

Vliv stupně vymletí pšeničné mouky na vlastnosti pečiva

Bc. Monika Zadražilová

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Monika ZADRAŽILOVÁ**
Osobní číslo: **T09568**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv stupně vymletí pšeničné mouky na vlastnosti pečiva**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika pšenice seté *Triticum aestivum* L.
2. Technologie mletí pšeničného zrna
3. Technologické a nutriční vlastnosti pšeničné mouky
4. Výroba běžného pečiva

II. Praktická část

1. Materiál a metodika
2. Výsledky a diskuse

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] KUČEROVÁ, J. Technologie cereálií, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2004.

[2] SOBOTKA, M.; JELÍNKOVÁ- PAROULKOVÁ, D. a kol. Atlas obilnin, SZN, Praha 1958.

[3] ZIMOLKA, J. Pšenice- pěstování, hodnocení a užití zrna, Profi Press, Praha 2006.

[4] PŘÍHODA, J.; SKŘIVAN, P.; HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie I- Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2003.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

25. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:


20. května 2011

Ve Zlíně dne 21. března 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce, která byla zpracována na téma „Vliv stupně vymletí pšeničné mouky na vlastnosti pečiva“ se zabývá rozbořem potravinářských postupů vedoucích k výrobě běžného pečiva. Konkrétně pak řeší charakteristiky pšenice obecné, technologie mlýnského zpracování zrna, technologické a nutriční vlastnosti mouky a jejího zpracování při výrobě běžného pečiva.

Cílem práce bylo zkoumat vliv pšeničných mouk o různém stupni vymletí na vlastnosti běžného pečiva, které byly zjišťovány prostřednictvím provedeného pekařského pokusu. Výzkum byl veden u 11 vzorků pšeničné mouky s odlišnými kvalitativními parametry. Výsledky zjištěné při hodnocení pekařské jakosti byly statisticky zpracovány. Bylo zjištěno, že vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje poměr šířky k výšce pečiva.

Klíčová slova: pšenice, technologie zpracování, mouka, běžné pečivo, pekařský pokus

ABSTRACT

The presented diploma thesis called “The influence of Flour Extraction Rate on the Quality of Pastry“ deals with the analysis of food processing leading to production of pastry. In particular, the thesis works out on the characteristics of common wheat, grain processing, technological and nutritional properties of flour and its processing by production of pastry. The aim of the thesis is to analyze the influence of various flour extraction rates on the quality of pastry, which have been determined with the help of a baking test. The analysis has been carried out on 11 wheat flour samples with varying quality parameters. The results gained at the evaluation of the pastry qualities were statistically analyzed. It was established that higher ash count considerably increases the width-to-height ratio of pastry.

Keywords: wheat, processing flour, ordinary bread, baking attempt, flour

Mé poděkování patří především paní Mgr. Ivě Burešové, Ph. D. za pomoc, cenné rady a připomínky při zpracovávání diplomové práce a paní Ing. Petře Dvořákové za ochotu a spoluúčast při práci v laboratoři.

Dále chci poděkovat vedení firmy PENAM a.s. ve Znojmě, Kojetíně, Vojkovicích a Trnavě a firmy Perner s. r. o. ve Svijanech za poskytnutí zkoumaného materiálu a panu Petru Niesnerovi, majiteli firmy Niesner s. r. o. pro výrobu a montáž mlýnské a potravinářské technologie, díky kterému jsem získala kontakty a ochotu spolupráce výše zmíněných firem.

V neposlední řadě mé díky patří také mému kamarádovi Janu Joklovi za cenné informace a pozitivní přístup a také své rodině za trpělivost a toleranci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CHARAKTERISTIKA PŠENICE	12
1.1 PŠENICE (<i>TRITICUM</i>).....	12
1.1.1 Pšenice obecná (<i>Triticum aestivum</i>).....	12
1.1.1.1 Chemické složení zrna.....	13
1.1.1.2 Pěstební technologie.....	15
1.1.1.3 Technologická jakost.....	17
2 TECHNOLOGIE MLÝNSKÉHO ZPRACOVÁNÍ	22
2.1 PŘÍJEM, PŘEDČIŠTĚNÍ A USKLADNĚNÍ.....	22
2.2 PŘÍPRAVA PŠENICE K MLETÍ.....	23
2.2.1 Sestavení směsi na zámel.....	23
2.2.2 Čištění a úprava pšeničné směsi.....	24
2.3 MLETÍ PŠENICE.....	25
2.3.1 Vliv mletí na složení a jakost mouky.....	28
2.3.2 Výtěžnost mouk.....	30
2.4 MÍCHÁNÍ A SKLADOVÁNÍ MOUK.....	30
2.5 DOZRÁVÁNÍ MOUK.....	31
2.6 ALTERNATIVNÍ TECHNOLOGIE V OPRACOVÁNÍ A TŘÍDĚNÍ ZRNA.....	33
2.6.1 Peeling.....	33
2.6.2 Třídění cereálií optickými třídíči.....	34
2.6.3 Debraning.....	34
3 TECHNOLOGICKÉ A NUTRIČNÍ VLASTNOSTI MOUKY	36
4 VÝROBA BĚŽNÉHO PEČIVA	41
4.1 DRUHY BĚŽNÉHO PEČIVA.....	41
4.2 HLAVNÍ SUROVINY PRO VÝROBU BĚŽNÉHO PEČIVA.....	42
4.3 TECHNOLOGIE VÝROBY BĚŽNÉHO PEČIVA.....	44
4.3.1 Výroba těsta.....	44
4.3.2 Dělení a tvarování těst.....	44
4.3.3 Kynutí vytvarovaných těstových kusů.....	45
4.3.4 Úprava nakynutých polotovarů k pečení.....	45
4.3.5 Sazení a pečení.....	46
4.3.6 Trvanlivost pečiva.....	47
II PRAKTICKÁ ČÁST	49
5 CÍL PRÁCE	50
6 MATERIÁL A METODIKA	51
6.1 VZORKY MOUKY.....	51
6.2 PEKAŘSKÝ POKUS.....	52
6.2.1 Statistické vyhodnocení.....	55
7 VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUSE	58
7.1 NAMĚŘENÉ PERAMETRY PEČIVA.....	58
7.1.1 Výsledky statistického vyhodnocení.....	65

7.2	DISKUSE VÝSLEDKŮ.....	66
ZÁVĚR		71
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		72
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		78
SEZNAM OBRÁZKŮ		79
SEZNAM TABULEK		80
SEZNAM PŘÍLOH		81

ÚVOD

Obiloviny tvoří až 68% podíl světové produkce potravin. Celosvětově nejvýznamnější obilovinou zajišťující výživu lidské populace je pšenice, jejíž roční produkce představuje až 580 milionů tun. V současné době je jednou z nejdůležitějších komodit na úseku potravin. Jakožto jedna z nejzákladnějších surovin je využívána k výrobě mouky, natolik důležité v pekárenském průmyslu. Dnes lze pšenici označit za strategickou surovinu především díky vysoké kvalitě pšeničné bílkoviny vytvářející dobrou strukturu pečiva. Důležitost pšeničné mouky a výrobků z ní je nejen pro člověka více než zjevná.

Pšeničná mouka má své uplatnění ve výrobě širokého sortimentu pečiva, především v sortimentu pečiva běžného, na jehož výrobu jsou používány mouky se silným lepkem. Nejdůležitějším kritériem pekařské kvality pšeničné mouky je hodnocení objemu pečiva související právě s obsahem a kvalitou přítomného lepku. Objem pečiva je tím vyšší, čím vyšší je množství a tažnost lepku. Kromě zmíněného objemu pečiva lze kvalitu pšeničné mouky posuzovat např. podle sedimentačního testu Zelenyho, čísla poklesu či vaznosti mouky.

V této práci jsem se soustředila na vliv stupně vymletí použité pšeničné mouky na kvalitu běžného pečiva. V rámci provedeného pekařského pokusu jsem vedle objemu pečiva zjišťovala také hmotnost těsta, hmotnost pečiva, tvar pečiva a jeho objemovou výtěžnost. Pekařský pokus byl proveden na 11 vzorcích mouky o různém kvalitativním složení, jež reprezentují vybrané mlýny v ČR a Slovensku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA PŠENICE

Obiloviny představují až 68% podíl světové zásoby potravin. [1] Z nich se na lidské výživě podílí především pšenice. [2] Cereální produkty patří mezi základní potraviny lidstva a zahrnují až 50 % celkového příjmu sacharidů, 1/3 proteinů a 50–60 % vitamínu B. [3] Na celkovém příjmu minerálních látek se podílí z 20–30 %. Obiloviny patří botanicky mezi traviny – *Gramineae*. Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovité – *Poaceae*. [4]

1.1 Pšenice (*Triticum*)

Pšenice je dnes hlavní pěstovanou, konzumovanou a exportovanou obilovinou a současně také nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití. [2] Její roční světová produkce činí 540–580 mil. tun. [5] Pšenice, jejíž největší podíl pěstování se koncentruje v oblasti mírného pásma, se ze všech obilovin nejlépe adaptuje na prostředí. [1] Mezi hlavních 5 producentů poskytujících až 77% podíl veškeré produkce se řadí USA, Kanada, Francie, Austrálie a Argentina. [5] V současné době patří tato cereálie mezi nejvýznamnější obchodní komodity na úseku potravin. [6]

Spotřeba potravinářské pšenice v ČR se pohybuje kolem 1,2 miliónů tun. Z tohoto množství se téměř 70 % zpracuje v pekárnách pro výrobu chleba a pečiva, asi 12 % se spotřebuje v domácnostech a zbývající část je použita k výrobě ostatních cereálních výrobků. [7]

Rod pšenice (*Triticum*) tvoří asi 8 druhů, z nichž produkčně využívané jsou následující:

Pšenice obecná (*Triticum aestivum*) – široce rozšířená, bylo z ní vyšlechtěno velké množství odrůd, využívaných převážně v pekařské výrobě;

Pšenice tvrdá (*Triticum durum*) – používaná pro výrobu těstovin a pěstovaná pouze v příznivých, převážně vnitrozemských oblastech;

Pšenice špalda (*Triticum spelta*) – má pluchaté zrno, je využívána jen místně, dnes především v alternativním zemědělství. [6]

1.1.1 Pšenice obecná (*Triticum aestivum*)

Pšenice obecná je nejvíce prošlechtěný druh pšenice a patří k ní většina odrůd pěstovaných v ČR. [8]

1.1.1.1 Chemické složení zrna

Obilné zrno je rozděleno na 3 anatomické oblasti: obalová část, klíček a endosperm. [9] Obalové části představují asi 14,5 % hmotnosti zrna a obsahují vysoký podíl nerozpustné vlákniny [10]. Obilný klíček zaujímá pouze 2–3 % hmotnosti zrna, je bohatý na bílkoviny (asi 25 %) a lipidy (8–13 %). [11] Endosperm představuje okolo 83 % hmotnosti obilného zrna. Obsahuje vysoký podíl proteinů, sacharidů a železa. Je také hlavním zdrojem vitamínu B a rozpustné vlákniny. [10]

Zastoupení hlavních chemických složek v jednotlivých částech zrna je velmi rozdílné. [2] Chemické složení kolísá podle oblastí, odrůdy, hnojení, doby setí, agrotechniky či klimatických podmínek. [6] Tabulka 1., uvedená v hmotnostních %, udává podíl látek v pšeničném zrně.

Tab. 1. Obsah látek v pšeničném zrně [12]

Látka	Podíl [%]
Bílkoviny	12,1
Tuky	2,2
Minerální látky	1,6
Hrubá vláknina	2,0
Sacharidy	71,0
Vápník	0,03
Železo	0,0035

Důležitou složkou obilného zrna je **voda**, neboť veškeré biochemické a fyziologické procesy, probíhající během růstu, dozrávání a skladování, jsou realizovány právě za její účasti. [6] Je přítomna v množství 10–14 %. [10] Z technologického hlediska, dle obsahu vody, hovoříme o zrně mokré (nad 17 % vody), vlhkém (nad 15,5 % vody), středně suchém (nad 14 % vody) a suchém (do 14 % vody). [6]

Obsah vody v zrně by neměl klesnout pod 9 %, protože může být narušena jeho klíčivost. Je-li naopak vyšší než 15 %, zintenzivňuje se činnost mikroorganismů, které se nacházejí na povrchu zrn a tím je narušována jeho jakost. [13]

Neméně důležitou součástí zrna je **škrob**, vyskytující se výhradně v endospermu. [14] Obsah tohoto zásobního polysacharidu se v zrně pohybuje v množství 60–70 %. [4] Jeho obsah v mouce je vyšší, cca 75–80 %. Škrob se v obilovinách vyskytuje ve formě škrobových zrn, jejichž velikost je v rozmezí 10–50 μm a sestává ze dvou frakcí – amylosy a amylopektinu. [15] Prvotní význam pro pekařské účely spočívá především v tom, že po

ochlazení výrobku se vytváří pružný škrobový gel, jenž je hlavním nositelem vláčnosti a vody obsažené ve střídě chleba. [2]

Většina **bílkovin** je uložena v endospermu a v aleuronové vrstvě. [6] Průměrný obsah bílkovin v našich pšenicích se pohybuje kolem 12 %. [8] Z aminokyselin je pšeničný endosperm bohatý především na glutamin (30 %) a prolin (10 %). Obsah ostatních aminokyselin se pohybuje mezi 1–5 %. [11]

Od ostatních rostlinných bílkovin se pšeničná bílkovina liší schopností tvorby pružného gelu – lepku, který v roce 1728 objevil italský přírodovědec Odoardo Beccari. [16] Lze jej z těsta izolovat vypíráním proudem vody, přičemž se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob, a po určité době zůstává substance, která je nazývána „mokrý lepek“. [14] Mokrý lepek je pružný, vazký, kaučukovitý gel, jehož barva je žlutozelená až žlutošedá. [16] Obsah mokrého lepku v pšenici se pohybuje od 15 % do 50 % a obsahuje až 90 % bílkovin, 8 % tuků a 2 % sacharidů. [3] Z ostatních obilovin podobný gel vyprat nelze. [14] Vysušením je možné získat tzv. „suchý lepek“. [8]

Lepek má stěžejní úlohu při tvorbě těsta a určuje jeho pekařské vlastnosti. Množství a vlastnosti lepku jsou hlavními kritérii pekařské jakosti pšenice. [6] Ovlivňuje také tzv. sílu mouky, podle níž se hodnotí jakost pečiva. [17] Skládá se ze dvou bílkovinných frakcí – gluteninu a gliadinu. [18] Gliadin je nositelem tažnosti, glutenin pružnosti a bobtnavosti lepku. Určité frakce gliadinu mohou u menší části populace vyvolat trávicí alergii zvanou celiakie. [2]

Obsah **tuku** je 1,5–2,5 %. [6] Je koncentrován převážně v klíčku a v aleuronové vrstvě. [13] I když hmotnostní podíl klíčku představuje z celého zrna přibližně 2,54 %, podíl tuku v něm obsažených může dosahovat hodnoty až 64 %. Naproti tomu v endospermu, který zastupuje více než 80 % zrna, jsou obsažena asi 3,3 % lipidů. [2] Převážný podíl tuku pšeničného zrna představují nenasycené mastné kyseliny, především kyselina linolová a kyselina linolenová. [6]

Minerální látky jsou souhrnně označovány jako „popel“, což znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. [2] Obsah popela slouží jako ukazatel k posouzení vedení technologického procesu mletí a jakosti mlýnských výrobků. [17] V obilném zrně se minerální látky nachází v množství 1,5–2,5 %. [6] Nejvyšší koncentrace je v podobalových vrstvách a naopak nejnižší v endospermu. [14] Ve vyšších koncentracích

se v zrně nachází fosfor, zinek, měď, mangan a selen. [19] Nepravidelní rozložení minerálních látek v zrně se stalo základem pro hodnocení jakosti mouky. [6]

Endosperm je na obsah **vitaminů** chudý. [14] Nejvyšší koncentrace jsou v obalových vrstvách a klíčku, zejména ve štítku a aleuronové vrstvě. [6] Obiloviny je možno považovat za zdroj vitaminů skupiny B. [2] Z vitaminů rozpustných v tucích je to především vitamin E (tokoferoly), který přechází do mouky z klíčku, a proto celozrnná mouka a výše vymleté mouky mají vysokou nutriční hodnotu. [16]

Enzymy jsou specifické organické sloučeniny s makromolekulární stavbou, jichž lze v pšeničném zrně nalézt stovky až tisíce s převážným charakterem složité bílkoviny. [20] Fungují jako biokatalyzátory živé buňky, regulují výměnu látek během klíčení, růstu, v průběhu skladování a technologického zpracování. [6] Zvýšení vlhkosti zrna i výrobku znamená vyšší aktivitu enzymů a stejně jejich aktivitu ovlivňuje také teplota. Pro většinu enzymů, které jsou v zrně obsaženy, se optimální teplota pohybuje od 30 °C do 50 °C, avšak některé dosahují nejvyšší aktivity při teplotách kolem 60 °C. Následkem zvýšení teploty nad 100 °C je enzym inaktivován. [8]

Technologicky významné a v obilovinách se vyskytující enzymy jsou amylasy hydrolyzující škrob. [6] Se stoupající teplotou a vlhkostí se jejich aktivita zvyšuje, proto ke štěpení škrobu dochází hlavně při špatném skladování mouky nebo zrna a při porůstání obilí. [16] Proteolytické enzymy (proteasy) hydrolyzují peptidové vazby bílkovin. [6] Skupina lipolytických enzymů (lipasy) štěpí tuk na volné mastné kyseliny a glycerol. Oxidačně-redukční lipoxygenasy oxidují nenasycené mastné kyseliny z lipidů obilovin. [16] Lipasy a lipoxygenasy se nachází především ve slupce a klíčku. [9] Lipoxygenasa katalyzuje oxidaci klíčkového oleje a způsobuje tímto rychlé zvýšení peroxidové hodnoty, následně dochází k oxidaci a žluknutí klíčků. [21]

1.1.1.2 Pěstební technologie

Pěstební technologie, zejména předplodina, způsob založení porostu, jeho regulace, výživa a ochrana proti plevelům, chorobám a škůdcům jsou významnými faktory, které ovlivňují prakticky všechny parametry nutriční a technologické kvality zrna a při zařazování odrůd pečárenské pšenice na stanoviště je třeba respektovat specifika nároků na podmínky stanoviště. [22]

V současné době je u nás pěstována především ozimá forma pšenice, která má díky delší vegetační době ve srovnání s jarními formami větší časový prostor na tvorbu asimilačního aparátu a výnosotvorných prvků a dosahuje tím vyšší produkce. [23]

Lokalita je charakterizována umístěním pozemku v příslušné zemědělské výrobní oblasti, případně podoblasti. Systém zemědělských výrobních oblastí a podoblastí rozlišuje čtyři základní výrobní oblasti – kukuřičná, řepařská, bramborářská a horská. Pekárenská pšenice je dosud pěstována prakticky ve všech jednotlivých výrobních oblastech ČR, v nichž se však dosahuje výrazně rozdílné technologické kvality pšeničného zrna. Pekárensky nejkvalitnější surovina je pěstována v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti. Zrno pekárenské pšenice, která je pěstována v bramborářské a zejména v horské výrobní oblasti, nedosahuje takového obsahu a pekárenské kvality bílkovin jako má zrno právě z oblasti kukuřičné a řepařské. [22]

Volba **předplodiny** je pro výslednou jakost zrna velmi důležitým faktorem. [24] Ta vytváří podmínky pro rozvoj kořenové soustavy pšenice a podstatně mění fyzikální vlastnosti půdy, které jsou důležité nejen pro růst a vývin biomasy, ale také pro tvorbu klasu a zrna. [22] Nejvhodnější předplodinou pšenice v našich podmínkách jsou luskoviny, nejlépe vojtěška, a to díky množství a kvalitě posklizňových zbytků, které zanechávají v půdě a také fixaci atmosférického dusíku hlízkovými bakteriemi. Pozvolna se uvolňující dusík z posklizňových zbytků luskovin je dobře využíván hlavně v období tvorby zrna. Vysokých výnosů je dosaženo také po předplodině okopanině. Naopak nejnižších výnosů zrna s nejnižší pekárenskou kvalitou lze dosáhnout v případě předplodiny obilniny či kukuřice. [25]

