

Obsah amylosy a amylopektinu v pšeničné mouce

Bc. Martina Bačáková

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina BAČÁKOVÁ**
Osobní číslo: **T090225**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a ekonomika výroby tuků, detergentů
a kosmetiky**
Forma studia: **prezenční**
Téma práce: **Obsah amylosy a amylopektinu v pšeničné mouce**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika škrobu.
2. Vlastnosti pšeničné mouky.
3. Hodnocení technologické kvality pšeničné mouky.
4. Požadavky na kvalitu pšeničné mouky.

II. Praktická část

1. Ve vzorcích pšeničné mouky stanovit obsah amylosy a amylopektinu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1, 2, 3. OSSIS, Tábor 1999.

[2] DAVÍDEK, J., VELÍŠEK, J. Analýza potravin, Ediční středisko VŠCHT, Praha, 1992.

[3] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. Ediční středisko VŠCHT, Praha, 2004.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Monika Dvořáková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **18. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2013**

Ve Zlíně dne 18. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
dřkm




doc. Ing. Ráhal Jan, CSc.
Podřitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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, považuji 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 nevytílečně 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, užití-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu 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). Odmírá-li autor takového díla udělit svolení bez vázného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení clergybějšího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

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

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim 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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na zjištění obsahu amylosy a amylopektinu ve škrobu pomocí modifikované metody Con A vyvinuté Yunem a Mathesonem. Teoretická část se zabývá charakteristikou škrobu a základními informacemi o pšeničné mouce a její jakosti.

Klíčová slova: škrob, amylosa, amylopektin, pšenice, kvalita

ABSTRACT

This diploma work deals with the content of amylose and amylopektin in starch using a modified method Con A developed by Yune and Matheson. The theoretical part deals with the characteristics of starch and basic information about wheat flour and its quality.

Keywords: starch, amylose, amylopektin, wheat, quality

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé diplomové práce Mgr. Monice Dvořákové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady v průběhu mé práce.

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

OBSAH

1 CHARAKTERISTIKA ŠKROBU	11
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ŠKROBU	11
1.2 ŠKROBOVÁ ZRNA.....	14
1.3 VLASTNOSTI ŠKROBU	17
1.3.1 MAZOVATĚNÍ.....	17
1.3.2 RETROGRADACE	18
1.4 ZMĚNY ŠKROBU	19
1.5 SUROVINY PRO VÝROBU ŠKROBU	20
1.6 VÝROBA ŠKROBU.....	20
1.6.1 VÝROBA ŠKROBU Z PŠENICE	21
1.7 POUŽITÍ ŠKROBU	22
1.7.1 MODIFIKOVANÉ ŠKROBY	24
1.7.2 HYDROLYZÁTY ŠKROBŮ	25
2 VLASTNOSTI PŠENIČNÉ MOUKY	27
2.1 PŠENICE.....	27
2.1.1 PŠENICE TVRDÁ	28
2.1.2 PŠENICE ŠPALDA	28
2.2 ANATOMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA	28
2.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA	30
2.3.1 SACHARIDY	31
2.3.2 SACHARIDY	31
2.3.3 PROTEINY	31
2.3.3.1 Lepek	33
2.3.4 LIPIDY	33
2.3.5 VITAMINY, MINERÁLNÍ LÁTKY A MINORITNÍ SLOŽKY	34
2.4 TECHNOLOGIE MLYNÁŘSTVÍ.....	34
2.5 VLASTNOSTI PŠENIČNÝCH MLÝNSKÝCH PRODUKTŮ	37
2.5.1 KRUPICE, HRUBÉ A POLOHRUBÉ MOUKY	37
2.5.2 HLADKÁ MOUKA SVĚTLÁ	38
2.5.3 HLADKÁ MOUKA POLOSVĚTLÁ.....	38
2.5.4 HLADKÁ MOUKA CHLEBOVÁ	38
2.5.5 KRMNÉ PRODUKTY	38
3 HODNOCENÍ TECHNOLOGICKÉ KVALITY PŠENIČNÉ MOUKY.....	39
3.1 VLHKOST	40
3.2 OBSAH POPELA.....	40

3.3 OBSAH MOKRÉHO LEPKU	41
3.4 ČÍSLO POKLESU	41
3.5 VAZNOTA MOUKY	41
3.6 SEDIMENTAČNÍ TEST	42
3.7 OBJEMOVÁ HMOTNOST	42
4 POŽADAVKY NA JAKOST PŠENIČNÉ MOUKY	43
4.1 SMYSLOVÉ POŽADAVKY NA PŠENIČNOU MOUKU.....	43
4.2 PEKÁRENSKÁ JAKOST	43
5 CÍL PRÁCE	46
6 METODIKA A MATERIÁL	47
6.1 CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH VZORKŮ.....	47
6.2 VLASTNÍ STANOVENÍ AMYLOSY VE VZORCÍCH ŠKROBU	47
7 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	52

ÚVOD

Cereálie patří mezi důležité zdroje obživy člověka. Lidé se pěstováním těchto kulturních plodin zabývají už téměř 12 000 let. První archeologické výzkumy, které dokládají pěstování obilovin, pochází už z období neolitu. Další zmínky pochází ze staré Babylónie, Egypta a Číny. Z Asie a ze Středomoří se pak dostaly až do Evropy.

K nejdůležitějším obilninám, které se u nás využívají, patří pšenice a žito, což jsou tzv. chlebové obilniny. Dále se sem řadí rýže, kukuřice, ječmen, oves, proso atd. Jejich plodem je až na výjimky (pohanka) obilka a patří mezi traviny (*Gramineae*).

Obiloviny jsou důležitým zdrojem především sacharidů, protože zhruba 60–70 % jejich složení tvoří škrob. Také jsou zdrojem proteinů (8–13 %), lipidů (1–5 %), vitaminů, minerálních látek a vlákniny. Obsah těchto posledních látek je ale snižován odstraňováním těch částí obilky, ve kterých se nacházejí. Dochází k tomu při úpravách zrna před samotným mletím, aby se nesnížila kvalita mouky a výrobku.

Škrob je zásobní polysacharid rostlin se širokým využitím v různých průmyslových odvětvích. Největší využití má v potravinářském a papírenském průmyslu. Celosvětově převažuje produkce kukuřičného škrobu. Díky snadné odbouratelnosti a díky tomu, že nemá negativní dopad na životní prostředí, se v poslední době stává více a více využívanou surovinou. V Evropě se ročně vyrobí 7–9 milionů tun škrobu ročně, zdrojem je kukuřice, brambory a pšenice.

TEORETICKÁ ČÁST

CHARAKTERISTIKA ŠKROBU

Škrob je zásobním polysacharidem rostlin, který si ho tvoří v průběhu fotosyntézy a který jim slouží jako pohotovostní zdroj energie. Jeho základní stavební složkou je glukosa [1]. V rostlinách se nachází ve formě škrobových zrn, neboli škrobových granule, což jsou nerozpustné micely s daným tvarem a rozměrem, který závisí na druhu a genetické odrůdě rostliny.

Nachází se především v plastidech – organelách cytoplasmy, ve speciálních buňkách v kořenech, hlízách a semenech a v menším množství také v pletivech rostlin, v chloroplastech [2]. Technologicky zajímavý je především škrob hlíz a semen, mezi kterými je ale podstatný rozdíl, co do vlastností škrobových zrn. Škrob hlíz se nachází v těch částech rostlin, které obsahují velké množství vody. Taková zrna jsou velká, polydisperzní, s volným vstupem vody dovnitř a ven. Škrob semen se nachází v částech rostlin s malým obsahem vody a tyto škrobová zrna jsou malá, monodisperzní, s pomalým vstupem vody [3].

V naturálním stavu je to bílý, hydrofobický prášek. Ve studené vodě je nerozpustný, tvoří v ní suspenze (tzv. škrobové mléko) [4].

Škrob lze rozdělit do těchto skupin: bramborový, pšeničný, kukuřičný a ostatní [5].

Chemické složení škrobu

Škrob se skládá ze dvou D-glukanů – amylosy a amylopektinu [6].

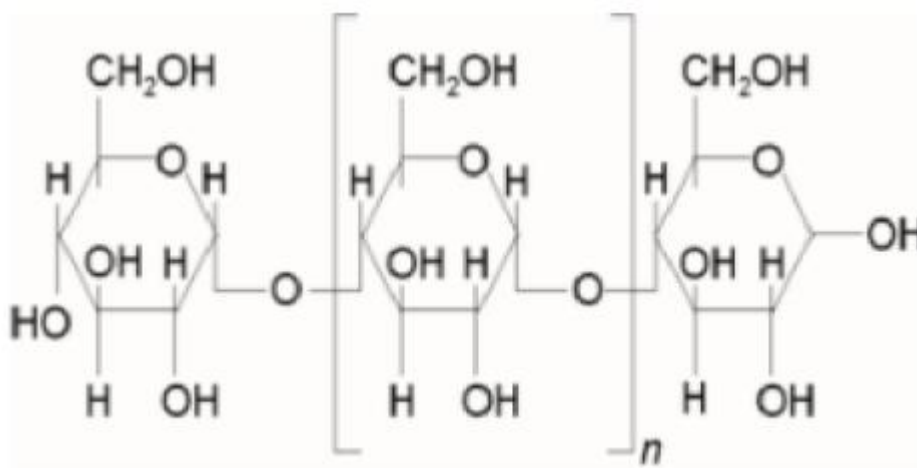
Amylosa je lineární složkou škrobu. Je složena z molekul glukosy, spojených $\alpha - 1,4$ glykosidickou vazbou. Sekundární struktura je tvořena šroubovicí – helixem, který je v prostoru lineární. Šroubovice má pevný tvar, závit je zpevněn vodíkovými můstky [7,8]. Jeden závit šroubovice je tvořen 6ti jednotkami glukosy. Amylosa má dva redukující konce, které jsou schopny chemické reakce [9].

