Stanovení obsahu lepku v moukách

Květa Košinová

Bakalářská práce
2009

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav potravinářského inženýrství
akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Květa KOŠINOVÁ, DiS.**
Studijní program:	**B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor:	**Chemie a technologie potravin**
Téma práce:	**Stanovení lepku v moukách.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

- **Zpracovat stručně teorii obilovin a jejich chemické složení, výrobu mouky včetně fyziologických aspektů bílkovin.**
- **Podrobněji se zaměřit na lepek.**

II. Praktická část

- **Ve vybraných vzorcích mouk stanovit obsah lepku, popela, vlhkost, sušinu a titrační kyselost.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] PŘÍHODA, J. – SKŘIVAN, P. – HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie I, Praha 2003.
[2] HRABĚ, J. – BUŇKA, F. – HOZA, I. Technologie výroby potravin rostlinného původu, Zlín 2007.
[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Gluten.
[4] DUDÁŠ a kol. Skladování a zpracování rostlinných výrobků, SZN, Praha 1981.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniela Kramářová, Ph.D.**
Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **18. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2009**

Ve Zlíně dne 31. května 2009

L.S.

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan

prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá obilovinami a to hlavně popisem jejich morfologické stavby a chemickým složením obilného zrna. Důraz je kladen na bílkovinu obilovin – lepek a na popis mlynářské technologie. Praktická část je zaměřena na stanovení vlhkosti, titrační kyselosti, obsahu mokrého lepku a popela ve vybraných moukách.

Klíčová slova: obiloviny, morfologická stavba zrna, lepek, celiakie, *diabetes*, mouka, jakost mouky

ABSTRACT

This bacelor thesis deals with cereals especially description their morphology structure and chemist cereal grain. This work is specialized on gluten and description mill technology. Practise part determination of moisture, titrating acidity, wet gluten and ash in choice flour.

Keywords: cereals, chemist of grain, gluten, celiac disease, *diabetes*, flour, quality of fluor

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Daniele Kramářové, Ph.D. za odborné rady, připomínky a za její čas věnovaný konzultacím.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské 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 **8**
I TEORETICKÁ ČÁST **9**
1 OBILOVINY **10**
1.1 VÝZNAM A VYUŽITÍ OBILOVIN 10
1.2 DRUHY OBILOVIN 10
1.3 MORFOLOGICKÁ STAVBA ZRNA 13
1.4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILNÉHO ZRNA 15
2 LEPEK **17**
2.1 BÍLKOVINY OBILOVIN 17
2.2 STRUKTURA LEPKU 19
2.3 CELIAKIE A DIABETES 21
3 TECHNOLOGIE MLYNÁŘSTVÍ **23**
3.1 TECHNOLOGIE SKLADOVÁNÍ OBILÍ 23
3.1.1 Skladovatelnost 23
3.1.2 Sušení obilí 24
3.3 PŘÍPRAVA K MLETÍ 24
3.3.1 Vytřídění příměsí a nečistot 24
3.3.2 Opracování zrna suchým způsobem 25
3.3.3 Hydrotermická úprava obilí 25
3.4 TECHNOLOGIE MLETÍ 26
3.4.1 Mletí pšenice 28
3.4.2 Mletí žita 28
3.5 PŘÍPRAVA, SKLADOVÁNÍ A VLASTNOSTI MOUK 28
3.6 MLYNÁŘSKÁ A PEKAŘSKÁ JAKOST 29
3.7 OBCHODNÍ DRUHY MOUK 30
3.7.1 Členění a označení mouk 30
3.7.2 Smyslové požadavky na mouku 31
II PRAKTICKÁ ČÁST **32**
4 METODIKA **33**
4.1 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY 33
4.2 MATERIÁL 33
4.2.1 Vzorky mouk 33
4.2.2 Použité roztoky a chemikálie 34
4.3 ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH MOUK 34
4.3.1 Stanovení vlhkosti 34
4.3.2 Stanovení titrační kyselosti 35
4.3.3 Stanovení obsahu mokrého lepku 36

4.3.4 Stanovení popela 37
5 VÝSLEDKY A DISKUZE 39
5.1 VÝSLEDKY VLHKOSTI 39
5.2 VÝSLEDKY TITRAČNÍ KYSELOSTI 40
5.3 VÝSLEDKY OBSAHU MOKRÉHO LEPKU 42
5.4 VÝSLEDKY POPELA 44
ZÁVĚR 46
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 47
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 49
SEZNAM OBRÁZKŮ 50
SEZNAM TABULEK 51

ÚVOD

Předpokládá se, že naši předkové kultivovali a konzumovali celá obilná zrna již před mnoha tisíci lety. Obiloviny jsou tedy tradiční potravinou. Staří Číňané se živili prosem, pohankou a rýží, Aztékové a Májové kukuřicí, Egypťané pěstovali jednu z nejkvalitnějších pšenic, Evropané měli všechny hlavní obiloviny – pšenici, ječmen, žito a oves, Britové oves a pšenici, Hindové rýži a pšenici a mnoho afrických kmenů jáhly. Japonské slovo pro mír a harmonii je shodné s výrazem pro obilí.

Pšenice je jak celosvětově, tak i v ČR nejvýznamnější obilovinou. Pro běžné pekařské účely se převážně používá pšenice obecná. Z hlediska potravinářského jsou nejdůležitější požadavky na kvalitu obilného zrna, tedy na jeho chemické složení, strukturní uspořádání hlavních chemických složek a na jejich změny v důsledku reakcí probíhajících uvnitř zrna při jeho zrání, vymílání mouky, skladování obilí a mouky. Při mlynářském zpracování je sledována tvrdost pšenice, která souvisí s obsahem a kvalitou pšeničné bílkoviny. Mezi tvrdostí zrna a pekařskou kvalitou existuje určitá souvislost a je uznáváno, že tvrdší pšenice jsou pekařsky kvalitnější.

Pekařskou jakostí pšeničného zrna, či jeho mouky se rozumí schopnost poskytnout pečivo s požadovanou jakostí. Jakostní pečivo se má vyznačovat zejména maximálním objemem, kyprou, pružnou a jemně pórovitou střídkou, vybavenou dostatečně tlustou kůrkou a příjemnou chutí a vůní.

Ve své práci se zabývám hlavními ukazateli pekařské kvality různých druhů mouk. Mezi hlavní ukazatele pekařské kvality patří množství a kvalita lepku. Lepek je příčinnou jedinečných vlastností pšeničného těsta, jeho tažnosti a pružnosti. Mouky se silným lepkem se používají na výrobu běžného pečiva a mouky se slabým lepkem jsou vhodné k přípravě trvanlivého pečiva. Mezi další jakostní ukazatele patří obsah popela (ten mouku zařazuje do příslušného druhu a typu), vlhkost a kyselost mouky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBILOVINY

Obiloviny (cereálie) patří botanicky mezi traviny (*Gramineae)*. Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae)*. Společný botanický původ obilovin čeledi lipnicovité předurčuje jejich značnou vzájemnou podobnost jak ve struktuře a tvorbě zrna, tak v jeho chemickém složení, tj. např. v uspořádání obalových vrstev zrna, v zastoupení jednotlivých aminokyselin v obilné bílkovině, nebo mastných kyselin v tukových složkách [1].

1.1 Význam a využití obilovin

Obiloviny jsou strategickou a historicky nejvýznamnější plodinou. Člověk nejprve sbíral semena z planě rostoucích rostlin a jimi doplňoval především masitou stravu. První zmínka o pěstování obilovin pochází již z období neolitu (10. tisíciletí př. n. l.).

Obiloviny výrazně ovlivňují výživovou bilanci světové populace ve všech světadílech. Uplatňují se jednak v lidské výživě (především pšenice a rýže), jsou hlavní surovinou pro výrobu potravin, ale slouží i pro výživu hospodářských zvířat a malé množství se zpracovává technicky (škrob a líh).

Pšenice je celosvětově nejvýznamnější obilovinou zajišťující výživu lidské populace a je nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití. Její roční produkce se pohybuje kolem 580 mil. tun. K největším producentům se řadí EU (Evropská Unie), Čína, Indie, Rusko a USA. Hlavními vývozci jsou USA, země EU, Austrálie, Kanada a Argentina.

V České republice jsou obiloviny nejdůležitější zemědělskou plodinou. Jako potravina kryjí asi 33 % energetické hodnoty, zajišťují 30 % konzumovaných bílkovin, 56 % sacharidů a 10 % lipidů. Ročně se vyrobí 6,8–7,1 mil tun obilovin, z toho 2,1 mil tun se zpracovává na potraviny [2].

1.2 Druhy obilovin

Pšenice (*Tritium*) tvoří asi 8 druhů, z nichž jsou produkčně využívané zejména:

- Pšenice obecná (*Triticum aestivum*) je široce rozšířená, používaná převážně v pekárenském průmyslu,

- Pšenice tvrdá (*Tritium durum*) se používá převážně k výrobě těstovin,

- Pšenice špalda (*Tritium spelta*) je využívaná v alternativním zemědělství pro výrobu speciálních výrobků.

Z hlediska zpracovatelů se pšenice dělí na měkkou a tvrdou odrůdu:

- Pšenice tvrdá se pěstuje v teplejších oblastech, její výnosy jsou nižší. Hrubá mouka semletá z tvrdých pšenic se nazývá semolina a používá se na výrobu těstovin.

- Pšenice měkká má měkčí endosperm a menší obsah bílkovin (10 - 14 %). Lepek měkkých pšenic je tmavší barvy, má menší tažnost, pružnost a pevnost než lepek z pšenic tvrdých.

Z hlediska anatomie klasu se posuzuje pšenice podle těchto ukazatelů:

- Barva - pšenice červené, žlutobílé a bílé,

- Ostnatost - pšenice s klasem bezosinatým a osinatým,

- Hustota klasových článků, která se vyjadřuje počtem klasových článků na 100 mm délky klasu,

- Průřez klasu - čtvercový, obdélníkový,

- Tvar klasu - jehlancovitý, hranolovitý, kyjovitý, vřetenovitý nebo vejčitý [4, 7].

V posledních 10 letech je každoročně spotřeba pšenice větší než sklizeň. Zásoby jsou nejnižší za posledních 30 let. Důvodem nedostatečných zásob je obrovská populační exploze (počet lidí roste ročně o 81 milionů). Spotřeba pšenice se v roce 2008/2009 odhaduje na 630 milion tun. Kolem 20 % jde na výrobu krmiv a bioetanolu. Mnohé země zvyšují dovoz. Největšími exportéry jsou USA, Kanada a Austrálie. Avšak začíná se projevovat nechuť některých států k exportu. Rusko uvalilo dočasně (od 1. července 2008) daň na export pšenice a Ukrajina v roce 2007 zcela zastavila dodávky pšenice do jiných zemí na několik měsíců. Z dlouhodobého hlediska lze situaci řešit jen zvětšením pěstitelských ploch a dále vývojem odrůd rezistentních vůči podnebí [28].

Žito je méně náročné na půdní a klimatické podmínky než pšenice. Odrůdy žita lze rozdělit dle několika kritérií, např. podle doby setí, účelu produkce, tvaru a délky klasu a tvrdosti zrna [4, 7]. Jako samostatná plodina vzniklo přirozeným výběrem, kdy se jako samostatná plodina hojně vyskytovalo v porostech pšenice. Při rozšiřování pšenice na sever, do méně příznivých podmínek žito převládlo, až se pěstovalo v téměř čisté kultuře. V České republice se žito do roku 1950 pěstovalo na větší ploše než pšenice a poskytovalo i větší výnos.