Setí je základní operací založení porostu. Kvalita zasetí porostu představuje základ úspěšnosti jeho dalšího vedení po celou vegetaci. Za standardních podmínek je doporučena hloubka setí 3–4 cm. Konečný výsevek je třeba upravit podle skutečných osivových hodnot deklarovaných dodavatelem osiva. Výsevní množství jednotlivých odrůd ozimé pšenice (skutečný výsevek v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) je nutné vypočítat HTS (hmotnost tisíce semen), uvažované normy výsevu mil. klíčivých zrn na 1 ha a užitné hodnoty osiva. Je nutné používat kvalitní certifikované osivo, které je charakteristické vysokou biologickou hodnotou. [22]

Základními látkami, jenž jsou pro **výživu** porostů pšenice nejdůležitější jsou: dusík, fosfor a draslík. [26] Dostatek živin má nejvýraznější vliv na výnos a technologickou

kvalitu zrna. Z ukazatelů kvality lze hnojením zvláště ovlivnit sedimentační index, a to dokonce výrazněji než obsah dusíkatých látek v zrně. Silný vliv má hnojení také na objemovou hmotnost zrna. Číslo poklesu je ze všech sledovaných parametrů technologické kvality nejméně ovlivněno úrovní aplikovaných živin. [22]

Dalším způsobem zvyšování výnosu pšenice je **aplikace regulátorů růstu** – biologicky aktivních látek na bázi chlormequatu a ethephonu. [25] Dávky je nutné diferencovat v závislosti na oblasti, délce a pevnosti stébel jednotlivých odrůd, hustotě porostu, celkové dávce dusíku na hektar a době výsevu. Jedním z prvořadých předpokladů dosažení dobré kvality pšenice pěstované pro pekárenské účely je udržet porost do sklizně v nepoléhavém stavu. [22] Poléhání porostů může snížit výnos pšenice až o 30 % i více. [13]

Základním preventivním opatřením na **ochranu** porostů pšenice je používání uznaného osiva pocházející z řádně kontrolovaného semenářského porostu a jehož zdravotní stav je kontrolován. [27] Pro omezení zaplevelení je důležité respektovat předplodinu a mechanicky či chemicky zničit vzešlé plevele a výdrol ještě před setím. [22] Ekonomicky výhodná je podzimní aplikace herbicidů, neboť přináší několik předností: konkurenční plevel lze včasné a jednoduše odstranit, snášenlivost a sortiment herbicidních přípravků v podzimním období je příznivější a v neposlední řadě nevhodné zimní teploty a vzdušná vlhkost na jaře znemožňuje nalézt optimální termín aplikace herbicidů. [28]

Velká pozornost, jejíž těžiště se soustřeďuje na jarní a časně letní období, je věnována ochraně proti chorobám. [22] Choroby pšenice lze dělit do čtyř skupin – virové, houbové, listové a klasové. [25] Ochranné zákroky se zaměřují především na eliminaci klasových chorob, hlavně fuzarióz, jež jsou doprovázeny produkcí mykotoxinů vyskytujících se nejvíce ve vnějších částech zrna [24] Aplikace fungicidů proti klasovým chorobám je velmi důležitá, neboť významně ovlivňuje nejen výnos pšenice, ale také její potravinářskou kvalitu. Stále větší pozornost je třeba věnovat i podzimní ochraně proti přenosu viróz na vzcházející porosty pšenice. Na porostech pšenice se vyskytuje zvláště v posledních letech virus zakrslosti pšenice, který je přenášen mšicemi a virus zakrslosti ječmene přenášený křísy. [22]

1.1.1.3 Technologická jakost

Technologickou jakostí se rozumí souhrn znaků a vlastností důležitých pro průmyslové zpracování. [29] „*Jakost*“ je ekonomický termín a vyjadřuje stupeň naplnění potřeb vůči

určitému standardu. Poněvadž obiloviny naplňují rozličné požadavky spotřebitelů a zpracovatelů, je třeba na jejich jakost pohlížet z několika hledisek. Jakost má proto i několik různých složek:

- Hygienickou – obilovina je buď zdravotně nezávadná, nebo zdravotně závadná
- Nutriční – udává, jak vyhovuje nutričním požadavkům, kritériem jsou výživová doporučení
- Senzorickou – je základním kritériem spotřebitele pro volbu
- Užitnou – směr a způsob využití, rychlá příprava, trvanlivost [7]

Kvalita zrna pekárenské pšenice je souhrnem fyzikálních a chemických vlastností zrna. Za pšenici potravinářskou se považují zralé obilky pšenice obecné (*Triticum aestivum*) a to odrůd, které jsou registrovány podle jejich odpovídající pekárenské kvality. Norma ČSN 461100-2:2001 stanovuje požadavky na zrno pšenice jako zemědělského výrobku určeného k mlýnskému zpracování. Tabulka 2. udává parametry suroviny pro pekárenské využití.

Tab. 2. Parametry suroviny pro pekárenské využití dle požadavků ČSN [30]

Parametr	Pekárenská pšenice	
Vlhkost [%]	Nejvýše	14,0
OH [kg·ha ⁻¹]	Nejméně	76,0
FN [s]	Nejméně	220
NL (m/m) [%]	Nejméně	11,5
SEDI (dle Zeleny) [ml]	Nejméně	30

Kritéria pro hodnocení jednotlivých jakostních parametrů a rozřídění odrůd pšenice do skupin podle kvality zahrnují hlavní a doplňková kritéria uvedená v následující tabulce 3.

Tab. 3. Kritéria hodnocení odrůd potravinářské pšenice [24]

Hlavní kritéria pro hodnocení odrůd:	Doplňková kritéria pro hodnocení odrůd
1. Rapid Mix Test 2. Obsah bílkovin 3. Sedimentační test Zelenyho 4. Číslo poklesu 5. Objemová hmotnost 6. Vaznost mouky	1. Obsah mokrého lepku 2. Farinografické údaje - vývin těsta - stabilita těsta - stupeň změknutí těsta 3. Obsah popela v zrně pšenice 4. Tvrdost zrna 5. Hmotnost tisíce zrn 6. Výtěžnost mouky T 550

Obsah dusíkatých látek – stoupající obsah dusíkatých látek působí pozitivně na chování pečiva při pečení, má vliv na povahu těsta a objem pečiva. [24] Stanovit jej lze referenční Kjeldahlovou metodou či instrumentální NIR metodou (Blízká infračervená spektroskopie), která je velmi jednoduchá a rychlá. [15]

Sedimentační test Zelenyho – sedimentační hodnota vyjadřuje obecně objem sedimentu zkoušeného vzorku pšeničné mouky ve standardizovaném roztoku stanovených činidel za specifických podmínek metody. [14] Uvádí se v jednotkách ml. [31] Tento test slouží k rychlému posouzení pekařské jakosti pšenice a pšeničné mouky na základě množství a kvality jejich bílkovin. [14]

Číslo poklesu – je kritériem pro odhalování skrytého porůstání tj. poškození škrobu hydrolytickými enzymy, syntetizovanými v zrně v důsledku startu procesu klíčení zrna v klasu před sklizní. [24] Test je založen na aktivitě amylasy přítomné ve škrobu, která svojí činností způsobuje snížení viskozity suspenze šrotu. [15] Princip metody je založen na měření doby poklesu standardního tělíska na dráze konstantní délky ve vodné suspenzi mouky nebo celozrnného šrotu z obilovin během rychlého zmazovatění a následného ztekucení škrobu amylasou, která je ve vzorku obsažena. Jako číslo poklesu se udává celkový čas v sekundách, od ponoření viskozimetrické zkumavky do vroucí vody, včetně času potřebného na míchání viskozimetrickým míchadlem specifikovaným způsobem a času potřebného k poklesu míchadla o určenou vzdálenost ve vzniklém gelu. Obecně platí:

- 62–180 s → aktivita amylasy je vysoká, zrno je poškozené porostlostí, těsto je lepkavé, výrobek málo klenutý, střída jeví známky mazlavosti,

- 200–300 s → aktivita amylasy je normální, zrno je zdravé, zpracovatelnost těsta dobrá, tvar a kvalita střídy výrobků spotřebitelsky standardní, základní hodnota pro pšenici u nás je 220 s,
- nad 300 s → aktivita amylasy je nízká, těsto bývá suché, objem výrobků nižší, střída je suchá, drobná, je doporučeno upravovat pšeničné mouky sladovými přípravky.

V současné době se ke stanovení čísla poklesu používá přístroj Falling Number. [25]

Objemová hmotnost – tedy hmotnost 1 hektolitru zrna vyjádřena v kilogramech. [29] Je ukazatelem mlynářské jakosti a souvisí s výtěžností mouky. [24] Ve většině zemí je považována za jeden ze základních ukazatelů kvality. [14]

Následující parametry nejsou uváděny v ČSN, ale mohou být požadovány:

Vaznost mouky – je závislá na obsahu a vlastnostech bílkovin. Ovlivňuje výtěžnost a stabilitu těsta. [25] Z pekařského hlediska patří mezi důležitá kritéria. [24]

Obsah lepku – mezi obsahem dusíkatých látek, obsahem a kvalitou lepku je závislost. Pokud není při výkupu hodnocena kvalita lepku, ale pouze jeho obsah, jsou poškozovány některé kvalitní potravinářské odrůdy a naopak zvýhodňovány odrůdy, které mají vyšší obsah lepku s nízkou potravinářskou jakostí. [25]

Farinografické údaje – farinograf je rozšířeným přístrojem k testování mouky. Na základě sledování změn konzistence těsta při hnětení za standardních podmínek lze charakterizovat kvalitu mouky a odolnost z ní vyrobeného těsta vůči mechanickému namáhání. [14] Těsto z kvalitní mouky řídne při hnětení zvolna, což se projevuje na farinografu menším poklesem křivky. [25]

Obsah popela – souvisí s technologií výroby mouky. Obsah popela je na spotřebitelském balení mouk značen jako „T“, což znamená „typ mouky“. Typem mouky se myslí číselné označení, jehož hodnota je tisíckrát větší než průměrný obsah popelovin v sušině mouky. [32]

Je důležité, aby hodnoty parametrů jakosti potravinářské pšenice pro mlýnsko-pekařenské využití byly v průběhu ročníků i lokalit pěstování co nejvyrovnanější. Při stabilitě jakosti v čase lze zachovat technologické postupy zpracování ve mlýně i v pekárně bez provozních změn a tím zajistit maximální efektivnost výroby a standardizaci kvality finálních výrobků. [33]

Od roku 1998 jsou pšenice členěny dle jakosti do následujících skupin:

- *Elitní pšenice E* – dříve označované jako velmi dobré, zlepšující
- *Kvalitní pšenice A* – dříve označované jako dobré, samostatně zpracovatelné
- *Chlebové pšenice B* – dříve označované jako doplňkové, zpracovatelné ve směsi
- *Nevhodné pšenice C* – odrůdy nevhodné pro výrobu kynutých těst [25]

2 TECHNOLOGIE MLÝNSKÉHO ZPRACOVÁNÍ

Hlavním úkolem mlynářské technologie při zpracování pšenice je oddělit obalové části od endospermu, což je prováděno postupným drcením zrna a meliva s následným tříděním a čištěním.

Zpracování pšenice ve mlýně má tyto základní etapy:

- příjem, předčištění a uskladnění
- příprava pšenice k mletí
- mletí pšenice
- příprava a skladování obchodních mouk [2]

2.1 Příjem, předčištění a uskladnění

Při příjmu pšenice se kontroluje množství a kvalita zrna. Kontrola kvality je základem pro dosažení co největší standardizace vlastností mlýnských výrobků podle požadavků odběratelů na jednotlivé druhy mlýnských výrobků. [8]

Do mlýna je pšenice dopravována většinou volně ložená na nákladních a speciálních automobilech s přívěsy či ve speciálních železničních vagónech. [6] Pro účely kontroly jakosti jsou z jednotlivých dodávek odebírány předepsaným způsobem vzorky. Ke vzorkování slouží ruční vzorkovače nebo automatické pneumatické vzorkovače. [2] Pšenice jde dále do příjmového koše a odtud do skalperátoru, kde je na vzduchovém třídiči zbavena nejhrubších nečistot a prachu. [6]

Předčištěná pšenice je ukládána do silových buněk, což jsou až 15 m vysoké železobetonové, sklolaminátové, ocelové či textilní nádrže kruhového nebo mnohoúhelníkového půdorysu s průměrem do 5 m. [34] Skladuje se a postupně vydává k mlýnskému zpracování až několik měsíců, některé partie až do další sklizně. Část pšenice se uskládá také jako tzv. strategické zásoby i po více let. [2] V silech je uložena ve vysokých vrstvách, z tohoto důvodu je nutno pravidelně kontrolovat jak teplotu, tak i vlhkost zrna a vzduchu. [35] Správná vlhkost zrna (12–14 %) je zde udržována občasným provětráváním. [34] V těchto skladech je nutné pšenici pravidelně přepouštět z jedné silové komory do druhé. Důvodem je uchování sypkosti zrna. [8]

2.2 Příprava pšenice k mletí

Prvním krokem bývá zpravidla sestavení směsi na zámel, tedy míchání pšeníc, které jsou pomocí dávkovačů vedeny do čistírny mlýna, kde se podrobují čištění a dalším úpravám. [2]

2.2.1 Sestavení směsi na zámel

Pšenice z různých partií se míchají tak, aby výsledné vlastnosti směsi pokud možno co nejvíce odpovídaly jeho určení pro další zpracování. Vlastnosti jednotlivých partií pšeníc se vhodně kombinují tak, aby byla zajištěna standardnost výroby mouk. Výhodné je míchání 3–5 odrůd. [6] Parametry směsi, která je používána pro výrobu běžných pekařských mouk se liší od parametrů při výrobě mouk speciálních. Mlýny v České republice vyrábí v převážné míře mouky pro běžnou pekařskou výrobu. Z hlediska požadovaných parametrů pro kvalitní pekařské mouky je důležitý především obsah a kvalita pšeničné bílkoviny a aktivita amylolytických enzymů a poškození škrobu. [2]

Podle chování ve směsích jsou pšenice tříděny na:

- Silné, které lze používat samostatně, ale především jako zlepšovatele slabších pšeníc,
- Pšenice normální (standardní), které jsou používané samostatně,
- Slabé pšenice, které mohou být použity pouze v kombinaci s pšenicemi silnými.

Silné pšenice se musí vyznačovat vysokou *směsnou hodnotou*, tj. schopnosti dosahovat ve směsi se slabšími pšenicemi podstatně lepších výsledků proti teorii.

Výpočet teoretické hodnoty:

$$C_t = \frac{ax+by}{x+y}$$

C_tteoretická výsledná vlastnost směsi A+B

a.....vlastnost složky A

b..... vlastnost složky B /obě vyjádřené hodnotově/

x, y..... hmotnosti podíly složek A, B ve směsi

C_ppraktická výsledná vlastnost směsi A+B

Ze získané teoretické hodnoty lze vypočítat směšnou hodnotu dané směsi podle vztahu:

$$SH = \frac{cp - ct}{ct} \cdot 100 \quad (\%)$$

Směšná hodnota udává o kolik % je teoretický výsledek překonán praktickým. Technologický efekt míchání je zpravidla vyšší, než by odpovídalo průměru technologických znaků podle směšovacího zákona. Je-li praktický výsledek rozboru rovný teoretickému, znamená to, že je směšná hodnota rovna nule. [6]

2.2.2 Čištění a úprava pšeničné směsi

Principem jednotlivých procesů přípravy zrna k mletí je odstranění příměsí a nečistot z původní směsi a z povrchu zrna. Jakékoliv zanedbání procesu této fáze se negativně promítne do výsledného produktu. [6]

Obilí se před mletím čistí v samostatném oddělení mlýna, tzv. „čistírně“. Zrno prochází *sítovým třídičem*, který je tvořen soustavou kulovitých a plochých sít. Dojde k vytřídění tvarově odlišných zrn, např. jiných obilovin, plevele apod. [29]

K odstranění zrn stejné hmotnosti a hustoty jako pšeničné zrno, avšak odlišného tvaru, slouží souprava strojů zvaná *triéry*. Jde o dlouhé duté válce, na jejichž vnitřním povrchu jsou vylisovány nebo vyfrézovány důlky přesných rozměrů. Dle tvaru důlků ve válcích do nich zapadají pšeničná zrna a jsou vynášena po stěně válce nahoru. Před horní úvratí vypadávají zrna z důlků do žlabu, procházející středem válce. Šnekem, který je součástí žlabu, jsou zrna vyhrnována ven. [6]

Na tzv. *aspirátéru* se proudem vzduchu oddělují lehké částice, především prach, písek, sláma či cizí semena. [29]

Vibrační třídič neboli *odkaménkovač* odděluje částice přibližně stejné velikosti jako pšeničné zrno, ale s rozdílnou hmotností. Síto má mírný sklon, takže vrstva pšenice ve vznosu nad sítím pozvolna stéká ve směru sklonu síta. Částice o větší hmotnosti zůstávají na síti a vibračním pohybem síta jsou odhazovány proti směru sklonu síta, takže vypadávají na opačné straně než pšeničné zrno. Dobře seřízený odkaménkovač pracuje až se 100% účinností. [2]

Pšeničná směs také prochází přes *magnetické separátory*, kde se na stálých či elektrických magnetech zachycují ferromagnetické materiály. [6] Je nutné, aby síla magnetického pole byla větší než tíhová síla kovových částic a síla toku pšeničné masy,

jenž má snahu strhnout částice s sebou. Nečistoty, které jsou magnetickou soustavou zachyceny, se odstraňují ručně, mechanickými stěrači nebo samovolně po opuštění magnetického pole. [36]

K přípravě obilí k mletí patří ještě proces loupání a intenzivního kartáčování. U běžného *loupacího stroje* je zrno zachyceno rozmetadlem a vedeno proti plášti, tře se o plášť a o zrno navzájem a zpět naráží na rozmetadlo, což se opakuje. [6] Drsný povrch smirkové plochy přitom obrousí obaly zrn. Nárazy nesmí být porušeno osemení a obnažen endosperm. [36] Loupací stroje však způsobovaly neúplné odstranění slupky, proto se používají *kartáčovací stroje*, které vyčistí i rýhy zrn, takže obilí vychází z kartáčovacího stroje hladké. Kartáčovka je vodorovná válcová skříň, kde se otáčí spirálový kartáč se štětinami brodící se vrstvou obilí. [6] Kartáčovací a loupací stroje se ale přestávají používat a jsou nahrazovány malopřůměrovým *odíracím strojem*. Pšenice vstupuje vpádovým hrdlem do pracovního prostoru stroje, kde je lopatkami rotoru vrhána proti válcovému sítu a postupuje k výpadu. Třením zrna vůči sítu se uvolňují nečistoty a obalové vrstvy. [1]

Vyčištěná směs se nakrápí vodou v *intenzivním nakrápěči*. Zde dochází k dokonalému promísení zrna s vodou a někdy zejména v zimních měsících, kdy promrzlé zrno není schopno přijmout dostatek vody, je pšenice předem ohřívána v kondicionéru. [6] Kondicionér je v čistírnách mlýnů používán k hydrotermické úpravě zrna za účelem vyrovnání jeho struktury a tvrdosti, pro lepší rozdělení vlhkosti uvnitř zrna a pro zlepšení pekařské hodnoty mouky. [37] Ke zvlhčování pšenice je používána čistá voda studená či teplá nebo také pára. Před nakrápěním se nejprve vypočítá množství vody, které má být přidáno do proudící pšenice. Potřebná vlhkost, umožňující správné vymílání, je závislá především na její tvrdosti. [6] Pro velmi tvrdé kanadské pšenice se doporučuje obsah vlhkosti před mletím cca 16,5–17,5 %. Pro evropské měkké pšenice se uvádí 15–16 %. Dobře připravené zrno má mít suchý endosperm a vlhkou slupku. [36]

Následuje odležení zrna v odležovací komoře, sloužící jako přípravný zásobník před vlastním mletím. [2]

2.3 Mletí pšenice

Již od druhé poloviny 19. století se při mletí pšenice začínaly vyvíjet technologické postupy tzv. vysokého mletí, tedy mletí do krupic. Zatímco při mletí žita je žádoucí dosáhnout co nejrychleji maximální výtěžnosti jakostních mouk, je začátek mlecího

procesu při zpracovávání pšenice řízen tak, aby bylo dosaženo maximální výtěžnosti jakostních krupic, zvláště pak hrubých. [38]

Mletí je složitý proces, jehož úkolem je co nejuplněji oddělit obalové vrstvy od pšeničného endospermu a rozmělnit endosperm na jemné podíly předepsané granulace. Celý proces probíhá postupně a sestává z několika základních technologických etap, které jsou označovány jako „*mlecí chody*“ neboli „*pasáže*“.