Je nerozpustná ve studené vodě, v horké vodě se rozpouští [1]. Rychlým ochlazením

teplého roztoku amylosy vznikají gely, pomalým ochlazením pak shluky nerozpustných micel [10].

Je směsí polymerů s různým stupněm polymerace. Obsahuje 1000 (škrob obilovin) až 4500 (škrob brambor) glukosových jednotek. Stavební jednotkou je disacharid maltosa [2]. Vzorec amylosy je na obrázku 1.

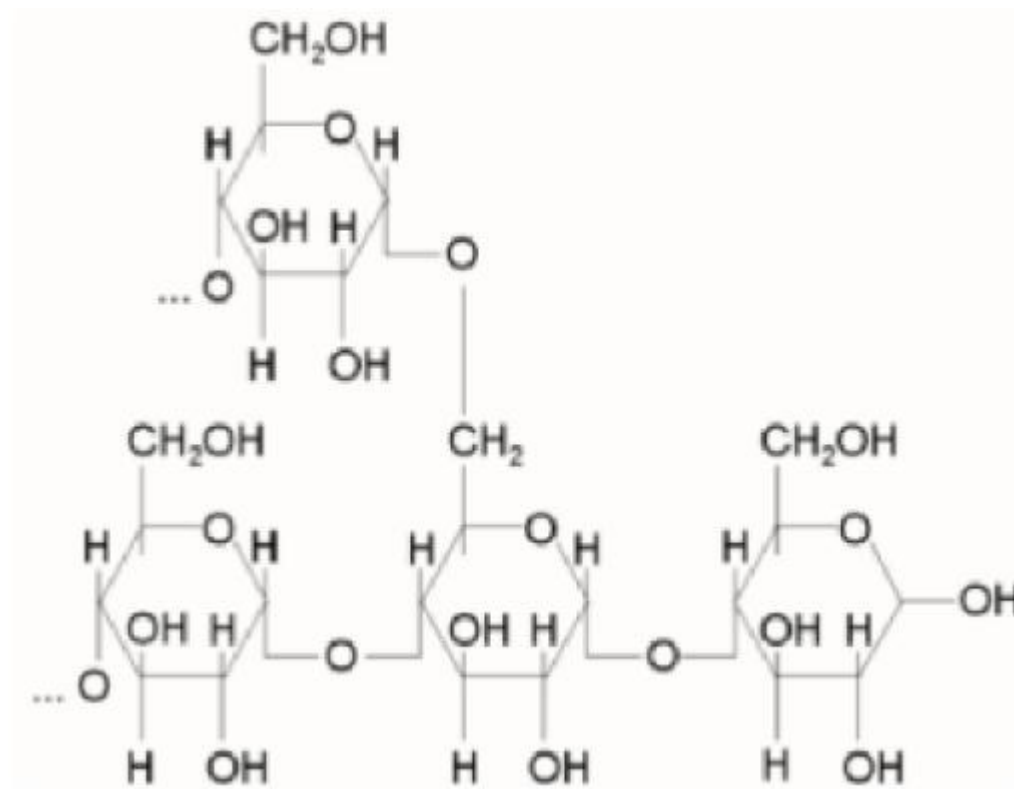
Reakcí s jodem tvoří amylosa modré komplexy, přičemž jsou molekuly jodu uzavřeny uvnitř šroubovice [11].



Obrázek 1 Vzorec amylosy [12]

Amylopektin je složkou škrobu s rozvětveným řetězcem. Hlavní řetězec je tvořen glukosovými jednotkami, spojenými vazbou $\alpha - 1,4$ a postranní řetězce jsou tvořeny vazbou $\alpha - 1,6$ [7]. Tyto řetězce se vyskytují průměrně po 25 jednotkách glukosy [2]. Kvůli svému větvení netvoří šroubovice. Vzorec amylopektinu je na obrázku 2 [10].

Obsahuje 50 000 až 1 000 000 jednotek glukosy. V molekule je jen jeden redukující konec [2]. Je lépe rozpustný ve studené vodě, v horké vodě se nerozpouští [10]. V reakci s jodem tvoří fialové komplexy. Obsahuje malé množství kyseliny fosforečné vázané esterickou vazbou [3].



Obrázek 2 Vzorec amylopektinu [12]

Poměr amylosy a amylopektinu ve škrobu je obvykle 1:3 [2]. Tento poměr ale neplatí vždy, jak je patrné z tabulky 1. Například obsah amylosy v bramborovém škrobu a u cereálií je asi 24 %, u dřeňových hrachů až 84 %. Poměr amylosy a amylopektinu ovlivňuje chemické a fyzikálně chemické vlastnosti škrobu [12].

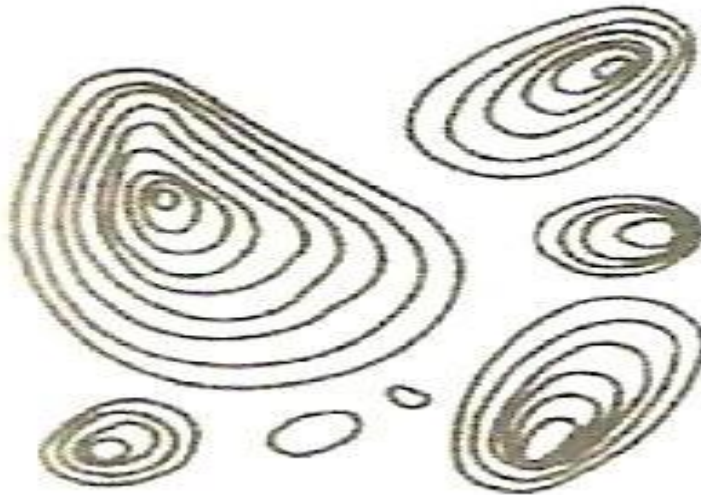
Druh	Výnos (t·ha ⁻¹)	Amylóza ve škrobu (%)	Výnos amyλόzy (t·ha ⁻¹)
Pšenice	5–7	25	0,75–1,05
Kukuřice	5–7	25	0,83–1,13
Brambory	30–40	25	1,35–1,18
Hrách	4–6	50–80	1,00–2,20

Tabulka 1 Výnos amylosy z jednotlivých plodin [12]

Škrobová zrna

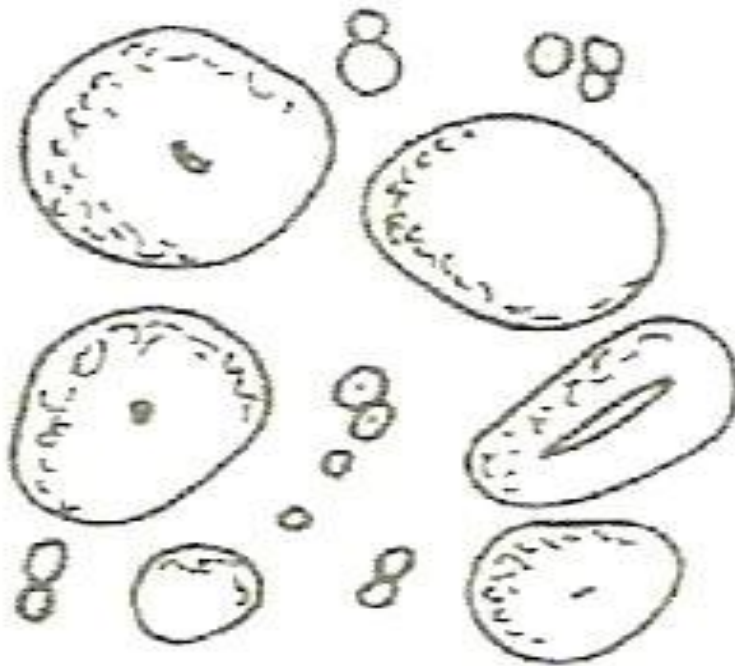
Škrob se v rostlinách vyskytuje ve formě škrobových zrn. Jejich velikost a tvar závisí na druhu plodiny [13]. Zrno vzniká postupným ukládáním vrstev kolem jednoho nebo více jader, přičemž jádro může být umístěno excentricky nebo centricky [3].

Bramborový škrob má vejčité až lasturovitě zrna o velikosti 10–140 μm a excentricky uložené jádro. Tvar zrn bramborového škrobu znázorňuje obrázek 3 [3].



