ze vzorku po jeho spálení organické hmoty. Anorganický zbytek se skládá hlavně z minerálních látek. Stanovení popela je jednou z analýz pro nutriční hodnocení mouky. Existují dva hlavní způsoby zpopelnění. Suché zpopelnění a mokré zpopelnění. Suché zpopelnění je ohřívání vzorku za vysokých teplot v muflové peci. Mokré zpopelnění je založeno na oxidaci organické hmoty pomocí kyselin a oxidačních činidel. Pro stanovení popela se převážně využívají metody spalování za vysoké teploty a volumetrická metoda. Atomová absorpční spektrometrie není tak rozšířená pro stanovení celkového popela, ale je možné ho pomocí této metody analyzovat [52].

#### **1.8.3.1 Volumetrická metoda**

Tato metoda spočívá v rozpuštění popela v kyselině a následném neutralizování zbytku kyseliny pomocí standardního roztoku zásady. Množství spotřebovaného zásaditého roztoku je pak použito pro výpočet obsahu popela ve vzorku [45].

#### **1.8.3.2 Atomová absorpční spektrometrie – AAS**

Tato metoda využívá absorpce specifických vlnových délek světla jednotlivých minerálních prvků v popelu. Vzorek je nejprve spálen a získaný popel je poté rozpuštěn v kyselině dusičné. Následně se měří absorpce světla a získaná data se používají k výpočtu obsahu jednotlivých prvků [53].

#### **1.8.3.3 Metoda spalování při vysoké teplotě**

Při této metodě se vzorek zpopelní v peci při 900 °C. Hmotnost zpopelněného zbytku je rovna množství popela v mouce [54].

#### **1.8.4 Stanovení bílkovin**

Bílkoviny jsou důležitou složkou mouky a mají důležitou roli při pečení. Jejich pozitivní funkce jsou zvýšená stravitelnost a údržnost potravin. Dále to můžeme pozorovat ve formě změny barvy kůrky, textury, konzistence, chuti a vůně potravin [12]. Nejrozšířenější a mezinárodně uznávaná metoda pro stanovení bílkovin je Kjeldahlova metoda, která umí stanovit bílkoviny velmi přesně. Tato metoda je univerzální a dá se s ní stanovovat takřka jakákoliv potravina. Pro stanovení bílkovin v mouce se využívá metoda spalování dusíku či NIR spektroskopie [52].

##### **1.8.4.1 Kjeldahlova metoda**

Kjeldahlovou metodou se stanovuje obsah dusíkatých látek ve vzorku, z čehož lze následně spočítat obsah bílkovin. Nejprve se vzorek rozloží a převede do roztoku pomocí kyseliny sírové a katalyzátoru. Většinou je to síran draselný nebo síran měďnatý. Roztok se zahřeje a dusík obsažený ve vzorku se díky vysoké teplotě převede na amonné ionty, které však zůstávají ve formě síranu amonného. Dále se provede destilace vzorku za současně neutralizace hydroxidem sodným, přičemž se uvolní amoniak. Ten se pak zachytává pomocí roztoku kyseliny borité. Výsledný obsah dusíku se stanoví titrací vzorku pomocí kyseliny chlorovodíkové [52].

##### **1.8.4.2 Metoda spalování dusíku**

Touto metodou se dají stanovit bílkoviny ve vzorku opět pomocí stanovení množství dusíku a následného přepočítání na obsah bílkovin. V této metodě se vzorek spálí při vysoké teplotě (900–1110 °C). Uvolňuje se při tom plynný dusík a ostatní plyny. Ostatní produkty jsou odstraněny a dusík se kvalifikuje plynovou chromatografií za použití tepelně-vodivostního detektoru [52].

##### **1.8.4.3 NIR spektroskopie**

U této metody se vzorek před samotným stanovením nemusí nijak upravovat a dá se stanovit rovnou z pevného vzorku. Stanovení obsahu bílkovin pomocí NIR spektroskopie je umožňováno absorpcí vazby N-H přítomné v peptidické vazbě. Je to metoda využívající interakci mezi dopadajícím zářením a vrstvou materiálu vzorku. Je založena na reakci elektromagnetického záření s bílkovinou, kde dochází k výměně energie mezi hmotou a

zářením. Absorbance bílkovin se dá měřit při vlnových délkách 2060–2180 nm. Podle změřené energie, kterou vzorek vyzaří se určí bílkoviny ve vzorku [55].

### **1.8.5 Stanovení lepku**

Lepek je pro pekaře nejdůležitější složka v mouce. Dle množství a kvality obsaženého lepku se posuzuje celková kvalita mouky a následně kvalita zpracovaného těsta. Lepek dává těstu jeho specifické vlastnosti při pečení jako je pružnost a tažnost [56]. Lepek se dá stanovit několika způsoby. Většinou jsou analýzy založeny na principu vypírání lepku pomocí proudu vody. K dalším metodám patří ELISA imunologické testy a gelová elektroforéza.

#### **1.8.5.1 Mechanické vypírání**

Při této metodě se smíchá vzorek mouky s roztokem chloridu sodného a vypracuje se těsto. Těsto se umístí do vypíracího stroje, kde se pomocí proudu vody lepek oddělí od ostatních složek mouky. Přístroj pak kuličku lepku zbaví přebytečné vody a zbylý lepek se zváží [57].

#### **1.8.5.2 Ruční vypírání**

Ruční vypírání funguje na stejném principu jako mechanické vypírání jen místo použití přístroje se lepek vypírá v rukách [57].

#### **1.8.5.3 ELISA imunologické testy**

ELISA testy slouží k detekci protilátek. Pro stanovení lepku se nejčastěji využívá Gliadin ELISA kit. Stanovení probíhá ve dvou imunologických krocích. Kalibrační roztoky nebo zředěné extrakty se inkubují v jamkách, pokrytých dvěma monoklonálními protilátkami proti gliadinu. Na tyto protilátky se během inkubace gliadin naváže. Po inkubaci a promytí se do jamek přidá konjugát protilátky proti gliadinu s křenovou peroxidásou a ten se prostřednictvím komplexu protilátky s antigenem naváže na pevnou fázi. Po inkubaci se jamky promyjí a na jamkách navázaná peroxidáza je detekována přidávkem chromogenního substrátu. Intenzita vzniklého zbarvení je úměrná koncentraci gliadinu v kalibračních roztocích a zředěných extraktech. Pomocí ELISA readeru se změří absorbance při vlnové délce 450 nm. Všechny vzorky se přednostně extrahují [56, 58].

#### **1.8.5.4 Gelová elektroforéza**

Při této metodě stanovení se mouka rozmíchá v rozpouštědle. Roztok se vzorkem se nanese na gelové médium, a to se vloží do elektroforézního systému. Aplikuje se elektrické napětí, které umožní pohyb lepku v gelovém médiu. Lepek se bude pohybovat směrem k anodě. Po



dokončení elektroforézy se gel obarví pomocí vhodného barviva. Lepky se pak projeví jako jednotlivé pruhy [59].

### **1.8.6 Stanovení lipidů**

Lipidy jsou koncentrovány převážně v klíčku zrna, které se pro mletí mouky spíše nevyužívá. Tudíž se lipidy v mouce pohybují okolo 1,5–2,5 % a pro jejich stanovení se musí využít citlivější metody [28]. Univerzální metodou pro stanovení lipidů je Soxhletova metoda, kde se lipidy stanovují pomocí Soxhletova extraktoru. Na stejném principu také funguje Twisselmannův extraktor. Pro důkladnější stanovení se pak může využít metoda dle Grossfelda, kde se vzorek před extrakcí v Soxhletově extraktoru upravuje pomocí kyseliny. Další stanovení lipidů pak mohou být extrakce pomocí rozpouštědel nebo NIR spektroskopie.

#### **1.8.6.1 Soxhletova metoda**

K této metodě se využívá Soxhletův extraktor. Tuk se extrahuje pomocí organického rozpouštědla jako jsou petroléter, n-pentan, či diethyléter které se pak zahřeje a nechá se odpařit. Pára se nechá kondenzovat nad vzorkem, kape na vzorek, a po dosažení úrovně přepadu dojde k přečerpání roztoku extrahované látky do destilační baňky. Tento cyklus se opakuje až dokud se nevyextrahuje všechn tuk [45].

#### **1.8.6.2 Metoda dle Grossfelda**

Při této metodě se provede částečná hydrolýza vzorku kyselinou chlorovodíkovou. Následně se vzorek zfiltruje, promyje vodou a vysuší. Poté se provede extrakce pomocí Soxhletova extraktoru [60].

#### **1.8.6.3 Extrakce pomocí rozpouštědel**

V této metodě se nejprve musí použít kyselá nebo alkalická hydrolýza, aby se tuk mohl uvolnit a být extrahován. V této metodě se vzorek rozpustí ve směsi rozpouštědel. Nejčastěji se využívá petroléter nebo chloroform v kombinaci s methanolem či ethanolem. Směs se vzorkem se protřepá, dokud se ze vzorku neuvolní tuk do rozpouštědla. Extrakce se provádí opakovaně alespoň třikrát. Poté se odebere tuková fáze s rozpouštědlem. Rozpouštědlo se odpaří na odpařovací aparatuře a nechá vysušit v sušárně, poté se zváží a stanoví jeho obsah [61].