Proces mletí pšenice je rozdělen do tří základních etap:

- Šrotování – jde o šetrné ošetření pšeničného zrna, oddělení endospermu od obalových vrstev v hrubších částicích s nízkým výtěžkem pasážních mouk;
- Luštění krupic – tedy drcení vytríděných a vyčištěných krupic obsahující část slupky tak, aby slupka zůstala neporušená a dala se snadno na sítěch oddělit;
- Vymílání – představuje drcení částic čistého endospermu na požadovanou granulaci a ze slupek je odstraněna poslední tenká vrstva endospermu tak, aby otruby byly jen čisté obalové částice. [6]

Aby došlo k co nejučinnějšímu oddělení endospermu od obalových vrstev a vytěžení jeho částí v požadovaných frakcích o patřičné čistotě a granulaci, je do mlýnského procesu zařazeno několik mlecích chodů. [2] Současné technologické postupy tvoří zpravidla 5 šrotových, 4–5 lušticích a 6 i více vymílacích pasáží. Z každé z nich je získána jedna nebo více pasážních mouk, které se především dle obsahu popela a granulace míchají na obchodní druhy mouk. [6]

Základní stroje, které zajišťují jednotlivé operace mletí pšenice, jsou: *válcové stolice*, *rovinné vysévače* a *stroje na čištění krupic*.

Vlastní mletí je prováděno na válcových stolicích, jejichž parametry jsou nastavitelné a odpovídají potřebám dané pasáže. Válcové stolice rozmělní obilí a meziprodukty. Jejich pracovním orgánem je dvojice horizontálně uložených válců proti sobě se otáčejících. Válce mohou být různým způsobem rýhované či hladké. [2] Jsou vyrobené z ocelové litiny a otáčejí se nestejnou rychlostí, jeden je rychloběžný a druhý pomaluběžný. [6] Poměr otáček pomaluběžného válce vůči rychloběžnému je označován jako tzv. „*předstih*“. [2] Vzhledem k různé rychlosti válců lze rozlišit různé vzájemné polohy rýh. Dvojice válců může být tedy ve stolicí postavena ve čtyřech polohách: ostří na ostří, ostří na hřbet, hřbet na ostří a hřbet na hřbet. [6] Povrch mlecích válců se musí neustále čistit, aby byly

odstraněny částice ulpěné na jejich povrchu. K čištění hladkých válců slouží ocelové stírače, rýhované válce se čistí kartáči z plastů. [38]

Melivo, které z válcových stolic vychází, se musí pro další zpracování rozdělit dle velikosti a částečně i jakosti, což je prováděno vyséváním, tříděním a čištěním. Na válcových stolicích se provádí drcení meliva, z nichž největší význam má šrotování. Ze šrotování se získávají podíly:

- hrubý a jemný šrotový přepad – postupující na další šrotové chody,
- krupice hrubé, střední a jemné – zpracovávají se luštěním krupic,
- krupičky (dunsty), hrubé a jemné – zčásti se rozemílají na mouky,
- mouky – nejjemnější částice pod 190 μm . [2]

Po procesu šrotování je na základě velikosti částiček melivo vytříděno. K tomu slouží rovinný vysévač, který se skládá z několika dílů (šestidílné, osmidílné), přičemž každý z dílů představuje samostatnou sestavu sít. Pohyb materiálu je vibrační a elipsovité. Celá skříň vykonává vodorovný krouživý pohyb na principu ručního vysévání. [17]

Potahy sít mají rozhodující vliv na kvalitu a účinnost prosévání meliva. Podle materiálu rozeznáváme kovové, hedvábné a plastové. [6] Kovové potahy se používají k vysévání směsí obsahujících ostré hrubé částice. [2] Je vyráběn z oceli, fosfobronzu, mosazi a nejčastěji z ocelového drátu. [17] Hedvábná síta se v mlýnské praxi používala v dřívějších dobách, dnes jsou využívány převážně v laboratořích při modelování vysévacího procesu. Převážná většina sít je tedy tvořena plastovými tkaninami z polyamidových vláken. [2]

Vysévání je složitý proces, jehož hlavní efekt kromě třídění dle velikosti spočívá v samotřídění a oddělování lehkých částic vyplouvajících na povrch proudu meliva. Z každé pasáže získáváme široké spektrum produktů roztříděných vysévačem podle granulace. Produkty jsou vedeny buď na další mlecí chod, nebo jsou míchány do výsledných produktů. [6]

Na čističce krupic se provádí třídění meziproductů podle velikosti a podle jakosti. Tyto krupice obsahují značný podíl jádra a vyrábějí se z nich po úpravě nejjakostnější druhy mouk. [36] Čistička krupic zvaná „*reforma*“ je tvořena mírně nakloněným žejbrem, pohybujícím se v uzavřené skříni a tvořené čtyřmi sítami umístěnými za sebou. [2] Po sítích se pohybuje vrstva meliva, kterou prochází od spodu proud vzduchu a roztřídí melivo podle hmotnosti na:

- jadrné krupice, které propadnou sítím,
- lehčí částice (přerážky), které přepadají do síta a jsou odváděny na další zpracování (luštění),
- lehké části slupek unášené vzduchem do cyklonu. [6]

Úkolem čističky krupic je:

- vytřídit krupice obsahující vyšší podíl jádra než původní směs,
- vytřídit frakce, jejichž podíl obalů je podstatně vyšší než podíl obalů v původní směs. [38]

Na každé mlecí pasáží se získá určité množství mouky, tzv. „pasážní mouka“, u níž jsou dány dva základní znaky jakosti – popel a zrnitost. [29]

2.3.1 Vliv stupně vymletí na složení a jakost mouky

Stupeň vymletí (obsah minerálních látek) obilných výrobků udává, jaký podíl mouky byl získán ze 100 dílů obilí. Zůstanou-li všechny části obilného zrna v moučném výrobku, hovoříme o 100% stupni vymletí. Mouky, v nichž nejsou obsaženy žádné nebo málo okrajových vrstev obilného zrna, mají stupeň vymletí 45–75 %. [38]

Vymílací klíč (výrobní schéma) shrnuje bilanci vyráběných produktů. Vymílací klíč se uvádí v procentech a stanovuje kolik procent kterého výrobku má mlýn vyrábět. [17] Součet výtěžků jedlých produktů a krmných zbytků včetně čistírenských odpadů by měl odpovídat hmotnosti zpracovaného obilí. V praxi vzniká ztráta, tzv. „promelek“. Vymílání pšenice v současné době činí 72–73 %. [29] Tabulka 4. uvádí závislost chemického složení pšeničné mouky na vymletí.

Tab. 4. Závislost chemického složení pšeničných mouk na vymletí (v %)[6]

Vymletí mouky %	40	73	80	94	Celé zrno pšenice
Popel	0,40	0,63	0,90	1,72	1,90
Tuk	1,14	1,55	1,90	2,25	2,30
Bílkoviny	10,10	11,23	12,10	12,50	14,10
Cukry	2,14	3,65	4,85	5,19	5,20
Škrob	82,53	78,65	75,38	68,70	66,20
Vláknina	0,10	0,20	0,28	1,70	2,50
Pentosany	2,59	3,15	3,95	7,25	7,90
Nestanovený podíl	1,00	0,93	0,64	0,94	-

Při výrobě světlých typů mouky se vymílá pšenice na 70–77 %, počítáno na hmotnost zrna. Na výrobu chlebových mouk je procento vymletí zvyšováno až na 83 %, při výrobě celozrnné mouky až na 97 %. S vyšším procentem vymletí je zvyšován také obsah popela, s čímž souvisí i zvyšování kyselosti mouky. Rovněž se zvyšuje obsah bílkovin, tuků, cukrů, pentosanů a vlákniny. Pouze obsah škrobu zaznamenává pokles. Změny množství látek při vymílání vysvětluje fakt, že obsah uvedených látek není v zrna rovnoměrně rozložen, ale je koncentrován v okrajových partiích zrna – aleuronové vrstvě a klíčku. Škrob se však nachází hlavně v endospermu. Jakost bílkovin více vymletých, tmavších mouk je z technologického hlediska méně kvalitní. Co se týče enzymů a vitaminů, jsou v moukách obsaženy sice v nepatrném množství, avšak technologický a nutriční význam je velký. Množství těchto látek stoupá se stupněm vymletí. Chemické složení mouky je závislé nejen na jakosti surovin a procentu vymletí, ale taktéž se její vlastnosti mohou měnit v závislosti na skladovacích podmínkách. Při chybném skladování může dojít vlivem vlhka a tepla k intenzivnímu dýchání mouky a vlivem enzymů mohou nastávat hluboké změny ve složení mouky. [32]

2.3.2 Výtěžnost mouk

Výtěžnost mouk resp. celkových jedlých produktů se vyjadřuje v procentech vůči původní hmotnosti zrna. Čím vyšší je stupeň vymletí, tím větší je podíl obalových částí, které se do mouky dostanou, což má pak za následek i vyšší obsah popela v mouce. [6]

2.4 Míchání a skladování mouk

Z jednotlivých pasážních mouk jsou míchány tzv. *typové (obchodní) mouky* a dle granulace jsou rozděleny na hladké, polohrubé a hrubé. Typová mouka má být stejnorodá, tedy má mít ve všech místech stejný vzhled, zrnitost, barvu, vlhkost, stejný obsah popela a stejné pekařské vlastnosti. [38]

Míchání pasážních mouk musí být prováděno tak, aby získaná obchodní mouka měla vyrovnaný obsah lepku a popelovin, tj. aby nejjakostnější mouky s vysokým obsahem lepku byly v dostatečném poměru smíchány do mouk s nízkým obsahem popela apod. [29]

Mouka se obvykle míchá ve *válcových míchacích strojích*. Je to podávací zařízení, které rovnoměrně po celé délce zásobníku válcem odebírá mouku. Výška odebírané vrstvy mouky se nastavuje hradítkem, čímž je regulován hmotnostní tok. K míchacímu zařízení patří také *elevátor a rozváděcí šnekový dopravník*. Válcem míchacího stroje se odebírá vrstva mouky, složená z několika podílů odlišné jakosti. Při dopravě se homogenizuje a vrací zpět do horní části zásobníku. Podmínkou spolehlivé práce míchacího stroje je zaplnění zásobníku do $\frac{3}{4}$ jeho objemu. Pro dosažení stejnorodosti mouky je třeba celý obsah zásobníku čtyřikrát až pětkrát přemístit. Doba míchání je závislá na objemu zásobníku a na hmotnosti toku mouky, která je přepravovaná elevátorem. Ve válcových míchacích strojích se míchají pouze hladké mouky. Při míchání hrubých mouk, především při jejich přemísťování dopravními šneky, se v důsledku odrolu mění jejich zrnitost, zvyšuje se podíl jemných částic, a tímto se zhoršuje jeden z ukazatelů jakosti. [38]

Obchodní mouky, získané výše popsáním postupem, jsou dále skladovány a to při teplotě do 18 °C. [29] Mouka se skladuje v silech (volně ložená) či obalech, a to buď pytlovaná, nebo pro drobné spotřebitelské balení se používají sulfítové balicí papíry ve formě sáčků s křížovým dnem o objemu většinou 1 kg. [6]

Vlhkost mouky by se měla pohybovat kolem 11–15 %. Nižší vlhkost dozrávací procesy zpomaluje, při vyšší vlhkosti může dojít k intenzivnímu dýchání, které vede k celkovému znehodnocení mouky. [39] Těsta z těchto mouk pak mají vlivem snížené vaznosti

zhoršenou konzistenci a výrobky z nich jsou nízké, těžké a málo objemné. [16] Ke žluknutí během skladování dochází spíše u mouky suché, zvláště při vyšší teplotě a přístupu denního světla. Relativní vlhkost skladu má být kolem 60–70 %. [39]

Jelikož mouka velmi snadno absorbuje pachy, nesmí být v její blízkosti uloženy suroviny s výrazným pachem či vůní. Skladováním mouky se také vytváří pohotovostní zásoba pro případ náhlého omezení dodávek. [32]

2.5 Dozrávání mouk

Čerstvě mletá mouka nemá plnou pekařskou hodnotu a získává ji po 2–6 týdnech skladování. Během skladování dochází ke změnám zvaným „dozrávání mouky“. [29] Při dozrávání mají rozhodující vliv oxidační procesy, a proto se při skladování doporučuje pravidelné provzdušňování mouky, které dobu potřebnou k dozrávání zkracuje asi na polovinu. [38] Dozrávání mouky je soubor biochemických změn, jejichž důsledkem se zvýší vaznost mouky, a tedy i výtěžnosti těsta a hotového výrobku. Z těchto změn jsou nejvýznamnější následující:

- ustálení rovnovážného stavu vlhkosti mouky,
- růst kyselosti mouky vlivem enzymové hydrolyzy tuku,
- oxidačně-redukční děje zlepšující jakost moučkových bílkovin,
- zpevňuje se škrobový maz vlivem zahuštění amylopektinového obalu škrobových zrn a vlivem nenasycených mastných kyselin uvolněných z tuků,
- zvyšuje se vaznost mouky a následně se zvyšuje pevnost a stabilita těsta, a tím i výtěžnost hotových výrobků,
- objem výrobku se v prvních měsících, kdy se zřetelně lepší jakost lepku, zvětšuje, později je menší v důsledku snížení schopnosti tvorby plynu. [6]

Rychlost dozrávání mouky závisí na:

- vlhkost mouky – při vyšší vlhkosti je dozrávání rychlejší,
- teplotě mouky – při teplotách pod 2 °C dozrávání ustává,
- přístupu vzduchu – provzdušňováním se dozrávání urychluje.

Průběh biochemických procesů při skladování mouky závisí jednak na vlhkosti, teplotě a provětrávání a jednak na vlastnostech mouky. [38] Nejsou-li splněny optimální

podmínky pro skladování mouky, může dojít ke zhoršení její kvality, k nežádoucímu množení mikroorganismů a mouka začne příliš žluknout nebo plesnivět, nepříjemně páchnout apod. Proto je třeba přísně dodržovat zásady hygieny a sanitace, dbát na provzdušňování a při vyšších teplotách případně dobu skladování mouky zkrátit. Teplota skladované mouky je nejvýraznějším ukazatelem jejího zdravotního stavu. Náhlý vzrůst teploty znamená nežádoucí samozahřívání, které je právě důsledkem nesprávného skladování. [32]

Mouka se vyznačuje velkým aktivním povrchem, snadno přijímá plyny a páry z okolního prostředí. Hygroskopičnost závisí na velikosti aktivního povrchu, a proto mouka pohlcuje vodní páry rychleji a ve větším množství než obilí. Největší hygroskopičnost má celozrnná mouka a otruby, tj. výrobky obsahující obalové vrstvy a klíček. Zvýšením vlhkosti se sice nezhoršuje jakost výrobku, ale zintenzivňují se biochemické a biologické procesy. Při dlouhodobém skladování se rovnovážná vlhkost mouky postupně snižuje vlivem stárnutí koloidních látek, které ztrácejí schopnost vázat vodu. Např. čerstvě semletá mouka při 60% relativní vlhkosti vzduchu dosáhne rovnovážné vlhkosti 13,3 %. Po 12 měsících skladování, za jinak stejných podmínek, dosáhne rovnovážné vlhkosti jen 12 %. [38]

Vyšší obsah tuků v mouce se při skladování projevuje nepříznivě, neboť působením lipolytických enzymů a oxidačních procesů se tuky rozkládají za vzniku glycerolu a mastných kyselin. Vyšší teplota a vlhkost tyto rozkladné procesy urychlují. [29] V dlouhodobě skladované mouce může narůst obsah volných mastných kyselin až na 60 %. V mouce jsou též obsaženy fosfatidy – látky obsahující vázanou kyselinu fosforečnou. Hydrolýzu fosfatidů podporuje enzym lipasa odštěpující mastné kyseliny a enzym glycerofosfataza, který uvolňuje kyselinu fosforečnou. Volné mastné kyseliny a kyselina fosforečná zvyšují kyselost mouky. Stupeň hydrolýzy se posuzuje podle změny čísla kyselosti tuků. Zvláště rychle vzrůstá číslo kyselosti tuků u výrobků skladovaných při teplotě 35 °C až 38 °C. V mouce vyrobené ze směsi obilí, která obsahuje část obilí porostlého nebo poškozeného samozáhřevem, jsou procesy hydrolýzy tuků mnohem rychlejší než v mouce z obilí nepoškozeného. [32]

Mouka je dobrou živnou půdou pro mikroorganismy. Přejíždějí do ní z obilí, výrobního zařízení a ze vzduchu. Jejich škodlivý vliv se projevuje samozahříváním, plesnivěním a žluknutím mouky. Příčinou samozahřívání je intenzivní dýchání mouky, životní projevy hmyzu a mikroorganismů. Na rozvoj plísní v mouce má vliv především její

vlhkost. Při vlhkosti nad 15 % se plísně začínají rozmnožovat. Nejvíce bývají v mouce zastoupeny plísně rodu *Penicillium* a *Aspergillus*. Rozvoj plísní se projevuje zatuchlým zápachem, zhoršením pekařských vlastností mouk a produkcí jedovatých látek mykotoxinů. Žluknutí se projevuje kyselou chutí a nepříjemným zápachem. Příčinou je rozvoj bakterií zkvašujících škrob na cukr a bakterií zkvašujících vzniklý cukr na organické kyseliny. [38]

2.6 Alternativní technologie v opracování a třídění zrna

2.6.1 Peeling

Skutečnost zvyšujícího se zatížení obilí škodlivými látkami, především mykotoxiny, vedla k zavedení peelingové technologie k odstranění kontaminace povrchových částí zrna a také ke zlepšení hotových výrobků. Stroj dokáže odloupnout po prouzcích povrchové vrstvy pšenice bez narušení celistvosti obilky. Před vlastním procesem se nakropená a již odležená zrna znovu navlhčí. Ve stroji dochází působením rotoru a síťového pláště k odstranění slupky zrna. Stupeň loupání se reguluje na výpadu. Povrch zrna je po průchodu strojem naprosto hladký, bez písku, s nižším obsahem mikroorganismů a těžkých kovů.

Přednostmi této technologie jsou:

- redukce obsahu bakterií, mykotoxinů a toxických těžkých kovů,
- dosažení vyšší čistoty mouk a krupic,
- dosažení vyšší výtěžnosti předních druhů mouk a krupic,
- zvýšení pekařské kvality výrobků,
- zvýšení výkonu mlýna odstraněním slupek před mlecím procesem,
- zvýšení doby životnosti rýhování mlecích stolic.

Práci peelingové technologie uvádí příklad čištění pšenice kontaminované mykotoxiny, která měla obsah DON (deoxynivalenol) 1,289 ppm, když neprošla peelingem, ale pouze odíracím strojem, měla na výstupu z čistírny obsah DON 1,050 ppm, po mletí byl obsah DON u krupic 0,674 ppm. S peelingem se na výstupu z čistírny snížil obsah na 0,375 ppm. V ČR je u výrobků povoleno max DON 0,500 ppm.

Zatímco tradiční technologii se daří snížit kontaminaci mikroorganismů a nečistot na 35 %, použitím nové peelingové technologie se obsah mikroorganismů sníží na 15 % a

nečistot na 5 %. U hotových výrobků lze tak novou technologií snížit kontaminaci na 2 % a lze dosáhnout až 100% čistoty. [40]

2.6.2 Třídění cereálií optickými třidiči

Třidiče pracující na základě rozlišování barvy produktu, které využívají viditelné, resp. neviditelné části spektra, se stávají v oblasti separace a třídění řady potravinářských produktů, včetně cereálních výrobků, jedním z hlavních směrů. Tato optická zařízení jsou relativně levná, spolehlivá, rychlá a využívají nejmodernější komponenty. Principem moderních zařízení určených pro třídění potravinářských surovin a produktů podle barvy je výkonný snímač barvy (fotobuňka), který je schopen okamžitě vyhodnotit charakteristické parametry barvy procházejícího materiálu a porovnat je s hodnotami požadovanými.