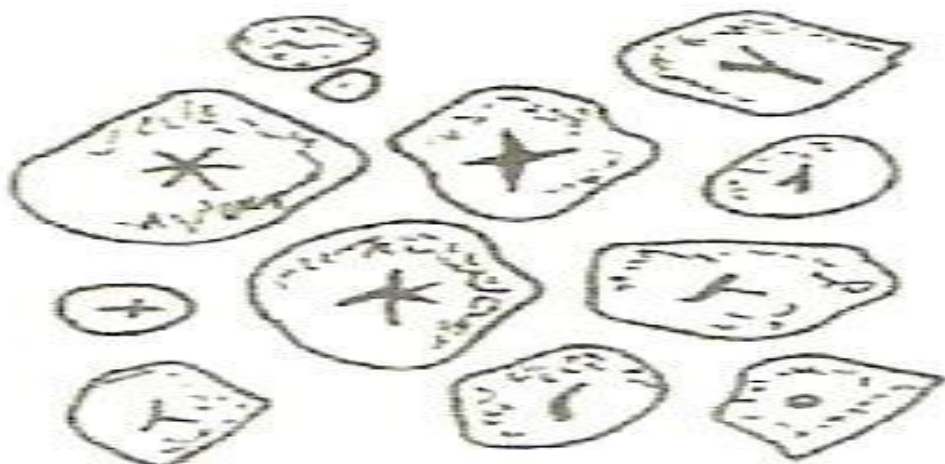
Obrázek 3 Tvar škrobových zrn brambory [3]

Pšeničný škrob má dva druhy zrn. Tzv. A škrob má velikost cca 10–40 μm a B škrob má velikost asi 2–10 μm . Malá zrna tvoří tzv. jádrový škrob. Oba mají kulatý tvar, jak je vidět na obrázku 4 [3].



Obrázek 4 Tvar škrobových zrn pšenice [3]

Kukuřičný škrob má okrouhlý až hranatý tvar. Častá je vzduchová bublina, od které se rozbíhají prasklinky ve tvaru hvězdy. Velikost složených zrn škrobu je 50 μm , jednoduchých zrn 5–30 μm . Tvar těchto zrn je k vidění na obrázku 5 [3].



Obrázek 5 Tvar škrobových zrn kukuřice [3]

Obecný model škrobového zrna je tvořen molekulami amylopektinu, které jsou uspořádány tak, že směřují od středu na obvod – radiálně. Molekuly amylopektinu tvoří tvar disku, jeho povrch tvoří neredukující konce. Struktura střední části řetězců a neredukujících konců je uspořádaná, krystalová [14]. Tvoří asi 30 % zrna [5].

V oblasti větvení, kde se vyskytuje amylopektin zároveň s amylosou, je struktura neuspořádaná, amorfní. Obě struktury se pravidelně střídají. V závislosti na krystalinitě zrn rozeznáváme 4 polymorfni formy škrobu: A, B, C a V [2].

Forma A je nejstabilnější, vyskytuje se u cereálních škrobů. Je tvořena dvěma dvojitými šroubovicemi ve tvaru helixu, které vytvářejí kanál. Mezi nimi je vázaná voda [14].

Forma B je nejméně stabilní. Tvoří ji jeden dvojitý helix, uvnitř kterého se nachází molekuly vody. Tato forma škrobu se vyskytuje u kořenové zeleniny, brambor a vysoce amylosových obilnin [2,14].

Forma C se nachází v luštěninách a **forma V** v želatinovaných škrobech.

Amylosa tvoří levotočivé helixy v amorfních částech zrna společně s radiálně uspořádanými řetězci lipidů. Mastné kyseliny lipidů jsou zasunuty do šroubovicových struktur amylosy. Tvoří spolu tzv. inkluzní sloučeniny. V povrchových vrstvách zrn se nachází také malé množství proteinu.

Škrobová zrna obilí se dotváří v průběhu zrání plodiny, zvětšují se makromolekuly biopolymerů a dotváří se struktura. Zrna jsou nerozpustná ve studené vodě, v teplé vodě jen bobtnají. Bobtnání je intenzivnější, pokud teplota vody stoupá [2].

Vlastnosti škrobu

Mezi nejdůležitější vlastnosti škrobu patří bobtnání, mazovatění a retrogradace [2].

Mazovatění

Zrna za normálních podmínek přijímají vlhkost z okolního vzduchu asi 0,2 g vody na 1 g škrobu a jejich objem se nemění, tento děj se nazývá **imbibice**. Jedna molekula glukosy váže 1,5 molekuly vody. Voda může interagovat s atomy kyslíku, kterých je v molekule obsaženo pět.

V roztocích jsou škrobová zrna nerozpustná, pokračuje proces imbibice až do určité teploty, kdy dochází k bobtnání zrn. Teplota, kdy dochází k bobtnání, se nazývá **počáteční želatinační teplota**. Závisí na mnoha faktorech, mezi které patří druh škrobu, poměr škrobu a vody, pH prostředí a přítomnost dalších látek. Želatinační teplota se pohybuje v rozmezí 50–70 °C. Teploty mazovatění některých škrobů jsou uvedeny v tabulce 2 [2].

Zrno přijímá vodu a mění se jeho struktura, tato změna je nevratná. Na začátku procesu zrna zvětšují svůj objem, viskozita roztoku se zvětšuje [9].

V molekulách dochází k přerušení vazeb a voda se dostává do amorfni části, kde reaguje s vazebnými místy na řetězcích. Zaniká krystalická struktura a systém zůstává v neuspořádané, amorfni struktuře. Do prostředí se uvolňují molekuly amylosy a v menší míře i amylopektin. Při dostatečné koncentraci škrobu vzniká **škrobový maz**, tvořený mnohonásobně zvětšenými škrobovými zrny, které obsahují amylopektin a zbývající část amylosy.

Pokud zahřívání pokračuje, viskozita roztoku klesá, ochlazením škrobového mazu se opět zvětšuje. Opět se tvoří vodíkové můstky mezi makromolekulami amylosy a amylopektinu. Získáváme pevnou trojrozměrnou síť s velkým množstvím vody, tzv. **škrobový gel**.

Vlastnosti gelů závisí na druhu škrobu, stupni degradace zrn, poměru amylosy a amylopektinu, teplotě, množství vody a na přítomnosti dalších složek.

Škroby, které obsahují větší množství amylosy, tvoří gely při vyšších teplotách a jsou

pevnější. Jejich pevnost stoupá s koncentrací škrobu. Rychleji u nich dochází k retrogradaci.

Škroby s větším množstvím amylopektinu tvoří gely obtížněji, jsou měkké. Při nízkých teplotách u nich po čase také dochází k retrogradaci [2].

Škrob	Teplota mazovatění v °C
Pšeničný	60–64
Žitný	57–70
Kukuřičný	62–70
Bramborový	58–66
Rýžový	68–78

Tabulka 2 Teploty mazovatění některých škrobů [12]

Retrogradace

Retrogradace je děj opačný k mazovatění. Závisí především na vlastnostech amylosy, amylopektin nemá na tento děj větší vliv.

Dochází k ní časem u zmazovatělých škrobů – u gelů i zředěných disperzí. Mezi řetězci amylosy dochází k intermolekulární asociaci pomocí vodíkových můstků, čímž zanikají vazebná místa pro molekuly vody. Gely gumovatí a zvyšuje se jejich pevnost, disperze zvyšují svou viskozitu a ztrácí vodu [2].

Retrogradace závisí na druhu škrobu, teplotě, množství vody a na dalších látkách, podobně jako mazovatění. V přítomnosti solí se urychluje, povrchově aktivní látky retrogradaci brání [15].

U gelů s obsahem vody kolem 50 % dochází k retrogradaci nejrychleji při teplotách v rozmezí od -5 °C po pokojovou teplotu. Při teplotách nižších k ní dochází velmi pomalu a při teplotě nad 65 °C k ní nedochází [2]. Má nepříznivý vliv na konzistenci pečiva při jeho skladování, snižuje stravitelnost škrobu [3]. U některých výrobců může být její účinek

pozitivní, např. u snídaňových cereálií, nebo u dehydrované bramborové kaše, kdy snižuje podíl rozpustného škrobu a zlepšuje soudržnost výrobku [16].

Změny škrobu

Působením enzymů amylas dochází k hydrolyze škrobu. Tyto enzymy ze skupiny hydrolas katalyzují štěpení glykosidické vazby mezi jednotlivými glukosami [9].

α -amylasa štěpí amylosu i amylopektin. Štěpnými produkty amylosy jsou glukosa, maltosa a dextriny (vysokomolekulární celky). Dextriny jsou látky rozpustné ve vodě, které se barví jódem dle délky svého řetězce. Zbarvení těchto látek jódem v závislosti na počtu

glukosových jednotek v řetězci je rozepsáno v tabulce 3. Kvasinky je nedokážou zkvasit, zůstávají např. v pивě, kde vznikly neúplnou enzymatickou hydrolyzou škrobu [3].