#### **1.8.6.4 NIR spektroskopie**

Před samotnou analýzou se vzorek nemusí nijak přeupravovat a může se ponechat v přirozeném stavu. Stačí vzorek pouze promíchat, aby se homogenizoval. Při této metodě se se tuky stanovují přímo. Je to metoda využívající interakci mezi dopadajícím zářením a vrstvou materiálu vzorku. Je založena na interakci elektromagnetického záření s hmotou, díky výměně energie, která je způsobena vibrací vazeb molekul C-H. Pokud látka absorbuje kvantum záření určitých vlnových délek, zvýší tím svoji vnitřní energii a pomocí spektrometru se pak v oblasti 2310–2350 nm měří energie, kterou hmota odráží a vyzařuje [55].

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 2.1 Vzorky k analýze

Ke stanovení bylo vzato 10 různých vzorků. Byly zastoupeny žitné, pšeničné a špaldové mouky. Zrnitost měly všechny vzorky stejnou (hladké mouky) a typové označení je uvedeno v Tabulce 4. Vzorky byly označeny a rozděleny pomocí zkratk nejprve na **P** = pšeničná mouka, **Ž** = žitná mouka a **Š** = špaldová mouka. Dále byly označeny pomocí písmen **S** = světlá mouka pro pečení běžného pečiva jako jsou housky nebo koláče, **CH** = chlebová mouka využívaná pro pečení chleba, a nakonec **C** = celozrnná mouka pro výrobu hutného pečiva s vysokým obsahem vlákniny a minerálních látek. Vzorky 1–7 byly získány ze Sázavské pekárny a vzorky 8–10 byly zakoupeny v obchodu (1 kg balení):

**Vzorek 1-P-S:** pšeničná mouka hladká světlá pekařská

**Vzorek 2-Ž-CH:** žitná mouka tmavá chlebová

**Vzorek 3-Ž-C:** žitná mouka celozrnná

**Vzorek 4-P-CH:** pšeničná mouka tmavá chlebová

**Vzorek 5-Š-S:** špaldová mouka hladká

**Vzorek 6-Š-C:** špaldová mouka celozrnná hladká

**Vzorek 7-P-S:** pšeničná mouka hladká světlá (bez úprav a aditiv)

**Vzorek 8-P-S:** pšeničná mouka hladká světlá

**Vzorek 9-P-S:** pšeničná mouka hladká

**Vzorek 10-Š-C:** špaldová mouka celozrnná

Tabulka 4 – Vzorky k analýze

Číslo vzorku	Typové číslo	Odkud byl vzorek získán	Výrobce
1-P-S	T530	Sázavská pekárna	Malitas s.r.o.
2-Ž-CH	T930	Sázavská pekárna	Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o.
3-Ž-C	T1700	Sázavská pekárna	Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o.
4-P-CH	T1000	Sázavská pekárna	Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o.
5-Š-S	T650	Sázavská pekárna	Mlýny Perner Svijany spol. s.r.o.
6-Š-C	T1850	Sázavská pekárna	Mlýny Perner Svijany spol. s.r.o.
7-P-S	T530	Sázavská pekárna	Molino Ferrari Paride S.r.l.
8-P-S	T530	obchod	Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o.
9-P-S	T530	obchod	Unimills a.s.
10-Š-C	T1850	obchod	Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o.

## 2.2 Metody stanovení

### 2.2.1 Stanovení vlhkosti mouky

#### Přístroje

analyzátor vlhkosti MLB50 (KERN)

#### Postup:

Nejprve byl zapnut analyzátor vlhkosti a nastaven na teplotu 105 °C. Poté byl na misku navážen cca 1 g vzorku mouky. Miska byla vložena do analyzátoru a sušící program byl spuštěn. Po ustálení hmotnosti byla odečtena hodnota vlhkosti, která se objevila na displeji. Stanovení bylo u každého vzorku provedeno dvakrát.

### 2.2.2 Stanovení kyselosti

#### Laboratorní pomůcky:

automatická byreta

magnetické míchadlo

#### Chemikálie:

standardizovaný roztok NaOH ( $c = 0,1175 \text{ mol/l}$ )

dihydrát kyseliny šťavelové

fenolftalein

#### Postup:

Na analytických váhách bylo naváženo 10 gramů vzorku s přesností na 0,05 g. Vzorek byl převeden do Erlenmeyerovy baňky a postupně k němu bylo po částech přiléváno 100 ml destilované vody. Nejprve bylo přilito přibližně 30 ml destilované vody. Roztok byl zamíchán tyčinkou a poté bylo za stálého míchání (aby v roztoku nebyly žmolky) přilito zbylých 70 ml destilované vody. Baňka i se vzorkem byla vložena na 30 minut do ultrazvuku, aby se vzorek důkladně vylouhoval a byl homogenní. Během louhování byl roztok po 15 minutách promíchán. Po uplynutí 30 minut bylo do Erlenmeyerovy baňky přidáno cca 5 kapek fenolftaleinu a roztok se vzorkem mouky byl titrován standardizovaným roztokem 0,1 M NaOH do světle růžového zbarvení. Každý vzorek byl stanoven dvakrát [51].

**Výpočet:**

Titrační kyselost mouky byl vypočítán dle vzorce (1):

$$k = V \cdot c \cdot 100 \text{ [mmol/kg]} \quad (1)$$

Kde  $V$  je spotřeba odměrného roztoku NaOH o koncentraci 0,1175 mol/l,  $c$  je přesná koncentrace odměrného roztoku NaOH [mol/l].

Přepočítání na titrační kyselost v sušině,  $S_k$ , byl proveden dle vzorce (2):

$$S_k = \frac{k}{S} \cdot 100 \text{ [mmol/kg]} \quad (2)$$

Kde  $S$  je sušina mouky v procentech a  $k$  je kyselost mouky.

**2.2.3 Stanovení popela****Laboratorní pomůcky:**

porcelánové kelímky

exikátor

**Přístroje:**

elektrická muflová pec

**Postup:**

Na analytických váhách byl zvážena vyžehnaná a vychladlá porcelánová kelímek. Do kelímku bylo vždy naváženo 2–3 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Poté byla rozehřata muflová pec na 900 °C. Po dostatečném zahřátí pece byl kelímek se vzorkem pomocí kleští vložen na okraj rozehřaté pece. Kelímek byl na okraji, dokud nezčernal vzorek v kelímku a poté byl vložen do zadní části pece. Dvířka pece byly zavřeny a vzorek se ponechal spalovat, dokud nedošlo ke spálení všech zuhelnatělých částí vzorku. Po spálení vzorku byl kelímek vložen do exikátoru a ponechán vychladnout na laboratorní teplotu. Poté byl vzorek zvážena na analytických váhách s přesností na 0,1 mg. Takto se postupovalo všemi vzorky a každý byl stanoven dvakrát [54].

### **Výpočet:**

Obsah popela  $Y$  byl spočítán dle vzorce (3):

$$Y = \frac{100 \cdot m_a}{m_b} [\%] \quad (3)$$

Kde  $m_a$  je hmotnost popela [g] a  $m_b$  je hmotnost vzorku mouky [g].

Obsah popela v sušině mouky  $X$  byl následně zjištěn dle vzorce (4):

$$X = \frac{Y \cdot 100}{100 - w} [\%] \quad (4)$$

Kde  $w$  je vlhkost mouky v procentech a  $Y$  je obsah popela v mouce.

## **2.2.4 Stanovení zrnitosti**

### **Přístroje:**

vibrační síťovací stroj AS 200 basic (Retsch)

### **Postup:**

Na vibrační síťovací stroj byly nasazeny 2 různá síta, tak aby byly nad sebou. Dospodu pod obě síta byla vložena miska, pro zachycení propadu. Každé síto mělo jinou velikost ok. Vrchní síto mělo oka o velikosti 257  $\mu\text{m}$  a spodní mělo oka velká 162  $\mu\text{m}$ . Bylo naváženo 100 g vzorku mouky s přesností na 0,1 g. Poté byl vzorek nasypán na vrchní síto a rozprostřen rovnoměrně po ploše síta. Na přístroji byla nastavena doba trvání prosévání na 5 minut a amplituda na 90 %. Po skončení prosévání byla síta i s miskou vyjmuta z přístroje a mouka, které na sítěch a v misce zůstala byla zvážena s přesností na 0,1 g [62].