Barevné třidiče různých firem jsou vyráběny na podobném principu, hlavní rozdíly jsou v konstrukčních detailech a aplikacích. Optické senzory jsou nastaveny tak, aby sledovaly každé jednotlivé zrno. Jakmile je zjištěn jakýkoliv defekt, je nestandardní částice okamžitě odstraněna a odfouknuta stlačeným vzduchem do odpadu. Optické senzory jsou umístěny nad a pod každým kanálem, aby byly defekty zrn detekovány z obou stran.

Nová generace třidičů je určena speciálně pro mlýnské aplikace. Například v čistírně pšenice může třidič tvořit jádro prvního stupně čištění. Pokud je zařazen přímo za mlýnský separátor a aspirátér, často nahrazuje sady konvenčních zařízení na koncentrování a separaci semen před prvním stupněm kondicionování. Může se rovněž používat k odstraňování černých semen a dalších příměsí cizích zrn, námele, stipů, fusarií, seschlých, nahnědlých a jinak zbarvených zrn. Při použití vhodných senzorů mohou barevné třidiče nahradit konvenční suché odkaménkovače pro odstraňování kamének, skla a dalších nečistot.

Tvorba a hromadění prachu s nutností následného čištění je minimalizována co nejvhodnější konstrukcí násypek a výsypek, skluzavek a uzávěrů. Optické systémy jsou udržovány v čistotě pomocí stíracích zařízení. [41]

2.6.3 Debraning

Intenzivní loupání a broušení zrna využívá technologie debraningu navazující na běžné čištění zrna na tzv. černé čistírně. Jde o progresivní způsob odstraňování obalových vrstev pšeničného zrna, založený na kombinaci obrušování (abraze) a odírání (frikce) zrna. Tato

technologie spočívá v postupném oddělování vnějších obalových vrstev zrna, tedy oplodí a osemení.

Tříletý výzkum, který byl ověřen v českých podmínkách, prokázal, že na této technologii lze bez problému zpracovávat pšenici s číslem poklesu do minimální hodnoty 120 s. Hodnoty čísla poklesu mouky se zvýšily na 200 s (tedy o 80 s). V běžných provozních podmínkách a při použití debraningu u kvalitní zdravé pšenice bylo dosahováno zvýšení hodnoty čísla poklesu z 240 s na 276 s, u nekvalitní porostlé pšenice ze 136 s na 240 s. Navíc je celkový obsah mikroorganismů 10krát nižší.

Touto technologií se odstraní 4 vnější vrstvy otrub – oplodí, označováno jako *produkt A*. Produktem A jsou otruby s vysokým obsahem vlákniny. Výrobek má vysokou schopnost absorbovat vodu, až pětkrát více než sám váží. Může se používat jako vlákninová přísada při výrobě cereálních výrobků, zdravotní stravy, pekařských výrobků či snacků. Na speciálním brousicím stroji je obilka zbavována osemení – vnitřní otrubové vrstvy a aleuronové vrstvy, označováno jako *produkty B a C*. Produktem B je pšeničný koncentrát, který obsahuje vysoké procento proteinů. Je vhodný pro využití při výrobě cereálních snídaní, šlehaných těst či omáček. Posledním produktem C je mouka o vysokém obsahu proteinů. Má dobré vazné vlastnosti a ideálně se hodí jako vazná přísada masných výrobků, zahušťovadlo polévek a omáček nebo jako přírodní zlepšovací přípravek.

Všechny tři produkty je po loupání a broušení nutné upravit na finální výrobky. [42]

3 TECHNOLOGICKÉ A NUTRIČNÍ VLASTNOSTI MOUKY

Mouka je nejdůležitější pekárenskou surovinou, poněvadž ve většině těst tvoří až 70% podíl všech surovin. Rozhodující význam má v pekárenství mouka pšeničná, žitná se používá především k výrobě chleba či některých druhů pečiva. [29]

Nejvíce zastoupenou složkou v mouce je *škrob* – 60–80 %. [39] Charakteristickou vlastností škrobu je jeho chování ve vodě při běžné teplotě a při zahřívání. Ve studené vodě škrob bobtná, nasává vodu do trhlín a adsorbuje na povrchu vodní vrstvičku asi do 33 % vlastní hmotnosti. Zahříváním škrobové suspenze teplotou kolem 60–65 °C začne škrob mazovatět. Při mazovatění dochází k částečné destrukci škrobu, který si přesto zachovává svou hlavní strukturu. Velká škrobová zrna mazovatí lépe a rychleji. [16] Vzniká škrobový maz, jehož viskozita je velmi důležitá pro jakost těsta a zadržování kvasných plynů. Důležitou vlastností škrobového mazu v pečivu je také jeho stálost. Během určité doby nastává totiž oddělování frakce kapalné od tuhé, oddělování vody ve zmazovatěném škrobu, jev zvaný synerese, který způsobuje stárnutí pečiva. Synerese je opakem bobtnání. [32]

Druhou nejvíce zastoupenou složkou v pšeničné mouce jsou *bílkoviny* v množství 10–12 %. [5] Při vzniku těsta má velký význam bobtnání bílkovin. Zvětšení objemu zbobtnalých částic působí zvýšení jejich povrchového napětí, v jehož důsledku dochází ke spojování bílkovinných částíček ve větší celky a při zpracování těsta vytváří bohatou síťovinu pružných a tažných bílkovinných vláken, lepku. Stejně důležitá vlastnost jako bobtnání je pevnost a pružnost bílkovinných vláken. [16] Pro pekařské účely, pro kynutá těsta je nejvhodnější mouka s lepem značné pružnosti a střední tažnosti, která je současně schopna dostatečně bobtnat. [32]

V pekařství má neobyčejný význam denaturace a koagulace moučných bílkovin vlivem zvýšených teplot, k nimž dochází při pečení těsta. Částečně se mění struktura bílkovinné globule, vlivem tepla se usnadňuje hydrolyza bílkovin enzymy. Koagulací bílkovin vzniká v těstu pevná kostra budoucího pečiva, která zpevňuje stěny pórů, vytvořených účinkem kvasných plynů. [16]

Druh mouky je charakterizován jako mlýnský výrobek určitého složení, který se vyrábí podle předepsaného technologického postupu. [5] V jeho názvu bývá často uvedeno určení nebo vlastnost mouky, např. pšeničná mouka pekařská Speciál, žitná mouka chlebová, pšeničná mouka celozrnná apod. [32]

Hladká mouka

Hladkou pšeničnou mouku lze používat na výrobu chleba či bílého pečivo. Obsahuje méně bílkovin a lepku než tzv. chlebová mouka určená k výrobě chleba. [43]

Celozrnná mouka

Označení „celozrnná“ znamená, že mouka byla rozemleta z celých zrn a proto má větší obsah vlákniny, což se projevuje tmavší barvou pšeničné celozrnné mouky. Je biologicky hodnotná, ale pro vyšší obsah vlákniny hůře stravitelná. Z této mouky lze upéct chuťově výraznější, výživnější a hutnější bochník chleba než z bílé hladké. [39]

Chlebová mouka (výražková)

Tato mouka se mele z pšenice s vyšším podílem lepku. Díky tomu je těsto pružnější a bochník nadýchanější.

Hrubá semolinová mouka

Hrubá, krupičková mouka je mletá z endospermu tvrdé pšenice (*Triticum durum*), patřící mezi nejtvrďší odrůdy na světě. Pro pečení chleba ji lze použít smíchanou s hladkou moukou.

Jemná semolinová mouka

Tento druh mouky má vysoký obsah lepku. Dvojím semletím vznikne velmi hladká mouka ideální pro pečení chleba.

Grahamová mouka

U této mouky jde o kombinaci celozrnné, bílé a žitné mouky smíchané s měkkými sladovými zrny.

Hnědá mouka

Tato pšeničná mouka obsahuje vyšší poměr pšeničných klíčků a menší množství slupky. Lze z ní připravit lehčí bochník než z mouky celozrnné. [43]

BIO mouka pšeničná hladká

Hladká pšeničná bio mouka má stejné vlastnosti jako konvenční mouka hladká, avšak neobsahuje stopy syntetických pesticidů či umělých hnojiv a je vyráběna pod přísným dohledem kontroly ekologického zemědělství. Jde o mouku polosvětlou s vyšším obsahem minerálních látek. Odpovídá označení T 750. [1]

Obsah popela je hlavním rozlišovacím a zároveň jakostním kritériem. [6] V mlýnských výrobcích obsah popela slouží jako technologický ukazatel mlecího procesu a vedle granulace je rozlišovacím znakem pro jednotlivé druhy výrobků. Limitní obsah v jednotlivých moukách je určen Zákonem o potravinách a podnikovými normami (PN). Z hlediska kvalitativních ukazatelů souvisí s barvou, která je ovlivněna nejen stupněm vymletí jako popel, ale i s barvou endospermu zrna. Vyšší obsah popela, tedy vyšší obsah minerálních látek ve výrobku, znamená z výživového hlediska vyšší nutriční přínos. [14]

Podle stupně vymletí rozeznáváme:

Vysokovymleté mouky

- obsahují více povrchových částí zrna
- jsou tmavší
- hůře stravitelné
- mají nahořklou a trpčí chuť
- mají vyšší biologickou hodnotu

Nizkovymleté mouky

- mají odstraněny povrchové části zrna
- jsou světlejší
- lépe stravitelné
- trvanlivější
- lahodné chuti
- mají nižší biologickou hodnotu

Typování mouk bylo u nás zavedeno za druhé světové války a příslušný typ mouky měl vymezenou nejdříve spodní a horní hranici popela, později pouze horní hranici popela. [17] Typ mouky je číselné označení, jehož hodnota je tisíckrát větší než průměrný obsah popelovin v sušině mouky. [32] Např. žitná mouka má označení T 930 – to znamená, že ze 100 g zůstává po spálení 0,930 g popela. [39] Od značení mouk pomocí typů se ustoupilo a uvádí se pouze druh, popřípadě jeho zkratka. Např. pšeničná mouka hladká Speciál nahrazuje původní hladkou mouku T 650, která je vyráběna ve třech variantách s různým obsahem lepku, dále např. hrubá mouka Zlatý klas nahrazuje dosavadní hrubou mouku T 450 atd. Čím vyšší je hodnota typového čísla, tím více je mouka vymletá, je tmavší, obsahuje méně lepku a těsto méně kyne. Čím je typové číslo nižší, tím méně mouka obsahuje vlákniny a tím je také světlejší. [32]

00 Pšeničná mouka hladká světlá

T 400 – Pšeničná výběrová polohrubá

T 405 – je umletá ze zrna, které má odstraněný klíček a obal (otruby)

T 450 – Pšeničná hrubá (krupice)

T 512 – Pšeničná pekařská speciál

T 530 – Pšeničná mouka hladká světlá – pekařská speciál

T 550 – Pšeničná mouka polohrubá světlá

T 650 – Pšeničná mouka hladká polosvětlá

T 700 – Pšeničná mouka světlá, chlebová

T 1000 – Pšeničná mouka hladká tmavá (chlebová)

T 1050 – Pšeničná mouka chlebová, je hladká, tmavá

T 1150 – Chlebová mouka

T 1800 – Pšeničná celozrnná, hrubá; celozrnná, jemná [39]

Barva mouky závisí na několika činitelích, především na druhu a jakosti zrna, dále na druhu mouky, stupni vymletí, stáří apod. [32] Obecně platí, že výše vymletá mouka, s větším podílem obvodových partií zrna je tmavší, což v podstatě koreluje s vyšším obsahem popela, avšak neexistuje mezi nimi vzájemná vysoká korelace. [6] Pšeničné mouky méně vymleté mají barvu krémovou, která se stoupajícím stupněm vymletí přechází ve žlutou až žlutooranžovou. [32] V malém množství je v mouce obsažen β -karoten, jenž je za nažloutlou barvu pšeničné mouky zodpovědný. [16]

Smyslové požadavky na mouku jsou následující:

- mouky pšeničné jsou bílé s nažloutlým odstínem
- pšeničná chlebová je bílá se žlutošedým nebo našedlým odstínem
- pšeničná celozrnná s hnědavým, načervenalým nebo tmavočerveným odstínem [6]

Granulace (zrnitost) mouky je poměrná velikost částic mouky. Je to podíl propadu předepsanými síty, vyjádřený v hmotnostních procentech. [16] Velikost moučných granulí je závislá na způsobu mletí zrna. Vlivem menšího povrchu granule pomaleji bobtnají. Až na malé výjimky se pro přípravu pekařských výrobků používají především mouky hladké.

Mají větší cukrotvornou schopnost v důsledku zvýšeného počtu mechanicky narušených škrobových zrn, podléhajících snáze činnosti enzymů a vlivem relativně většího povrchu částic mají výbornou bobtnací schopnost. [32]

Zrnitost se stanovuje pouze u výrobků, jejichž obsah vlhkosti je pod 16 %, a to buď ručním proséváním, nebo prosévacím přístrojem. Tabulka 5. uvádí rozdělení pšeničných mouk dle granulace a obsahu popela tak, jak uvádí vyhláška Mze (Ministerstvo zemědělství) č. 333/ 1997 Sb.

Tab. 5. Členění a označování mouk podle granulace a obsahu popela [44]

Podskupina	Granulace (velikost ok/propad) ($\mu\text{m}/\%$)	Minerální látky (popel) (% hmot. v sušině) nejvýše
mouky hladké z toho:		
pšeničná světlá	257/nejméně 96 – 162/nejméně 75	0,60
pšeničná polosvětlá	257/nejméně 96 – 162/nejméně 75	0,75
pšeničná chlebová	257/nejméně 96 – 162/nejméně 75	1,15
mouky polohrubé	366/nejméně 96 – 162/nejvýše 75	0,50
mouky hrubé	485/nejméně 96 – 162/nejvýše 15	0,50
mouky celozrnné pšeničné	2800/nejméně 96	1,90

4 VÝROBA BĚŽNÉHO PEČIVA

4.1 Druhy běžného pečiva

Běžným pečivem se rozumí tvarovaný pekařský výrobek, vyrobený z pšeničné nebo žitné mouky, přísad a přídatných látek, který obsahuje méně než 8,2 % bezvodého tuku a méně než 5 % cukru vztaženo na celkovou hmotnost mlýnských obilných výrobků. Tabulka 6. uvádí přehled druhů běžného pečiva, jak uvádí vyhláška Mze č. 333/ 1997 Sb.

Tab. 6. Druhy běžného pečiva [44]

Druh	Skupina
běžné pečivo	pšeničné žitné žitno pšeničné pšenično žitné celozrnné vícezrnné speciální

- pšeničným pečivem je pekařský výrobek obsahující nejméně 90 % podíl mlýnských výrobků z pšenice z celkové hmotnosti mlýnských výrobků,
- žitným pečivem je pekařský výrobek obsahující nejméně 90 % podíl mlýnských výrobků ze žita z celkové hmotnosti mlýnských výrobků,
- žitno pšeničným pečivem je pekařský výrobek, v jehož těstě musí být podíl žitných mlýnských výrobků vyšší než 50 % a pšeničných mlýnských výrobků vyšší než 10 % z celkové hmotnosti mlýnských výrobků,
- pšenično žitným pečivem je pekařský výrobek, v jehož těstě musí být podíl pšeničných mlýnských výrobků nejméně 50 % a žitných mlýnských výrobků vyšší než 10 % z celkové hmotnosti mlýnských výrobků,
- celozrnným pečivem je pekařský výrobek, jehož těsto musí obsahovat z celkové hmotnosti mlýnských obilných výrobků nejméně 80 % celozrnných mouk nebo jim odpovídající množství upravených obalových částic z obilky,
- vícezrnným pečivem je pekařský výrobek, do jehož těsta jsou přidány mlýnské výrobky z jiných obilovin než pšenice a žita, luštěniny nebo olejníny v celkovém množství nejméně 5 %,

- speciálním pečivem je pekařský výrobek, který obsahuje kromě mlýnských výrobků ze pšenice a žita další složku, jako obiloviny, olejninu, luštěniny nebo brambory, v množství nejméně 10 % z celkové hmotnosti mlýnských výrobků. [29]

4.2 Hlavní suroviny pro výrobu běžného pečiva

Základní pekárenské suroviny pro výrobu běžného pečiva jsou: mouka, voda, sůl a droždí. Mezi vedlejší suroviny patří: enzymové přípravky, mléčné výrobky, cukr, tuky a emulgátory, vejce a další. [5]

Pro potravinářskou výrobu se používá **pitná voda**. [6] Recepturní množství vody do těsta se řídí dle vaznosti mouky. Vaznost je schopnost mouky koloidně poutat vodu a vyjadřuje se v procentech vázané vody na hmotnost mouky. Běžně se pohybuje kolem 50 % až 68 %. Vaznost u tmavších mouk je vyšší než u mouk světlých. Lze ji snížit či zvýšit různými recepturními přísadami, ale také různými typy strojů na zpracování těsta. Například při intenzivním hnětení na mixérech se do těsta vpraví více vody než při tradičním pomalém hnětení. [45]

Droždí je nejběžnější kypřící prostředek, který se přidává do kypřených těst vyrobených z pšeničné mouky. [29] Droždí jsou lisované kvasinky druhu *Saccharomyces cerevisiae* Hansen. [32] V těstě vyvolávají kvašení, což je složitá biochemická přeměna, jejímž produktem je etanol a oxid uhličitý. [39] Průběh kvašení lze vyjádřit následující rovnicí:



Podstata použití droždí při výrobě pečiva je tvorba oxidu uhličitého, který těsto, a tím i hotový výrobek, kypří. Kromě toho vznikají při kvasných pochodech i jiné produkty, mezi něž patří například alkoholy, organické kyseliny, aldehydy, ketony či estery, dodávající výrobkům typické znaky kynutého pečiva. Kyselé prostředí v kynoucích těstech také napomáhá bobtnání moučných bílkovin, a tím i utváření struktury těsta a pečiva. Přídavkem soli je aktivita kvasinek omezována, což se projeví snížením produkce CO₂, a tudíž pomalejším průběhem zrání. [6]

Sůl jedlá se do kynutých těst většinou aplikuje v malých dávkách, tzn. 1–1,5 % na hmotnost použité mouky. Má význam nejen jako chuťová přísada, ale také jako regulátor kvasných a vůbec všech enzymových pochodů. Dále také zvyšuje osmotický tlak prostředí, čímž zhoršuje fyziologický stav kvasničných buněk. Proto je nelze přidávat do kvasných

stupňů, kde je požadována zvýšená fyziologická aktivita mikroorganismů. [45] Již malý přídavek soli má vliv na reologické vlastnosti těsta. Ztužuje se konzistenci lepkové bílkoviny, ale současně se snižuje vaznost mouky a prodlužuje doba vývinu těsta. [6]

Při výrobě pečiva se **cukr** uplatňuje jako surovina ovlivňující jak organoleptické vlastnosti pečiva, tak i technologické procesy. [32] Do běžného pečiva se přidává v množství 1–1,5 % na hmotnost zpracované mouky, nejběžněji formou sacharosy. [46] Po stránce sensorické se přídavek cukru projevuje především chuťově a vlivem procesu karamelizace při teplotách pečení i vhodným zbarvením kůrky pečiva. [32] Při technologickém postupu výroby těst kynutých droždím slouží přídavek sacharosy jako zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky. [6]

Tuk je důležitá pekařská surovina pro výrobu běžného, jemného pečiva i cukrářských výrobků a přidává se v množství od 1 % do 20 % hmotnosti mouky. [32] Do běžného pečiva se dává méně – kolem 3 % (maximálně 9 % do máslového rohlíku), proto běžné pečivo rychleji vysychá. [46] Přítomnost malého množství tuku v mouce je technologicky nevyhnutelné, neboť zejména fosfolipidy při mísení a zrání těsta vytvářejí komplex s lepkem a podmiňují jeho bobtnavost. Vyšší dávky naopak omezují bobtnání moučných bílkovin, a tím i vznik těsta v jeho první fázi. Také kynutí je vyššími dávkami tuku zpomalováno. Tenké tukové filmy obalují kvasničné buňky, čímž je omezována fyziologická činnost kvasinek a z tohoto důvodu se při kypření tučnějších těst používají větší dávky droždí, a to až 8 % z hmotnosti mouky. Výrobky s vyšším obsahem tuku jsou delší dobu vláčnější z důvodu menšího vysychání. Naproti tomu mikrobiální stálost je s ohledem na možné žluknutí menší. [32]

Při výrobě pšeničného pečiva se používají různé druhy tuků – stolní margarín, tekutý pekařský tuk, máslo, sádlo, olej a tažný margarín, lišící se svými technologickými, chuťovými i nutričními vlastnostmi. Pokud se tuk dává do těsta při periodické výrobě, přidává se v tekuté nebo polotekuté formě jako poslední surovina během mísení. [6] Periodická výroba těsta probíhá v pravidelných, střídajících se cyklech zahrnující sled několika výrobních a technologických operací. [47]

K dalším používaným surovinám patří například sušené mléko, vejce, enzymové přípravky či speciální přísady (tvarohy, mák, ořechy).