Amylopektin může štěpit od konce řetězce i za místem větvení. Větší aktivitu vyvíjí v naklíčených, nebo porušených zrnech, což může mít nepříznivý vliv na strukturu těsta. Při pečení vzniká mazlavá střída, škrob neudrží dostatečné množství vody [9].

α -amylasa je velmi termostabilní, optimální teplota pro její aktivitu je při 90 °C. Enzym je dextrinogenní. [2]

Dextriny	Počet glukosových jednotek	Zbarvení jódem
Amylodextriny	30–35	Modré
Erytodextriny	8–12	Červené
Achrodextriny	méně než 8	nebarví se

Tabulka 3 Zbarvení dextrinů jódem podle délky jejich řetězce [3]

β -amylasa štěpí řetězec amylosy od neredukujícího konce, zkracuje ho postupným odštěpováním maltosy. Je to enzym sacharogenní. Amylopektin je štěpen od redukujícího konce jen do 50–60 %. β -amylasa ho štěpí jen do místa větvení. Zbytkové produkty se nazývají limitní dextriny [2].

Aktivita tohoto enzymu je důležitá pro tzv. cukrotvornou schopnost mouky [9].

Cukrotvorná schopnost mouky je tedy schopnost tvořit maltózu působením amyláz. Vyšší maltózové číslo může mít mouka, která byla mleta z porostlého zrna, nebo nevhodně uskladňovaná [17].

Amylasy využívané v potravinářském průmyslu mají různý původ. Nejčastějším zdrojem těchto enzymů je sladová mouka z ječmene, bakterie a plísně. Tyto se pak liší svou inaktivační teplotou [2].

Suroviny pro výrobu škrobu

Dříve u nás jako hlavní surovina pro výrobu škrobu figurovaly brambory, které na prvním místě v žebříčku vystřídala pšenice [5]. Z obilnin sem také patří žito, ječmen, oves a kukuřice.

Jako zdroj škrobu se dále využívá rýže, zralá semena luštěnin (hrách, čočka, fazole), v mnoha zemích také maniok, sladké brambory, banány, jedlé kaštany, ořechy a ságo, což je dřev některých palm a cykasů [2]. Škrobnatost vybraných plodin je uvedena v tabulce 4.

Druh	Škrobnatost v %
Hrách	40
Pšenice	74
Žito	72
Ječmen	75
Kukuřice	71
Čirok	74
Rýže	89
Brambory	82

Tabulka 4 Škrobnatost některých plodin [3]

Výroba škrobu

Výroba škrobu je poměrně jednoduchá, protože škrobová zrna nejsou v buňce nijak chemicky nebo fyzikálně vázána. Základem je izolace zrn od ostatních složek buňky [5].

Ze suroviny jej lze získat po jejím rozdrcení, vypíráním vodou a oddělením na sítích nebo odstředivkách [2].

Výroba škrobu z pšenice

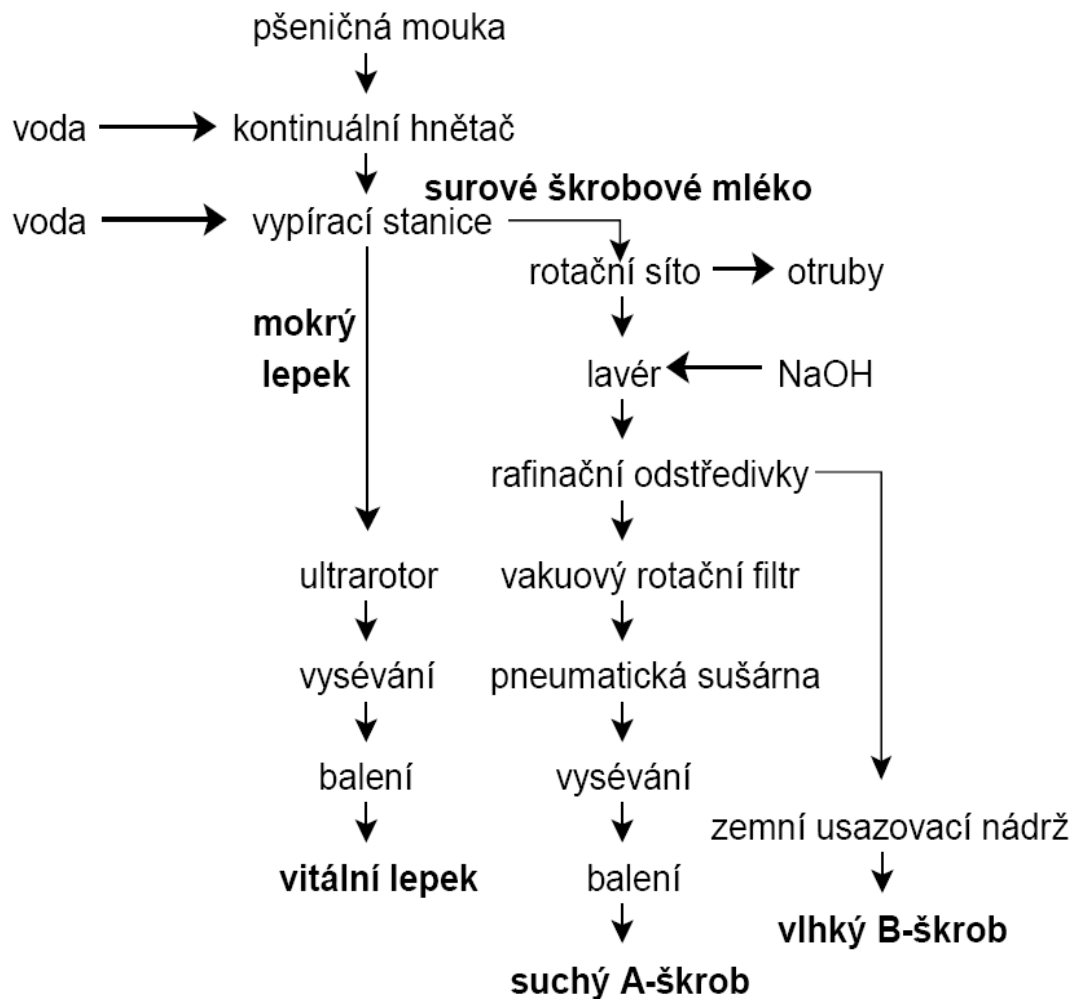
V České republice má výroba škrobu z pšenice delší tradici než výroba z brambor, přestože brambory byly až do začátku 90. let minulého století jako zdroj pro výrobu škrobu upřednostňovány. V dnešní době se u nás touto výrobou zabývají tři firmy.

Výhodou oproti výrobě škrobu z brambor je menší obsah vody, lepší skladování a celoroční provoz. Celkově se jedná o levnější surovinu. Nevýhodou je náročnější technologie (nutnost oddělení lepku a B škrobu – využití např. v lihovarnictví). Má vyšší obsah dusíkatých látek (lipoproteidů, proteinů), takže může být nevhodný pro některé typy diet. Jeho kompaktní zrna jsou méně vhodná pro výrobu některých modifikovaných a substituovaných škrobů [3].

Izolovat škrob ze pšenice lze dvěma způsoby.

- 1) **Vypíráním škrobu z hustého těsta** – z mouky a vody se v hnětači připraví těsto, nechá se 10–20 minut odležet a poté se čerpá do kontinuálního žlabového vypírače. Dochází zde k oddělení lepku od škrobu a vlákniny. Lepek je dále sušen při nízkých teplotách a dostáváme tzv. vitální lepek, který má své využití v pekařském nebo masném průmyslu. Oddělené škrobové mléko se rafinuje na systému odstředivek a odděluje se A škrob a B škrob. A škrob se dále suší a balí, B škrob se využívá při přípravě krmných sirupů nebo lihu. Nevýhodou technologie je velká spotřeba vody. Tento způsob se také nazývá Martinův způsob přípravy škrobu [3,18]. Výrobu škrobu klasickým způsobem znázorňuje schéma na obrázku 6.

- 2) **Dělením řídkého těsta** – z mouky a vody se připraví řídké těsto pomocí mixéru, přečerpá se do třífázové dekantační odstředivky a v té se dělí do tří proudů. Proud A škrobu s vlákninou putuje přes rotační síta do hydrocyklonu nebo dekantačních odstředivek. Proud B škrobu prochází přes vibrační síta také do dekantačních odstředivek nebo hydrocyklonu. Třetí proud je proud rozpustných látek. Metoda má vyšší výtěžnost A škrobu, nižší spotřebu vody a malé znečištění bakteriálního původu. Proces probíhá při tlaku až 10 MPa [3,18].



Obrázek 6 Výroba škrobu klasickým způsobem [19]

Použití škrobu

Zhruba 50 % produkce škrobů se využívá v potravinářském průmyslu, kde jsou přirozenou součástí velkého množství potravinářských komodit, kterým určují nebo ovlivňují jejich texturu a funkční vlastnosti. Slouží například jako zahušťovadla, aditiva, nosiče vonných látek atd. Jsou důležité pro výrobu modifikovaných škrobů, některých cukrů a cukerných derivátů [2].