Nyní jeho plocha představuje 1/10 osevní plochy z let 1934 – 38, kdy bylo na ploše 765 tis. ha (pšenice 509 tis. ha) a dnes je na ploše jen 76 tis. ha. Příčiny poklesu souvisí se stále stoupající oblibou pečiva a chleba s větším podílem pšeničné mouky. Technologie pečení žitného chleba je pak ve velkopekárnách náročnější než příprava pšeničného chleba. Také mletí žita je ekonomicky méně výhodné než mletí pšenice. U žita je stále větší sklon k podléhání porostu [23].

Ječmen vzhledem ke své velké přizpůsobivosti je geograficky nejrozšířenější obilovinou. Sladovnický ječmen má vysoký obsah škrobu a méně bílkovin. Pro zpracování v mlýnském průmyslu jsou nejvhodnější ječmeny tvrdé, sklovité s vysokým obsahem bílkovin [4, 7].

Americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA, Food and Drug Administration) schválil finální podobu zdravotního tvrzení pro ječmen jako prostředek pro snižování rizika koronárních srdečních onemocnění. Aby se výrobek kvalifikoval pro schválené zdravotní tvrzení, musí celá ječná zrna a ječné mlýnské výrobky obsahovat v jedné porci minimálně 0,75 g rozpustné vlákniny. Vědecky bylo prokázáno, že přídavek ječmene do stravy může napomáhat snižování rizika srdečního onemocnění. FDA chce tímto krokem zlepšit možnosti výběru potravin pro sestavování zdravé a nutričně hodnotné stravy [24].

Oves převážná část vyprodukovaného ovsa se v ČR zkrmuje a jen asi 10 % se zpracovává pro potravinářské účely, např. na výrobu ovesných vloček, mouky a šrotu [4, 7]. Pěstování ovsa v EU v roce 2008 opět mírně stouplo, přibližně o 70 000 hektarů na celkových 2,94 milionů hektarů. Od roku 2005 tak pěstitelský areál ve 27 zemích ročně rostl o 6 %. Zeměmi s největšími pěstitelskými plochami ovsa jsou Polsko, Španělsko, Finsko, Švédsko a Rumunsko [27].

Triticale je kříženec pšenice a žita (***Triti****cum* je pšenice a *Se****cale*** žito). Význam hybridizace spočívá v získání odrůdy, jež by v sobě spojovala výhodné vlastnosti pšenice (krátkostébelnatost, vysoké výnosy a dobrá jakost zrna) a žita (přizpůsobivost, mohutný kořenový systém a mrazuvzdornost). Zrno odrůdy Triticale má protáhlejší tvar a poměrně velké množství obalů, které ztěžují vymílání, a proto se používá převážně ke krmných účelům [4, 7].

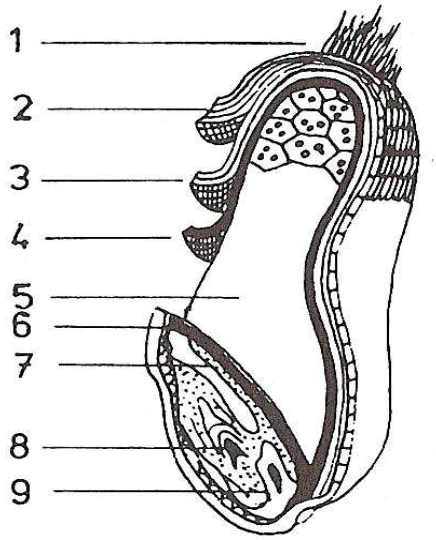
Pohanka se vzhledem ke své vynikající nutriční hodnotě stává v řadě zemí světa stále populárnější potravinou. Podle způsobu využití se řadí k obilovinám, botanicky je to ale rostlina dvouděložná a patří do čeledi rdesnovitých *(Polygonaceae)*. Domovem

je v Mandžusku a na Sibiři. Pohanka se snadno a rychle tepelně upravuje a má vysokou nutriční hodnotu. Její semena mají trojúhelníkovitý tvar a relativně tmavou barvu. Jsou velmi křehká, měkká, drobivá a křupavá. Pohanka se pěstuje na jaře a v létě, velmi rychle roste a to i na suchých pozemcích. Semena se bezproblémově skladují, protože mají nízký obsah vlhkosti. Pohanka neobsahuje lepek a je proto vhodnou alternativou pro osoby, které jsou alergické na výrobky obsahující pšeničnou mouku. Nadto pohanka obsahuje rutin, který vykazuje antioxidační účinky a rovněž napomáhá trávení potravy v žaludku. Řadou studií byly prokázány příznivé zdravotní účinky rutinu, jako je zlepšení průtoku krve, ochrana proti srdečním onemocněním a udržování správné hladiny cukru v krvi a s tím související snižování rizika diabetu. Pohanka obsahuje vysoké procento esenciálních aminokyselin lyzinu a tryptofanu a relativně značné množství proteinu, srovnatelné s masem či sojovými boby [22].

1.3 Morfologická stavba zrna

Každá obilka se skládá z endospermu, klíčku a obalových vrstev. Hmotnostní podíl jednotlivých částí zrna je rozdílný u jednotlivých obilovin a je proměnlivý vlivem vnitřních a zejména vnějších faktorů, jako je odrůda, půdní a klimatické podmínky, hnojení, agrotechnika aj.

Endosperm představuje 84 – 86 % hmotnosti zrna. Je tvořen velkými hranolovitými buňkami a obsahuje především škrob a bílkoviny. Od obalových vrstev je oddělen aleuronovou vrstvou, která obsahuje bílkoviny, minerální látky, tuky a vitamíny. Endosperm zajišťuje výživu zárodku a při zpracování tvoří podstatnou složku finálního výrobku (mouky, škroby) a při výživě a krmení je hlavním zdrojem energie a bílkovin [3]. Pro pekárenskou technologii je nejvýznamnější bílkovinou lepek, který tvoří 10 % obsahu endospermu [15].



Obr. 1 Anatomické složení obilky [14].

pozn: 1 – vousek, 2 – oplodí, 3 – osemení, 4 – aleuronová vrstva, 5 – endosperm, 6 – vrstva palisádových buněk , 7 – štítek, 8 – zárodek listů, 9 – zárodek kořínku

Klíček tvoří nejmenší část obilky, např. u obilky pšenice je to pouze 3 % hmotnosti. Klíček je oddělen od endospermu štítkem, který obsahuje až 33 % bílkovin. Obsahuje mnoho živin, protože slouží jako zárodek nové rostliny (rostlinných pletiv a obilky), které musí být pohotově v době příznivých podmínek pro vyklíčení k dispozici. Mimo jednoduchých cukrů obsahuje klíček bílkoviny, aminokyseliny, vitamíny rozpustné ve vodě (hlavně vitamín B_1) a značné množství vitamínu E [14]. V klíčku je obsažen rovněž tuk. Proto jsou klíčky před mletím z obilky odstraňovány tak, aby v získané mouce nebyl tuk hydrolyzován a nevznikla žluklá chuť.

Obaly tvoří 8 – 14 % hmotnosti zrna. Jsou tvořeny několika vrstvami buněk, které chrání endosperm a klíček před vysycháním a mechanickým poškozením. Obalové vrstvy se skládaní z oplodí a osemení. Oplodí (*perikarp*) tvoří pokožka (*epidermis*), buňky podélné (*epikarp*), buňky příčné (*mesokarp*) a buňky hadicové (*endokarp*). Osemení (*perisperm*) je tvořeno vrstvou barevnou a hyalinní (skelnou) [3].

1.4 Chemické složení obilného zrna

Voda je důležitou složkou obilného zrna, protože se podílí na všech biologických procesech probíhajících během růstu, dozrávání, skladování a zpracování. Podle obsahu vody se dělí obilí na mokré (nad 17 %), vlhké (nad 15,5 %), středně suché (nad 14 %) a suché (do 14 %).

Voda je v zrnu přítomná ve formě volné a vázané na hydrofilní koloidy. Volná voda slouží jako rozpouštědlo látek obsažených v zrnu, mrzne při 0 °C a snadno se vypařuje. Vázaná voda (hydratační a sorpční) nemrzne ani při nižších teplotách, nemá schopnost migrovat a rozpouštět krystalické látky a uvolňuje se ze zrna tepelnými zásahy. Bez volné vody je zrno v klidu a teprve za její přítomnosti se probouzí k aktivnímu životu.

Vlhkost zrna je významná také při zpracování obilí, kdy se mění poměr mezi volnou a vázanou vodou. Se zvyšováním vlhkosti na optimální hodnotu se stává zrno měkčí a rozemílá se snadněji při menší spotřebě mechanické síly.

Sacharidy tvoří hlavní podíl jednotlivých složek obsažených v obilovinách [3]. V nepatrném množství se v obilném zrnu vyskytují monosacharidy, jedná se hlavně o pentózy a hexózy. Tyto cukry jsou však většinou vázány v oligosacharidech. Z disacharidů je nejdůležitější sacharóza, která je obsažena především v klíčku, dále maltóza. Z technologického hlediska jsou nejvýznamnější polysacharidy, které mají zásobní a stavební funkci.

- Zásobní polysacharid škrob je nejdůležitější složkou obilného zrna. Je obsažen v endospermu a jeho obsah se v pšenici pohybuje od 58 - 76 % v sušině zrna [2]. V obilovinách se nachází ve formě škrobových zrn [18]. Je složen ze dvou frakcí - amylózy a amylopektinu. Obě frakce jsou tvořeny jednotkami glukózy (v případě amylózy jsou tvořeny α-1,4 - glykosidickou vazbou, v molekulách amylopektinu se vyskytují i vazby (α-1,6). Amylóza je rozpustná ve vodě a amylopektin pouze bobtná. Poměr u obilovin činí cca 25 % amylózy a 75 % amylopektinu.

- Mezi neškrobové polysacharidy patří celulóza, která se přidává do těsta v rozemleté formě, snižuje vaznost vody, pevnost a pružnost těsta. Dalšími stavebními polysacharidy obsaženými v obilném zrnu jsou hemicelulóza a pentózany.

Bílkoviny obilovin jsou podrobně popsány v části zabývající se složením lepku (kapitola 2).

Lipidy jsou obsaženy v obilce v malém množství (1,5 - 2,5 %). Jsou to hlavně fosfolipidy, lipofilní barviva (karotenoidy).

Minerální látky se ve větším množství vyskytují u pluchatých obilek (oves, ječmen). Největší množství se nachází v klíčku a obalových vrstvách, především aleuronové. Popel je tvořen převážně oxidem fosforečným a hořčíkem, draslíkem, vápníkem a železem. Nestejné rozdělení minerálních látek v zrně se stalo základem pro hodnocení jakosti mouky.

Vitamíny jsou zastoupeny v klíčku a obalových vrstvách, zejména v aleuronové vrstvě. Významné jsou hlavně vitamíny skupiny B a vitamín E, který je obsažen ve vysoké koncentraci v klíčku a je z něj izolován při výrobě vitamínových preparátů. V menším množství je v obilce kyselina nikotinová (vit. B_3) a pantotenová (vit. B_5) [2].

Tab. 1 Látkového složení jednotlivých částí zrna v % sušiny [6].