## **2.2.5 Stanovení obsahu mokrého lepku**

### **Chemikálie:**

roztok chloridu sodného (20 g/l)

### **Přístroje:**

kuchyňský robot Gratus Smart (ETA)

síto

**Postup:**

Nejprve bylo naváženo 50 g vzorku mouky s přesností na 0,1 g. Odvážený vzorek byl poté nasypán do kuchyňského robota a smíchán s přibližně 25 ml roztoku chloridu sodného o koncentraci 20 g/l, aby vzniklo tuhé těsto (Objem chloridu sodného záviselo na vaznosti mouky). Pomocí kuchyňského robota bylo uhněteno těsto, které bylo zformováno do kuličky a ponecháno 30 minut odležet. Poté byla kulička těsta vložena nad síto a pomocí vlažného proudu vody byl z těsta vypírán lepek. Během vypírání byla kulička těsta promačkávána, aby se pořádně propírala. Doba vypírání závisela na množství lepku. Konec vypírání nastal až když z těsta tekla čistá voda bez zakalení. Kulička lepku, která po vyprání zbyla byla ještě 3x zmáčknuta v ruce, abych se z ní dostala přebytečná voda. Nakonec byla kulička lepku zvážena s přesností na 0,1 g [57].

**Výpočet:**

Obsah mokrého lepku v sušině mouky  $X$  byl vypočítán dle vzorce (5):

$$X = m \cdot 2 \cdot \frac{100}{100-w} [\% (w/w)] \quad (5)$$

Kde  $m$  je hmotnost mokrého lepku [g] a  $w$  je obsah vody ve vzorku [%].

### 3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Cílem této práce bylo zjistit a zhodnotit kvalitu mouky. Její kvalita je velmi důležitá pro výslednou chuť a vzhled pečiva. Existuje mnoho kvalitativních stanovení mouky. Pro tuto práci bylo vybráno stanovení vlhkosti, kyselosti, stanovení množství popela a lepku, a nakonec i zrnitost mouky. Vlhkost se stanovuje především kvůli kontaminaci mikroorganismy či plísněmi. Pokud je vlhkost příliš vysoká, dá se předpokládat, že bude mouka kontaminována mnohem rychleji, než když bude hodnota vlhkosti nižší. Kyselost zase určuje stáří mouky a množství kyselin které obsahuje či se do ní přidávají. Hodnota popela udává množství minerálních látek, které dodávají pečivu vyšší nutriční hodnotu. Kvalita a množství lepku dopomáhá k nadýchané struktuře výsledného pečiva a zrnitost udává, která mouka je vhodná pro pečení různých druhů pečiva.

#### 3.1 Stanovení vlhkosti mouky

Správná vlhkost je klíčová pro dosažení požadované konzistence, jelikož vysoká hodnota způsobuje lepivé a těžké těsto, zatímco příliš nízká způsobuje křehké a suché těsto. Pomáhá to pekařům zjistit, kolik přesně vody přidat do mouky, abychom dostali konzistentní těsto. Je důležitá i pro skladování mouky. Může ovlivnit trvanlivost, jelikož příliš vysoká vlhkost podporuje růst plísní a mikrobiální růst (i v pečivu). Určují se pak podle toho skladovací podmínky. Maximální hodnota pro vlhkost mouky, stanovená ČSN je 15 %, pokud mouka přesáhne tuto hodnotu, je vysoká možnost kontaminace právě mikroorganismy a plísněmi.

Vlhkost byla stanovena pomocí analyzátoru vlhkosti, vysušením vzorku při 105 °C do konstantní hmotnosti. Stanovení pro každou mouku bylo provedeno dvakrát. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 5 a graficky na Obrázku 18.

Největší rozdíl byl u vzorku číslo 6-Š-C, kde vlhkost dosáhla pouhých 8,05 %, a u vzorku 1-P-S, kde bylo naměřeno 13,55 %, což byl také nejvyšší výsledek (Tabulka 5). Většina vzorků měla vlhkost cca 12–13 %, mimo vzorků 6 a 10. Oba tyto vzorky byly špaldové celozrnné mouky a změřená vlhkost byla pod 10 % (8,05 % respektive 9,92 %). Vlhkosti mouk získaných z pekárny a z obchodu se velmi shodovaly a nebyl pozorován žádný výrazný rozdíl. Všechny vzorky splnily normu danou ČSN, tedy že vlhkost nepřekročila 15 %.

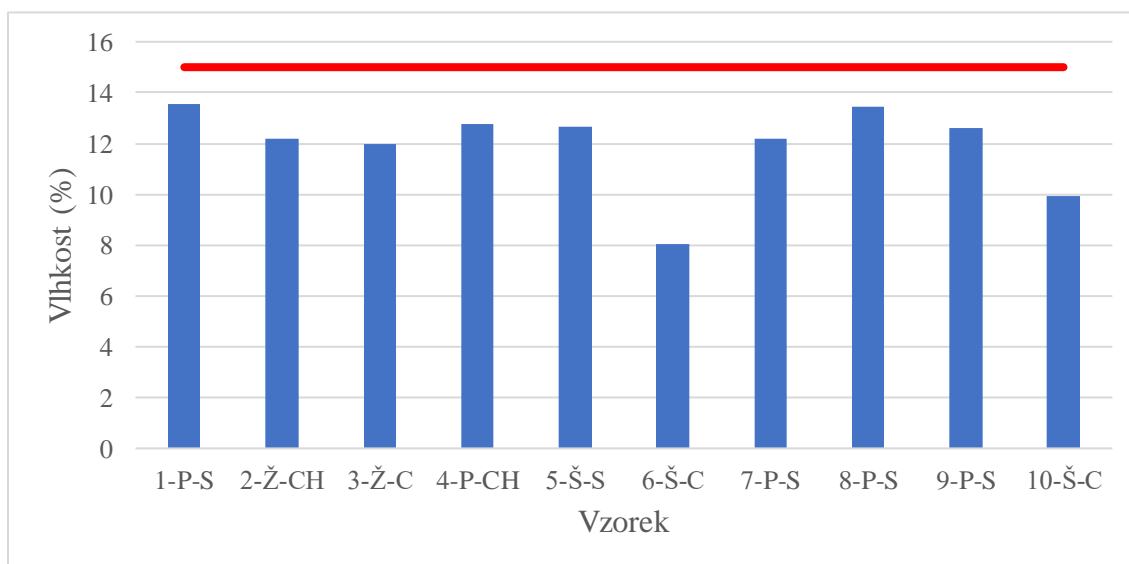


Tabulka 5 – Výsledky stanovení vlhkosti mouky a maximální daná vlhkost dle norem

Vzorek	1. měření [%]	2. měření [%]	Ø Vlhkost [%]	Max. vlhkost [%]
<b>1-P-S</b>	13,52	13,58	<b>13,55</b>	15
<b>2-Ž-CH</b>	12,18	12,22	<b>12,20</b>	15
<b>3-Ž-C</b>	11,92	12,00	<b>11,96</b>	15
<b>4-P-CH</b>	12,73	12,82	<b>12,78</b>	15
<b>5-Š-S</b>	12,59	12,71	<b>12,65</b>	15
<b>6-Š-C</b>	7,85	8,25	<b>8,05</b>	15
<b>7-P-S</b>	12,13	12,20	<b>12,17</b>	15
<b>8-P-S</b>	13,40	13,44	<b>13,42</b>	15
<b>9-P-S</b>	12,61	12,61	<b>12,61</b>	15
<b>10-Š-C</b>	9,89	9,95	<b>9,92</b>	15

Na Obrázku 16 lze vidět, že všechny stanovované vzorky splnily normu a nepřesáhly maximální danou vlhkost 15 %. Normu 15 % vyznačuje červená čára na Obrázku 16.

Obrázek 16 – Vlhkost mouky a maximální vlhkost stanovená normou (červená čára)



## 3.2 Stanovení kyselosti mouky

Kyselost mouky se stanovuje, protože některé druhy mouky, a zejména žitná, mají přirozenou schopnost produkovat kyselinu mléčnou při fermentaci, nebo mohou produkovat mastné kyseliny pomocí enzymatického rozkladu tuků. Přítomnost přirozených kyselin pak ovlivňuje celkovou kyselost mouky, která roste s jejím stářím, vlhkostí či zvyšující se teplotou. Někdy se ale kyseliny do mouky mohou přidávat například kyselina askorbová či kyselina octová, tyto přidané kyseliny mají pak za cíl zlepšit elasticitu, zvýšit objem, nebo prodloužit čas skladovatelnosti. Kyselost mouky také ovlivňuje kvalitu pečiva. Pro aktivaci kvasinek, které zajišťují kynutí těsta, proto je dobré znát kyselost mouky. Nízká nebo vysoká hodnota by vedla k nevyhovujícímu kynutí [47].

Kyselost byla stanovena pomocí titrační metody, kde byl titrován vodný výluh suspenze vzorku, za použití NaOH a indikátoru fenolftalein do růžového zbarvení. Výsledek byl vyjádřen v mmol/kg a přepočten na sušinu mouky [51]. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 6 a graficky na Obrázku 19.