Příklady použití v potravinářském průmyslu:

- zahušťovadla a stabilizátory instantních polotovarů,
- vodovazné prostředky kysaných výrobků,
- součást termizovaných specialit,
- stabilizátory mražených krémů,
- antikrytalizační prostředky v mražených krémech,
- regulátory distribuce vody v chlebu s delší trvanlivostí,
- zlepšovací přísada do mouk,
- zahušťovadla náplní pekařských produktů,
- náhrada želatiny v cukrářských výrobcích,
- využití čistého škrobového želé,
- význam při výrobě fondánů a kandytů,
- zahušťovadla kečupů a marmelád,
- úprava textury přesmažených výrobků,
- čištění ovocných šťáv,
- zamezují tvrdnutí cukrové moučky,
- náhrada oleje v nízkotučných majonézách,
- náhrada sacharózy při výrobě ovocných šťáv a džemů,
- nosiče vonných látek [2].

Příklady použití v ostatních průmyslových odvětvích:

- výroba papíru a textilu,
- výroba lepidel,
- výroba omítky a sádrokartonových desek,
- výroba zubních past, pudrů, suchých šamponů, pracích prostředků,
- výroba skla a keramiky,
- výroba plastů, změkčovadel, polyfenolických pryskyřic,
- výroba farmak (vit. C, antibiotika),
- výroba obalů [12].

Modifikované škroby

Nativní škrob se kvůli některým svým chemickým a fyzikálním vlastnostem (nerozpustnost ve studené vodě, vysoká viskozita škrobových mazů atd.) upravuje, aby se tyto vlastnosti omezily. Modifikované škroby lze rozdělit na škroby přeměněné, zesítené, stabilizované a jinak modifikované [2].

Přeměněné škroby jsou získávány

- 1) Kyselou hydrolyzou pomocí minerálních kyselin (HCl) nebo solí (NaCl), kdy dochází ke snížení polymeračního stupně. Tímto způsobem lze získat stálejší gely využívané hlavně při výrobě cukrovinek. Tyto škroby jsou součástí pudingových prášků [2].
- 2) Oxidací, pomocí oxidačních činidel (peroctová kyselina, chlornan sodný), kdy dochází většinou jen k odstranění barevných látek. Oxidací škrobu činidlem ve slabě alkalickém prostředí na karboxylové a ketonické skupiny vznikají stabilnější gely se sníženou tendencí k retrogradaci. Jsou využívány při výrobě cukrovinek, k obalování masa a ryb (adheze obalu je vyšší než u nemodifikovaných) [2].

- 3) Zahříváním nativních škrobů. Dochází tím k odstranění vodíkových můstků [jiný zdroj]. Získáváme žluté a bílé dextriny, které se využívají jako adhezivní látky k přípravě lesklých povrchů a nosiče koření, barviv a vonných látek [2].

Zesítené škroby vznikají:

- 1) reakcí škrobu s adipanhydridemkdy, kdy vznikají adipáty,
- 2) reakcí s oxychloridem fosforečným za vzniku fosfátů. Obě tyto skupiny látek se používají k zahušťování, stabilizaci a úpravě textury potravin [2].

Stabilizované škroby lze získat substitucí některých hydroxylových skupin polysacharidů. Dochází u nich k výraznému snížení želatinační teploty, bobtnají už ve studené vodě.

Využívají se např. jako zahušťovadla neslaných a nekyselých výrobků, v papírenském průmyslu atd. [20]. Vznikají:

- 1) estery (acetáty, sukcináty),
- 2) ethery (hydroxyalkylethery) [2].

Jinak modifikované škroby vznikají další modifikací již modifikovaného škrobu.

Například kombinací kyselé hydrolyzy a dextrinace. Dalším způsobem může být modifikace pomocí enzymů, např. pomocí pullulanasy. Vznikají tak náhražky kaseinátů v imitacích sýrů [2].

Hydrolyzáty škrobů

Hydrolyzou modifikovaného škrobů pomocí kyselin, enzymů nebo jejich kombinací vzniká řada produktů, které se používají jako sladidla, náhražky lipidů a sacharidů v

nízkoenergetických výrobcích, k výrobě dalších cukrů a jiných sloučenin [2].

Pro chemickou hydrolýzu se využívá reakce s 0,2 % HCl, při teplotách kolem 120–150 °C [12]. Při enzymové hydrolýze se využívá působení amylas mikrobiálního původu.

Výsledkem hydrolýzy je směs glukosy, maltosy, maltotriose a další glukooligosacharidů.

Stupeň hydrolýzy škrobu vyjadřujeme pomocí tzv. **glukosových ekvivalentů**, které se označují DE. Vyjadřuje obsah volné glukosy v maltose a maltotriose po přepočtu na sušinu v procentech. DE = 0 je hodnota, kterou má nativní škrob, DE = 100 má hydrolyzát, který obsahuje pouze glukosu.

Podle převládajících složek, dělíme vzniklé produkty na maltodextriny a škrobové, maltosové nebo glukosové sirupy.

- 1) **Maltodextriny** mají hodnotu $DE \leq 20$. Tyto produkty se nejčastěji suší a používají se jako látky zvyšující lesk a viskozitu výrobků, nosiče aromat, pigmentů, náhrada arabské gumy a náhrada lipidů. Také brání tvorbě krystalů ve zmrzlínách a mražených mléčných produktech.
- 2) **Škrobové sirupy** (DE = 20–38), **maltosové sirupy** (DE = 38–73) a **glukosové sirupy** (DE > 73) se používají pro výrobu cukrovinek, nealkoholických nápojů, džemů a sirupů. Slouží jako náhrada lipidů, jako surovina pro výrobu karamelů atd. [2].

VLASTNOSTI PŠENIČNÉ MOUKY

Pšenice

Pšenice je celosvětově nejdůležitější obilninou pro výživu člověka. Historicky patří mezi dominantní obiloviny tradičně využívané v Evropě společně s dalšími (žito, ječmen, oves). Během posledních pár desetiletí ale došlo k rozšíření produkce pšenice i v zemích, kde se dřív konzumovala hlavně kukuřice nebo rýže [21]. Je to nejvýznamnější pekárenská surovina a zároveň důležitá obchodní komodita [22]. Mezi největší producenty patří USA, Kanada, Rusko, Austrálie a Argentina [23].

Pšenice patří do čeledi lipnicovitých [21]. Zrna používaná pro pekárenské účely patří mezi obilky rodu *Triticum aestivum* (pšenice setá), která má mnoho odrůd a druhů. Pro výrobu těstovin se používá pšenice patřící k druhu *Triticum durum* (pšenice tvrdá). Produkce je ve srovnání s pšenicí setou výrazně menší [24].

Pšenice se dělí:

- dle času sklizně na ozimou a jarní,
- dle barvy na bílou, žlutou a červenou [25],
- dle obsahu bílkovin na tvrdou a měkkou [21].

Tvrde odrůdy pšenice seté obsahují velké množství proteinů. Ty vytváří pružný, pevný a mechanický lepek a jsou vhodné pro pekařské účely. Měkké odrůdy mají nepružný, trhavý a rozplývavý lepek a pro výrobu pekařských produktů a těstovin se moc nehodí [21].

Obilka je pluchatá jen u pšenice špaldy, jinak je nahá. Optimální doba sklizně je při malé vlhkosti zrna, na přechodu žluté a plné zralosti. Pokud se doba sklizně opozdí, dochází k sníženému množství a kvalitě lepku. Ze pšenice se vyrábí mouka, krupice, vločky, škrob, otruby atd. Surové otruby musí projít čištěním, fermentací a stabilizací. Poté vzniknou jedlé otruby, které již neobsahují inhibitory trypsinu a chymotrypsinu, které narušují hydrolýzu bílkovin a také se tímto procesem zbaví obsahu kyseliny fytové, hemaglutininů a alkylresorcinolů, což jsou látky způsobující záněty střev [23].

Pšenice tvrdá

Pšenice tvrdá (*Triticum durum*) byla vyšlechtěna ze pšenice dvouzrnky. Má větší zrna jantarové barvy s tvrdším endospermem a obsahem bílkovin min. 14 %. U nás se pěstuje většinou jarní, která má vyšší jakost. Mouka, která se z ní vyrábí, se nazývá semolina a je především surovinou pro výrobu těstovin. Semolina se také využívá pro výrobu speciálních chlebů, bulguru (využívá se podobně jako rýže a kuskus), nebo cereálií. Semolinové těstoviny se nerozvaňují a drží tvar [23,26].

Pšenice špalda

Tento druh patří mezi nejstarší pěstované obiloviny. V některých částech Evropy byla až do středověku základní surovinou. Její původ je pravděpodobně spjat s Blízkým Východem. U nás se pěstovala v 18. století a vyráběla se z ní káfovina. Poté produkce ustala až do 90. let minulého století. Od té doby se pěstitelské plochy stále rozšiřují. Lze ji pěstovat i v horších podmínkách a ve vyšší nadmořské výšce, protože není tak náročná jako ostatní druhy, díky svému mohutnému kořenovému systému. Ten jí umožňuje lepší využití živin z půdy. Jako jediná má pluchatou obilku. Před zpracováním se zrna musí loupat. Je odolnější vůči

plevelu i chorobám, proto má široké využití v ekozemědělství.