Složka	**Popel**	**Bílkoviny**	**Tuky**	**Vláknina**	**Pentózany**	**Škrob**
Oplodí a osemení	3,4	6,9	0,8	50,9	46,6	-
Aleuronová vrstva	10,9	31,7	9,1	11,9	28,3	-
Klíček	5,8	34,0	27,6	2,4	-	-
Endosperm	0,6	12,6	1,6	0,6	3,3	80,4

2 LEPEK

2.1 Bílkoviny obilovin

V popředí zájmu zpracovatelů zrna je především endosperm, který obsahuje velké množství škrobu a bílkovin [1]. Bílkoviny obsažené v obilném zrnu nejsou plnohodnotné, neboť limitující aminokyselinou bývá lyzin [21].

Bílkoviny mohou být rozděleny dle biologické funkce na metabolicky aktivní, tzn. cytoplazmatické s funkcemi v buňce (např. enzymy, složky ribozómů apod.) a zásobní.

Z chemického hlediska se rozlišují jednoduché a složené bílkoviny (lipoproteiny, glykoproteiny, nukleoproteiny aj.).

V roce 1907 publikoval Osborne frakcionaci pšeničných proteinů na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Bílkoviny byly rozděleny na:

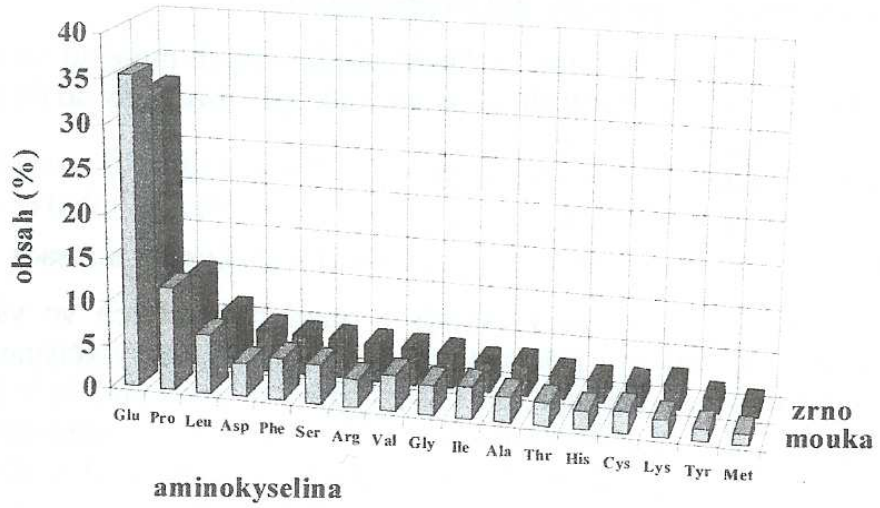
- Albuminy (rozpustné ve vodě),

- Globuliny (rozpustné v roztocích solí),

- Prolaminy (rozpustné v 70 % etanolu),

- Gluteliny (rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad) [1].

Bílkoviny jsou polymery aminokyselin, které vznikly procesem proteosyntézy. Obsahují v molekule běžně více než 100 aminokyselin vzájemně vázaných peptidovou vazbou do lineárních řetězců [20]. Z aminokyselin, které se v přírodě vyskytují, tvoří pouze 20 z nich molekuly bílkovin. V některých případech nejsou v řetězci bílkoviny zastoupeny jen přímo samotné aminokyseliny, ale jejich aminy, které mají místo skupiny -COOH skupinu
-$CONH_2$. V obilné bílkovině jsou to aminy odvozené do dikarboxylových kyselin glutamin a asparagin. Zastoupení jednotlivých aminokyselin v pšeničné bílkovině je uvedeno na Obr. 2 [1].



Obr. 2 Obsah aminokyselin v pšeničné bílkovině [1].

Struktura bílkovin je popisována na několika úrovních.

- Primární struktura je dána pořadím jednotlivých aminokyselin v řetězci [1].

- Sekundární struktura daného segmentu polypeptidového řetězce je prostorové uspořádání atomů v hlavním polypeptidovém řetězci. Konfirmace je dána sledem jednotlivých aminokyselin z primární struktury, která určuje pozdější uspořádání celé výsledné molekuly [19].

- Terciární struktura popisuje celkové uspořádání bílkovinné molekuly.

- Kvartérní struktura postihuje uspořádání supermolekul (molekuly biopolymerů sdružující se do vyšších funkčních celků).

Každá molekula má svou strukturu, která ovlivňuje funkci proteinu. Tento stav je označován jako nativní. Pokud však dojde k porušení struktury, dochází zpravidla ke ztrátě biologické funkce a tento stav se označuje jako denaturace. Podle míry porušení nativní struktury je denaturace vratná či nevratná, může být vyvolána fyzikálně, či přídavkem denaturačních činidel [1].

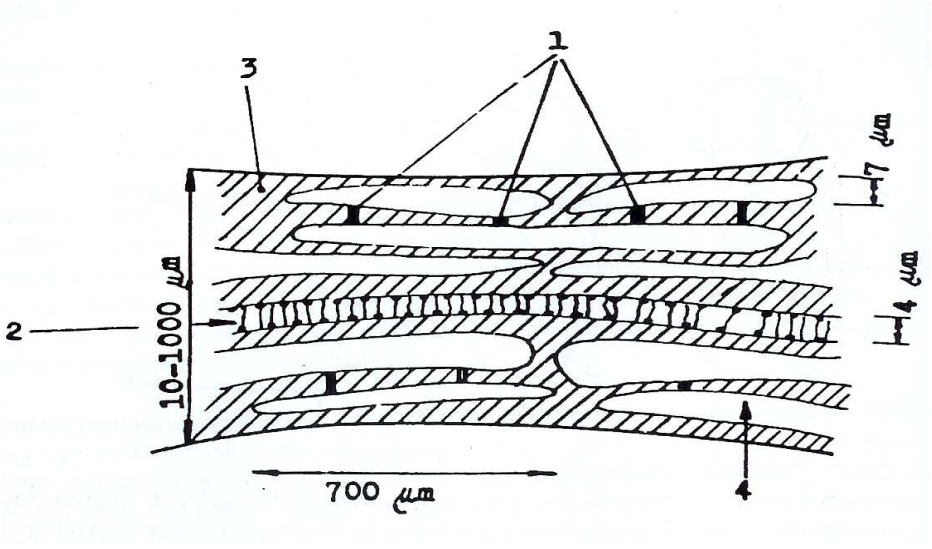
2.2 Struktura lepku

Největší význam v pekárenském průmyslu mají pšeničné bílkoviny, které se liší od ostatních rostlinných bílkovin svou schopností tvořit pružný gel - lepek. Ten má rozhodující úlohu při tvorbě těsta a určuje jeho pekařské vlastnosti. Množství a vlastnosti lepku jsou hlavními kritérii pekařské jakosti pšenic [11]. Z těsta jej lze izolovat vypíráním vody, kdy se vypírají látky, které jsou rozpustné ve vodě a zůstane mokrý lepek. Obsah mokrého lepku by se měl pohybovat kolem 30 % v sušině, ale záleží na druhu mouky.

Podle obsahu lepku se rozlišuje slabá a silná mouka:

- Silná mouka má vyšší obsah lepku, lepek je spíše tužší a málo tažný. Vyznačuje se také nízkým obsahem enzymů. Jsou vhodné pro výrobu chleba.

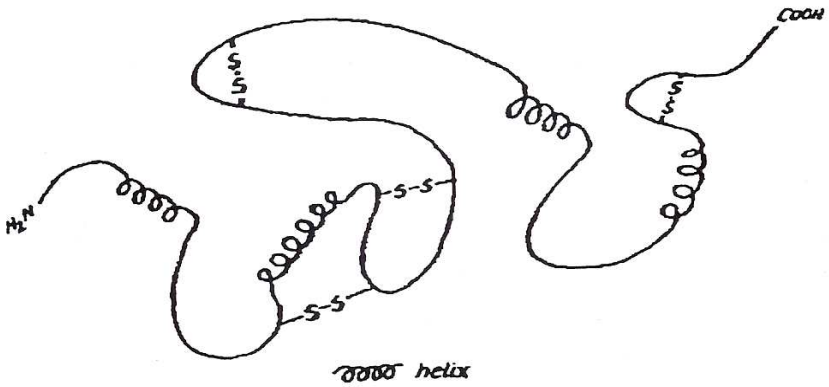
- Slabá mouka má nižší obsah lepku a opačné vlastnosti oproti silné mouce. U těchto mouk se doporučuje snížit dobu kynutí a přídavku enzymů. Tyto mouky jsou vhodné pro výrobu sušenek a cukrářského pečiva [18].



Obr. 3 Struktura hydratovaného lepkového vlákna [2].

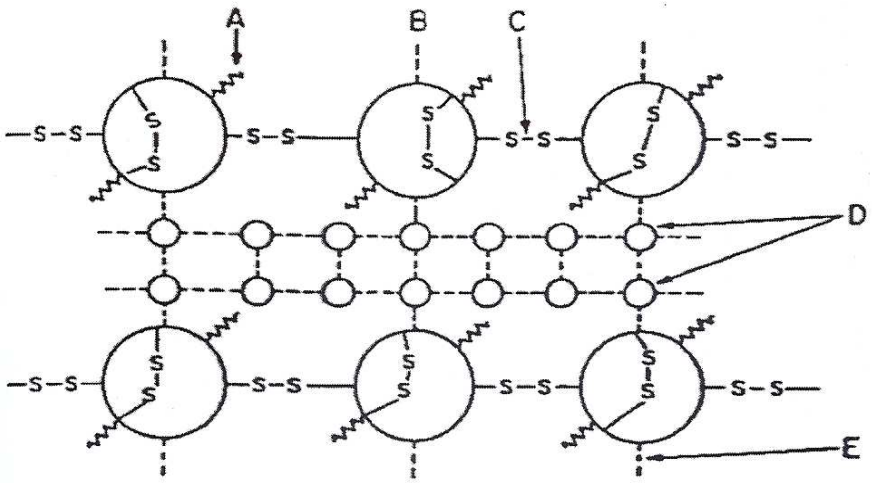
Lepek tvoří bílkoviny nerozpustné ve vodě, gliadin a glutenin [6, 11].

Gliadin (prolamin) pšenice je tvořen jedním polypeptidovým řetězcem, v němž se střídají krátké spirálové úseky (α-helix) s hydrofobními zbytky, které jsou obrácené dovnitř spirály, a úseky s vysokým obsahem kyseliny glutamové a prolinu. Helixy jsou udržovány vodíkovými vazbami, ohyby řetězce jsou drženy pevnými disulfidickými vazbami.



Obr. 4 Schéma struktury gliadinu [2].

Glutenin (glutelin) pšenice je tvořen směsí bílkovinných podjednotek, kde se uplatňují vodíkové a disulfidické vazby (intrařetězcové, stejné jako u gliadinu a interřetězcové, které udržují pevnou a pružnou strukturu) [1].



Obr. 5 Schéma struktury gluteninu [2].

Pracovníci Cereal Products and Food Science Research Unit při americkém ministerstvu se domnívají, že kombinace lepku a sojového bílkovinného izolátu se může velmi dobře

uplatnit jako náhrada sacharidů v sušenkách, určených pro nízkosacharidové diety. Použitím této směsi se výrazně zvýší hodnota sušenek při současném snížení obsahu sacharidů. Použití moučných směsí není žádnou novinkou, ovšem výsledkem předchozích experimentů byly sušenky buď tvrdé, nebo naopak drobivé. Souhrnně bylo konstatováno, že sušenky s nízkým obsahem sacharidů se mohou vyrábět částečnou náhradou mouky směsí lepku a sojového bílkovinného izolátu bez jakéhokoliv ovlivnění textury a při zachování původní kvality [25].