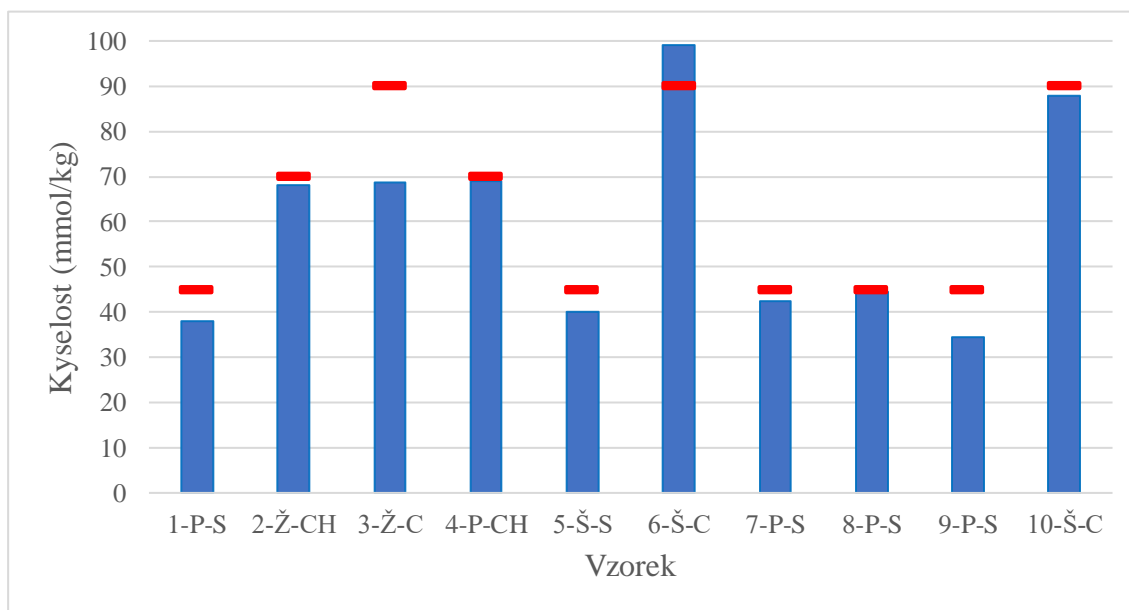
U zhodnocení výsledků kyselosti mouky byly využity 3 různé normy pro maximální kyselost. Pro světlé mouky to je 45 mmol/kg, pro chlebové mouky 70 mmol/kg a pro celozrné mouky platí 90 mmol/kg. Nejvyšší kyselosti dosáhl vzorek 6-Š-C, který dosáhl hodnoty 99,03 mmol/kg, a tudíž nesplnil normu. Výsledek je v Tabulce 6 vyznačen červeně. Vysoká kyselost může být způsobena tím, že je mouka starší nebo jsou v ní přidané kyseliny. Dále měly vysokou hodnotu i vzorky číslo 4 a 8. Ty už se však vešly do normy. Naopak nejnižší hodnotu dosáhl vzorek 9-P-S, u kterého vyšla kyselost 34,42 mmol/kg. Pekárenské vzorky pšeničné světlé mouky měly oproti vzorku 9-P-S z obchodu vyšší kyselost a oproti vzorku 8-P-S také z obchodu zas naopak nižší kyselost. Tudíž by se dalo říci, že pekárenské vzorky pšeničné světlé mouky mají průměrnou kyselost a u špaldové celozrné mouky jsou na tom s kyselostí hůře než mouky z obchodu.

Tabulka 6 – Výsledky stanovení kyselosti mouky a maximální kyselost mouky daná normami.  
 $k$  – titrační kyselost mouky  $S_k$  – kyselost mouky přepočtena na sušinu mouky,  
 $S_{k,max}$  – maximální kyselost mouky přepočtena na sušinu daná normou

Vzorek	Stanovení	V [ml]	$k$ [mmol/kg]	$\bar{\sigma} k$ [mmol/kg]	$S_k$ [mmol/kg]	$S_{k,max}$ [mmol/kg]
1-P-S	1.	2,78	32,67	32,90	<b>38,06</b>	45
	2.	2,82	33,14			
2-Ž-CH	1.	5,02	58,99	59,69	<b>67,98</b>	70
	2.	5,14	60,40			
3-Ž-C	1.	5,02	58,99	60,40	<b>68,60</b>	90
	2.	5,26	61,81			
4-P-CH	1.	5,06	59,46	60,16	<b>68,98</b>	70
	2.	5,18	60,87			
5-Š-S	1.	2,86	33,61	35,02	<b>40,09</b>	45
	2.	3,10	36,43			
6-Š-C	1.	7,56	88,83	91,06	<b>99,03</b>	90
	2.	7,94	93,30			
7-P-S	1.	3,12	36,66	37,13	<b>42,27</b>	45
	2.	3,20	37,60			
8-P-S	1.	3,20	37,60	38,54	<b>44,51</b>	45
	2.	3,36	39,48			
9-P-S	1.	2,54	29,85	30,08	<b>34,42</b>	45
	2.	2,58	30,32			
10-Š-C	1.	6,66	78,26	78,96	<b>87,66</b>	90
	2.	6,78	79,67			

Z Obrázku 17 je patrné, že všechny vzorky kromě vzorku 6-Š-C nepřesáhly svoji normu, a u většiny vyšla kyselost nedaleko od dané normy. ČSN norma je na Obrázku 17 vyznačena červenými čárkami.

Obrázek 17 – Kyselost mouky a maximální kyselost stanovená normou (červené čáry)



### 3.3 Stanovení popela v mouce

Popel je jeden z parametrů k posouzení kvality mouky. V mouce se stanovuje, jelikož slouží jako indikátor množství minerálů a stopových prvků přítomných v mouce, které se do mouky dostávají mletím obilí, převážně z otrub. Čím více popela mouka obsahuje tím více minerálů tam můžeme najít. Jsou to například Ca, Fe, K, Mg. Velké množství popela může indikovat znečištění mouky. Množství popela se dá také určit podle stupně vymletí, jelikož minerální látky se ze zrna dostávají do mouky právě při procesu mletí obilí [26].

Popel byl stanoven pomocí metody úplného spálení mouky. V porcelánových kelímcích v muflové elektrické peci byly spáleny vzorky mouky při 900 °C. Po vyndání a vychladnutí kelímků s nespáleným zbytkem byl zbylý popel zvážen. Výsledky byly vyhodnoceny v procentech popela na sušinu vzorku [54]. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 7 a graficky na Obrázku 20.

Nevíce popela bylo stanoveno ve špaldové celozrnné mouce 6-Š-C (1,69 %) a 10-Š-C (1,60 %). Naopak nejnižších výsledků dosáhly mouky pšeničné světlé, jejichž hodnoty vyšly pod 0,50 %. Tento výsledek bylo možné předpokládat, neboť celozrnné mouky obsahují více otrub (obalových a aleuronových vrstev), zatímco pšeničné světlé jich mají mnohem méně. U chlebových mouk byl stanoven obsah popela na 1,07 % (2-Ž-CH) a 0,88 % (4-P-CH), a tedy chlebové mouky se s ohledem na popel nachází přesně mezi světlými a celozrnnými moukami. Ukazatelem obsahu popela v mouce je Typové číslo. Nejvyšší Typové číslo mají

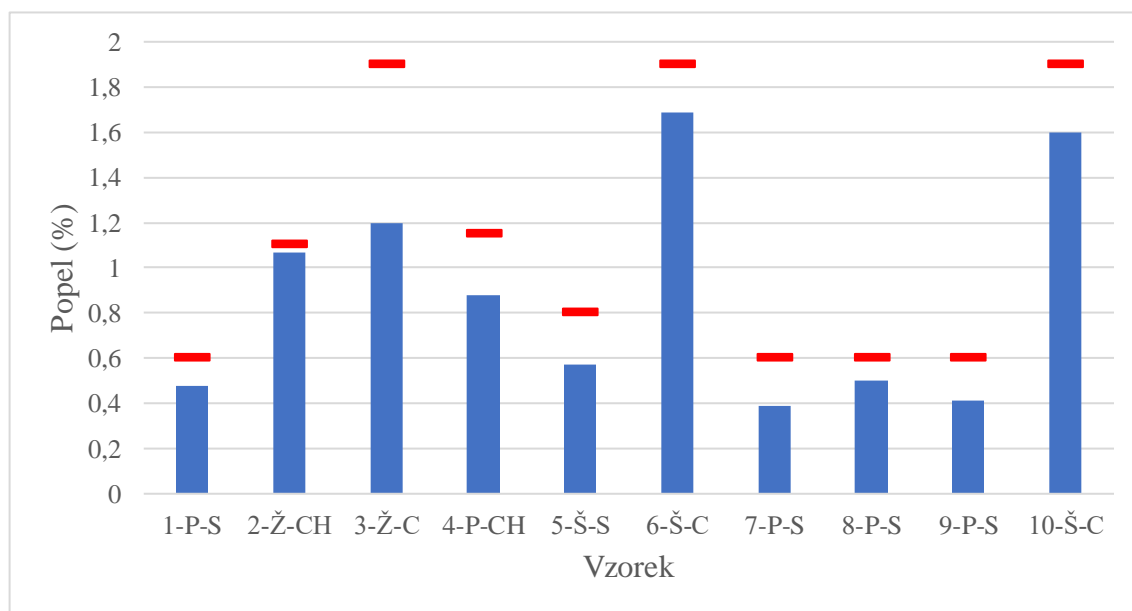
vzorky 6 a 10, což odpovídá i jejich vyššímu množství popela. Nejnižší Typové číslo mají vzorky 1, 7, 8 a 9 u kterých vyšel obsah popela nejmenší. Z Tabulky 7 je patrné, že popel v mouce i u ostatních vzorků odpovídá jejich Typovému číslu. Hodnoty u mouk z pekárny a z obchodu vyšly velmi podobně a rozdíly jsou nepatrné. Nejblíže se své normě přiblížil vzorek 2-Ž-CH, a naopak nejméně vzorek 3-Ž-C. Výsledky vyšly výborně pro všechny vzorky, jelikož ani jeden vzorek nepřesáhl normu, čímž se může potvrdit čistota mouky.