Obsahuje asi 58 % sacharidů, 17 % proteinů a 3 % lipidů.

Mezi produkty běžně vyráběné z této pšenice patří kroupy, vločky, pukance, pečivo, chleby s přídavkem špaldové mouky, křehký chléb, knackebrot, bulgur, obilná káva i špaldové pivo. Může být součástí těstovin [23,27].

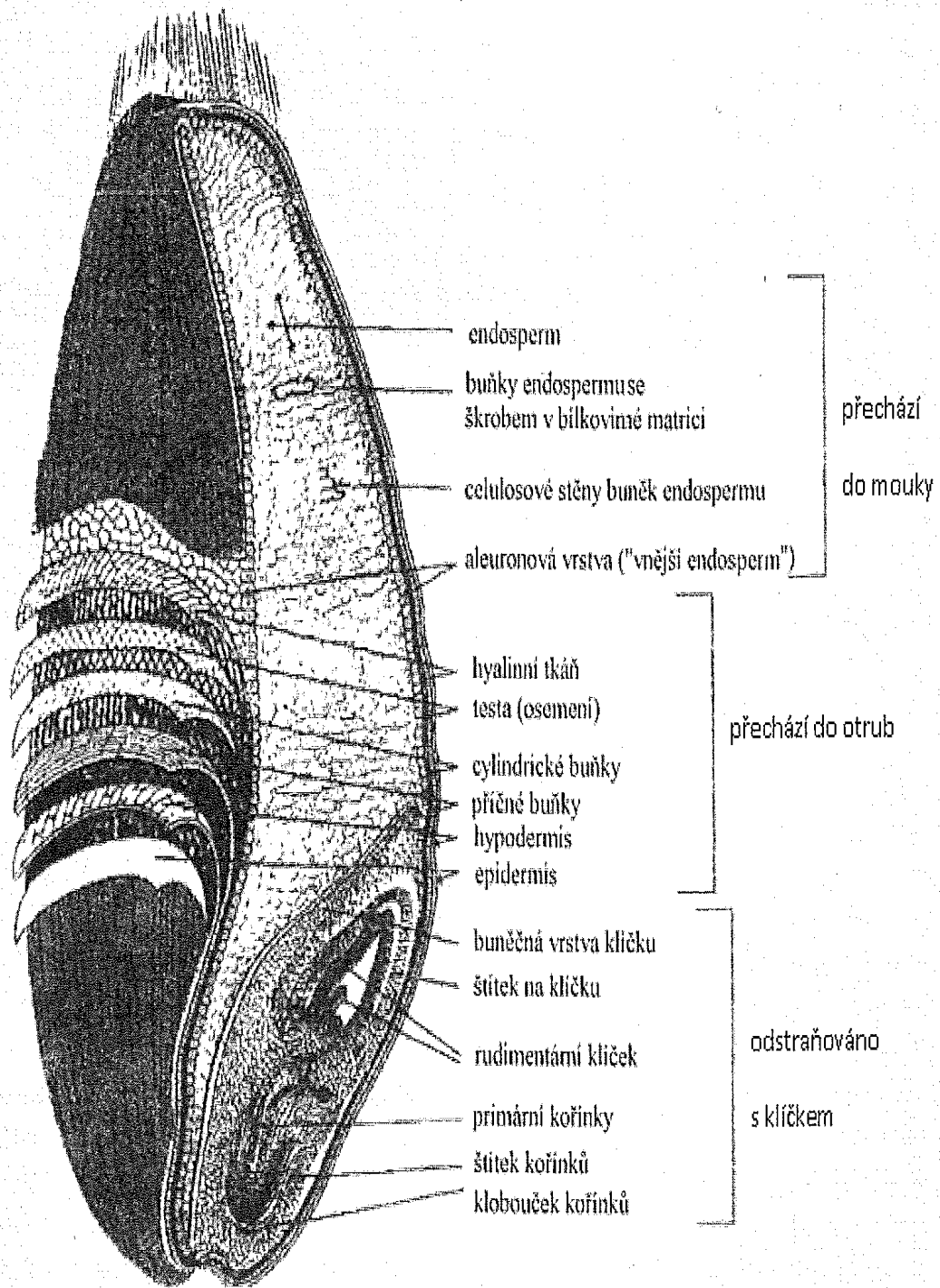
Anatomické složení zrna

Anatomická stavba zrna je u obilovin zhruba stejná. Má význam při hodnocení, skladování i zpracování zrna. Rozdíl je především ve tvaru zrn a v tom, jestli je zrna nahé nebo pluchaté. Rozměr zrna se může lišit i u jednotlivé odrůdy v závislosti na odrůdě, klimatických podmínkách a agrotechnice. Tvar pšeničného zrna je většinou kulatý až

oválný, s velikostí 5–8 mm. Podélný řez pšeničným zrnem je znázorněn na obrázku 7 [9].

Hlavní anatomické části zrna jsou

- 1) **Obalové vrstvy** (otruby, etkosperm) chrání obilku před vnějšími nepříznivými vlivy a poškozením. Vnější vrstvy tvoří hlavně nerozpustné sacharidy, podpovrchové vrstvy už jsou částečně schopny vázat vodu nebo bobtnat. Jsou zdrojem vlákniny a minerálních látek, ale mají nepříznivý vliv na kvalitu těsta [14]. Mají dvě části: oplodí, složené z pokožky, podélných buněk, příčných buněk a hadicových buněk a osemení, složené z barevné a hyalinní vrstvy. Tvoří 8–12,5 % hmotnosti zrna [22].
- 2) **Aleuronová vrstva** se nachází mezi obalovými vrstvami a endospermem. Obsahuje minerální látky, proteiny, lipidy a vitaminy. Technologicky je součástí endospermu. Tvoří 8 % hmotnosti zrna [22,29].
- 3) **Endosperm** je vnitřní obsah zrna. Je jeho největší částí a je technologicky nejvýznamnější. Tvoří ho škrob (asi 80 % podílu), dále proteiny (asi 10 % podílu). Obsah a kvalita proteinů je rozhodující pro kvalitu pšeničné mouky [29,30]. Tvoří 84–86 % zrna [22].
- 4) **Klíček** je nejmenší částí zrna. U pšenice tvoří asi 2,5 % podílu. Obsahuje lipidy, jednoduché sacharidy, proteiny, enzymy, vitaminy [22,29]. Před mletím je klíček odstraněn kvůli vysokému obsahu lipidů, které mají špatný vliv na kvalitu mouky, díky své krátké stabilitě na vzduchu a snadnému žluknutí [31]. Využití klíčku je např. jako součást krmiv [22].



Obrázek 7 Podélný řez pšeničným zrnem [23]

Chemické složení zrna

Obilné zrna obsahuje tyto základní stavební látky: sacharidy, bílkoviny, lipidy, minerální látky, vitaminy, barviva, látky s genetickou a regulační funkcí [22].

Sacharidy

Sacharidy

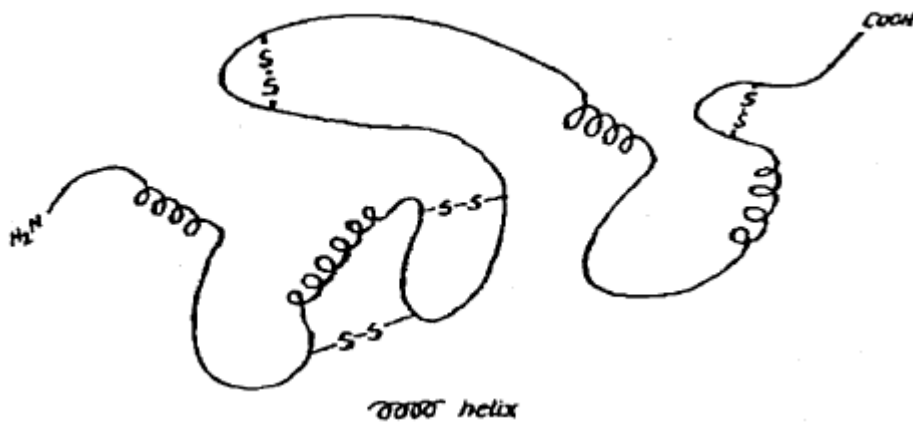
Volné monosacharidy se vyskytují hlavně v klíčku, do mouky se téměř nedostanou. Patří sem pentosy (arabiosa, xylosa, ribosa) a hexosy (glukosa, fruktosa, galaktosa, maltosa). Oligosacharidy zastupují ve velmi malém množství sacharosa a maltosa. Důležitou složkou jsou polysacharidy a to především škrob [30]. Ten má z pekařského hlediska význam při tvorbě pružného škrobového gelu, který váže vodu ve stříde a jako zdroj cukrů pro kvasinky [22]. Dále je v obalových vrstvách obsažena celulóza, lignin atd., což jsou polysacharidy nerozpustné ve vodě. U pšenice je také malý podíl pentosanů, tzv. slizových látek (1–3 %) [30].