2.3 Celiakie a diabetes

Celiakie je chronické onemocnění sliznice tenkého střeva z důvodů přecitlivělosti na lepek. Pokud postižený konzumuje potraviny obsahující lepek, vzniká u něj zánět sliznice tenkého střeva a dochází k ničení epitelových buněk střeva. To zabraňuje vstřebávání živin a jejich nahromadění v tenkém střevě. Příznaky jsou ztráta hmotnosti, průjem, nechutenství, únava, rozmrzelost aj. Děti, které trpí celiakií, mají také nedostatek některých enzymů, např. *laktázy*. Při zavedení bezlepkové diety se musí zcela omezit přísun laktózy. Lidé trpící celiakií mají 50 – 100 krát vyšší riziko vzniku maligního lymfomu oproti zdravé populaci [10].

Jiné názvy pro celiakii jsou: glutenová enteropatie, intolerance lepku, glutenová intolerance [12].

Jako autoimunitní onemocnění je celiakie sdružená s jinými nemocemi, při nichž se imunitní systém brání látkám tělu vlastním. Nejčastější doprovodná nemoc je *Diabetes mellitus* I. typu.

Diabetes mellitus I. typu je chronické onemocnění, které se projevuje poruchou metabolismu sacharidů. Vzniká v důsledku selektivní destrukce B buněk vlastním imunitním systémem, což vede k absolutnímu nedostatku inzulínu a doživotní aplikaci exogenního inzulínu.

U *Diabetes mellitus* I. typu probíhá ničení B buněk latentně po mnoho měsíců až roků do chvíle, kdy je zničeno až 80 % všech B buněk a slinivka není schopna zabezpečit spotřebu inzulínu v těle.

Asi 5 - 10 % celiaků trpí cukrovkou a naopak zhruba stejný podíl diabetiků celiakií. Stejně tak zánětlivé onemocnění se vyskytuje zároveň s celiakií.

V současné době jediná jistá možnost, jak nemoc léčit, je dodržovat doživotní bezlepkovou dietu. Jako alternativa k obilovinám obsahujícím lepek je dovoleno používat proso, kukuřici, rýži, pohanku, sojové boby, laskavec aj. [13].

Dosud jsou pravidla pro bezlepkové potraviny řešena předpisy vydanými na základě vyhlášky 54/2004 Sb. Podle této vyhlášky lze potraviny označit jako „přirozeně bezlepkové“, jsou-li vyrobeny z bezlepkových obilovin a obsah lepku je max. 20 $mg.kg^{-1}$. Jako „bezlepkové“ lze označit i potraviny s obsahem ostatních obilovin, pokud je obsah lepku max. 100 $mg.kg^{-1}$. Různé osoby s nesnášenlivostí lepku mohou snášet různě malá množství lepku ve vymezeném rozsahu. Proto je důležité správné označení a informační kampaň. Podle nového nařízení z července 2008, obsahuje-li potravina určena pro osoby s nesnášenlivostí lepku max. 100 $mg.kg^{-1}$ lepku, je na ní označení „nízký obsah lepku“. Výraz „bez lepku“ lze uvést pouze u potravin, u nichž činí obsah lepku max. 20 $mg.kg^{-1}$ [26].

Diabetická dieta je v podstatě totožná s pravidly racionální výživy. Sacharidy by měly být přijímány převážně ve formě škrobu a vlákniny, lipidy nejlépe ve formě nenasycených tuků. Každý diabetik by měl znát glykemické indexy a počty výměnných jednotek základních potravin [5].

3 TECHNOLOGIE MLYNÁŘSTVÍ

3.1 Technologie skladování obilí

První základní technologický proces, kterému je obilí po sklizni podrobeno, je skladování. Obilí se skladuje a postupně vydává k mlýnskému zpracování celé měsíce, některé partie až do další sklizně, tedy někdy více než rok. Část obilí se dokonce uskladňuje, jako takzvané strategické zásoby i po více let.

K tomu, aby se potenciál zrna zachoval v optimální podobě je nutné, aby se nacházelo po dobu uskladnění ve stavu tzv. anabiózy. V takovém stavu zrno žije, nicméně jeho životní pochody jsou utlumeny na minimum. Jediným procesem, který přetrvává, je velmi pomalé dýchání.

V prvních týdnech skladování, dochází k procesu, který se nazývá posklizňové dozrávání. Během tohoto procesu dochází k dobudování terciárních a kvartérních struktur biopolymerů endospermu.

Zrno, které neprošlo posklizňovým dozráváním, se hůře skladuje a má nižší užitnou hodnotu. Doba potřebná k dostatečnému posklizňovému dozrání zrna závisí na jeho stavu v okamžiku sklizně a na mnoha faktorech, obecně trvá 1,5 až 2 měsíce [1, 2].

3.1.1 Skladovatelnost

Je doba, po kterou může být obilí bezpečně skladováno a závisí na jeho biochemických procesech. Základní biochemické procesy ovlivňující skladovatelnost obilí jsou:

Dýchání je oxidační proces, jehož podstatou je oxidace biopolymerů za současného uvolnění energie z jejich molekulárních struktur a za vzniku CO_2 a vody. Intenzivní dýchání představuje z technologického hlediska dvě negativa. Úbytek hmotnosti zrna způsobený právě oxidací zásobních látek a uvolnění energie ve formě tepla a tím ohřev skladovaného obilí, který je pak jednou z příčin dalšího zrychlení biologických přeměn.

Klíčení vzniká zvýšením vlhkosti případně i teploty prostředí. Jeho rozvojem se zrno ujímá své přirozené úlohy zárodku budoucí rostliny. Jeho průvodním jevem je prudký nárůst enzymové aktivity, zejména hydrolytických enzymů. *Proteázy* velmi rychle naruší strukturu proteinů a znemožní tím vytvoření kvalitního lepku.

Samozáhřev uskladněného obilí je komplexním procesem, na kterém se postupně synergicky podílejí všechny základní živé složky obilné masy. Na začátku se zvyšuje intenzita dýchání zrna. To má za následek zvyšování teploty a vlhkosti. V okamžiku, kdy jsou vytvořeny vhodné podmínky, začíná zrno klíčit. Přibližně při 20 °C začíná činnost mikroorganismů.

3.1.2 Sušení obilí

Z hlediska mlýnské technologie je podstatný vliv sušení na jakost obilí. Vlhkost pod 14,5 % není pouze základní podmínkou pro bezpečné skladování, ale také významným jakostním parametrem pro mlýnské zpracování. Za kritickou mez se považuje teplota zrna okolo 45 °C. Při vyšších teplotách dochází k významné denaturaci bílkovin.

3.2 Příjem obilí do mlýnského skladu

Řízený příjem obilí podle jakostních ukazatelů je jednou z klíčových operací, která determinuje výsledek celého výrobního procesu. Správně sestavený zámel je základem vyrovnané jakosti mouk i efektivity mlýnské výroby. Obvykle se míchají silné pšenice s normálními nebo slabými. Jednoznačně pozitivní jsou výsledky zlepšení pekárenských vlastností při smíchání silné pšenice s poškozeným obilím [1].

3.3 Příprava k mletí

3.3.1 Vytřídění příměsí a nečistot

K třídění se používá dvou základních druhů sít, a to síta kulovitá a plochá. Tříděním na sítech se obilná masa zbaví tvarově a velikostně odlišných zrn. Nezbaví se však zrn, jejichž rozměry příčného řezu jsou stejné jako u základní kultury (kulatá nebo delší zrna). Ta jsou odstraňována pomocí triérů, tj. dutých válců, které jsou opatřeny na vnitřní straně kapsovitými důlky. Otáčením válce se zrna dostávají do důlků a dlouhá zrna, která mají těžiště mimo důlek, vypadávají dříve, kdežto krátká zrna zůstávají v důlku déle a po výpadu se dostávají do sběrného žlabu a do odpadů.

Aerodynamické třídění je založeno na rozdílné vznášivosti jednotlivých složek obilné masy. V aerodynamickém třídiči se směs rozdělí na tři frakce. Tohoto efektu se dosahuje

v aspirátorech a pneumatických třídičích. Kaménky se separují v odkaménkovačích, kde se oddělují na principu jejich větší hmotnosti oproti fluidní obilné mase. Kovové částice v obilí jsou odstraňovány elektromagnety.

V další fázi se provádí nakropení a odležení zrna a jeho následné loupání pro odstranění prachu a oplodí obilky, metáním proti plášti smirkovacího zařízení.

3.3.2 Opracování zrna suchým způsobem

Loupací stroje neodstraní dokonale slupky z obilek, proto se následně používá kartáčování. V tradičních čistírnách se zrno čistilo dvakrát až třikrát. Při prvním černém loupání se odstraňoval hlavně minerální prach, druhý proces tzv. polobílé loupání separoval zbytky minerálního prachu a části slupek a klíčků a třetí chod bílého loupání zahrnuje odpady, které se používají jako cenné krmivo.

3.3.3 Hydrotermická úprava obilí

Proces se nazývá kondicionování obilí. Jde o souhrn technologických opatření při přípravě na mletí, které zahrnuje současné působení teploty a vlhkosti. Během těchto procesů se zrno přivede do tzv. kondicionovaného stavu, tzn., že se jeho strukturní a mechanické vlastnosti změní tak, aby se získala co nejjakostnější mouka a snížila se energetická náročnost výroby. Dobře připravené zrno po hydrotermické úpravě má suchý endosperm a vlhkou slupku, čímž se dosáhne vysokých výtěžků bílých mouk, slupka se dobře odděluje od jádra a získají se čisté a ostré krupice [3, 8].

3.4 Technologie mletí

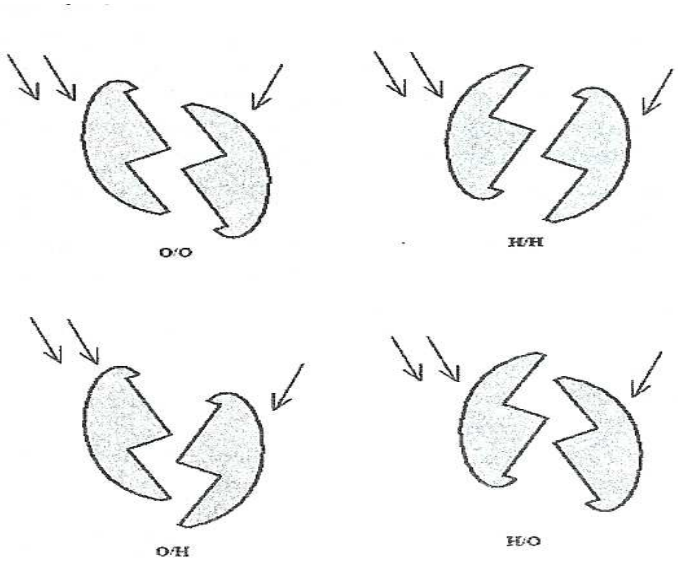
Proces mlýnského zpracování obilí se skládá ze dvou základních operací – dezintegrace (převážně drcení) meliva a třídění heterogenní sypké směsi. Celý proces probíhá postupně a označuje se jako mlecí chod neboli pasáž.

Každá pasáž zahrnuje vždy jednu drtící operaci s následným tříděním rozemletého meliva na sítovém třídiči podle velikosti. V pšeničném mlýně je pasáží 15 – 20, v žitném mlýně 7 – 10. Jednotlivé pasáže se od sebe liší jak parametry drcení, tak parametry třídění.