V současné technologii se používá celá řada zlepšovacích přísad jako oxidantů, emulgátorů, enzymů, látek vážících vodu (přírodní hydrokoloidy a modifikované škroby),

ochucovacích a aromatizujících látek (kmín, fenykl a anýz, koncentrát ze žitných kvasů) či barvicích látek (karamel, cikorka). Tyto látky bývají kombinovány do připravených zlepšovacích směsí pro jednotlivé druhy výrobků. Pro speciální výrobky se rovněž používají různé druhy semen (slunečnice, mák, lněné semínko, různé druhy ořechů). [6]

4.3 Technologie výroby běžného pečiva

4.3.1 Výroba těsta

Všechny druhy běžného pečiva se připravují z kynutých těst. [46] Při průmyslové výrobě pečiva se používá tzv. vedení přímé, na záraz. [17] Při tomto způsobu vedení se smíchá droždí přímo se všemi surovinami a vše se upraví na tužší těsto. Přímé vedení se používá především tam, kde není vyžadován velký objem těsta, dále u těst s vyšším obsahem zlepšujících přísad a u těst s delší dobou kynutí a zrání. [32] Jednou z možností mísení surovin a přísad spočívá v jejich dávkování v tekuté formě (roztok soli, cukru, tekutý tuk, suspenze droždí) pomocí zubových čerpadel, mouka je dávkována automatickou vanou. Následuje hnětení, tedy intenzivní mísení všech složek těsta a poté zrání těsta, jehož průběh a doba se odvíjí od řady faktorů – kvalita mouky, množství droždí, způsobu hnětení a teploty prostředí. [29] Během zrání těsta se provádí jeho přetučení, čímž dojde k vypuzení CO₂ a stimulaci kvasinek čerstvým vzduchem. [17] Vymísené a přetučené těsto se nechá kynout. [46]

4.3.2 Dělení a tvarování těst

Předkynuté těsto se dělí na řezy předepsané hmotnosti, ty se ztužují, aby se dosáhlo stejnoměrné pórovitosti. Po krátkém odležení se dělí na těstové klonky, které se po krátkém nakynutí tvarují na příslušný druh pečiva ručně nebo strojově. Nejběžnějším mechanizačním prvkem na tvarování běžného pečiva je rohlíkový stroj, kde klonek těsta je dvěma páry rozvalovacích válců vytvarován na placku, která se svine na *rohlík* mezi dvěma pásy protisměrným pohybem. *Housky* a *hvězdičky* se tvarují z předkynutých klonků pomocí příslušných raznic. [29] *Bulky* jsou tvarově nejjednodušší – v podstatě jsou to ztužené a zakulacené klonky, které se přímo odsazují na plechy nebo po dokynutí na pás pece. *Večky* (špičky) jsou předkynuté bulky rozválené do protáhlého tvaru se ztuženými konci. *Žemle s bandury* jsou večky s podélně protlačeným středem. *Večky* na chlebičky se vyrábějí z větších těstových řezů, které se po ztužení a předkynutí rozválejí na placky a svinou do tvaru válce. Lze je tvarovat i pomocí vhodně seřízeného rohlíkového stroje nebo pomocí svinovacích trnů na mechanizovaných tvarovacích linkách. [46]

4.3.3 Kynutí vytvarovaných těstových kusů

Tato technologická operace se obvykle označuje jako „*dokynutí*“. Dokynutí představuje důležitou část fermentačního procesu a podmínku regenerace struktury těsta po tvarování. [48] Dělením a tvarováním se mechanicky narušuje lepková síťovina těsta a vypuzují se kypřící plyny, proto musí tvarované kusy znovu kynout. [46] Kynutí tvarovaných těstových kvasů probíhá v kynárně (boxová, průběžná), s teplotou 30–35 °C a relativní vlhkostí vzduchu kolem 75 %. [29] Doba kynutí může činit podle druhu pečiva a jeho velikosti 10–40 minut. [17] Stanovit správně dobu dokynutí je velmi důležité, neboť výrobek se má sázet do pece v okamžiku, kdy kvasná aktivita droždí dosáhla maxima. Doba dokynutí závisí na jakosti mouky, na hmotnosti a tvaru výrobku a také na podmínkách prostředí, v němž kynutí probíhá. Jakost mouky ovlivňuje dobu dokynutí podobně jako dobu zrání těsta. Silné mouky vyžadují delší dokynutí, slabé mouky kynou kratší dobu. Vliv hmotnosti se u běžného pečiva příliš neprojevuje, neboť hmotnosti jednotlivých druhů pečiva se o mnoho neliší. Daleko výrazněji se projevuje tvar výrobku. Čím více je výrobek při tvarování mechanicky namáhán, tím kratší dobu dokynutí vyžaduje. Znamená to, že například ražené tvary (housky, hvězdičky, žemle) kynou rychleji než bulky. Vliv tvarů a hmotnosti na dobu je patrný z tabulky 7.

Tab. 7. Optimální doba dokynutí běžného pečiva [45]

Druh	Hmotnost [g]	Doba dokynutí [min]
Bulka	45	45–50
Houska	45	25–30
Rohlík	45	35–45
Žemle	45	25–30
Hvězdička	45	25–30
Veka	400, 460	30
Rohlík	60	40–45
Bandur	60	45

4.3.4 Úprava nakynutých polotovarů k pečení

Před sázením do pece se povrch dokynutých těstových kusů upravuje vlaščením. [32] Pokud nejde o speciální výrobky, které je nutno potírat lešticími přípravky nebo speciálními ochucenými a okořeněnými potahy, pak jde vždy o vlaščení vodou. K vlaščení se donedávna používaly smetáčky pro ruční vlaščení a mokré otáčející se kartáče dnes již

nahrazené zavlažováním pomocí sprejů. [48] Účelem této technologické operace je udržet na povrchu pečeného kusu co nejdéle pružnou těstovinovou blanku, výrobek tak po vsazení do pece dosáhne co největšího objemu. Vody nesmí být mnoho, aby pečivo nebylo tzv. „podlité“. Dále se těstové kusy upravují sypáním solí, mákem, kmínem aj., k tomu slouží rotující drážkovaný válec. [46]

4.3.5 Sázení a pečení

Sázení do pece lze provádět různými způsoby podle typu pece a stupně mechanizace. Nejdokonalejší, prakticky bez ručního zásahu, je sázení do průběžných pecí, kde se výrobky pečou bez plechů, přímo na ocelovém pletivovém dopravníku, který tvoří pečnou plochu. Nakynuté těstové kusy přicházejí plynule na sázečí stůl, kde se vlaščí, sypou a pomocí válečkové dráhy se převádí na pečící pás. U malých periodických pecí je sázení obtížnější, pohodlnější jsou výtažné pece. [29] Do periodických sázečích pecí (běžné pečivo se v nich peče už jen výjimečně) se sázejí plechy s nakynutými polotovary ručně, pomocí lopaty. [46] Výhodné jsou vozíčkové konvekční pece, kde se plechy kladou na rámy vozíčku, který se pak zaváží do pece a na vozíčku se těstové kusy pečou. [29]

Periodické pece, u nichž nelze plynule regulovat teploty v různých fázích pečení, se pro vsazení běžného pečiva vytápějí na teplotu asi 250 °C. Průběžné pásové pece mají v zapékacím prostoru teplotu nižší – asi 220 °C. [46] Během pečení teplota stoupá na 260–270 °C, ke konci mírně klesá na hodnotu 250–240 °C. [29]

Běžné pečivo se peče po celou dobu v zapařeném prostoru. Pára jednak vzniká odpařením vody z těsta, jednak se do pečícího prostoru přivádí. Přivedená pára kondenzuje na chladnějším povrchu těsta, a udržuje jej dlouho vláčný, aby pečivo dosáhlo maximálního objemu. V pozdějších fázích pečení podporuje pára hydrolytické procesy v kůrce (dextrinací škrobu aj.), což se projevuje výrazným leskem i zbarvením kůrky. [46]

Doba pečení u pečiva s hmotností do 45 g činí asi 12–13 minut, veky o hmotnosti 400–480 g 18–20 minut. [29] Tabulka 8. udává závislost druhu pečiva a jeho hmotnosti na době pečení a počáteční teplotě.

Tab. 8. Závislost druhu pečiva a jeho hmotnosti na době pečení a počáteční teplotě [46]

Druh	Hmotnost [g]	Doba pečení [min]	Počáteční teplota [°C]
Bílé mléčné pečivo (Housky, rohlíky)	45	12–13	210–220
Bílé mléčné pečivo (Housky, rohlíky)	60	14–15	220–230
Bandur tmavý	60	15	220–230
Tuková vecka	400	18	220–230
Vodová vecka	480	18–20	220–230

Hotové pečivo se vyjímá z pece, což se provádí různými způsoby, podle technického vybavení pekárny. Z periodických pecí se výrobky na plechách vytahují ručně lopatou a po krátkém vychladnutí se skládají do přepravek. [39] Při vypékání z pásových pecí padá pečivo na odváděcí dopravník, z něhož je vedeno přes počítací stroj a padá do přepravek. V těchto obalech se expeduje co nejdříve. [46]

4.3.6 Trvanlivost pečiva

Trvanlivost většiny pekárenských výrobků je nízká, neboť mají poměrně vysokou vlhkost a svým chemickým složením tvoří vhodný substrát pro množení nežádoucího mikroorganismu. Trvanlivostí se rozumí doba, po kterou je výrobek požitelný. Běžné pečivo ztrácí znaky čerstvosti již po 4–6 hodinách. [39]

Čerstvost výrobku (stáří výrobku) lze kontrolovat smyslově, analyticky a mikrobiologicky. Z hlediska smyslového hodnocení se vyznačují čerstvé výrobky křehkou (křupavou) kůrkou, měkkou pružnou střídou a výraznou vůní. Z analytického hlediska lze čerstvost posuzovat hlavně podle obsahu vody ve střídě. Jelikož se povrch kůrky pečením vyhřívá až na 160 °C, je čerstvé pečivo z hlediska mikrobiologického prakticky sterilní. Pouze uvnitř střídy mohou přežít některé spory hnilobných bakterií, které se za příznivých podmínek mohou rozmnožit a výrobek znehodnotit. Výrazně pomnožení mikroorganismů však vyžaduje delší dobu (4–5 dní), tudíž u běžného pečiva mikrobiální kontaminace nehrozí. Během 24 hodin je pečivo buď zkonsumováno, nebo ztrácí vlhkost natolik, že se v něm mikroorganismy nemohou množit. [32]

Ztráta smyslových znaků čerstvosti (stárnutí) se u běžného pečiva projevuje již po několika hodinách ztrátou typického aroma, neboť těkavé vonné látky, u čerstvého

výrobku soustředěné v kůrce, zčásti difundují do střídky, zčásti vytěkají do ovzduší. Kůrka, původně bezvodá, vlhne a křabí se, protože se postupně vyrovnává vlhkost po celém průřezu výrobku. Těmto změnám nelze zabránit. Křupavost kůrky i aroma lze však aspoň krátkodobě obnovit rozpékáním. [45]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo posoudit vliv stupně vymletí jednotlivých vzorků mouky na kvalitu pečiva. Cíle bylo dosaženo:

- provedením pekařského pokusu
- vyhodnocením kvality pečiva
- statistickým vyhodnocením získaných dat
- diskusí získaných dat s literaturou
- formulací závěrů

6 MATERIÁL A METODIKA

6.1 Vzorky mouky

Práce byla provedena na 11 vzorcích mouky s rozdílnými technologickými vlastnostmi. Byly odebrány z provozoven mlýnů Kojetín, Vojkovice, Trnava, Znojmo a Svijany. Mezi vzorky byly zahrnuty mouky vysokovymleté i nízkovymleté.

Vzorek č. 1: pšeničná mouka hladká speciál 00 extra, mlýn Kojetín, PENAM a. s.

Vzorek č. 2: pšeničná mouka chlebová tmavá T 1050, mlýn Kojetín, PENAM a. s.

Vzorek č. 3: pšeničná mouka chlebová tmavá T 1000, mlýn Vojkovice, PENAM a. s.

Vzorek č. 4: pšeničná mouka hladká speciál T 530, mlýn Vojkovice, PENAM a. s.

Vzorek č. 5: pšeničná mouka hladká speciál T 530, mlýn Vojkovice, PENAM a. s.

Vzorek č. 6: pšeničná mouka chlebová tmavá T 1000, mlýn Trnava, PENAM a. s.

Vzorek č. 7: pšeničná mouka hladká speciál 00 extra, mlýn Trnava, PENAM a. s.

Vzorek č. 8: pšeničná mouka hladká speciál T 530, mlýn Svijany, Perner s. r. o.

Vzorek č. 9: pšeničná mouka chlebová T 1000, mlýn Svijany, Perner s. r. o.

Vzorek č. 10: pšeničná mouka hladká speciál T 530, mlýn Svijany, Perner s. r. o.

Vzorek č. 11: pšeničná mouka grahamová, mlýn Znojmo, PENAM a. s.

Tabulka 9. udává přehled kvalitativních parametrů u všech 11 získaných vzorků mouky. Sledované hodnoty, získané přímo od výrobců mouky, jsou jednotlivými mlýny stanoveny v odlišném rozsahu.

Tab. 9. Přehled kvalitativních parametrů vzorků mouk

Vzorek č.	Naměřené technologické parametry pšeničné mouky							
	Vlhkost [%]	N- látky [%]	Číslo Poklesu [s]	Zelený test [m]	Obsah mokrých o lepku [%]	Popel [%]	W [J]	Vaznost [%]
1	14,0	11	-	-	31,6	0,58	-	57,2
2	13,2	-	-	-	34,5	1,14	-	60,8
3	13,5	13,1	-	-	35,6	1,04	129	55,2
4	14,5	11,3	-	38	33,1	0,49	214	55,1
5	14,6	11,9	-	40	35,2	0,49	235	55,4
6	14,1	14,8	320	-	37,8	0,98	-	55,2
7	15,6	14,6	259	-	37,8	0,51	-	55,4
8	13,6	13,0	205	-	33,4	0,63	-	57,2
9	12,9	-	250	-	32,8	1,0	-	60,8
10	13,9	12,9	312	-	34,1	0,68	-	57,2
11	15,0	13,6	-	-	32,6	1,18	-	60

6.2 Pekařský pokus

Pekařský pokus byl proveden modifikovaným postupem podle ICC standardu č. 135. Modifikace spočívala v použití 300 g mouky a v použitém laboratorním vybavení. Základem tohoto testu bylo vyrobit vzorky za standardních podmínek a zjistit jejich charakteristiky. Skladbu a množství surovin, z nichž bylo těsto vyráběno, udává tabulka 10.

Tab. 10. Jednotlivé složky pekařského pokusu

Složka	Hmotnost [g]
Mouka	300
Sušené droždí	5,4
Voda	400 + přídavek vody dle vaznosti mouky
Chlorid sodný	15
Sacharosa	15
Kyselina askorbová	0,05

Standardní navážka mouky při vlhkosti mouky 14 % byla 300 g. V případě jiné vlhkosti se množství použité mouky vypočítá ze vztahu:

$$M = \frac{300 \times 86}{(100 - M_v)}, \text{ kde}$$

M hmotnost mouky v g

M_v vlhkost mouky v %

Podmínky přípravy bochníků:

Hnětení: hnětač Vorwerk Thermomix TM 21

Doba kynutí těsta: 30± 2 min.

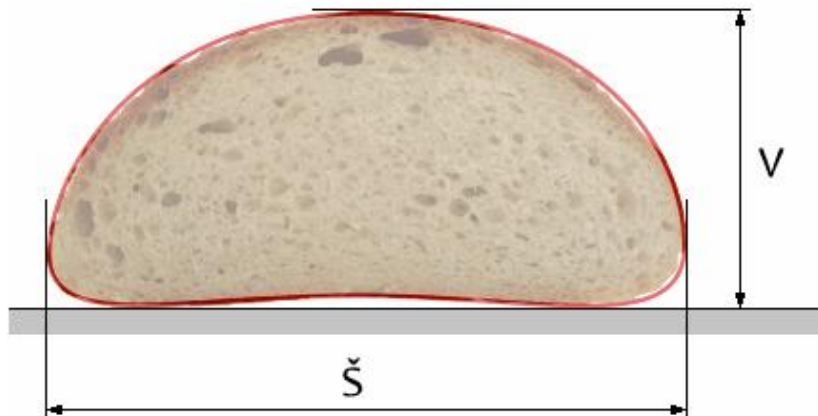
Doba kynutí těstových kusů v kynárně: 50± 1 min.

Kynárna: 30 °C, relativní vlhkost 75 %

Bochníky byly po dokynutí zvlhčeny vodou, volně položeny na plech a pečeny při teplotě 220 °C po dobu 10 minut. Po uplynutí 20±4 hodin od upečení byly hodnoceny následující parametry:

Objem pečiva byl změřen v kalibrovaném odměrném válci, který byl naplněný plastovými kuličkami tvarem a objemem podobné řepkovému semenu. Objem byl změřen u všech tří bochníku, které byly upečeny. Pro každý vzorek mouky byla z naměřených hodnot vypočítána průměrná hodnota objemu bochníku $V_{\text{prům}}$. Ze získaných objemů pečiva byly vypočítány hodnoty pro **specifický objem pečiva**.

Tvar pečiva byl definován poměrem výšky k šířce upečených bochníků.



Obr. 1. Určení tvaru pečiva [45]

Objemová výtěžnost pečiva byla přímo úměrná objemu daného bochníku. Platí pravidlo, že pokud se ze stejného množství mouky bylo upečeno pečivo o větším objemu, šlo o mouku vyšší kvality. Objemová výtěžnost pečiva byla počítána podle vzorce:

$$\text{Objemová výtěžnost pečiva} = \frac{V_{\text{prům}}}{300}, \text{ kde}$$

$V_{\text{prům}}$ průměrný objem pečiva

300 hmotnost použité mouky v g

Hmotnost pečiva a **hmotnost těsta** byly zjištěny na laboratorních vahách. Na základě zjištění těchto parametrů byla dále vypočítána **výtěžnost těsta**, **výtěžnost pečiva** a **ztráta pečením** dle následujících vzorců:

$$\text{Výtěžnost těsta} = \frac{m_t}{m_m} \times 100$$

$$\text{Výtěžnost pečiva} = \frac{m_v}{m_m} \times 100$$

$$\text{Ztráta pečením} = \frac{m_t}{m_v} \times 100$$

,kde m_v hmotnost upečeného výrobku v kg

m_m hmotnost mouky v kg

m_t hmotnost těsta v kg

Po provedení všech požadovaných měření byly pořízeny fotografie bochníků vcelku a jejich řezu.

6.2.1 Statistické vyhodnocení

V rámci pekařského pokusu byly výsledky podrobeny statistické analýze. Za hlavní metrickou proměnnou byl zvolen procentuální podíl popela. Výzkumným záměrem bylo zjistit, zda má procentuální podíl popela statisticky významný vliv na vlastnosti pečiva. Za tímto účelem bylo stanoveno pět alternativních hypotéz H_{A1} – H_{A5} :

- H_{A1} : Vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje hmotnost pečiva.
- H_{A2} : Vyšší procentuální podíl popela statisticky významně snižuje objem pečiva.
- H_{A3} : Vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje poměr šířky k výšce pečiva.
- H_{A4} : Vyšší procentuální podíl popela statisticky významně snižuje objemovou výtěžnost pečiva.
- H_{A5} : Vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje hmotnost těsta.