Tabulka 7 – Výsledky stanovení popela v mouce a maximální množství popela dané normami.  $m_b$  – hmotnost vzorku,  $m_a$  – hmotnost popela,  $X$  – obsah popela ve vzorku,  $X_{max}$  – maximální obsah popela daný normou

Vzorek	Stanovení	$m_b$ [g]	$m_a$ [g]	$X$ [%]	$\bar{X}$ [%]	$X_{max}$ [%]
1-P-S T530	1.	2,9021	0,0115	0,46	<b>0,48</b>	0,60
	2.	2,2819	0,0098	0,50		
2-Ž-CH T930	1.	2,4325	0,0229	1,07	<b>1,07</b>	1,10
	2.	2,1547	0,0203	1,07		
3-Ž-C T1700	1.	2,5861	0,0288	1,26	<b>1,20</b>	1,90
	2.	2,1094	0,0212	1,14		
4-P-CH T1000	1.	2,5013	0,0235	0,87	<b>0,88</b>	1,15
	2.	2,5554	0,0196	0,89		
5-Š-S T650	1.	2,9543	0,0154	0,60	<b>0,57</b>	0,80
	2.	2,8699	0,0133	0,53		
6-Š-C T1850	1.	2,4055	0,0393	1,77	<b>1,69</b>	1,90
	2.	2,3300	0,0343	1,60		
7-P-S T530	1.	2,6041	0,0087	0,38	<b>0,39</b>	0,60
	2.	2,6429	0,0092	0,40		
8-P-S T530	1.	2,5979	0,0112	0,49	<b>0,50</b>	0,60
	2.	2,2810	0,0100	0,51		
9-P-S T530	1.	2,7012	0,0089	0,38	<b>0,41</b>	0,60
	2.	2,5334	0,0098	0,44		
10-Š-C T1850	1.	2,4954	0,0349	1,55	<b>1,60</b>	1,90
	2.	2,1983	0,0325	1,64		

Na Obrázku 18 lze vidět, že všechny stanovované vzorky splnily normu a nepřesáhly maximální hodnotu popela. Normy jsou vyznačeny pomocí červených čar na Obrázku 18.

Obrázek 18 – Popel v mouce a maximální množství popela stanovené normou (červené čáry)



### 3.4 Stanovení zrnitosti mouky

Je důležité, aby mouka měla homogenní povahu, jelikož zrnitost mouky se podepisuje na vlastnostech mouky. Například při nerovnoměrné zrnitosti, menší částičky absorbují rychleji vodu a v těstě by pak zůstaly bílá moučná místa. Zrnitost ovlivňuje také dávkování vody do receptu, jelikož hrubší mouka vyžaduje více vody pro správnou konzistenci těsta a hladká méně vody. Spotřebitelé si pak mohou snadno vybrat přesný typ mouky pro jejich potřebu [40].

Zrnitost mouky byla stanovena na prosévacím stroji, kde byl proset vzorek přes síta o různých velikostech ok. Poté byly zváženy propady. Výsledky byly stanoveny v procentech propadu na určitou velikost ok v sítu [62]. Propad u žitné mouky stanoven nebyl (vzorek 2 a 3), jelikož pro ni platí jiný postup než pro mouky pšeničné a pro tento postup nebyly potřebné pomůcky. Pro hladkou mouku je stanoveno rozmezí velikosti částic mezi 257  $\mu\text{m}$  a 162  $\mu\text{m}$ . Pokud by byly částice větší jednalo by se spíše o polohrubou mouku (vyhláška č. 182/2012 Sb.). Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 8 a graficky na Obrázku 21 a 22.

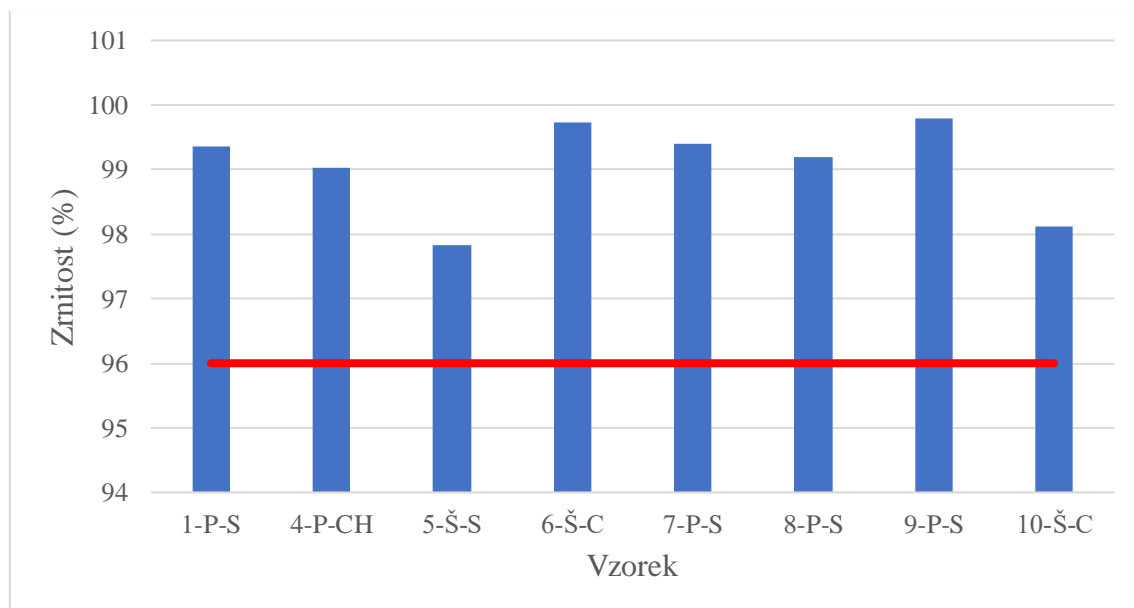
Výsledky zrnitosti pro propad 257  $\mu\text{m}$  a 162  $\mu\text{m}$  a jejich minimální propad dle normy. Největší propad sítem o velikosti ok 257  $\mu\text{m}$  měl vzorek číslo 9 (99,8 %), zatímco nejmenší propad byl u vzorku číslo 5 (97,8 %). U propadu 162  $\mu\text{m}$  měl největší propad také vzorek 9 (89,3 %) a nejmenší propad byl opět u vzorku 5 (76,2 %). Tudíž mouka číslo 9 obsahovala nejméně větších částic a mouka číslo 5 zas nejvíce. Jelikož jsou všechny stanovované mouky hladké, není mezi jednotlivými propady veliký rozdíl. U propadu 257  $\mu\text{m}$  se hodnoty držely okolo 99 %. U propadu 162  $\mu\text{m}$  už se hodnoty lišily trochu více (76,2–89,3 %), jelikož velikost ok byla menší, a tudíž byla menší i šance propadu než u velikosti ok 257  $\mu\text{m}$ . Všechny vzorky splňovaly normy.

*Tabulka 8 – Propady mouky sítem o velikosti ok 257  $\mu\text{m}$  a 162  $\mu\text{m}$  a minimální propady dané normou*

<b>Vzorek</b>	<b>Propad 257 <math>\mu\text{m}</math> [%]</b>	<b>Propad 162 <math>\mu\text{m}</math> [%]</b>	<b>Min. propad 257 <math>\mu\text{m}</math> [%]</b>	<b>Min. propad 162 <math>\mu\text{m}</math> [%]</b>
<b>1-P-S</b>	<b>99,3</b>	<b>88,6</b>	96	75
<b>4-P-CH</b>	<b>99,0</b>	<b>78,9</b>	96	75
<b>5-Š-S</b>	<b>97,8</b>	<b>76,2</b>	96	75
<b>6-Š-C</b>	<b>99,7</b>	<b>89,0</b>	96	75
<b>7-P-S</b>	<b>99,4</b>	<b>88,5</b>	96	75
<b>8-P-S</b>	<b>99,2</b>	<b>87,1</b>	96	75
<b>9-P-S</b>	<b>99,8</b>	<b>89,3</b>	96	75
<b>10-Š-C</b>	<b>98,1</b>	<b>79,5</b>	96	75