Vlastní mletí se provádí na drtících strojích, které se nazývají válcové stolice. Jsou opatřeny dvojicí horizontálně uložených kovových válců, které se otáčejí proti sobě. Válce mají různou povrchovou úpravu – jsou buď rýhované, nebo hladké. Jejich délka se pohybuje od 600 do 1500 mm. Každý z válců se otáčí jinou rychlostí. Poměr otáček pomaloběžného válce vůči rychloběžnému se označuje jako předstih a udává se v poměru 1 : 3.

U každého páru válců lze nastavovat šířku mlecí spáry mezi válci. Šířka mlecí spáry je jedním z velmi důležitých parametrů drcení. Prostor nad mlecí spárou, v němž je zrno zachyceno a drceno se označuje jako mlecí zóna.

Povrch válců je buď hladký nebo rýhovaný, přičemž rýhy mají na povrchu válce mírný sklon. Tvar rýh je upraven tak, že jejich příčný řez má tvar obecného trojúhelníka. Kratší strana se nazývá ostří a delší hřbet. Vzdálenost mezi vrcholy sousedních rýh se nazývá rozteč. Úhel ostří a hřbetu je nazýván úhel řezu. Malý úhel ostří vede k drcení na krupice, velký působí vytírání. Řídké a hluboké rýhy se středním předstihem vedou k tvorbě krupic a používají se při šrotování pšenice, husté rýhy s větším předstihem a postavení hřbet na hřbet vedou k tvorbě mouky, hlavně u mletí žita. Podstatné je, jakým způsobem jsou rýhy na válcích vzájemně orientovány. Existují čtyři možnosti postavení rýh rychloběžného válce vůči pomaloběžnému – ostří na ostří (O/O), hřbet na hřbet (H/H), ostří na hřbet (O/H) a hřbet na ostří (H/O). Nejrozšířenější je poloha ostří na ostří, která dává mnoho krupic, ale slupky jsou rozřezané. Poloha hřbet na hřbet ponechává slupky rozbalené.



Obr. 6 Vzájemné postavení rýh povrchu mlecích válců [1].

Melivo vycházející z válcových stolic se pro další zpracování rozdělí podle velikosti a částečně podle jakosti, což se provádí vyséváním, tříděním a čištěním. Na válcových stolicích se provádí drcení meliva, z nichž největší význam má šrotování. Ze šrotování se získají podíly:

- hrubý a jemný šrotový přepad – postupují na další šrotové chody,

- krupice hrubé, střední a jemné – zpracovávají se luštěním krupic,

- krupičky hrubé a jemné – zčásti se rozemílají na mouky,

- mouky – nejjemnější částice pod 190 μm.

K vytřídění meliva po šrotování podle velikosti částic slouží rovinný vysévač. Je to uzavřená skříň, tvořená soustavou vodorovně nad sebou umístěných sít. Rámce s příslušnými síty se vkládají do rámů s plechovým dnem se středním nebo postranním výpadem. Pohyb materiálu je vibrační a elipsovitý. Celá skříň vykonává vodorovný krouživý pohyb na principu ručního vysévání.

Získané krupice tvořící nehomogenní směs obsahují kromě čistého endospermu větší množství částic slupek. Proto se provádí čištění krupic pomocí proudu vzduchu, kdy jsou lehčí částice se slupkami odděleny. Získané krupice jsou děleny na sítech o různé hustotě. Zařízení na čištění krupic se nazývá reforma. Je to zavěšené nakloněné žebro, pohybující

se v uzavřené skříni a tvořené čtyřmi síty umístěnými za sebou. Po nich se pohybuje vrstva meliva, kterou prochází od spodu proud vzduchu a roztřídí melivo podle hmotnosti na:

- jadrné krupice – propadnou sítem,

- přerážky – lehčí částice, které jsou dále zpracovány luštěním,

- lehké části slupek – unášeny do cyklonu.

3.4.1 Mletí pšenice

Mletí pšenice se označuje jako mletí na vysoko a žádoucí je získat na začátku mlecího procesu maximální množství jakostní krupice. Proces mletí pšenice se rozděluje na tři základní etapy:

- šrotování – šetrné otevření zrna, oddělení endospermu od obalových vrstev v hrubších částicích s nízkým výtěžkem pasážních mouk,

- luštění krupic – drcení vytříděných a vyčištěných krupic obsahujících část slupky,

- vymílání – drcení částic čistého endospermu na požadovanou granulaci.

3.4.2 Mletí žita

Mletí žita se označuje jako mletí na plocho a je prováděno tak, aby se získal maximální podíl mouky z každého chodu. Technologický proces zahrnuje 4 – 5 šrotů a 1 – 2 krupičné pasáže bez čištění. Žitné zrno má větší soudržnost obalových vrstev s endospermem, proto se jádro hůře odděluje a mletí je násilnější. Vzájemná poloha rýh je hřbet na hřbet.

3.5 Příprava, skladování a vlastnosti mouk

Na každé mlecí pasáži se získá určité množství mouk, tzv. pasážní mouka, která má dva základní znaky jakosti – popel a granulaci. Podle granulace se mouky dělí na hrubé, polohrubé a hladké. Jejich vhodnou kombinací lze získat obchodní mouky.

Míchání se provádí tak, že se v dostatečném poměru smíchají mouky s vysokým obsahem lepku s moukami o nízkém obsahu lepku. Mouka se míchá v míchacím stroji, který odebírá mouku rovnoměrně ze zásobníku šnekovým dopravníkem. Přitom se mouka homogenizuje a vrací se zpět do zásobníku.

Dozrávání mouk probíhá během skladování k vytvoření vhodných pekařských vlastností. Dochází k vybělení mouky (oxidace karotenových barviv vzdušným kyslíkem) a ke změnám lepkového komplexu, kdy se snižuje jeho tažnost a snižuje pružnost. Dochází k oxidaci triolových skupin a tvorbě disulfidických vazeb mezi sirnými aminokyselinami, které zpevňují lepek. Nejvhodnější teplota skladování je do 18 °C. Doba skladování je u pšeničné mouky 2 – 3 týdny a u žitné 7 – 10 dnů [1, 2, 3, 8, 9].

3.6 Mlynářská a pekařská jakost

Mezi hlavní ukazatele při zjišťování mlynářské jakosti patří:

Obsah popela – Prof. Mohs ve 30. letech vydal popelovou tabulku, která se používá jako standard dodnes a je považována za základ technické kontroly mlecího procesu. Jejím grafickým vyjádřením je popelový diagram. V diagramu je graficky znázorněn vztah mezi obsahem popela mouk a jejich výtěžností [6].

Vlhkost – je nejdůležitějším rysem tržní hodnoty zrna [3]. Vlhkost smí být nejvýše do 15 % [17]. Rozeznává se obilí suché s vlhkostí pod 14 %, středně suché o vlhkosti 14 – 15,5 %, vlhké 15,5 – 17 % a mokré o vlhkosti nad 17 %. Při skladování v silech je vlhkost obilí 15 %.

Sklovitost zrna – sklovitá zrna se vyznačují vyšším obsahem bílkovin. Podle sklovitosti se zrna dělí na sklovitá, polosklovitá a moučnatá. Sklovitá zrna jsou z pekařského hlediska nejcennější.

Výtěžnost mouk – se vyjadřuje v % vůči původní hmotnosti zrna. Čím vyšší je stupeň vymletí, tím větší je podíl obalových částí, které se do mouky dostanou, což má za následek i vyšší obsah popela.

Barva mouk – závisí na vymletí, použitých přísadách. Vymletá mouka s větším podílem obvodových partií zrna je tmavší [3]. Mouky nesmějí být chemicky běleny [16].

Podíl plných zrn – je podíl zrn nad sítem 2,5 mm vyjádřený v %, který nahrazuje tzv. vyrovnanost obilí. Tvrdé pšenice jsou vyrovnanější a mají lepší technologické vlastnosti.

Mezi hlavní ukazatele pekařských technologických vlastností se řadí:

Obsah a vlastnosti lepku – stanovuje se mokrý lepek, jeho pružnost, tažnost, bobtnavost, reologické vlastnosti. Fyzikální vlastnosti se měří pomocí reologických přístrojů, jako např. farinografem, který pracuje na principu sledování časové změny konzistence pod vlivem mechanického namáhání [3].

Sedimentační hodnota – standardně připravená suspenze obilného šrotu sedimentuje v roztoku standardní hustoty. Rychlost sedimentace závisí mj. na podílu bílkovin. Vyšší číslo udává lepší pekařskou kvalitu pšenice.

Pekařský pokus – po přípravě se upeče produkt a posoudí se jeho objemová vydatnost [9].

Tab. 2 Jakostní požadavky potravinářské pšenice

(ČSN 46 1100 – 2).

Ukazatel jakosti	
Vlhkost (%)	max. 14,0
Příměsi a nečistoty (%)	max. 6,0
Sedimentační hodnoty (ml)	min. 30,0
Obsah N-látek v sušině (N x 5,7 %)	min. 11,5
Obsah mokrého lepku v sušině (%)	min. 25,0

3.7 Obchodní druhy mouk

3.7.1 Členění a označení mouk

Vyhláška Mze č. 333/97 Sb., zákon O potravinách a tabákových výrobcích č. 110/97 Sb.

Mouky hladké

Pšeničná světlá – obsah popela max. 0,60 % v sušině

Pšeničná polosvětlá – obsah popela max. 0,75 % v sušině

Pšeničná chlebová – obsah popela max. 1,15 % v sušině

Žitná světlá výražková – obsah popela max. 0,65 % v sušině

Žitná tmavá chlebová – obsah popela max. 0,50 % v sušině

Mouka polohrubá pšeničná – obsah popela max. 0,50 % v sušině

Mouka hrubá pšeničná – obsah popela max. 0,50 % v sušině

Mouka celozrnná pšeničná – obsah popela max. 1,90 % v sušině

3.7.2 Smyslové požadavky na mouku

Mouky pšeničné jsou bílé, s nažloutlým odstínem.

Pšeničná chlebová mouka je bílá se žlutošedým nebo našedlým odstínem.

Pšeničná celozrnná mouka je s hnědavým, načervenalým nebo tmavočerveným odstínem.

Žitná světlá mouka (výražková) je bílá.

Žitná tmavá chlebová je šedobílá se zelenomodrým odstínem [16].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 METODIKA

4.1 Použité přístroje a pomůcky

Standardní laboratorní vybavení:

Předvážky (Kern, SRN)

Analytické váhy (AFA 210 LC, Schoeller, ČR)

Sušárna (Venticell 111 Comfort, BMT a.s., ČR)

Spalovací pec (VEBF, Německo)

Běžné laboratorní sklo a pomůcky

4.2 Materiál

4.2.1 Vzorky mouk

Analyzováno bylo devět vzorků mouk: pšeničná mouka hladká, polohrubá, hrubá, celozrnná, celozrnná plnohodnotná, tmavá chlebová a pšeničná hrubá krupice; žitná mouka celozrnná a tmavá chlebová. Všechny mouky byly baleny do papírových obalů po 1 kg. Pšeničná krupice a pšeničné mouky byly vyrobeny z potravinářské pšenice a pitné vody. Žitné mouky z potravinářského žita a pitné vody.