Statistické zpracování dat sloužilo k ověření testovaných vědeckých hypotéz. Pokud jsou vědecké hypotézy správné, pak se statisticky prokáže, že testované odchylky sledovaných parametrů nemají náhodný charakter a jsou způsobeny přítomností popela v pšeničné mouce. [45]

Data byla statisticky vyhodnocována programem SPSS Statistics 17.0 společnosti IBM corp. Hypotézy byly testovány jednostranně, na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Signifikantní výsledek ukazuje na souvislost mezi procentuálním podílem popela v mouce a sledovanými parametry pečiva.

Za testovou metodu byl zvolen parametrický *Pearsonův korelační koeficient*, zjišťující, jak těsný je vztah daných proměnných. Jednou z podmínek pro použití Pearsonova korelačního koeficientu je normální rozložení dat v souboru. Proto byl nejprve použit *test normality Kolmogorova-Smirnova*, z nějž bylo zjištěno, že všechny proměnné mají při hladině významnosti $\alpha = 0,05$ normální rozložení a použití Pearsonova korelačního koeficientu je tedy možné.

Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu

Pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu byly zjištěny aritmetické průměry souborů X (podíl popela) a Y (parametry pečiva) a vypočtena střední hodnotu součinu odchylek od těchto průměrů. Tím byla vypočítána tzv. kovariance, což je však absolutní veličina, pro výpočet relativní veličiny pak kovarianci dělíme násobkem odmocnin rozptylů souborů X a Y.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Součty čtverců ve jmenovateli jsou n-1 násobkem výběrových rozptylů. Proto se často lze setkat s jednodušším vyjádřením Pearsonova korelačního koeficientu

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}, \text{ kde}$$

S_x směrodatná odchylka proměnné X

S_y směrodatná odchylka proměnné Y

S_{xy} kovariance proměnných X a Y [50]

Výstupem programu jsou tabulky označené jako Popisné statistiky, test normality a Pearsonův korelační koeficient. Tabulka Popisné statistiky obsahuje průměrné hodnoty a

směrodatné odchylky měřených proměnných, stejně jako počet měření (vzorků pečiva a mouky). Tato data jsou důležitá v rámci dalších statistických úkonů, především výpočtu Pearsonova korelačního koeficientu. Test normality udává hodnoty koeficientů Kolmogorova-Smirnova testu pro jednotlivé parametry pečiva, a také signifikanci těchto koeficientů. Podobně Pearsonův korelační koeficient udává hodnoty „r“ pro korelace jednotlivých parametrů pečiva s procentuálním podílem popela a jejich statistickou významnost na hladině $\alpha=0,05$.

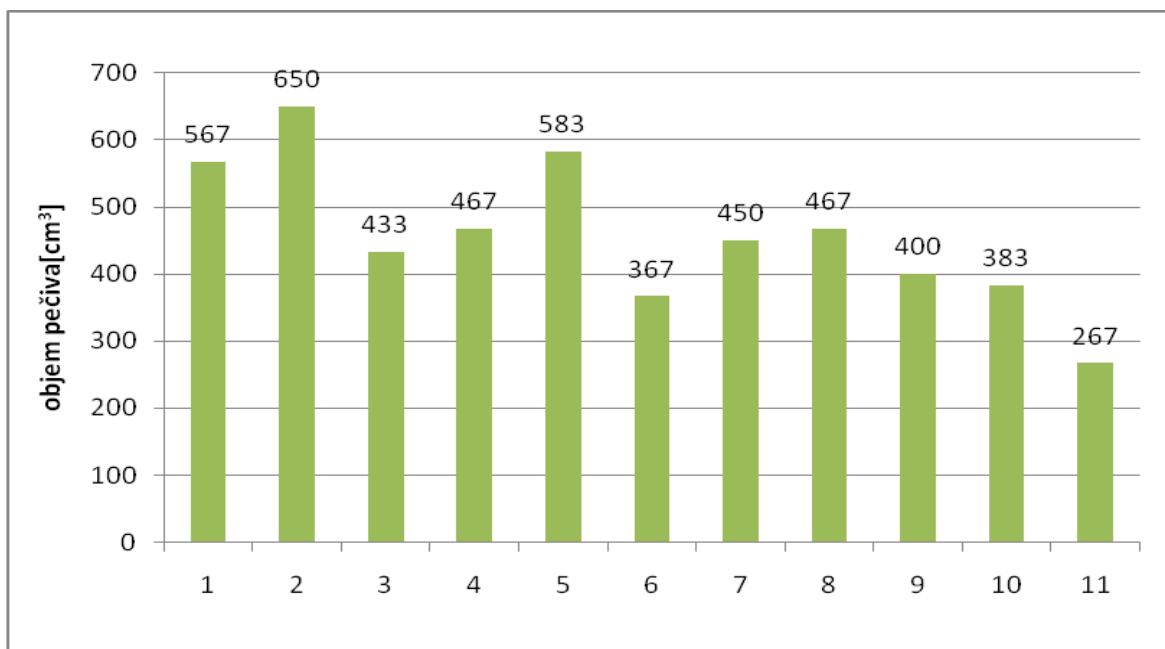
7 VÝSLEDKY A DISKUSE

7.1 Naměřené parametry pečiva

Bochníky, které byly za standardních podmínek pekařského pokusu upečeny, jsou znázorněny na obrázcích A 1–A 11 – viz příloha A

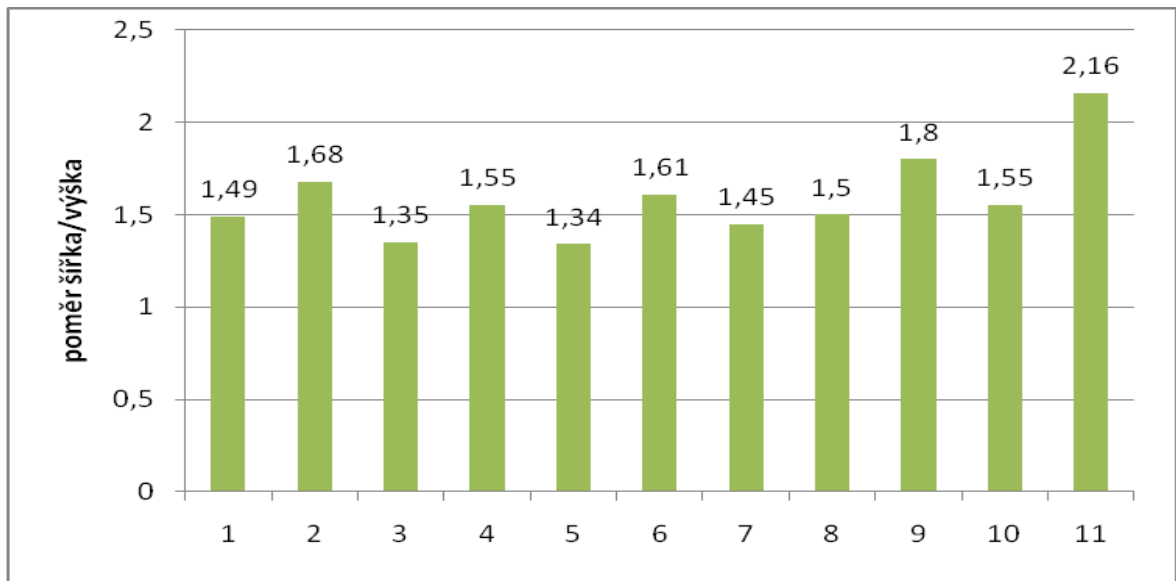
Objem pečiva byl nejvyšší u vzorku pšeničné mouky chlebové tmavé T 1050 (650 cm³). Nejnižší objem pečiva (267 cm³) měl vzorek pšeničné mouky grahamové. Obrázek 2. srovnává objem pečiva u jednotlivých testovaných vzorků.

Obr. 2. Objem pečiva jednotlivých vzorků mouk



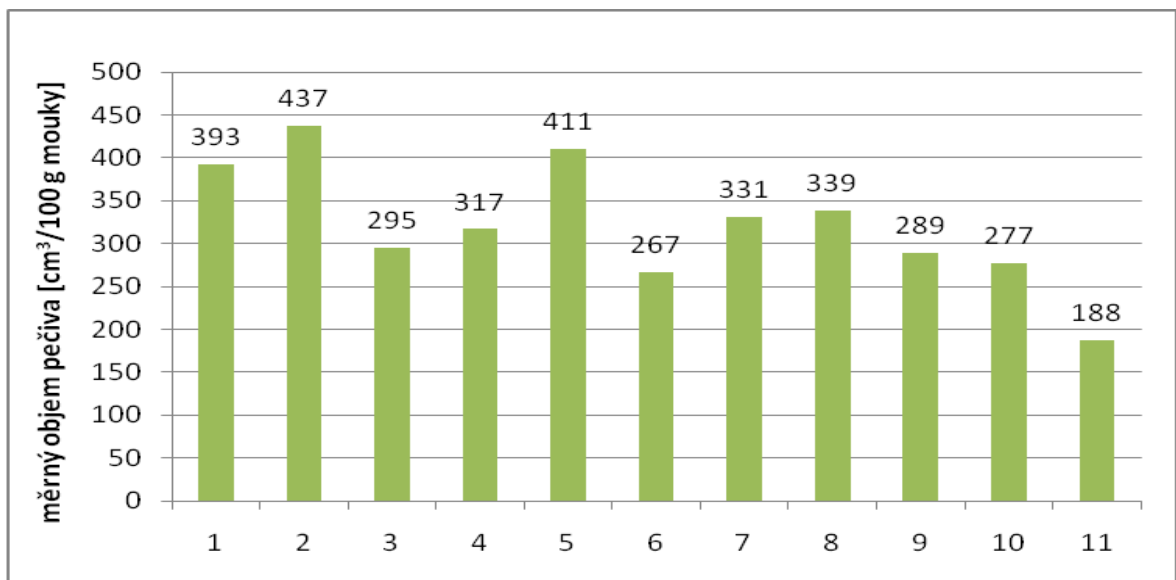
Poměrové číslo pečiva charakterizující **tvar pečiva** bylo nejvyšší u pšeničné mouky hladké speciál T 530 (0,75). Pečivo s nejnižším poměrovým číslem 0,46 bylo vyrobeno z pšeničné mouky grahamové. Obrázek 3. udává srovnání tvaru pečiva jednotlivých vzorků.

Obr. 3. Tvar pečiva jednotlivých vzorků mouk



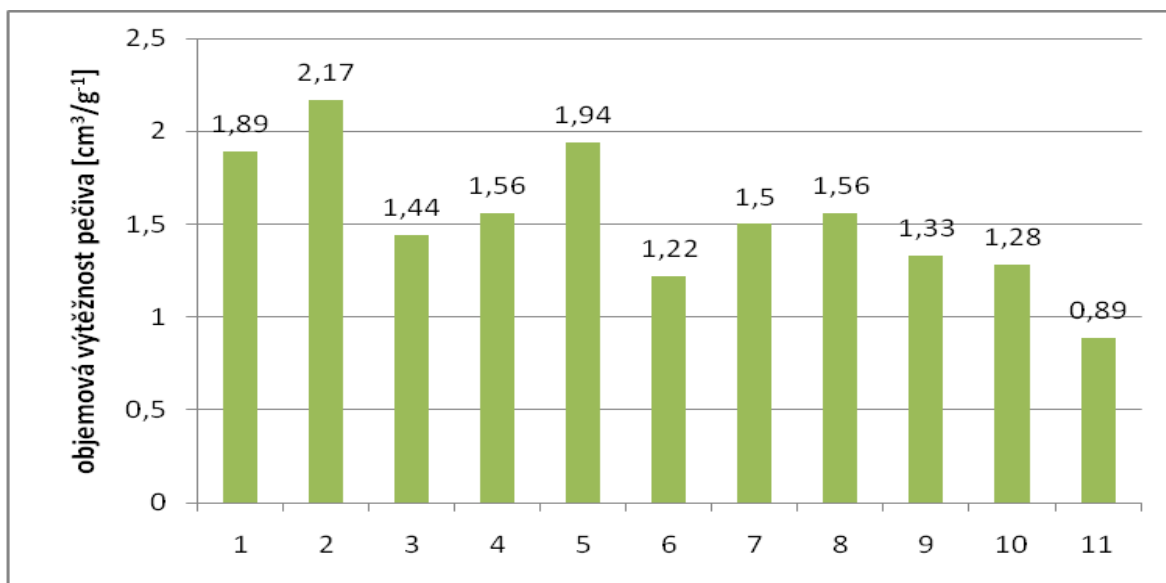
Nejvyšší hodnota **měrného objemu pečiva** byla naměřena u pečiva připraveného z pšeničné mouky chlebové tmavé T 1050 ($437 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$), nejnižší hodnota $188 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ byla zjištěna u pšeničné mouky grahamové. Obrázek 4. srovnává měrný objem pečiva u jednotlivých vzorků mouky.

Obr. 4. Měrný objem pečiva jednotlivých vzorků mouk



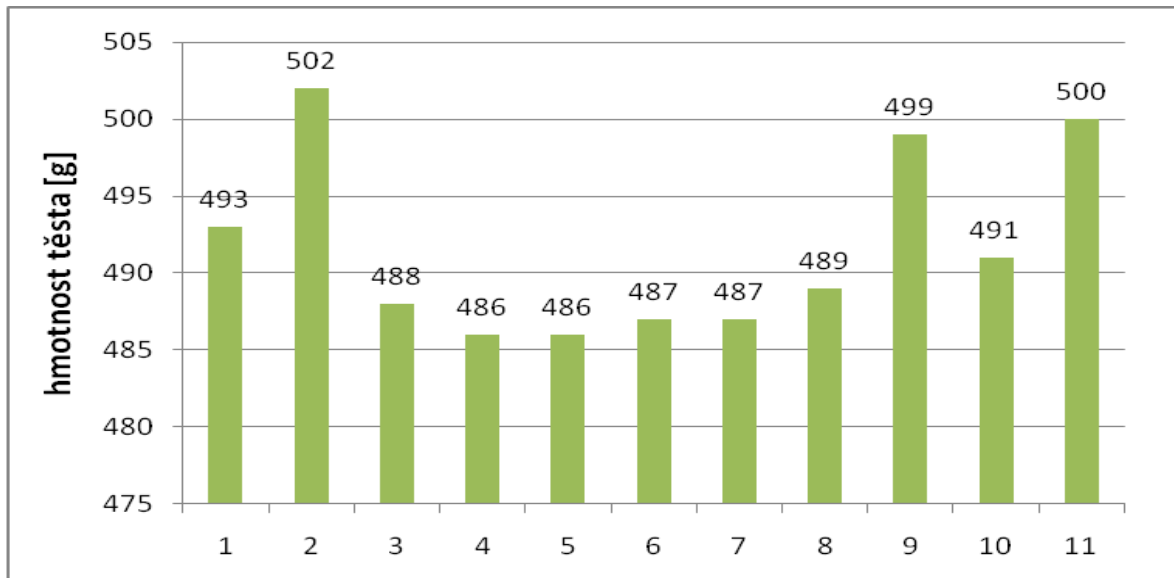
Objemová výtěžnost pečiva je ve vzájemné závislosti s objemem pečiva. [49] Z tohoto důvodu jsou výsledky obdobné. Nejvyšší hodnota byla naměřena u pečiva připraveného z pšeničné mouky chlebové tmavé T 1050 ($2,17 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$) a nejnižší hodnota $0,89 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ u pšeničné mouky grahamové. Obrázek 5. srovnává výtěžnost pečiva u jednotlivých vzorků mouky.

Obr. 5. Objemová výtěžnost pečiva jednotlivých vzorků mouk



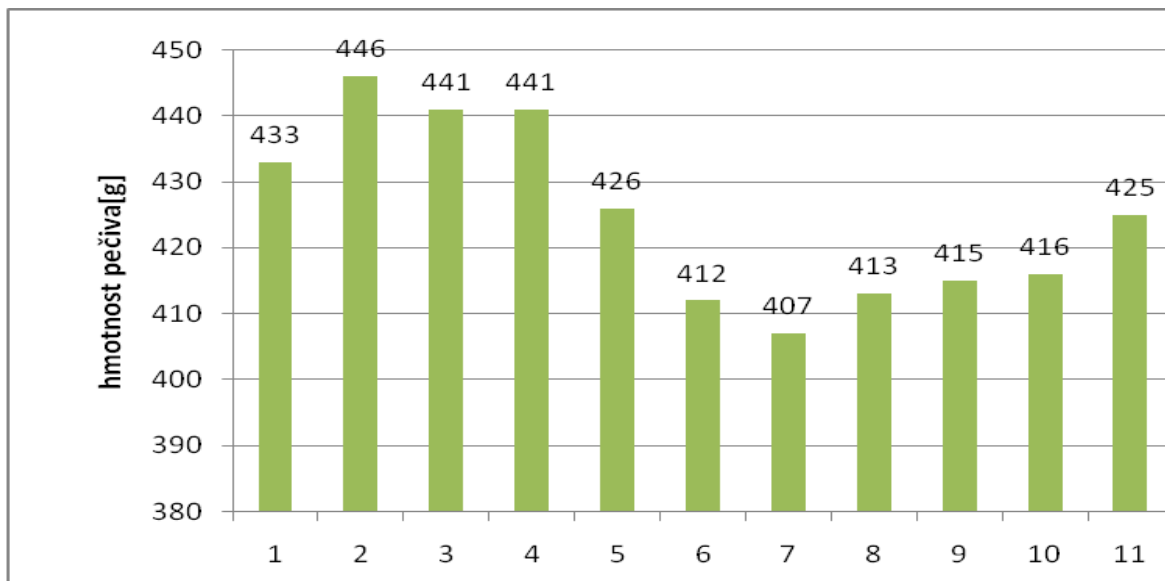
Hmotnost těsta byla nejvyšší u vzorku mouky pšeničné hladké chlebové tmavé T 1050 (502 g). Nejnižší hmotnost těsta 486 g byla zjištěna u pšeničné mouky hladké speciál T 530. Následující obrázek 6. umožňuje náhled a srovnání hmotností těsta vyrobených z jednotlivých vzorků mouk.

Obr. 6. Hmotnosti těsta jednotlivých vzorků mouk



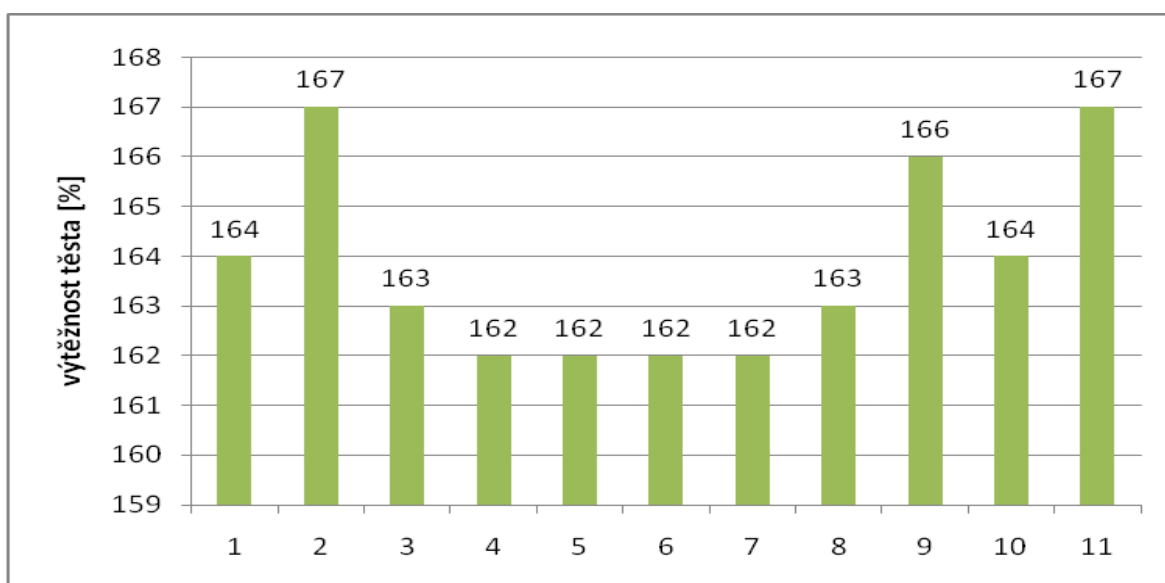
Hmotnost pečiva byla s hodnotou 446 g nejvyšší u vzorku mouky pšeničné hladké chlebové tmavé T 1050. Pečivo s nejnižší hmotností 407 g bylo vyrobeno z pšeničné mouky hladké speciál 00 extra. Obrázek 7. uvádí srovnání hmotností pečiva jednotlivých vzorků mouk.