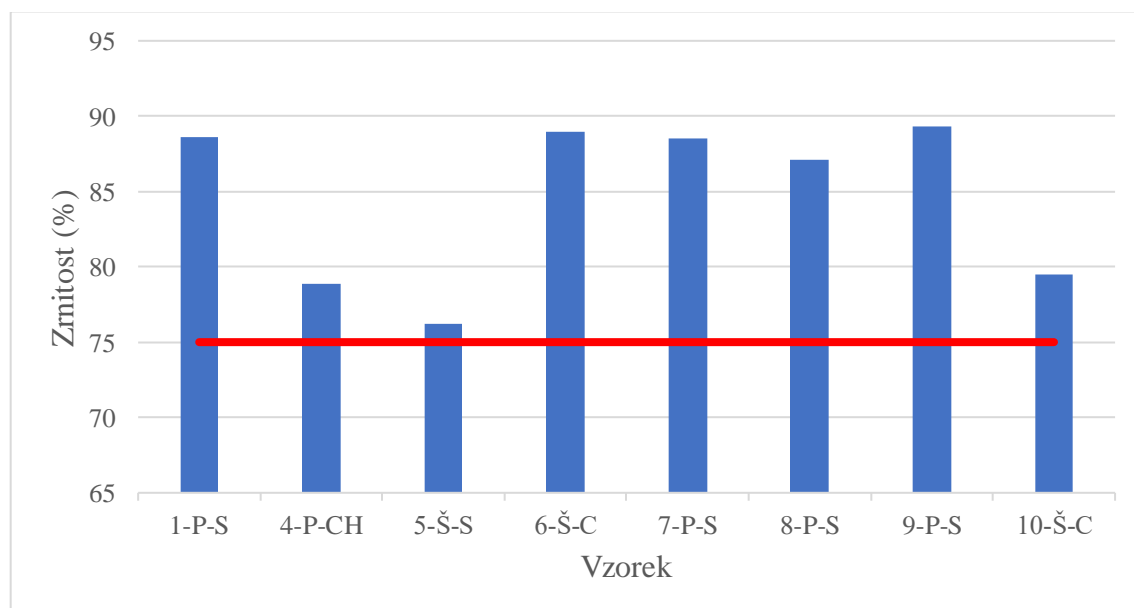
Z Obrázku 19 je patrné, že u stanovení zrnitosti se žádná mouka nedostala pod spodní hranici stanovenou normou, která je 96 %. Tuto hranici vyznačuje červená čára na Obrázku 19.

Obrázek 19 – Hodnoty propadu 257  $\mu\text{m}$  u vzorků pšeničné a špaldové mouky a jejich minimální propad 257  $\mu\text{m}$  stanovený normou (červená čára)



Z Obrázku 20 lze vyčíst, že u stanovení zrnitosti se žádná mouka nedostala pod spodní hranici stanovenou normou, která je 75 %. Tuto hranici vyznačuje červená čára na Obrázku 20.

Obrázek 20 – Hodnoty propadu 162  $\mu\text{m}$  u vzorků pšeničné a špaldové mouky a jejich minimální propad stanovený normou (červená čára)





### 3.5 Stanovení mokrého lepku v mouce

Množství lepku se stanovuje kvůli identifikaci mouky vhodnou pro lidi s určitými výživovými potřebami nebo zdravotním omezením, například celiakie. Dalším důvodem je, že ovlivňuje kvalitu pečiva. Lepkové proteiny jsou zodpovědné za vytvoření pevné sítě, která udrží plyn vzniklý při kynutí a přispívá k textuře a objemu pečiva. Různé mouky s různým obsahem lepku se chovají odlišně při pečení. Kvalitnější je většinou mouka s vyšším obsahem lepku. Množství lepku však není jediný ukazatel vhodné mouky pro pečení, je to také kvalita lepku.

Množství lepku bylo stanoveno pomocí ručního vypírání. Vzorek mouky byl smíchán s roztokem chloridu sodného a z těsta se vytvarovala kulička, ze které se postupně pod proudem vody vypíraly nežádoucí látky. Když už vzorek neobsahoval žádné množství jiných látek než lepek, kulička byla zbavena vody a zvážena [57]. Obsah lepku v žitné mouce nebyl stanoven (vzorky 2 a 3), jelikož obsahuje pouze malé množství lepku a je obtížné ho stanovit. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 9 a graficky na Obrázku 23.

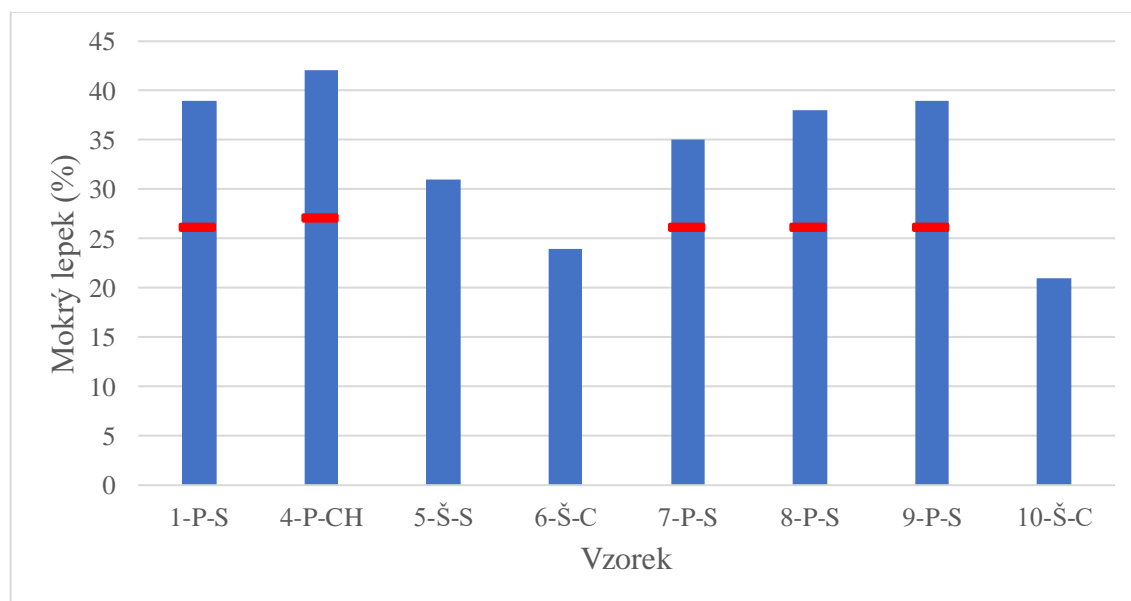
Tabulka 9 – Výsledky stanovení mokrého lepku v mouce a maximální množství mokrého lepku dané normami.  $m_{vz}$  – hmotnost vzorku mouky,  $m_l$  – hmotnost lepku po vyprání vzorku,  $X$  – množství lepku v sušině

Vzorky	$m_{vz}$ [g]	$m_l$ [g]	$X$ [%]	Min. lepek [%]
1-P-S	50	17,0	39	26
4-P-CH	50	18,4	42	27
5-Š-S	50	13,6	31	
6-Š-C	50	11,9	26	
7-P-S	50	15,5	35	26
8-P-S	50	16,6	38	26
9-P-S	50	16,8	39	26
10-Š-C	50	8,6	19	

U všech vzorků špaldové mouky 10-Š-C, 6-Š-C a 5-Š-S bylo zjištěno nejnižší množství lepku (19–31 %), což dokazuje, že pšenice špalda obsahuje méně lepku než vyšlechtěná pšenice setá (Tabulka 9). Naopak nejvyšší obsah lepku měl vzorek mouky 4-P-CH, která se využívá pro výrobu chleba. Při výrobě chleba je potřeba větší množství lepku, aby chléb držel strukturu a lepková síť dokázala pojmout velké množství oxidu uhličitého vzniklého při kynutí. Rozdíl mezi pšeničnými moukami získaných ze Sázavské pekárny a z obchodu nebyl skoro žádný. U

vzorku 9-P-S (z obchodu) vyšla hodnota lepku stejně jak u vzorku 1-P-S a u vzorku 8-P-S (z obchodu) vyšla o 1 % nižší než u pekařské mouky (1-P-S). Všechny vzorky splňovaly normu (Tabulka 9 a Obrázek 21). U špaldové mouky není stanoveno minimální množství tudíž nemají žádnou kontrolní normu. ČSN norma pro pšeničné mouky je vyznačena červenými čárkami na Obrázku 21.

*Obrázek 21 – Hodnoty mokrého lepku ve vzorcích pšeničné a špaldové mouky a jejich maximální množství mokrého lepku stanovené normou (červené čáry)*



## 4 ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo zkoumat a analyzovat kvalitu mouky. Byly vybrány mouky používané v Sázavské pekárně a mouky z veřejně dostupných obchodů. Tyto mouky byly podrobeny analýze s cílem zjistit, jak jsou kvalitní a zdali je rozdíl mezi moukou používaných ve velkých pekárnách a v domácnostech. U vzorků mouk bylo stanoveno několik kvalitativních parametrů.

Prvním parametrem byla vlhkost mouky, která se u většiny vzorků pohybovala okolo 12–13 %, pouze dva vzorky špaldové mouky měly vlhkost nižší než 10 %. Toto je pozitivní výsledek, neboť pokud by vlhkost ve vzorcích přesáhla 15 %, mohla by se mouka lehce kontaminovat plísněmi. Ve vlhkosti nebyl velký rozdíl mezi pekářenskou moukou a moukou z obchodu, jelikož vlhkost se u mouk dosti shodovala.