Název a výrobce jednotlivých vzorků mouk použitých k analýze:

Pšeničná mouka hladká světlá 00 Extra, MALITAS s.r.o., Slatinice

Pšeničná mouka polohrubá, vyrobena pro Kaufland, Bratislava

Pšeničná mouka hrubá Zlatý klas, vyrobena pro Kaufland, Bratislava

Předměřická mouka pšeničná celozrnná, Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o., Předměřice nad Labem

Předměřická mouka pšeničná jemná celozrnná plnohodnotná, Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o, Předměřice nad Labem

Předměřická pšeničná hrubá krupice, Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o., Předměřice nad Labem

Předměřická mouka pšeničná – tmavá chlebová, Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o., Předměřice nad Labem

Předměřická mouka žitná celozrnná, Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o., Předměřice nad Labem

Předměřická mouka žitná – tmavá chlebová, Mlýny J. Voženílek spol. s.r.o., Předměřice nad Labem

4.2.2 Použité roztoky a chemikálie

Etanol

Fenolftalein

Hydroxid sodný o koncentraci 0,1 mol.dm^{-3}

Dihydrát kyseliny šťavelové

2 % roztok chloridu sodného

Destilovaná voda

4.3 Analýza jednotlivých mouk

4.3.1 Stanovení vlhkosti

Za vlhkost se pokládají látky těkající za podmínek metody. Při stanovení se odvážené množství vzorku suší v elektrické sušárně při 130 °C po dobu 1 hodiny.

Pracovní postup

Do čisté a zvážené hliníkové misky předem vysušené při teplotě 130 °C po dobu 15 minut se naváží 10 g vzorku mouky. Vzorek se rozprostře pomocí skleněné tyčinky do stejnoměrné vrstvy a miska se umístí do sušárny předehřáté na teplotu 130 °C. Vzorek se suší 1 hodinu při teplotě 130 °C. Doba sušení se počítá od dosažení teploty 130 °C. Potom se miska uzavře víčkem a dá do exsikátoru. Po vychladnutí se miska opět zváží na analytických vahách. Výsledkem je průměr z pěti provedených stanovení.

Výpočet

Obsah vlhkosti v % se vypočte pomocí vzorce:

$$v = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0}.100,$$

kde m_0 je hmotnost vysušené prázdné misky [g],

m_1 je hmotnost misky s navážkou vzorku před vysušením [g],

m_2 je hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g].

Sušina mouky v % se vypočítá pomocí vzorce:

$S = 100 - v$

4.3.2 Stanovení titrační kyselosti

Kyselost mouky je způsobena z velké části hydrogen- a dyhydrogenfosforečnany a mastnými kyselinami, které se uvolňují enzymovým rozkladem lipidů v mouce. Kyselost roste se stupněm vymletí mouky (stoupá množství enzymů), se stářím mouky, s její vlhkostí a stoupající teplotou při skladování. Normální až mírný růst kyselosti při dozrávání mouky, skladované za správných podmínek, má příznivý vliv na jakost lepku. Kyselost je jedním z ukazatelů pekařské kvality mouky.

Kyselost mouky se vyjadřuje v milimolech hydroxidu sodného na 1 kg mouky.

Pracovní postup

Pro stanovení kyselosti mouky se připraví 250 ml odměrného roztoku hydroxidu sodného o koncentraci 0,1 $mol.dm^{-3}$ a provede se jeho standardizace.

Na předvážkách se naváží 10 g vzorku mouky s přesností na 0,01 g. Opatrně se vysype do porcelánové třecí misky, ovlhčí se několika kapkami etanolu k zamezení tvoření shluků a za stálého míchání se rozetře 100 ml destilované vody. Voda se přidává postupně. Za občasného míchání (vždy po 10 minutách) a vzorek se nechá 30 minut vyluhovat. Po této době se přidá 5 kapek fenolftaleinu a ihned se titruje odměrným roztokem hydroxidu sodného do růžového zbarvení, které musí vydržet asi 1 minutu. Výsledkem je průměr z pěti provedených stanovení.

Standardizace odměrného roztoku NaOH

Na analytických vahách se naváží diferenčně vypočítané množství dihydrátu kyseliny šťavelové pro 1 titraci. Navážka se převede do titrační baňky a zředí přiměřeným objemem destilované vody. Přidá se několik kapek Tashiro indikátoru a titruje odměrným roztokem 0,1 mol.dm^{-3} NaOH z fialového do šedého zbarvení. Poté se přidá 10 ml $CaCl_2$ o koncentraci 20 % hmot. a roztok se opatrně dotitruje do zeleného zbarvení.

$$(COOH)_2 + 2\ NaOH \rightarrow (COONa)_2 + 2\ H_2O$$

Výpočet

Titrační kyselost mouky se vypočte podle vztahu:

$X = a \,.\, c \,.\, 100$ [mmol.kg^{-1}],

kde a je spotřeba odměrného roztoku NaOH o koncentraci 0,1 mol.dm^{-3},

c je přesná koncentrace odměrného roztoku NaOH.

Titrační kyselost se vztahuje na sušinu mouky a vypočte se podle vztahu:

$X_S = X/S \,.\, 100$,

kde S je sušina mouky.

4.3.3 Stanovení obsahu mokrého lepku

Většina metod na stanovení obsahu lepku je založena na přípravě těsta ze zkoušené mouky, na odležení a vypírání lepku vodou. Zbavením nadbytečné vody z vypraného lepku a jeho zvážením se získá množství tzv. mokrého lepku. Sušením mokrého lepku se získá tzv. suchý lepek.

Pracovní postup

Na předvážkách se naváží 10 g mouky s přesností na 0,1 g. Mouka se zadělá v porcelánové misce s roztokem chloridu sodného o složení 2 % hmot. na tuhé těsto. Spotřeba roztoku chloridu sodného je asi 5 ml podle vaznosti mouky. Z těsta se uhněte kulička a nechá se přikrytá hodinovým sklíčkem v misce odležet 30 minut. Poté se vypírá pod tekoucí studenou vodou.

Lepek je vyprán, jakmile odtékající voda již není zakalena škrobem. Lepek se zbaví přebytečné vody hnětením a vymačkává se tak dlouho, až se začne lepit. Pak se zváží s přesností na 0,1 g. Takto se získá tzv. mokrý lepek.

Výpočet

Obsah mokrého lepku v % se vypočte podle vzorce:

$$w = \frac{m_1.100}{m_2},$$

kde m_1 je hmotnost mokrého lepku [g],

m_2 je hmotnost vzorku [g].

Obsah mokrého lepku se vztahuje na sušinu mouky a vypočte se podle vztahu:

$$w_s = \frac{w}{w_1/100},$$

kde w je obsah lepku [%],

w_1 je obsah sušiny [%].

4.3.4 Stanovení popela

Obsah popelovin souvisí se stupněm vymletí. Proto pod pojmem popelovina se rozumí zpravidla obsah minerálních látek přenesených do mouky zrna, a to převážně z jeho obalových partií. Jsou to především draselné, sodné, vápenaté a hořečnaté soli fosforečnanů, hydrogenfosforečnanů, dihydrogenfosforečnanů, síranů, uhličitanů, chloridů, křemičitanů.

Popel mouky je definován jako množství nespalitelných anorganických látek, které zůstanou po spálení zkoušeného vzorku v peci o teplotě 900 °C. Nespálený zbytek se zváží.

Pracovní postup

Předem vyžíhaný a vychladlý porcelánový kelímek se zváží na analytických vahách s přesností na 0,0001 g. Pak se do něj naváží 1 g vzorku. Miska se posune laboratorními kleštěmi dovnitř pece. Pec se uzavře a vzorek se nechá spalovat při teplotě 900 °C asi 3 hodiny.

Po dokonalém spálení se kelímek vyndá z pece na azbestovou síťku asi za 5 minut se vloží do exsikátoru, kde se nechá asi půl hodiny vychladnout. Pak se zváží na analytických vahách.

Výpočet

Obsah popela v % se vypočte podle vztahu:

$$X = \frac{(m_a - m_b)}{m_c - m_b}.100,$$

kde m_a je hmotnost porcelánového kelímku s popelem [g],

m_b je hmotnost prázdného kelímku [g],

m_c je hmotnost kelímku s navážkou mouky [g].

Obsah popela v sušině mouky v % se vypočte podle vztahu:

$$Y = \frac{X.100}{S},$$

kde S je sušina mouky v %.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky vlhkosti

Stanovení vlhkosti bylo provedeno u všech již zmíněných vzorků mouk podle postupu uvedeného v kapitole 4.3.1. U každého vzorku mouk bylo stanovení provedeno 5x a do tabulky byla zaznamenána průměrná hodnota.

Vzor výpočtu vlhkosti a sušiny u vzorku 1 – pšeničné mouky hladké 00 Extra:

Vlhkost = [(33,9005 – 32,6110) / (33,9005 – 23,7155)] . 100 = 12,7 %

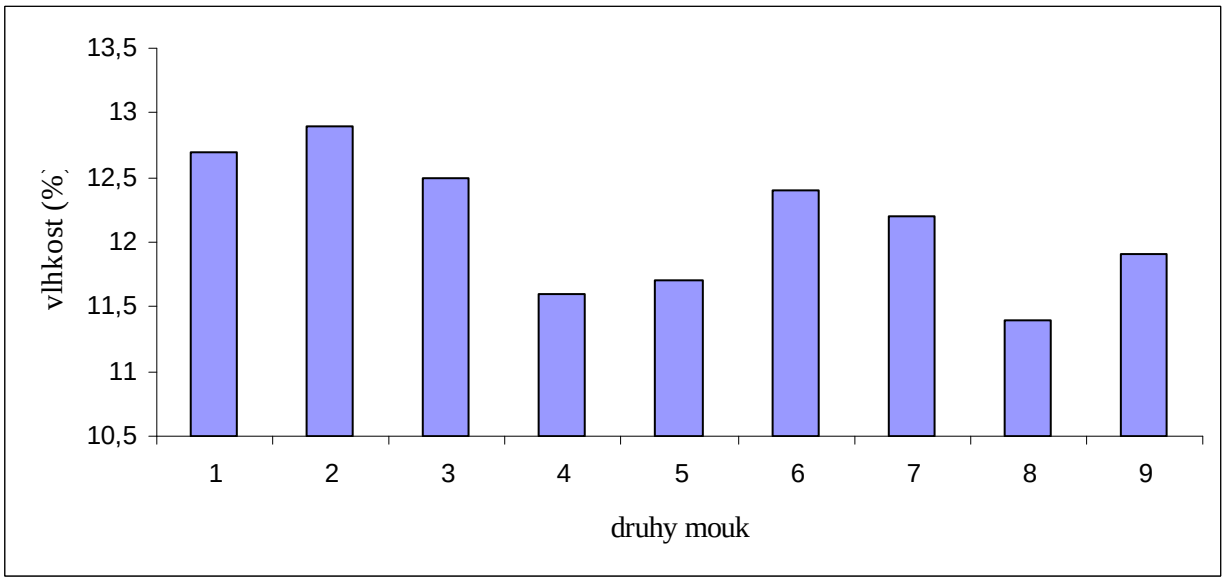
Sušina = 100 – 12,7 = 87,3 %

Tab. 3 Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Vlhkost (%)	12,7	12,9	12,5	11,6	11,7	12,4	12,2	11,4	11,9
Sušina (%)	87,3	87,1	87,5	88,4	88,3	87,6	87,8	88,6	88,1
S (±)	0,0045	0,0037	0,0032	0,0042	0,0048	0,0032	0,0041	0,0023	0,0040

pozn: 1 – pšeničná mouka hladká 00 Extra, 2 – pšeničná mouka polohrubá, 3 – pšeničná mouka hrubá, 4 – pšeničná mouka celozrnná, 5 – pšeničná mouka celozrnná plnohodnotná, 6 – pšeničná hrubá krupice, 7 – pšeničná mouka tmavá chlebová, 8 – žitná mouka celozrnná, 9 – žitná mouka tmavá chlebová; S (±) – směrodatná odchylka.

Graf 1 Výsledky stanovení vlhkosti.