Proteiny

Proteiny pšenice jsou velmi důležité, kvůli své schopnosti tvořit lepek (pružný gel) [23]. Nachází se především v aleuronové vrstvě a endospermu. Dominantní zastoupení, co se týká aminokyselin, má kyselina glutamová, respektive její amin – glutamin, který tvoří více než 60 % obsahu aminokyselin. Dále je to prolin (asi 10 % obsahu pšeničných aminokyselin), v malé míře lysin, threonin a tryptofan.

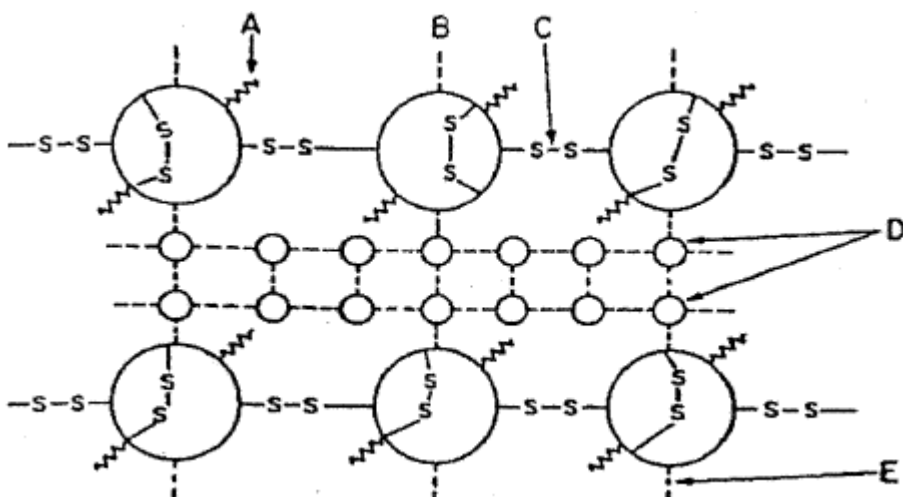
Pšenice vedle aminokyselin obsahuje dále protoplasmatické proteiny – albuminy a globuliny (stavební a katalytická funkce). U pšenice je obsah těchto proteinů asi 15–20 %. Důležité jsou zásobní proteiny, které jsou zodpovědné za technologickou, nutriční a biologickou hodnotu zrna. Patří sem prolaminy (gliadin u pšenice) a gluteliny (glutenin).

Gliadiny migrují při elektroforéze na škrobovém gelu, kde vytváří frakce charakteristické pro danou odrůdu. Této vlastnosti využíváme při zjišťování pravosti odrůd. Struktura je tvořena jediným polypeptidovým řetězcem, ve kterém se střídají krátké helixové úseky s rovnými úseky. Ty obsahují hlavně kyselinu glutamovou a prolin. Ohyby řetězce udržují pevné disulfidické můstky, jak ukazuje obrázek 8 [22]. Tato frakce je rozpustná ve zředěných roztocích alkoholů. Její molekulární hmotnost se pohybuje 30–50 kDa [32].



Obrázek 8 Schéma struktury gliadinu [22]

Gluteliny jsou vysokomolekulární frakce lepků, tvořeny směsí proteinových podjednotek. Ve struktuře se uplatňují disulfidické vazby, vodíkové můstky a hydrofobní síly. Model struktury gluteninu ukazuje obrázek 9 [22]. Frakce je rozpustná ve slabě koncentrovaných kyselinách a zásadách. Molekulová hmotnost dosahuje řádově milionů daltonů [32].



Obrázek 9 Model struktury gluteninu [22]

Lepek

Zásobní proteiny pšenice – gliadin a glutenin, jsou příčinou jejího zvláštního postavení mezi ostatními obilninami. Svými vlastnostmi se liší od ostatních proteinů jiných cereálií. Po přidavku vody a za pomoci mechanické síly (hnětení) jsou schopny tvořit pružný gel, který se nazývá lepek [28].

Množství a vlastnosti (tažnost, pružnost a schopnost bobtnat v roztoku kyseliny mléčné) lepku patří mezi hlavní kritéria pekařské jakosti pšeničné mouky. Díky gliadinu je lepek tažný, glutenin mu dodává pružnost a bobtnavost [22].

Z těsta můžeme lepek vyprat proudem vody. Dochází k postupnému vypírání rozpustných látek a škrobu z komplexu. Zbýlý produkt nazýváme mokrý lepek. Z něj můžeme dál odstředit přebytečnou vodu. Složení vypraného lepku je z 90 % proteinového původu, 8 % zabírají lipidy a 2 % sacharidy. Poměr gliadinu a gluteninu je v poměru 2:3 [9].

Lepek je gel tvořený trojrozměrnou sítí peptidových řetězců, které jsou propojeny různými vazbami. Pevnost lepku ještě zlepšují disulfidové můstky. Působením redukčních činidel se hroutí struktura lepku, pravděpodobně kvůli rozpadu gluteninových vláken. Působením oxidačních činidel se pevnost lepku ještě zvyšuje. Toho se využívá u pekařských zlepšujících prostředků [28].

Lepek se řadí mezi vážné alergeny, u postižených jedinců dochází k zánětům střevní sliznice. Porucha trávení lepku se nazývá celiakie a řeší se bezlepkovou dietou [33,34].

Lipidy

Obilné zrno má nízký obsah lipidů, který se pohybuje kolem 2 %. Vyšší podíl se nachází u kukuřice, ovsa a čiroku 4–7 %. Tuky najdeme hlavně v klíčcích a v aleuronové vrstvě. Hlavní podíl napolárních lipidů tvoří nenasycené mastné kyseliny, minimálně polovinu obsahu zastupuje esenciální kyselina linolová, v menším množství kyselina linoleová, která je také esenciální. Obě kyseliny jsou velmi náchylné ke žluknutí [22]. To způsobuje zvýšení kyselosti mouky při delším skladování. Polární lipidy jsou zastoupeny fosfolipidy, mezi další lipidy patří lipofilní barviva (hlavně karotenoidy). Vyšší obsah pigmentů je u pšenice *Triticum durum*.

Tuk klíčků je dieteticky velmi cenný, z některých se lisují oleje (např. kukuřičný olej) [9].

Vitaminy, minerální látky a minoritní složky

Endosperm obilovin je na **vitaminy** chudý. Většina je obsažena v obalových vrstvách a klíčku. Cereálie jsou zdrojem vitamínu B – thiaminu (B₁) a riboflavinu (B₂). Po vymletí v mouce zůstává jen asi 10–40 % původního obsahu. V se dále nachází kyselina nikotinová a nikotinamid. V klíčcích pšenice se také nachází tokoferol (vit. E), který se z nich izoluje při výrobě vitaminových preparátů [28].

Minerální látky jsou souhrnně nazývány popel. Je to anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu [9]. Vyšší koncentrace je v obalových vrstvách, nižší v endospermu. Tvoří ho hlavně oxid fosforečný, hořčík, železo a vápník. Obsah popela v zrně je kolem 1,2–2,5 %. V mouce jeho obsah roste se stupněm vymletí (větší podíl obalových vrstev) [28].

Mezi významné **další látky**, které jsou v obilí obsaženy v minoritním množství patří kyselina fytoová, přítomná hlavně ve formě svých rozpustných solí – fytátů. Váže na sebe molekuly železa, vápníku a hořčíku. Takto vázané látky už tělo nedokáže využít. Cholin je látka důležitá pro nervomotorickou činnost lidského organismu. Jeho dobrým zdrojem je nízkovymletá mouka. Kyselina paraaminobenzoová, která se nachází v obalových vrstvách patří mezi růstové faktory [9].

Technologie mlynářství

Asi jedna třetina vypěstované pšenice je u nás určena pro mlýnské zpracování. Je to zhruba 1,2 milionu tun ročně [28]. Klasická česká technologie mletí je odlišná od ostatních, kvůli zvláštním požadavkům na kvalitu mouky. Je složitější, zaručuje šetrné mletí a čištění krupic [22].