Další analýza byla zaměřena na stanovení kyselosti mouky. V kyselosti byly nalezeny již větší rozdíly. Nejvyšší kyselost byla zjištěna u celozrnných mouk, a to více než 68 mmol/kg. Dokonce vzorek 6-Š-C měl kyselost 99,03 mmol/kg čímž nesplnil normu. Vysoký výsledek byl nejspíše způsoben stářím mouky. Pšeničné hladké mouky měly naopak nejnižší kyselost, a to do 45 mmol/kg.

Dále byl stanoven popel, jehož množství se odvíjí od obsahu otrub v mouce. Podle očekávání bylo nejvíce popela stanoveno u mouk celozrnných, které dosahovaly hodnot v rozmezí 1,20–1,69 %. Naopak nejméně popela dosahovaly mouky světlé, které se vešly do rozmezí 0,41–0,50 %. Množství popela se u všech shodovalo s Typovým číslem mouky. Nejvyšší Typové číslo mají mouky celozrnné, díky svému velkému množství otrub. Z těchto výsledků vyplývá, že celozrnné mouky obsahují nejvíce otrub, poté jsou mouky chlebové a nejméně otrub obsahují mouky světlé.

U stanovení zrnitosti se mouky prosévaly na dvou sítích o různé velikosti ok, protože hladké mouky mají stanovené velikosti částic v rozmezí 257–162  $\mu\text{m}$ . Tudíž jedno síto mělo velikost ok 257  $\mu\text{m}$  a druhý 162  $\mu\text{m}$ . U velikosti 257  $\mu\text{m}$  vyšly výsledky dosti podobně okolo 99 %, jelikož jsou všechny vzorky mouky hladké propadly takřka všechny částice. U propadu 162  $\mu\text{m}$  byly rozdíly markantnější. Průměrná hodnota propadu byla cca 85 %. Podle velikosti částic se pak mouky dělí do třech kategorií na hladké, polohrubé a hrubé. Všechny stanovené vzorky splnily normu pro hladké mouky (257–162  $\mu\text{m}$ ).

Nakonec bylo stanoveno množství mokrého lepku, které dopadlo podle očekávání. Nejvíce lepkou obsahovala mouka chlebová, která se využívá pro pečení chleba nebo pečiva, které má větší objem. Proto potřebuje více lepku, aby se pečivo nerozpadalo a nebylo příliš křehké. Velkého množství lepku dosáhly také mouky pšeničné, u kterých vyšlo množství mokrého lepku v rozmezí 35–39 %. Nejméně lepkou dosáhly mouky špaldové, jelikož pšenice špalda na rozdíl od pšenice seté není tak vyšlechtěná a neobsahuje tolik lepku. Všechny vzorky však dosáhly dostatečné množství lepku, aby splnily normu. Tudíž jsou tyto výsledky pozitivní.

Pokud jsou porovnány mouky celkově, tak rozdíl mezi pekárenskou moukou a moukou z obchodu je minimální. Největší rozdíl byl zaznamenán v obsahu lepku, kdy špaldová mouka z obchodu (vzorek 10) měla značně velký rozdíl v obsahu mokrého lepku oproti špaldové mouce získané z pekárny (vzorek 6), a to o 7 %. Neznamená to ale, že by byla mouka z pekárny nějak výrazně lepší, jelikož pro kvalitu mouky existuje spousta dalších důležitých parametrů, které všechny mouky splňovaly s podobnými výsledky.

## 5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] František KŮST. *Situační a výhledová zpráva 2020*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 1994. ISBN 978-80-7434-611-8. ISSN 1211-7692.
- [2] František KŮST. *Situační a výhledová zpráva 2021*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, [1994]. ISBN 978-80-7434-651-4.
- [3] Josef PŘÍHODA, Marie HRUŠKOVÁ, Pavel SKŘIVAN. *Cereální chemie a technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-530-7.
- [4] Frederick Charles MORRIS, Simon ROSE. *Cereal Grain Quality*. Dordrecht: Springer, 1996, 3-54. ISBN 978-94-009-1513-8. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-009-1513-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1513-8_1)
- [5] Alyssa HIDALGO, Andrea BRANDOLINI. *Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.)*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014, 94, 601-612. DOI: 10.1002/jsfa.6382
- [6] Frederick Charles MORRIS, Simon ROSE. *Cereal Grain Quality*. Dordrecht: Springer, 1996, 3-54. ISBN 978-94-009-1513-8. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-009-1513-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1513-8_1)
- [7] Elke ARENDT, Emanuele ZANNINI. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Philadelphia, PA: Woodhead Publishing, 2013. ISBN 978-0-85709-413-1.
- [8] Josef PURKRÁBEK. *Katalog plodin. Agrobiologie* [online]. EpaX, 2018 [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: <http://krv.agrobiologie.cz/atlas/uvodem/>
- [9] Experts from The Mayo Clinic Experts from UCLA Center for Human Nutrition Experts from Dole Food Company *Encyclopedia of Foods - A Guide to Healthy Nutrition*. 1. Elsevier, 2002. ISBN 978-0-12-219803-8
- [10] Jelena FILIPOVIC, Lato PEZO, Nada FILIPOVIC, Vladimir FILIPOVIC, Maria BODROŽA-SOLAROV, Miroslav PLANČAK. *Mathematical approach to assessing spelt cultivars (*Triticum aestivum* subsp. *spelt*) for pasta making*. *International Journal of Food Science Technology*, 2013. 48. 195-203. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2012.03177.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03177.x)

- [11] Walter BUSHUK. *Rye Production and Uses Worldwide. Rye: production, chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, Canada. 2001, 46 (2), 70-73.*
- [12] Marcela SLUKOVÁ, Pavel SKŘIVAN, Marie HRUŠKOVÁ. *Cereální chemie a technologie: zpracování obilovin - mlýnská a těstářenská výroba. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2017. ISBN 978-80-7592-000-3.*
- [13] Masood Sadiq BUTT, Muhammad TAHIR-NADEEM, Muhammad Kashif KHAN, Rabia SHABIR, Mehmood BUTT. Oat: unique among the cereals. *Europien Jurnal of Nutritien.* 2008, 47, 68-79. DOI: 10.1002/9781118939420.ch3
- [14] Omana DILEEP, Aswathnaryan SHAMASUNDAR, P. K. BINSI, Nazlin HOWELL. *Composition and quality of rice flour–fish mince based extruded products with emphasis on thermal properties of rice flour. Journal of Texture Studies.* 2010, 190-207. DOI: [10.1111/j.1745-4603.2010.00221.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2010.00221.x)
- [15] Josef PŘÍHODA. *Cereální chemie a technologie III: technologie trvanlivého pečiva a snack výrobků. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991. ISBN 80-7080-099-2.*
- [16] *Obiloviny. In: Papu.sss [online]. [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: <http://papu.ssss.cz/w/kp/p/pv/1/druhyobilovi.htm>*
- [17] Chiemela CHINMA, Yogeshini RAMAKRISHNAN, Muna ILOWEFAH, Mat HANIS-SYAZWANI a Kharidah MUHAMMAD. *REVIEW: Properties of Cereal Brans: A Review. Cereal Chemistry.* 2015, 92, 1-7. DOI: 10.1094/CCHEM-10-13-0221-RW
- [18] Cécile BARRON, Valérie MICARD, Valérie LILLIEN-PELLERIN. *Whole grain Fractions and Their Utilization in Foods. In Whole Grains and Health (eds R. Landberg and N. Scheers).* 2021. DOI: 10.1002/9781118939420.ch3
- [19] Colin WRIGLEY, Harold CORKE, Koushik SEETHARAMAN a Jonathan FAUBION. *Encyclopedia of food grains. Second edition. Waltham, MA: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2016. ISBN 978-0-12-803536-8.*