Maximální obsah vlhkosti v moukách je stanoven na 15 % [29]. Všechny analyzované vzorky mouk splňují požadavky na vlhkost. Z grafu 1. je patrné, že nejvyšší vlhkost má pšeničná mouka polohrubá a nejnižší žitná mouka celozrnná. Vyšší obsah vlhkosti mouky může vyvolávat mikrobiální nákazy a tím dochází k plesnivění, kysnutí. Při vyšší vlhkosti se také aktivují enzymy rozkládající škrob a bílkoviny a tím vznikají málo objemné výrobky. Mouky o vyšší vlhkosti mají sníženou vaznost a tím i menší výtěžnost.

5.2 Výsledky titrační kyselosti

Stanovení titrační kyselosti bylo provedeno u všech již zmíněných vzorků mouk podle postupu uvedeného v kapitole 4.3.2. U každého vzorku mouk bylo stanovení provedeno 5x a do tabulky byly zaznamenány průměrné hodnoty.

Výpočet navážky 0,1 mol.dm^{-3} NaOH:

m = c. V . M,

m = 0,1 . 0,5 . 39,998

m = 1,9999 g NaOH

kde c je koncentrace NaOH [mol.dm^{-3}],

V je objem NaOH [dm^{-3}],

M je molární hmotnost NaOH [g.mol^{-1}].

Skutečná navážka 0,1 mol.dm^{-3} NaOH:

m = 1,98 g NaOH

Výpočet navážky $(COOH)_2$ pro standardizaci odměrného roztoku NaOH:

m = (c . V . M) / 2,

m = (0,1 . 0,01 . 126,066) / 2

m = 0,0630 g $(COOH)_2$. 2 H_2O na 10 ml NaOH

kde c je koncentrace NaOH [mol.dm^{-3}],

V je objem NaOH [dm^{-3}],

M je molární hmotnost $(COOH)_2$. 2 H_2O [g.mol^{-1}].

Výpočet přesné koncentrace NaOH:

$c = (2 . m) / (M . V)$,

$c = (2 . 0,0634) / (126,066 . 0,0087)$

$c = 0,1156 \text{ mol.dm}^{-3}$

pozn: m je navážka $(COOH)_2 . 2 H_2O$ [g],

M je molární hmotnost $(COOH)_2 . 2 H_2O$ [$g.mol^{-1}$],

V je objem NaOH [dm^{-3}].

Vzor výpočtu titrační kyselosti u vzorku 2 – pšeničné mouky polohrubé:

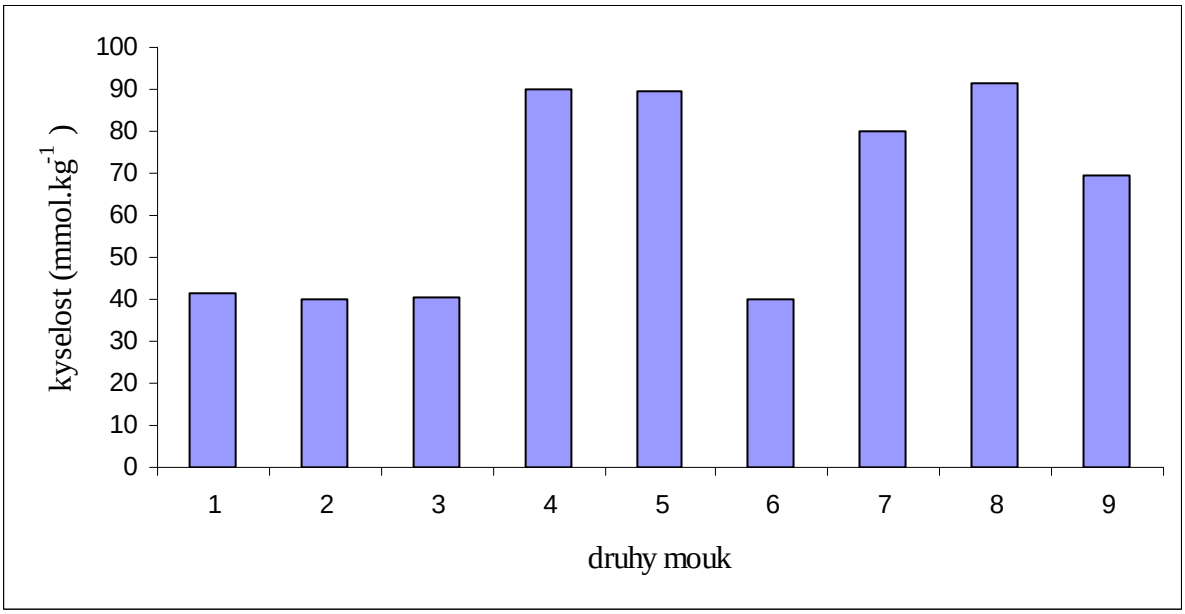
Titrační kyselost = $[(3 . 0,1156 . 100) / 87,1] . 100 = 39,8 \text{ mmol} . kg^{-1}$

Tab. 4 Výsledky titrační kyselosti.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Kyselost (mmol.kg^{-1})	41,3	39,8	40,6	89,8	89,5	39,9	80,0	91,5	69,7
S (±)	0,0037	0,0042	0,0040	0,0045	0,0030	0,0037	0,0032	0,0038	0,0038

pozn: 1 – pšeničná mouka hladká 00 Extra, 2 – pšeničná mouka polohrubá, 3 – pšeničná mouka hrubá, 4 – pšeničná mouka celozrnná, 5 – pšeničná mouka celozrnná plnohodnotná, 6 – pšeničná hrubá krupice, 7 – pšeničná mouka tmavá chlebová, 8 – žitná mouka celozrnná, 9 – žitná mouka tmavá chlebová; S (±) – směrodatná odchylka.

Graf 2 Výsledky titrační kyselosti.



Obsah kyselosti je u pšeničné mouky hladké, polohrubé, hrubé a pšeničné hrubé krupice stanoven na hodnotu 40 mmol . kg^{-1}. U pšeničných i žitných mouk celozrnných je hodnota titrační kyselosti 90 mmol . kg^{-1}. Pšeničná mouka tmavá chlebová má určenou titrační kyselost 80 mmol . kg^{-1} a žitná mouka tmavá chlebová 70 mmol . kg^{-1} [29]. Všechny analyzované vzorky mouk se hodnotám přibližují. Vyšší hodnoty titrační kyselosti mohou být dány vyšší teplotou a vlhkostí při skladování, která vyvolává oxidační procesy tuků v mouce, které vyvolávají její hořknutí.

5.3 Výsledky obsahu mokrého lepku

Stanovení obsahu mokrého lepku bylo provedeno u všech již zmíněných vzorků mouk podle postupu uvedeného v kapitole 4.3.3. U každého vzorku mouk bylo stanovení provedeno 5x a do tabulky byla zaznamenána průměrná hodnota.

Vzor výpočtu obsahu mokrého lepku u vzorku 3 – pšeničné mouky hrubé:

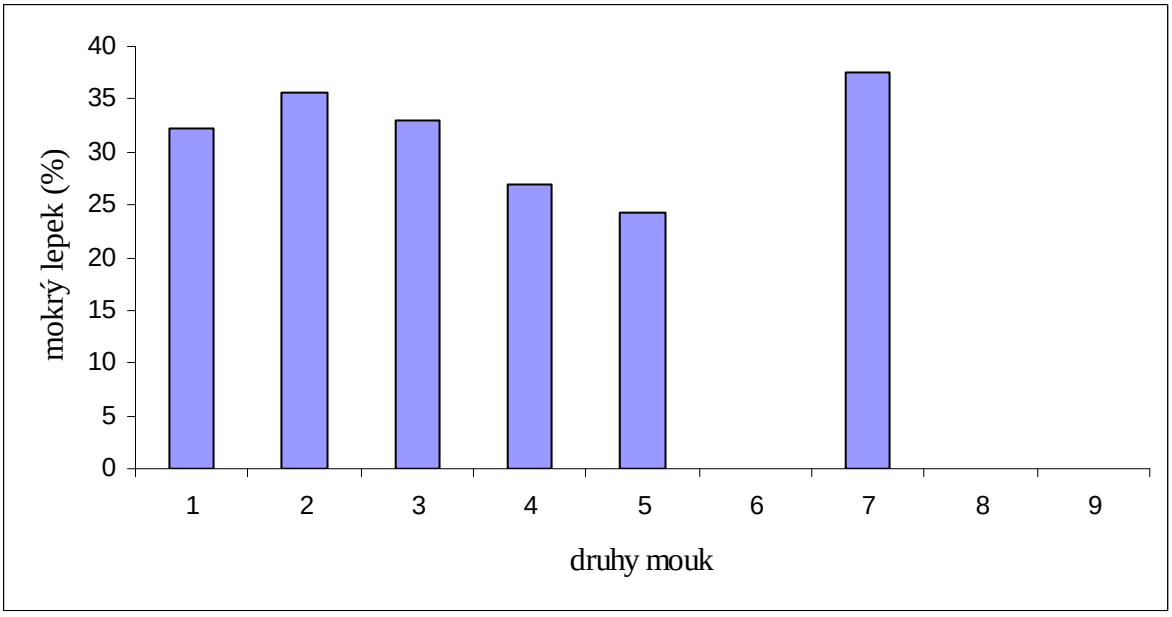
Mokrý lepek = (28,9 / 0,875) = 33,0 %

Tab. 5 Výsledky obsahu mokrého lepku.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Obsah mokrého lepku (%)	32,2	35,7	33,0	27,0	24,3	-	37,6	-	-
S (±)	0,0032	0,0038	0,0045	0,0032	0,0042	-	0,0032	-	-

pozn: 1 – pšeničná mouka hladká 00 Extra, 2 – pšeničná mouka polohrubá, 3 – pšeničná mouka hrubá, 4 – pšeničná mouka celozrnná, 5 – pšeničná mouka celozrnná plnohodnotná, 6 – pšeničná hrubá krupice, 7 – pšeničná mouka tmavá chlebová, 8 – žitná mouka celozrnná, 9 – žitná mouka tmavá chlebová; S (±) – směrodatná odchylka.

Graf 3 Výsledky obsahu mokrého lepku.



Obsah mokrého lepku je u pšeničné hladké a hrubé mouky minimálně 24 %, u pšeničné polohrubé mouky je minimálně 28 %. Většinou se pohybuje v rozmezí 28 – 33 %. Obsah mokrého lepku u pšeničných celozrnných mouk je minimálně 23 %. Pšeničná mouka tmavá chlebová má hodnotu obsahu mokrého lepku minimálně 27 % [29]. U pšeničné hrubé krupice a žitných mouk nebylo možno mokrý lepek vyprat. Analyzované vzorky mouk jsou v daném rozmezí. Podle grafu 3. je patrné, že nejvyšší obsah mokrého lepku je u pšeničné mouky tmavé chlebové a nejnižší u pšeničné mouky celozrnné plnohodnotné.

5.4 Výsledky popela

Stanovení popela bylo provedeno u všech již zmíněných vzorků mouk podle postupu uvedeného v kapitole 4.3.4. U každého vzorku mouk bylo stanovení provedeno 5x a do tabulky byla zaznamenána průměrná hodnota.