Obr. 7. Hmotnosti pečiva jednotlivých vzorků mouk



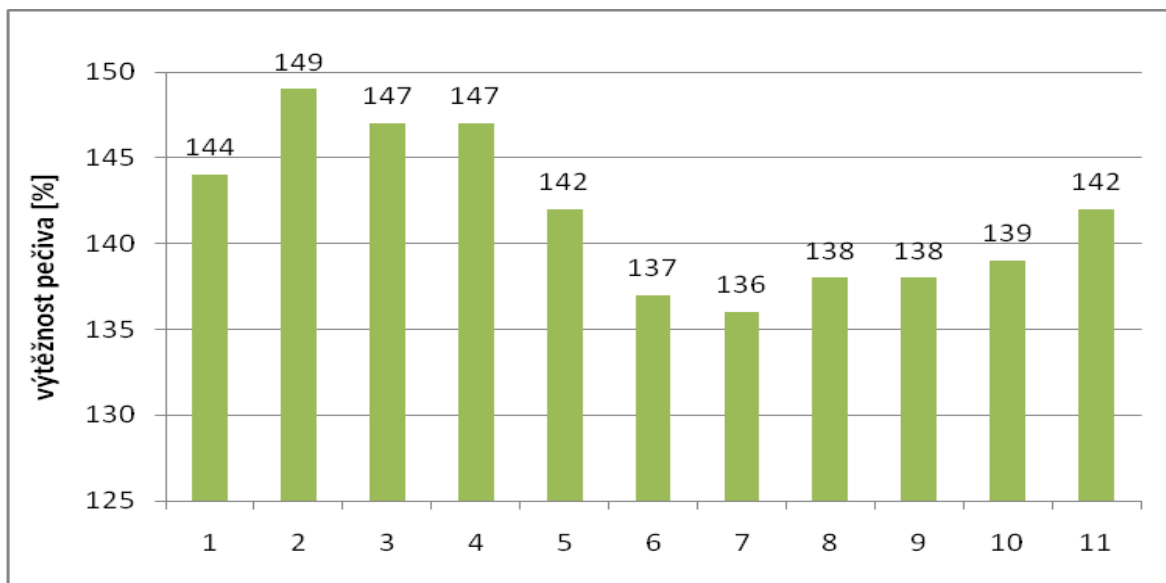
Výtěžnost těsta byla nejvyšší u vzorků mouky pšeničné hladké chlebové tmavé T 1050 a mouky grahamové (167 %). Nejnižší hodnota byla zjištěna u pšeničné mouky hladké speciál T 530, pšeničné mouky chlebové T 1000 a pšeničné mouky hladké speciál 00 extra (162 %). Následující obrázek 8. umožňuje náhled a srovnání výtěžností těsta vyrobených z jednotlivých vzorků mouk.

Obr. 8. Výtěžnost těsta jednotlivých vzorků mouk



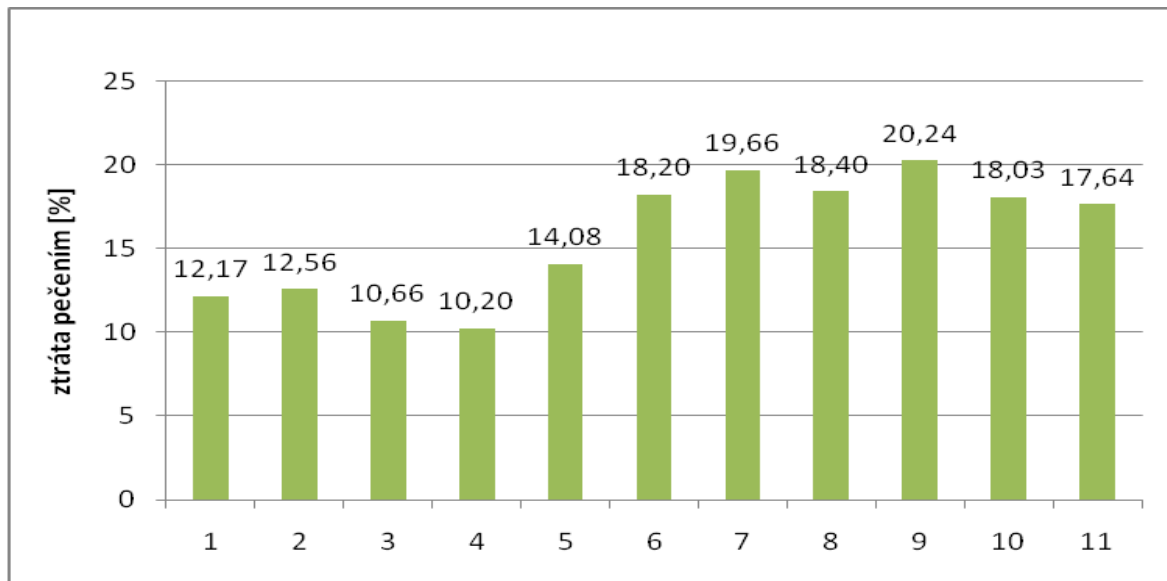
Výtěžnost pečiva byla s hodnotou 149 % nejvyšší u vzorku mouky pšeničné hladké chlebové tmavé T 1050. Nejnižší výtěžnost pečiva 136 % byla zjištěna u pšeničné mouky hladké speciál 00 extra. Následující obrázek 9. umožňuje náhled a srovnání výtěžností pečiva vyrobených z jednotlivých vzorků mouk.

Obr. 9. Výtěžnost pečiva jednotlivých vzorků mouk



Nejvyšší **ztráta pečením** byla zjištěna u vzorku pšeničné mouky chlebové T 1000 (20,24 %). Nejnižší ztráty 10,20 % vykazoval vzorek pšeničné mouky hladké speciál T 530. Následující obrázek 10. uvádí hodnoty pro jednotlivé vzorky mouk.

Obr. 10. Ztráta pečením u jednotlivých vzorků mouk



7.1.1 Výsledky statistického vyhodnocení

V rámci této kapitoly uvádím výsledky statistického šetření. Tabulka 11. zahrnuje statistické hodnoty průměru a standardní odchylky, potřebné jakožto mezivýpočty k následné analýze korelačního koeficientu. Tabulka 12. obsahuje výsledky Kolmogorov – Smirnovova testu normality, zjišťujícího normální rozložení mnou zkoumaných dat. Korelaci mezi proměnnými stanovuje tabulka 13., která na základě Pearsonova korelačního koeficientu vysvětluje vztahy mezi zadanými parametry.

Tab. 11. Popisné statistiky

Parametr	Mean	Std. Deviation	N
Popel [%]	0,7927	0,27521	11
Objem pečiva [cm ³]	457,5727	109,13064	11
Poměr šířka/výška	1,5891	0,23205	11
Objemová výtěžnost [cm ³ ·g ⁻¹]	1,5255	0,36415	11
Hmotnost pečiva [g]	424,95	13,514	11
Hmotnost těsta [g]	491,5909	6,08119	11

Tab. 12. Test normality

Parametr	Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	df	Sig.
Popel [%]	0,206	11	0,200*
Objem pečiva [cm ³]	0,194	11	0,200*
Poměr šířka/výška	0,203	11	0,200*
Objemová výtěžnost [cm ³ ·g ⁻¹]	0,189	11	0,200*
Hmotnost pečiva [g]	0,212	11	0,178
Hmotnost těsta [g]	0,204	11	0,200*

Tab. 13. Pearsonův korelační koeficient

Parametr	Objem pečiva [cm ³]	Poměr šířka/výška	Objemová výtěžnost [cm ³ ·g ⁻¹]	Hmotnost pečiva [g]	Hmotnost těsta [g]
Popel [%]	-0,323	0,638*	-0,325	0,202	0,693**
Pearson Correlation Sig. (1-tailed) N	0,166 11	0,017 11	0,165 11	0,275 11	0,009 11

* Korelace je signifikantní na hladině 0.05 (jednostranně)

** Korelace je signifikantní na hladině 0.01 (jednostranně)

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že přijmout lze alternativní hypotézu H_{A3} : „Vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje poměr šířky k výšce pečiva“ a H_{A5} : „Vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje hmotnost těsta“. U H_{A5} bylo dosaženo vysoké statistické významnosti na hladině 0,01. Ostatní alternativní hypotézy H_{A1} , H_{A2} a H_{A4} jsou zamítnuty.

Pro srovnání byl proveden ještě test *Spearmanova korelačního koeficientu*. Ovšem, jak vidno z tabulky 14., ani při použití této metody neparametrického Spearmanova korelačního koeficientu nebyla nalezena jiná statisticky významná souvislost.

Tab. 14. Spearmanův korelační koeficient

Parametr	Objem pečiva [cm ³]	Poměr šířka/výška	Objemová výtěžnost [cm ³ ·g ⁻¹]	Hmotnost pečiva [g]	Hmotnost těsta [g]
Popel [%]	-0,441	0,632*	-0,441	0,114	0,752**
Spearman Correlation Sig. (1-tailed) N	0,087 11	0,018 11	0,087 11	0,369 11	0,004 11

* Korelace je signifikantní na hladině 0.05 (jednostranně)

** Korelace je signifikantní na hladině 0.01 (jednostranně)

7.2 Diskuse výsledků

Vliv stupně vymletí mouky na kvalitu pečiva byl zjišťován porovnáním výsledků pekařských pokusů, které jsou popsány v kapitole 7.

Objem pečiva

Objem pečiva je považován za hlavní kvalitativní znak a jeho velikost je mírou pekařské jakosti. Je ovlivněn zejména kvalitou surovin, ale i úrovní technologie. [51]

Objemy upečených bochníků byly srovnány s výsledky Stehlíkové [52], která zjistila, že objemy pečiva připraveného z mouk pšeničných světlých hladkých byly až o 27 % vyšší než objemy pečiva upečeného z mouky pšeničné celozrnné. Porovnání s dalšími literárními zdroji bylo dosti obtížné především z důvodu, že vědecké či studentské výzkumy zaměřené na kvalitu pšeničné mouky během pekařských pokusů, se soustředí hlavně na stanovení specifického (měrného) objemu pečiva, vyjádřeného v $\text{cm}^3/100 \text{ g}$ výrobku.

Z výsledků dále vyplývá, že se stupněm vymletí roste i obsah popela v mouce. Tvrzení taktéž podporuje i Ramirez-Wong et al. [53] který zmiňuje, že zvyšování stupně vymletí zvyšuje i procentuální podíl popela. Z výsledků mnou provedeného pekařského pokusu je tento fakt nejvíce zřejmý na vzorcích 4 a 5, tedy na vzorcích mouky T 530, u kterých obsahu popela 0,49 % odpovídá objem pečiva 467 cm^3 a 583 cm^3 . Naopak nejvyšší obsah popela 1,18 % byl zaznamenán u vzorku již zmíněné grahamové mouky. Objemy ostatních vzorků mouk jsou v závislosti na obsahu popela poměrně vyrovnány, výjimkou je vzorek mouky T 1050, jehož obsah popela činí sice 1,14 %, objem pečiva byl však nejvyšší ze všech testovaných vzorků, a to 650 cm^3 .

Při statistickém hodnocení výsledků v této diplomové práci nebyla potvrzena hypotéza, že vyšší procentuální podíl popela statisticky významně snižuje objem pečiva, výsledky průkaznou závislost obsahu popela na objemu pečiva nevykazují. Hodnocení je však v rozporu s výše uvedenou Stehlíkovou [52], která statistickou průkaznost mezi objemem pečiva a množstvím popela potvrzuje a říká, že s rostoucím obsahem popela se objem pečiva snižuje. Jedním z možných důvodů neshody hypotéz je malý počet vzorků; je možné, že při větším počtu by testy odhalily i další signifikantní korelace. Na získané parametry také mohla mít vliv délka a podmínky skladování vzorků mouky, čímž dochází k jejímu znehodnocení, výrobky z ní pak mohou být nízké a málo objemné. [47] Co se týká obsahu popela, Hermanová [51] na základě šestiměsíčního výzkumu došla k závěru, že jeho hodnota by se v průběhu skladování měnit neměla.

Bylo zjištěno, že se stupněm vymletí mouk se zvyšuje absorpce vody, tedy vaznost.[54] To dokládá i Povolná [55], podle které celkově vyšší vaznost byla zjištěna u celozrnných vzorků. Statistickou průkaznost závislosti vaznosti na objemu pečiva uvádí i

Stehlíková [52], jenž tvrdí, že s rostoucí vazností mouky objem pečiva klesá. Autorka udává ve svých výsledcích u T 1000 mnohem vyšší vaznost než u T 530. Tomuto faktu odpovídají také získané výsledky. Vzorku mouky T 530 s vazností 55,1 % odpovídá objem pečiva 467 cm³, naopak u mouky grahamové s vazností 60,8 % byl zjištěn objem pečiva 267 cm³. Objemy ostatních vzorků mouk jsou v závislosti na vaznosti poměrně vyrovnány, výjimkou je opět vzorek mouky T 1050, jehož vaznost činí sice 60,8 %, objem pečiva byl však 650 cm³. Tato skutečnost je v rozporu s výsledky výše uvedeného zdroje. [52]

Tvar pečiva

Skoupil, Tvrzník [56] považují za velmi dobrou mouku pečivo, jehož poměrové číslo přesahuje hranici 0,700, za dobrou 0,601–0,700, mouky s poměrovým číslem 0,501–0,600 jako slabé a mouky pod hranici 0,500 jako nevyhovující. Za mouku slabou tak lze označit vzorek 2 – mouku T 1050 s hodnotou 0,6 a vzorek 9 – mouku T 1000 se stejným výsledkem. Do kategorie nevyhovující s poměrovým číslem 0,46 spadá mouka grahamová. Optimální tvar pečiva má poměrové číslo 0,650. [57] Tomuto naprosto přesně odpovídají vzorek 4 a 10, tedy mouka T 530.

Průměrná hodnota poměrového čísla u mouk T 530 testovaných v rámci této diplomové práce byla 0,68. Hrušková [57] stanovuje poměrové číslo pečiva 0,53–0,69. Dalším příkladem mohou být i výsledky Povolné [55], u které se poměrové číslo pohybovalo u mouky T 530 v rozmezí 0,567–0,588. Poměr výšky a šířky pečiva dosahoval v pokusech Horváthové et al. [58] čísla 0,556, které stejně jako zdroj předchozí poukazují na mouku slabou. Hrušková et al. [59] udávají hodnoty poměrového čísla mouky T 530 pro rok 2004 od 0,54 do 0,7 (průměr 0,64) a pro rok 2005 od 0,66 do 0,81 (průměr 0,7).

Hodnoty pro mouku T 1000 se pohybovaly v mém měření v rozmezí 0,6–0,74. Hrušková et al. [60] uvádí graficky znázorněné rozpětí mezi 0,4 a 0,45, což je vykazováno jako mouka nevyhovující.

Při statistickém hodnocení výsledků této práce byla potvrzena hypotéza, že vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje poměr šířky k výšce pečiva. Silná přímá závislost mezi obsahem popela v mouce a tvarem pečiva byla prokázána také Betášovou [61]. Stejně i Stehlíková [52] vyvozuje z výsledků hodnocení mouky hladké a grahamové závislost tvaru pečiva na stupni vymletí mouky a potvrzuje hypotézu, že s rostoucím stupněm vymletí mouky se snižuje poměr výšky k šířce pečiva a bočník je tím méně klenutý. Nejméně klenuté pečivo mnou upečeno bylo z mouky grahamové,

zatímco nejlépe klenuté pečivo bylo upečeno z T 530, kdy bylo dosaženo hodnoty 0,75. Ke stejným závěrům dospěl také výše zmiňovaný zdroj Betášové [61], kde nejméně klenuté pečivo bylo upečeno z mouky celozrnné, zatímco nejlépe klenuté pečivo bylo upečeno z T 530.

Měrný objem pečiva

Měrný neboli specifický objem pečiva vyjadřovaný v $\text{cm}^3/100$ g pečiva či $\text{ml}/100$ g pečiva je nejvýznamnějším znakem získaným provedením pekařského pokusu. Čím je měrný objem pečiva vyšší, tím je mouka vhodnější pro pekárenskou výrobu. [55] Muchová [63] prezentuje klasifikaci hodnocení jakosti pšeničného pečiva dle objemu pečiva změřeného během pokusného pečení. Hodnota $380 \text{ cm}^3/100$ g hodnotí mouku jako velmi dobrou, hodnota $311\text{--}380 \text{ cm}^3/100$ g znamená dobrou jakost mouky, $211\text{--}310 \text{ cm}^3/100$ g poukazuje na mouku slabou a hodnota $210 \text{ cm}^3/100$ g a méně na mouku velmi slabou. Z tohoto hlediska lze s ohledem na výsledky zpracovávané během pokusu pro tuto práci hovořit o mouce hladké 00 extra (vzorek 1), mouce T 530 (vzorek 5) a T 1050 (vzorek 2) jako o mouce velmi dobré a pečivo z nich vyrobené je vysoce kvalitní. Naopak mouku grahamovou (vzorek 11) je nutné označit za mouku velmi slabou.

Měrné objemy bochníků upečených z mouk T 530 se pohybovaly v rozmezí od 277 do $411 \text{ cm}^3/100$ g. Pro srovnání lze uvést výsledky Hruškové [57] z komplexního hodnocení pšeničných mouk hladkých světlých zakoupených v maloobchodní síti, kdy se hodnoty nacházely od 297 do $360 \text{ cm}^3/100$ g a pro rok 2005 se uvádí hodnoty od 300 do $351 \text{ cm}^3/100$ g. Povolná [55] popisuje rozmezí $367,53\text{--}404,199 \text{ cm}^3/100$ g.

Objemy bochníků z mouk T 1000 vykazovaly hodnoty $267\text{--}295 \text{ cm}^3/100$ g. Hrušková et al. [60] graficky znázorněnou hodnotu stanovují mezi 200 a 250 ml. Tímto srovnáním je kvalita pečiva z provedeného výzkumu z hlediska měrného objemu pečiva jednoznačně vyšší.

Hrušková et al. [59] potvrzují, že mouky šrotové dávají mnohem nižší měrný objem pečiva a obecně výrazné kolísání než mouky z luštěvic chodů a mouky pasážní. Z výsledků je tento fakt nejvíce zřejmý na vzorku mouky T 530, u které obsahu popela 0,49 % odpovídá měrný objem pečiva $411 \text{ cm}^3/100$ g. Jak již bylo zmíněno, nejvyšší obsah popela 1,18 % byl zjištěn u vzorku grahamové mouky s měrným objemem pečiva $188 \text{ cm}^3/100$ g.

Objemová výtěžnost pečiva

Parametry objem pečiva a objemová výtěžnost pečiva jsou vzájemně závislé. [49] Čím vyššího objemu pečiva je dosaženo, tím vyšší lze vypočítat jeho výtěžnost. [55] Podle měřených výsledků nejvyšší objemové výtěžnosti dosahovaly mouky s nižším stupněm vymletí a naopak. Hodnocením vzájemné závislosti obsahu popela v mouce a objemu došla Stehlíková [52] k závěru, že s rostoucím obsahem popela klesá objem pečiva, a tím tedy i jeho objemová výtěžnost. Této skutečnosti odpovídají výsledky uvedené v grafu 4.

Porovnání s výsledky prací jiných autorů je obtížné, jelikož se tato charakteristika běžně nestanovuje v rámci pekařských pokusů u nás ani v zahraničí. [55] Přesto, jak upozorňuje Sluková [62], je tento parametr uznáván jako vedlejší pro posuzování kvality.