- [20] Henryk ZIELINSKI, Boman CHREMOWICZ, Malgorzata PRZYGODZKA. *Antioxidants in cereal grains. Zywnosc-nauka technologia jakosc.* 2012, 19(1), 5-26. ISSN 1425-6959.
- [21] Pavel STRATIL. *Obiloviny. Obilné produkty a zdraví* [online]. [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: [http://www.lecitel-janvas.cz/obrazky/galerie/Obiloviny\\_obilne\\_produkty\\_a\\_zdravi.pdf](http://www.lecitel-janvas.cz/obrazky/galerie/Obiloviny_obilne_produkty_a_zdravi.pdf)
- [22] Dana GABROVSKÁ, Ilona HÁLOVÁ, Diana CHRPOVÁ, Jarmila OUHRABKOVÁ, Marcela SLUKOVÁ, Slavomíra VAVREJNOVÁ, Oldřich FAMĚRA, Pavel KOHOUT, Jan PÁNEK, Pavel SKŘIVAN. *Obiloviny v lidské výživě. Potravinářská komora České republiky.* 2015, 1-52 [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: <https://www.svazmlynucr.cz/wp-content/uploads/2015/06/Obiloviny-ve-v%C3%BD%C5%BEiv%C4%9B-lepek.pdf>
- [23] Ann-Charlotte ELIASSON. *Starh in Food: Structure, Function and Applications.* 1. CRC Press: Elsevier, 2004. ISBN 978-1-85573-909-3.
- [24] Alena STROSSEROVÁ. *Bezlepková dieta. Výživa a potraviny* [online]. 2007, 52-54 [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: <https://www.vyzivaspol.cz/wp-content/uploads/2015/09/001230.pdf>
- [25] Jessica BIESIEKIERSKI. What is gluten?. *Journal of Gastroenterology and Hepatology.* 2017, 32, 78-81. DOI: [10.1111/jgh.13703](https://doi.org/10.1111/jgh.13703).
- [26] Pavel SKŘIVAN. *Cereální chemie a technologie II: sekundární zpracování obilovin – pekárenská technologie.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2022. ISBN 978-80-7592-135-2.
- [27] Marja-Leena SARKKI. *Food uses of wheat gluten. American Oil Chemists Society.* 1979, 56, 443-446. DOI: [10.1007/BF02671533](https://doi.org/10.1007/BF02671533)
- [28] Didier MARION, Laurence DUBREIL a Jean-Paul DOULIEZ. *Functionaly of lipids and lipid-protein interactions in cereal-derived food products. John Libbey Eurotext.* Mountrouge, 2003, 10(1), 37-56. DOI: [10.1051/ocl.2003.0047](https://doi.org/10.1051/ocl.2003.0047)
- [29] Robert HENRY, Peter Stephen KETTLEWELL. *Cereal Grain Quality.* 1. New York: Springer Dordrecht. ISBN 978-94-009-1513-8.

- [30] Xiaowa QIN, Runjie ZHANG, Jie ZHANG, Yanwei SHI. *Physiological effects of paichongding applied to rice on the Nilaparvata lugens (STÅ L), the brown planthopper. National Science and Technology Support Project.* 2014, 87, 72-84. DOI: 10.1002/arch.21181
- [31] Květoslav HUBÍK. *Vliv hnojení a ročníku na jakost potravinářské pšenice. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž* [online]. 1995, 41, (11), 521-527 [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: <https://library.vukrom.cz/records/882861ea-1a38-4db2-be1a-2bc91710066d>
- [32] C. ARUNA, S. AUDILAKSHMI, C. V. RATNAVATHI a J. V. PATIL. *Grain quality improvement of rainy season sorghums. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods.* 2012, 4 (3), 140-149. DOI: 10.1111/j.1757-837X.2012.00157.x
- [33] *Sklizeň a posklizňové ošetření. Agrobiologie* [online]. [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: [https://agrobiologie.cz/SMEP3/Fytotechnika/fyto/php/skripta/kapitola5aed.html?titul\\_key=4&idkapitola=97](https://agrobiologie.cz/SMEP3/Fytotechnika/fyto/php/skripta/kapitola5aed.html?titul_key=4&idkapitola=97)
- [34] *Doporučení pro ošetřování a skladování zrna obilovin. Úroda* [online]. Profi press, 2019 [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: <https://uroda.cz/doporuceni-pro-osetrovani-a-skladovani-zrna-obilnin/>
- [35] Eva BICANOVÁ, Daniela ERHARTOVÁ, Petr DVOŘÁK a Ivana CAPOUCHOVÁ. *Možnosti zlepšení kvality ozimé pšenice v ekologickém zemědělství. In: Ekologické zemědělství* [online]. Praha, 2007, s. 70-72 [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: [http://organicfarming.agrobiology.eu/proceedings\\_pdf/24\\_bicanova\\_s70-72.pdf](http://organicfarming.agrobiology.eu/proceedings_pdf/24_bicanova_s70-72.pdf)
- [36] Richard ROBINSON. *Encyclopedia of Food Microbiology* [online]. 1. Elsevier, 2000. ISBN 978-0-12-227070-3.
- [37] Kurt ROSENTRATER. *Storage of Cereal Grains and Their Products.* 5. Elsevier, 2022. ISBN 978-0-128-12758-2.
- [38] A.Kaska.cz. *Zemědělské potřeby M+S s.r.o..* 2004. [online]. [cit. 2023-06-16] Dostupné z: <http://www.akaska.cz/sdruzeni-ms/skladovani-obili-na-podlaze.php>
- [39] V.Racek. *Sila* [online]. [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: <https://www.farmshop.cz/Sila1>



- [40] Jan HRABĚ, Otakar ROP, Ignác HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. ISBN 80-7318-372-2.
- [41] David VEVERKA. *Válcové mlecí stolice*. *Vodnímlyny* [online]. impire.cz, 2012 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/ru/valcove-mleci-stolice/>
- [42] *Zpracování zemědělských produktů - rostlinná část Mendelu* [online]. Brno: Mendelova univerzita, 2020 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=3653&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3653&typ=html)
- [43] Josef PŘÍHODA, Pavla HUMPOLÍKOVÁ, Dana NOVOTNÁ. *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář, 2003. ISBN 80-902922-1-6.
- [44] Pavel STRATIL. *Obiloviny. Obilné produkty a zdraví* [online]. [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: [http://www.lecitel-janvas.cz/obrazky/galerie/Obiloviny\\_obilne\\_produkty\\_a\\_zdravi.pdf](http://www.lecitel-janvas.cz/obrazky/galerie/Obiloviny_obilne_produkty_a_zdravi.pdf)
- [45] Suzanne NIELSEN. *Food Analysis Laboratory Manual*. 3. Springer International Publishing: Springer Cham, 2017, 3. DOI: 10.1007/978-3-319-44127-6\_32
- [46] ČSN 56 0512-7. *Metody zkoušení mlýnských výrobků – Stanovení vody*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [47] Peng ZHANG, Xing YANG, Yiting CHEN, Zhenhula WEI a Fulai LIU. *Dissecting the combined effects of air temperature and relative humidity on water use efficiency of barley under drought stress*. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2021, 207, 606-617. DOI: 10.1111/jac.12475
- [48] Wang-Zheng LI, Jai-Tsung SHAW. *Determining the Fat Acidity of Rough Rice by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy*. *Cereal Chemistry*. 1997, 74, 556-560. DOI: 10.1094/CCHEM.1997.74.5.556
- [49] Victor PREEDY, Ronald WATSON, Vinood PATEL. *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. 1. Academic Press: Elsevier, 2011. ISBN 978-0-12-380886-8.
- [50] Diego YAMUL, Cecilia LUPANO. *Viscoelastic Properties of Whey Protein Concentrate Gels With Honey and Wheat Flour at Different pH*. *Journal of Texture Studies*. 2015, 40, 319-333.

- [51] ČSN 56 0512-9. *Metody zkoušení mlýnských výrobků – Stanovení titrovatelných kyselin*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [52] Suzanne NIELSEN. *Food analysis*. Springer, 1998, (4). DOI: 10.1007/978-1-4419-1478-1
- [53] Erwin ROSENBERG, Ulrich PANNE. *Atomic Absorption Spectrometry (AAS) and Atomic Emission Spectrometry (AES)*. In: *Handbook of Spectroscopy*. VCH Verlag GmbH & Co., 2003, 507-582. ISBN 978-3-527-60230-8. DOI: 10.1002/3527602305
- [54] ČSN 56 0512-8. *Metody zkoušení mlýnských výrobků – Stanovení popela*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [55] *NIR k analýze obilovin a pícnin. Úroda* [online]. Profi Press, 2005 [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: <https://uroda.cz/nir-k-analyze-obilovin-a-picnin/>
- [56] *Stanovení lepku. ALS* [online]. Czech Republic, 2013 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: [https://www.alsglobal.cz/aktuality/Stanoveni-lepku\\_676](https://www.alsglobal.cz/aktuality/Stanoveni-lepku_676)
- [57] ČSN 56 0512-10. *Metody zkoušení mlýnských výrobků – Stanovení obsahu mokrého lepku*. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [58] Luis SORELL, Juan Antonio LÓPEZ, Israel VALDÉS, Emilio CAMAFEITA, Boris ACEVEDO, Fernando CHIRDO, Jorge GAVILONDO, Enrique MÉNDEZ. *An innovative sandwich ELISA system based on an antibody cocktail for gluten analysis*. Elsevier, 1998, 439(1-2), 46-50. ISSN 0014-5793. DOI: 10.1016/S0014-5793(98)01336-2
- [59] Juan ALVAREZ, Lauren MARTIN. *Genetic diversity and structure in Hordeum chilense population based on gliadin analysis*. *Plant systematics and Evolution*. Austria. 2006, 261, 11-18. DOI: 10.1007/s00606-006-0436-7
- [60] A BOMER, J. GROSSFELD. *Allgemeine Untersuchungs-methoden für Speisefette. Fette und Öle*. *Handbuch der Lebensmittelchemie*. Springer, Berlin, Heidelberg. 1939, 4. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-90674-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-90674-9_1)
- [61] ČSN 46 1034. *Olejnata semena – Stanovení obsahu oleje*. Praha: Český normalizační institut, 2011.

- [62] ČSN 56 0512-5. *Metody zkoušení mlýnských výrobků – Stanovení zrnitosti*. Praha: Český normalizační institut, 1994.