Vzor výpočtu obsahu popela u vzorku 4 – pšeničné mouky celozrnné:

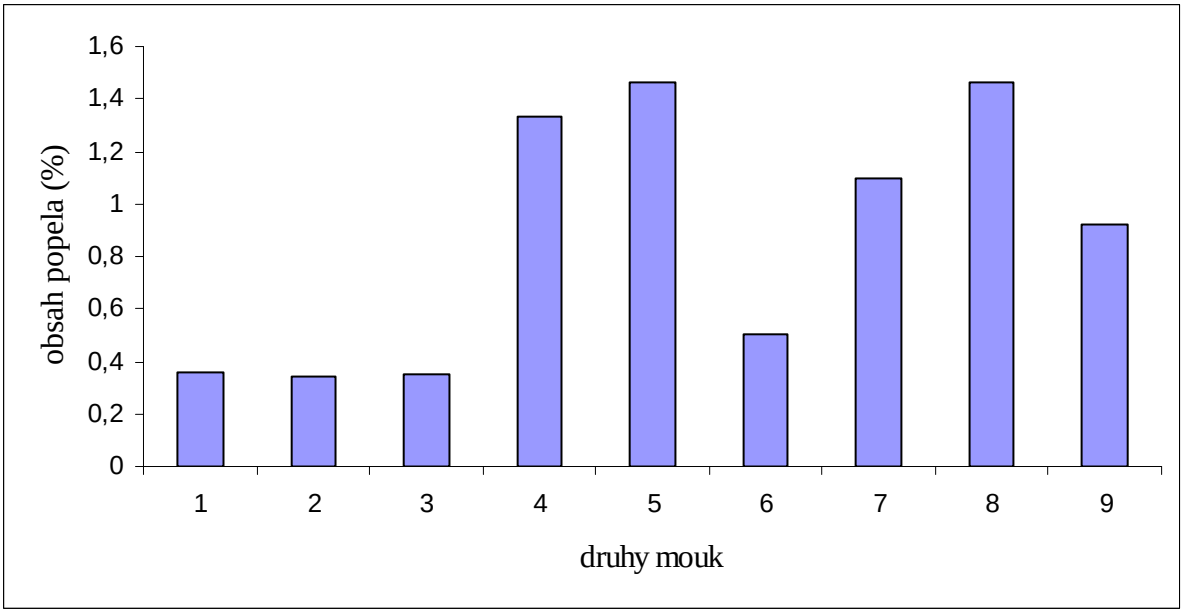
Obsah popela = [(30,4800 – 30,4631) / (31,7308 – 30,4631)] = 1,33 %

Tab. 6 Výsledky obsahu popela.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Obsah popela (%)	0,36	0,34	0,35	1,33	1,46	0,50	1,10	1,46	0,92
S (±)	0,0038	0,0044	0,0032	0,0028	0,0050	0,0044	0,0035	0,0038	0,0039

pozn: 1 – pšeničná mouka hladká 00 Extra, 2 – pšeničná mouka polohrubá, 3 – pšeničná mouka hrubá, 4 – pšeničná mouka celozrnná, 5 – pšeničná mouka celozrnná plnohodnotná, 6 – pšeničná hrubá krupice, 7 – pšeničná mouka tmavá chlebová, 8 – žitná mouka celozrnná, 9 – žitná mouka tmavá chlebová; S (±) – směrodatná odchylka.

Graf 4 Výsledky obsahu popela.



Obsah popela u pšeničné mouky hladké, polohrubé, hrubé a pšeničné hrubé krupice je stanoven do 0,50 %. Pšeničné mouky celozrnné mají obsah popela do 1,70 % a pšeničná mouka tmavá chlebová do 1,15 %. Obsah popela u žitné mouky celozrnné je do 1,90 a žitné mouky tmavé chlebové do 0,93 % [29]. Všechny vzorky mouk splňují normu.

ZÁVĚR

V této práci byly provedeny základní stanovení hlavních ukazatelů pekařské jakosti u devíti vzorků mouk. Mezi které patřily pšeničné mouky hladká 00 Extra, polohrubá, hrubá, celozrnná, celozrnná plnohodnotná, tmavá chlebová, pšeničná hrubá krupice a žitné mouky celozrnná a tmavá chlebová.

Vlhkost u všech druhů mouk je stanovena do 15 %. Vlhkost mouk z mlýnského hlediska těsně souvisí s nakrápěním a odležením. Tlak odběratelů na extrémně nízké hodnoty může vést k tomu, že tento proces nelze provést optimálně a za cenu nízké hodnoty se snižuje jakost mouk. Naopak vyšší vlhkost mouk může spíše komplikovat situaci ve skladech mouk, protože s vyšší vlhkostí se zhoršují sypké vlastnosti. Nejvyšší vlhkost u analyzovaných vzorků byla zjištěna u pšeničné mouky polohrubé (12,9 %) a nejnižší hodnota u žitné mouky celozrnné (11,4 %). Všechny analyzované vzorky byly v normě.

Hodnoty titrační kyselosti jsou podle tabulkových hodnot vyšší u pšeničných celozrnných mouk
a žitných mouk. Je to dáno tím, že u těchto mouk je při mletí použito větší množství obalových vrstev, které obsahují vyšší množství lipidických složek. Tyto mouky jsou náchylnější ke žluknutí a hořknutí. Nejvyšší hodnota titrační kyselosti byla u žitné mouky celozrnné (91,5 $mmol.kg^{-1}$), naopak nejnižší u pšeničné mouky polohrubé (39,8 $mmol.kg^{-1}$).

Rozdíl mezi pšeničnými a žitnými moukami je v tom, že ze žitné mouky nelze vyprat lepek. Žitná bílkoviny není schopna vytvořit pevnou kostru – těsto tvoří rozpustné pentosany s nabobtnalými bílkovinami a škrobovými zrny. Pšeničné mouky vytváří pevnou síťovou strukturu – lepek, který dává těstu pružnost a pevnost. Nejvyšší obsah mokrého lepku byl stanoven u pšeničné mouky tmavé chlebové (37,6 %) a nejnižší u pšeničné mouky celozrnné plnohodnotné (24,3 %). Z pšeničné hrubé krupice, žitné mouky celozrnné a tmavé chlebové nebylo možné lepek vyprat.

Obsah popela (minerálních látek) zařazuje mouku do příslušného druhu a typu. Mouky se dříve označovaly písmenem T a trojmístným číslem, které značilo tisícinásobek popela v sušině. Obsah popela je vyšší u mouk celozrnných a žitných, protože obsahují více obalových vrstev, ve kterých jsou obsaženy minerální látky. Všechny analyzované vzorky vyšly v normě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie I.*, Praha: VŠCHT, 1. vyd., ISBN 80 – 7080 – 530 – 7

[2] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*, Brno: MZLU, 1. vyd., ISBN 978 – 80 – 7157 – 811 – 6

[3] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, Zlín: UTB, 1. vyd., ISBN 978 – 80 – 7318 – 520 – 6

[4] SKOUPIL, J. *Suroviny pro učební obor Pekař, Pekařka*, Praha: SNTL, 1. vyd., 1989, ISBN 80 – 03 – 00019

[5] dostupné na: cs.wikipedia.org/wiki/Celiakie [on-line, 6.4.2009]

[6] dostupné na: wikipedia.org/wiki/Gluten [on-line, 29.3.2009]

[7] LANGMAIER, F. *Nauka o zboží*, Zlín: UTB, 1. vyd., 2002, ISBN 80 – 7318 – 092 – 8

[8] DUDÁK, M., STUDNICKÝ, J., KAROVIČOVÁ, J. *Základy potravinárskych technológií*, Bratislava, 1. vyd., 1996, ISBN 80 – 967064 – 1 – 1

[9] KADLEC, P. a kol., *Technologie potravin I*, Praha: VŠCHT, 1. vyd., 2007, ISBN 80 – 7080 – 509 – 9

[20] SAADOUN – COUSINC, E., SCHEINMANN, P. Wheat flour allergy, *Revue Francoise d´Allergologie et d´Immunologie Clinique*, 2002, roč. 42, č. 2, s. 583 – 594

[11] KVASNIČKOVÁ, A. *Alergie z potravin*, Praha: ÚZPI, 1998, ISBN 80 – 85120 – 93 – 3

[32] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. *Celiakie – dieta bezlepková*, Praha, 1. vyd., 1994, ISBN 80 – 901137 – 6 – 1

[43] RUJNER, J., CICHAŇSKÁ, B., A. *Bezlepková a bezmléčná dieta*, Brno, 1. vyd., 2005, ISBN 80 – 251 – 0775 – 2

[54] BLÁHA, L., ŠREK, F. *Suroviny pro učební obor Cukrář, Cukrářka*, Praha: Informatorium, 1999, ISBN 80 – 86073 – 44 – 0

[65] PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. *Základy pekárenské technologie*, Praha, 2003, ISBN 80 – 902922 – 1 – 6

[76] Vyhláška ministerstva zemědělství ČR č. 333/97 Sb. V platném znění

[87] PEČIVOVÁ, P. *Vliv definovaných přídatných látek na pekárenské vlastnosti pšeničného těsta* [Diplomová práce], Zlín: UTB, 2006

[98] SKOUPIL, J., MÜLLEROVÁ, M., ŠTROBACH, J. *Zpracování mouky*, Praha: NTL, 1981

[109] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D., BUDÍNSKÝ, P. *Potravinářská biochemie I*, Zlín: UTB, 1. vyd., 2006, ISBN 80 – 7318 – 495 – 8

[20] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*, Tábor OSSIS, 1999, ISBN 80 – 902391 – 3 – 7

[211] JANÍČEK, G., HALAČKA, K. *Základy výživy*, Praha: SNTL, 1. vyd., 1985

[22] SOLDI, S. The Wheat Alternative 2006, *World grain*, 24, 2006, č. 10, s. 60 - 63

[23] PETR, J., LOUDA, F. *Produkce potravinářských surovin*, Praha: VŠCHT, 1. vyd., 1998, ISBN 80 – 7080 – 332 – 0

[24] GELSI, J.F.D.A Finalizes Barley Health Claim, *Milling & Baking News*, 85, 2006, č.7, s. 23

[25] http://bakeryandsnacks.com/news/ng.asp?n=73146&m=2BAS110&c=bfjnuvkxilecmb [on-line, 29.3.2009]

[26] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 54/2004 Sb. V platném znění

[27] http://www.zmp.de/agrarmarkt/ackerbau/2009_02_18_Hafer_Anbau_EU.asp [on-line, 28.4.2009]

[28] ALEXANDER, M. A Generally Negative Picture in Spite of Record Harvests, *World grain*, 2008, č. 12, s. 42

[29] ŽÁČEK, Z., ŽÁČEK A. *Potravinářské tabulky*, Praha: SPN, 1994, ISBN 80-04-24474-2

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EU	Evropská unie
USA	Spojené státy americké
FDA	Food and Drug Administration, Americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv
B_1	Thiamin
E	Tokoferol
B_3	Niacin
B_5	Kyselina pantotenová
MZe	Ministerstvo zemědělství
BMT a.s.	Brněnská medicínská technika a.s.
VEBF	Veb Elektro Bad Frankenhausen
S	Směrodatná odchylka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Anatomické složení obilky……14

Obr. 2 Obsah aminokyselin v pšeničné bílkovině……18

Obr. 3 Struktura hydratovaného lepkového vlákna……..19

Obr. 4 Schéma struktury gliadinu…….20

Obr. 5 Schéma struktury gluteninu……...20

Obr. 6 Vzájemné postavení rýh povrchu mlecích válců……...27

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Látkové složení jednotlivých částí zrna v % sušiny……..16

Tab. 2 Jakostní požadavky potravinářské pšenice (ČSN 46 1100 – 2)……30

Tab. 3 Výsledky stanovení vlhkosti a sušiny……....39

Tab. 4 Výsledky titrační kyselosti……41

Tab. 5 Výsledky obsahu mokrého lepku……..43

Tab. 6 Výsledky obsahu popela……44