Hmotnost a výtěžnost pečiva

Ačkoliv hypotéza, že vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje hmotnost pečiva, byla zamítnuta, výsledky poukazují na opak. Důvodem zamítnutí hypotézy je nejspíše skutečnost, že rozdíly hmotností jednotlivých bochníků v závislosti na obsahu popela nebyly velké. Měření se shodovala s údaji Stehlíkové [52], kdy hodnoty hmotností bochníků upečených z mouky hladké světlé byly nepatrně nižší než bochníky z mouky celozrnné. Stejně tak tomu bylo i u výsledků výtěžností pečiva. Výsledky hmotností i výtěžností pečiva se lišily maximálně o 9 % stejně jako v měření této práce.

Hmotnost a výtěžnost těsta

Jak již bylo zmíněno, se stupněm vymletí mouky stoupá i její vaznost, a tím logicky i hmotnost připraveného těsta. Této skutečnosti odpovídaly též získané výsledky, kde obecně těsto připravené z mouky nízkovymleté mělo hmotnost nižší než těsto z mouky T 1050 nebo mouky grahamové. Výsledky lze opět porovnat s údaji Stehlíkové [52], která uváděla též hodnoty pro výtěžnost těsta shodující se s výsledky této práce.

Ztráta pečením

Výsledky ztrát pečením neboli propeku byly značně nevyrovnané. Za příčinu vysoké rozdílnosti hodnot lze označit právě podmínky pečení, které díky teplotním a časovým výkyvům nelze označit za standardní.

ZÁVĚR

Za výstup práce lze považovat získané poznatky o kvalitě běžného pečiva s ohledem na stupeň vymletí použité mouky.

Statistická analýza dat potvrdila správnost hypotézy:

- „vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje poměr šířky k výšce pečiva“
 - „vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje výtěžnost těsta“.
- Hypotéza o tom, že vyšší procentuální podíl popela statisticky významně snižuje objem pečiva, potvrzena nebyla, stejně tak i hypotéza, že s rostoucím obsahem popela roste výtěžnost pečiva.

Vliv obsahu popela v mouce na kvalitu pečiva potvrzují praktické výsledky, kdy se s rostoucím stupněm vymletí, tedy rostoucím obsahem popela, klenutost a kyprost bochníků snižovala a naopak hmotnost připraveného těsta zvyšovala, předně díky zvyšující se schopnosti absorpce vody. Obecně vyšší kvalitu vykazovalo pečivo připravené z mouky světlé nízkovymleté než pečivo upečené z mouky tmavé vysokovymleté.

Z výsledků vyplývá, že objem pečiva stejně jako měrný objem pečiva jakožto nejdůležitější parametr získaný provedením pekařského pokusu, byl vyšší u nízkovymletých mouk. Mouky vysokovymleté vykazovaly hodnoty viditelně nižší.

Poměr šířky k výšce byl vyšší u mouk vysokovymletých, čímž byla potvrzena hypotéza, že vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje poměr šířky k výšce pečiva.

Výtěžnost těsta byla dle výsledků vyšší u mouk vysokovymletých, což potvrzuje i hypotéza, že vyšší procentuální podíl popela statisticky významně zvyšuje výtěžnost těsta.

Podle získaných údajů lze hodnotit jako nejkvalitnější vzorky mouky T 530, které byly získány z mlýna ve Vojkovicích. Upečené bochníky měly vysoký objem a ideální tvar.

Je nutné brát v úvahu faktory, jako je malý počet vzorků či délka a podmínky skladování vzorků, které mohly být důvodem nevyrovnaných výsledků měřených parametrů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BUSHUK, W., RASPER, V. Wheat: production, properties and quality. Suffolk: Blackie Academic and Professional, 1994, 239 s. ISBN 0-7514-0181-1
- [2] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie I- Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. Praha: Vysoká škola chemicko- technologická v Praze, 2003, 202 s. ISBN 80-7080-530-7
- [3] BELITZ, H. D., GROSCH, N., SCHIEBERLE, P. Food chemistry. New York: Springer, 2009, 1070 s. ISBN 3-540-40818-5
- [4] DENDY, D.; DOBRASZCZYK, B. Cereals and cereal products: chemistry and technology. Maryland: Aspen publication, 2000, 429 s. ISBN 0-8342-1767-8
- [5] HUI, Y., CORKE, H. Bakery products, Iowa: Blackwell publishing, 2006, 575 s. ISBN 0-8138-0187-7
- [6] KUČEROVÁ, J. Technologie cereálií. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004, 141 s. ISBN 80-7157-811-8
- [7] HRUŠKOVÁ, M., ŠVEC, I., JIRSA, O., VÁŇOVÁ, M., PALÍK, S. ed. CIBULKOVÁ, M. Kvalita vybraných odrůd potravinářské pšenice- Změny vlivem režimu a ročníku pěstování. Mlynářská ročenka 2007, Praha: Svaz průmyslových mlýnů ČR, 2007, 199 s.
- [8] PLISKOVÁ, V., PLISKA, V. Suroviny pro 1. a 2. ročník SOU. Praha: SNTL, 1984, 211 s.
- [9] EDWARDS, P. W. The science of bakery products. Cambridge: Royal society of chemistry, 2007, 259 s. ISBN 978-0-85404-486-3
- [10] CHRISTIAN, W. E., VACLAVIK, E. W. Essential of food science. Dallas: Springer, 2008, ISBN 978-0-387-69939-4
- [11] CAUVAIN, P. S. Bread making. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003, 589 s. ISBN 1-85573-553-9
- [12] JAROLÍMKOVÁ, S. Jak připravovat obiloviny, luštěniny, semena a ořechy. Praha: MOTTO, 2007, 170 s. ISBN 978-80-7246-355-8
- [13] SKLÁDAL, V. Pěstování a sklizeň obilí. Praha: SZN, 1963, 184 s.

- [14] HRUŠKOVÁ, M., PŘÍHODA, J. Hodnocení kvality. Praha: Svaz průmyslových mlýnů, 2007, 187 s. ISBN 978-80-239-9475-9
- [15] CAUVAIN, P. C., YOUNG, S. L. Baking problems solved. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001, 280 s. ISBN 1-85573-564-4
- [16] NOVOTNÁ, A., NOVOTNÝ, R. Chemické kontrolní metody pro 4. ročník SPŠPT. Praha: SNTL, 1987, 248 s.
- [17] PAVLIŠ, M., PLISKOVÁ, M., PLISKA, V. Průmyslová výroba krmiv a mlynářství. Praha: SNTL, 1980, 135 s.
- [18] MATZ, A. S. The chemistry and technology of cereals as food and feed. New York: Springer, 1991, 751 s. ISBN 0-442-30830-2
- [19] MATZ, A. S. Bakery technology and engineering. New York: Springer, 1992, 853 s. ISBN 0-442-30855-8
- [20] DOSTÁL, R., DYKYJOVÁ, D. Zemědělská botanika 2, fyziologie rostlin. Praha: SZN, 1962, 631 s.
- [21] ANONYM. Lipoxidáza v pšeničném klíčku. Praha: Mlynářské noviny, roč. 18, č. 2, nakladatelství 5Pdr. L. Peškové, 2007, 17 s. ISSN 1214-6374
- [22] PALÍK, S., BUREŠOVÁ, I., EDLER, S., SEDLÁČKOVÁ, I., TICHÝ, F., VÁŇOVÁ, M. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. Kroměříž: Agrotest fyto, s. r. o., 2009, 68 s. ISBN 978-80-86888-07-1
- [23] KLEM, K.; KLEMOVÁ, Z. Vliv dávky, termínu a formy dusíkaté výživy ozimé pšenice na výskyt listových chorob a výnosový efekt fungicidní ochrany. Kroměříž: Obilnářské listy roč. 4, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s. r. o., 2008, 40 s., ISSN 1212-138X
- [24] HRUŠKOVÁ, M., BUREŠOVÁ, I., CAPOUCHOVÁ, I., FAMĚRA, O., HANIŠOVÁ, A., HORÁKOVÁ, V., HORČIČKA, J., HŘIVNA, L., NOVOTNÝ, F., PETR, J. a PRUGAR, J. Kvalita jako odrůdový znak in PRUGAR, J., BARANYK, P., BÁRTA, J., BJELKOVÁ, M., BRADOVÁ, J. et al. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s. Praha 2008, 327s. ISBN 978-80-86576-28-2

- [25] ZIMOLKA, J. Pšenice - pěstování, hodnocení a užití zrna. Praha: Profi Press, s.r.o., 2006, 200 s. ISBN 80-86726-18-5
- [26] PULKRÁBEK, J., CAPOUCHOVÁ, I., HAMOUZ, K. Speciální fyto technika. Praha: ČZU v Praze, 2003, 190 s., ISBN 80-213-1020-0
- [27] KROUTIL, P. Ozimá pšenice a sněti rodu *Tilletia*. [online] 2007. [cit. 3. 1. 2011] Dostupný z WWW: http://eagri.cz/public/web/file/58628/Sneti_rodu_Tilletia.pdf
- [28] ANONYM. Podzimní aplikace herbicidů je lepší než jarní ošetření. [online] 2003. [cit. 3. 1. 2011] Dostupný z WWW: http://asz.cz/cs/zpravy-z-tisku/roslinna_vyroba-puda/podzimni-aplikace-herbicidu-je-lepsi-nez-jarni-osetreni.html
- [29] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. Technologie potravin rostlinného původu. Zlín: UTB ve Zlíně, 2006, 178 s. ISBN 80-7318-372-2
- [30] ČSN 46 1100-2:2001 Obiloviny potravinářské – část2: Pšenice potravinářská
- [31] NOVOTNÝ, F., HUBÍK, K. Nové směry v hodnocení jakosti potravinářské pšenice. [online] 2006. [cit. 2. 10. 2010] Dostupný z WWW: <http://www.leadingfarmers.cz/?uri=http://www.izservis.cz/library/default.asp?context=Plodiny&virtual=>
- [32] SKOUPIL, J. Suroviny a polotovary pro cukrářskou výrobu. Praha: Společnost cukrářů ČR, 2005, 367 s. ISBN 802396061X
- [33] HRUŠKOVÁ, M., JIRSA, O., ŠVEC, I. Jakost komerční pšeničné mouky hladké světlé. Praha: Mlynářské noviny, roč. 17, č. 3/ 4, nakladatelství 5Pdr. L. Peškové, 2006, 16 s. ISSN 1214-6374
- [34] HRUŠKA, O., HÁLA, Z. Zemědělské stavby. Praha: SZN, 1961, 236 s.
- [35] ŠKALOUD, J., HUDÁK, J., KUMSTÝŘ, K. Rostlinná výroba 1. Praha: SZN, 1974, 355 s.
- [36] PAVLIŠ, M. Mlynářství I pro 1. a 2. ročník SOU. Praha: SNTL, 1983, 182 s.
- [37] FILIP, S., GROSS, S., SZEMES, V. Technologie a stroje pro 3. ročník odborných učilišť a učňovských škol. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1966, 382 s.
- [38] PLISKOVÁ, V., PAVLIŠ, M. Technologie pro 4. ročník SPŠ studijního oboru průmyslová výroba krmiv a mlynářství. Praha: SNTL, 1988, 290 s.

- [39] MOMČILOVÁ, P. Pečeme z celozrnného kynutého těsta. Praha: Medical Publishing, 2003, 61 s. ISBN 8085936453
- [40] RUPERT, M. Moderní technologie čištění obilí. Praha: Mlynářské noviny, roč. 17, č. 1/2, nakladatelství 5Pdr. L. Peškové, 2006, 15 s. ISSN 1214-6374
- [41] KOPÁČOVÁ, O. Třídění cereálií podle barvy. Praha: Mlynářské noviny, roč. 17, č. 11/12, nakladatelství 5Pdr. L. Peškové, 2006, 15 s. ISSN 1802-1921
- [42] FILIP, P. Debraning. Praha: Mlynářské noviny, roč. 17, č. 11/12, nakladatelství 5Pdr. L. Peškové, 2006, 15 s. ISSN 1802-1921
- [43] TREUILLE, E., FERRIGNOVÁ, U. Chléb připravený ručně nebo v domácí pekárně. Praha: IKAR, 2010, 168 s. ISBN 978-80-249-1499-2
- [44] Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 333/ 97 Sb., zákon o potravinách č 110/ 1997 Sb., v platném znění
- [45] MÜLLEROVÁ, M., SKOUPIL, J. Výroba chleba a jemného cukrářského pečiva. Technologie pro 3. ročník SPŠPT. Praha: SNTL, 1986, 185 s.
- [46] MÜLLEROVÁ, M., SKOUPIL, J. Zpracování mouky. Technologie pro 4. ročník SPŠPT. Praha: SNTL, 1988, 235 s.
- [47] MÜLLEROVÁ, M., SKOUPIL, J. Zpracování mouky II pro 2. Ročník SOU. Praha: SNTL, 1985, 162 s.
- [48] PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. Základy pekárenské technologie. Praha: Pekař a cukrář s.r.o., 2003. 363 s. ISBN: 80-902922-1-6.
- [49] BUREŠOVÁ, I. Hodnocení kvalitativních parametrů genetických donorů pšenice a vybraných amfiploidů a jejich využití pro pekárenské a lihovarské účely. [doktorská disertační práce]. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně – Agronomická fakulta, 2008. 158 s.
- [50] ŠKALOUDOVÁ, A. Statistika pro psychology. Korelační koeficient. [online] 2009. [cit. 10. 8. 2011] Dostupný z WWW: <http://userweb.pedf.cuni.cz/kpsp/skalouda/sylabus.htm>
- [51] HERMANOVÁ, J. Stanovení kyselosti a vybraných chemických parametrů v obilovinách. [bakalářská práce.] Zlín: UTB – fakulta technologická, 2010, 58 s.

- [52] STEHLÍKOVÁ, E. Rozdíl pekařských vlastností špaldové mouky konvenční a v bio kvalitě. [diplomová práce.] Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně – Agronomická fakulta, 2011. 75 s.
- [53] RAMIREZ-WONG, B.; WALKER, C. E.; OSUNA-LEDSMA, A. I.; TORRES, P. I. Effect of flour extraction rate on white and red winter wheat flour composition and tortilla texture. [online] 2007 [cit. 8. 5. 2011] Dostupný z WWW: <http://cerealchemistry.aacnet.org/doi/abs/10.1094/CCHEM-84-3-0207>
- [54] PARK, Y. H.; JUNG, L. H.; JEON, E. R. Quality characteristics of bread using sourdough. [online] 2006. [cit. 10. 5. 2011] Dostupný z WWW: J. Food. Sci. Nut. 33: 323-327.
- [55] POVOLNÁ, Š. Změna kvality běžného pečiva vlivem žitné mouky a kvasu [diplomová práce.] Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně – Agronomická fakulta, 2007. 80 s.
- [56] SKOUPIL, S. TVRZNÍK, K. Laboratorní příručka pro pekárny, cukrárny a pečivárny. Praha: SNTL, 1989, 344 s.
- [57] HRUŠKOVÁ, M. Hodnocení maloobchodních vzorků pšenice mouky hladké světlé, sklizeň 2003. Praha: Mlynářské noviny, roč. 15, č. 11/12, nakladatelství 5Pdr. L. Peškové, 2004, Svaz průmyslových mlýnů ČR, ISSN 1214-6374
- [58] HORVÁTHOVÁ, V.; KUBÍČKOVÁ, K.; MALOVCOVÁ, J. Hodnotenie pekárských vlastností pšeničné múky. [online] 2003 [cit. 8. 5. 2011] Dostupný z WWW: http://www.ucm.sk/FPV/dokumenty/nb/nb_iii-1_2003/03_Kubickova.pdf
- [59] HRUŠKOVÁ, M.; JIRSA, O.; ŠVEC, I. Jakost komerční pšeničné mouky hladké světlé. [online] 2006 [cit. 20. 4. 2011] Dostupný z WWW: http://svazmlynu.cz/fotografie/noviny2_06.pdf
- [60] HRUŠKOVÁ, M.; ŠVEC, I.; BIOLKOVÁ, M. Komplexní hodnocení vybraných mlýnských meziproductů a výrobků průmyslového mlýna. Kroměříž: Obilnářské listy roč. 18, č. 2, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s. r. o., 2010, 63 s. ISSN 1212-138X
- [61] BETÁŠOVÁ, L. Vliv extenzografických hodnot na kvalitu pečiva. [diplomová práce.] Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně – Agronomická fakulta, 2006. 75 s.

- [62] SLUKOVÁ, M. Kvalitativní ukazatele pšenice a pšeničných mouk. [online] 2007 [cit. 8. 5. 2011] Dostupný z WWW: http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf
- [63] MUCHOVÁ, Z. Faktory ovlivňující technologickou kvalitu pšenice a jej potravinářské využití. Nitra: SPU, 2001, 122 s. ISBN 80711379239

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HTS	Hmotnost tisíce semen
NIR	Near Infrared Radiation (Blízká infračervená spektroskopie)
DON	Deoxynivalenol
$C_6H_{12}O_6$	Glukosa
C_2H_5OH	Ethanol
CO_2	Oxid uhličitý
W	Deformační energie
MZe	Ministerstvo zemědělství
ppm	Parts per milion (dílů či částic na 1 milión)
ICC	International association for cereal science and technology

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Určení tvaru pečiva.....	54
Obr. 2. Objem pečiva jednotlivých vzorků mouk.....	58
Obr. 3. Tvar pečiva jednotlivých vzorků mouk	59
Obr. 4. Měrný objem pečiva jednotlivých vzorků mouk.....	59
Obr. 5. Objemová výtěžnost pečiva jednotlivých vzorků mouk.....	60
Obr. 6. Hmotnosti těsta jednotlivých vzorků mouk	61
Obr. 7. Hmotnosti pečiva jednotlivých vzorků mouk.....	62
Obr. 8. Výtěžnost těsta jednotlivých vzorků mouk	62
Obr. 9. Výtěžnost pečiva jednotlivých vzorků mouk	63
Obr. 10. Ztráty pečením u jednotlivých vzorků mouk.....	64

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Obsah látek v pšeničném zrně	13
Tab. 2. Parametry suroviny pro pekárenské využití dle požadavků ČSN	18
Tab. 3. Kritéria hodnocení odrůd potravinářské pšenice	19
Tab. 4. Závislost chemického složení pšeničných mouk na vymletí (v %).....	29
Tab. 5. Členění a označování mouk podle granulace a obsahu popela	40
Tab. 6. Druhy běžného pečiva	41
Tab. 7. Optimální doba dokynutí běžného pečiva	45
Tab. 8. Závislost druhu pečiva a jeho hmotnosti na době pečení a počáteční teplotě	47
Tab. 9. Přehled kvalitativních parametrů vzorků mouk.....	52
Tab. 10. Jednotlivé složky pekařského pokusu.....	53
Tab. 11. Popisné statistiky	65
Tab. 12. Test normality	65
Tab. 13. Pearsonův korelační koeficient.....	66
Tab. 14. Spearmanův korelační koeficient	66

SEZNAM PŘÍLOH

A: Fotografie bochníků vcelku a jejich řezu

PŘÍLOHA A



Obr.A 1. Pečivo z pšeničné mouky hladké světlé speciál 00 extra – vzorek č. 1



Obr. A 2. Pečivo z pšeničné mouky chlebové tmavé T 1050 – vzorek č. 2



Obr. A 3. Pečivo z pšeničné mouky chlebové tmavé T 1000 – vzorek č. 3



Obr. A 4. Pečivo z pšeničné mouky hladké speciál T 530 – vzorek č. 4



Obr. A 5. Pečivo z pšeničné mouky hladké speciál T 530 – vzorek č. 5



Obr. A 6. Pečivo z pšeničné mouky chlebové tmavé T 1000 – vzorek č. 6



Obr. A 7. Pečivo pšeničné mouky hladké speciál 00 extra – vzorek č. 7



Obr. A 8. Pečivo z pšeničné mouky hladké speciál T 530 – vzorek č. 8



Obr. A 9. Pečivo z pšeničné mouky chlebové T 1000 – vzorek č. 9



Obr. A 10. Pečivo z pšeničné mouky hladké speciál T 530 – vzorek č. 10



Obr. A 11. Pečivo z pšeničné mouky grahamové – vzorek č. 11