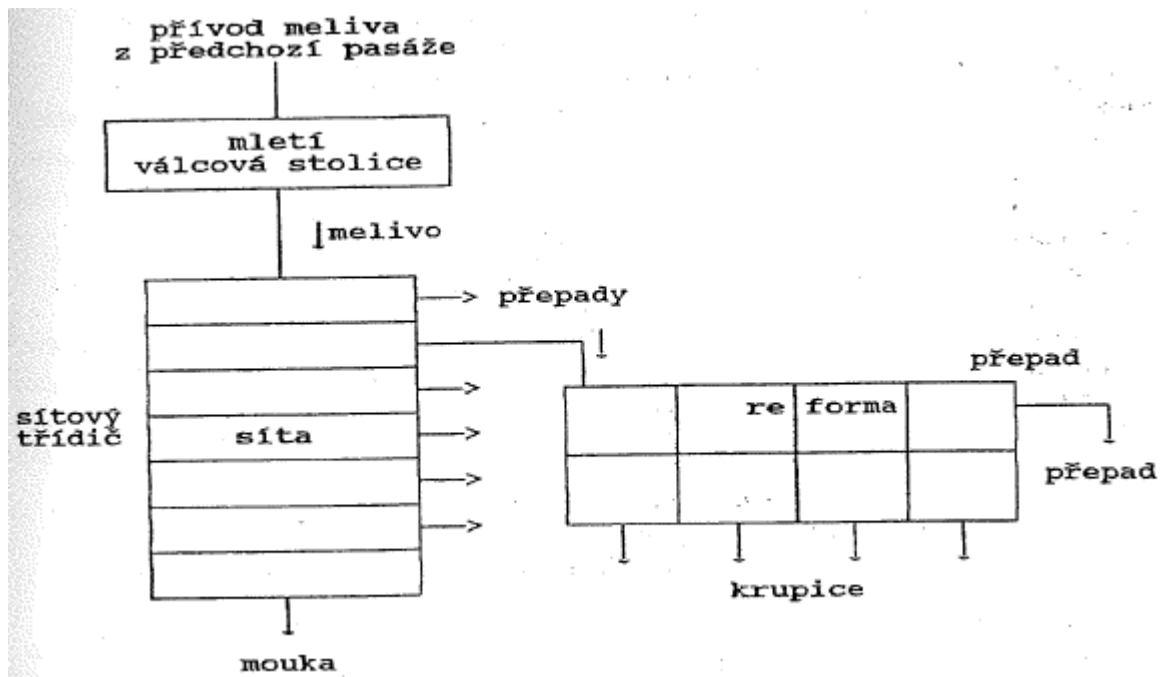
Zpracování obilí v mlynářství se skládá z těchto kroků:

- příjem obilí,
- skladování obilné masy,
- čištění a příprava na mletí,
- mletí,
- skladování a expedice výrobků [28].

Cílem mlynářské technologie je oddělit endosperm od obalových vrstev, jeho rozmělnění na předepsanou granulaci. Během mletí jde také o co nejvyšší výtěžnost endospermu.

Proces se skládá z několika kroků, které se nazývají mlecí pasáže. Schéma tohoto procesu ukazuje obrázek 10. V každé pasáži dochází k drtící operaci, následuje třídění meliva dle velikosti i jakosti. Část přepadu pokračuje na další pasáže, část na třídění krupic.

Produktem celého mlecího procesu jsou tzv. pasážní mouky – jsou to jemně granulované produkty s velikostí částic menší než 200 μm . Smíchání pasážních mouk vzniknou mouky obchodní [22].



Obrázek 10 Schéma základního uzlu jedné mlýnské pasáže [22]

Existují dva způsoby mletí mouky:

- mletí naplocho – cílem je získat co největší podíl mouky. Využívá se při mletí žita,
- mletí navysoko – cílem je získat co největší množství krupic. Využívá se při mletí pšenice [22].

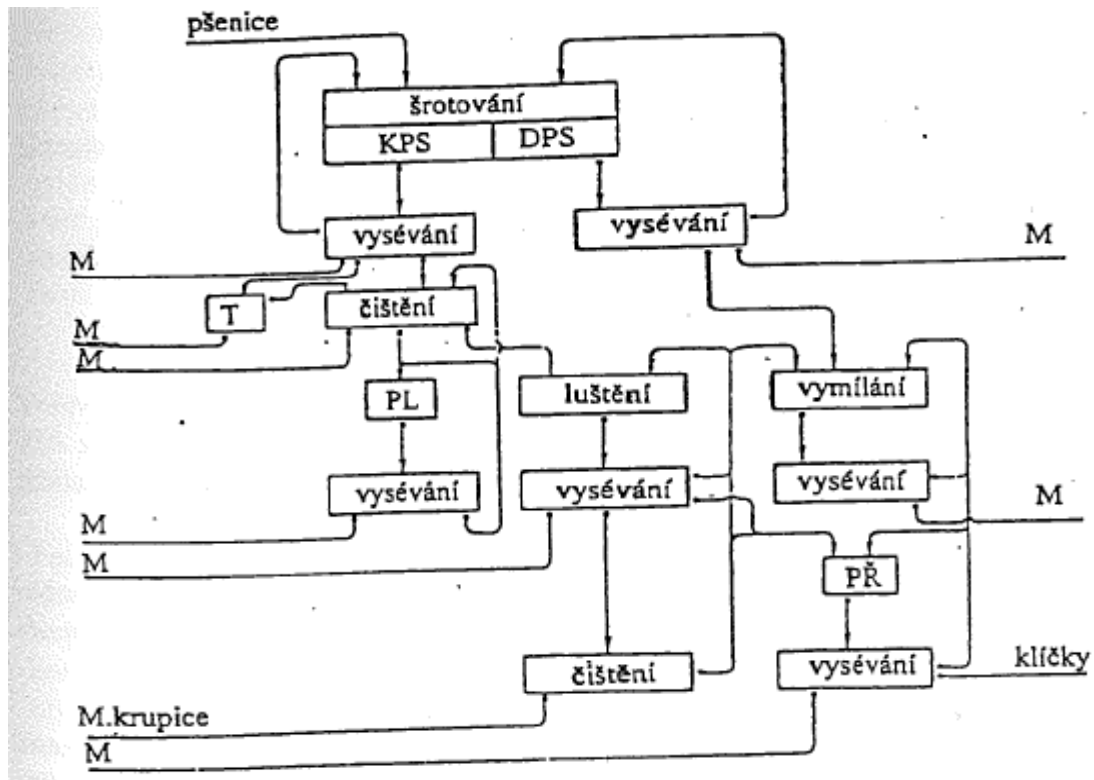
Proces dezintegrace zrn se provádí na válcových stolicích se dvěma nestejně se otáčejícími válci. Poměr otáček těchto dvou válců nazýváme předstih. Melivo se následně třídí na rovinných vysévačích [28].

Mletí pšenice se dělí do těchto etap:

- šrotování – oddělení obalových vrstev od endospermu s nízkou výtěžností pasážních mouk,
- luštění krupic – drcení vytříděných krupic,
- vymílání – drcení čistého endospermu na požadovanou granulaci.

Mlecí schéma pšenice je znázorněno na obrázku 11.

Stupeň vymletí určuje výtěžnost mouky. Udává se v procentech vůči původní hmotnosti zrna. Vyšší stupeň vymletí znamená vyšší podíl obalových vrstev a to znamená i popela v mouce. Obsah popela a granulace jsou základní kritéria charakterizace mouky [28].



Obrázek 11 Mlecí schéma pšenice [22]

KPS – krupičné pasáže šrotové, DPS - domílkové pasáže šrotové, PL – paralelní luštění, PŘ – přepadové pasáže, M – mouky, T – třídiče

Vlastnosti pšeničných mlýnských produktů

Krupice, hrubé a polohrubé mouky

Tyto mouky obsahují hlavně nepoškozený škrob a proteiny ve vysoké kvalitě. Lepek dosahuje vysoké elasticity a má nízkou tažnost. Ostatní složky jsou v poměrně malém

zastoupení, nízká je i enzymová aktivita. Obsahuje zhruba 0,35–0,55 % popela. Využívají se k výrobě těstovin a knedlíků, někdy také v cukrářské výrobě. Skládají se pouze z předních pasážních produktů [9].

Hladká mouka světlá

Škrob a proteiny lepku tvoří hlavní podíl těchto mouk. Škrob bývá jen mírně poškozený. Obsah lepku je kolem 30 %, někdy má tendenci ke zvýšené elasticitě. Obsah popela se pohybuje mezi 0,5 - 0,6 %. Převažují přední pasážní produkty. Tyto mouky se využívají v pekárenství hlavně pro výrobu běžného pečiva, jemného pečiva a trustových chlebů [9].

Hladká mouka polosvětlá

Škrob a proteiny lepku tvoří hlavní podíl těchto mouk. Škrob bývá jen mírně poškozený. Obsah lepku je kolem 30 %, někdy má tendenci ke zvýšené elasticitě. Obsah popela se pohybuje mezi 0,5–0,6 %. Převažují přední pasážní produkty. Tyto mouky se využívají v pekárenství hlavně pro výrobu běžného pečiva, jemného pečiva a trustových chlebů [9].

Hladká mouka chlebová

Podíl nelepkových a méně kvalitních proteinů je vyšší než u předchozích. Obsah lepku je vyšší (i nad 35 %), ale kvalita je nižší. Je málo pružný. Mouky pochází hlavně ze středních a zadních pasáží, kde byly vystaveny větší námaze – důsledkem je i vyšší poškození škrobu. Objevují se zde i neškrobové polysacharidy. Mají také vyšší podíl popela, kolem 0,8–1,15 %. Využívá se společně s žitnou moukou při výrobě chleba [9].

Krmné produkty

Do této skupiny se řadí krmné mouky a otruby, které se skládají především z obalových částí s malým množstvím endospermu. Obsah popela krmné mouky je 3–5 %, obsah

škrobu mezi 30–40 %. Získává se ze zadních pasáží.

Otruby jsou části slupek, zachycených na třídících zadních pasáží. Obsah popela je 5–7 %.
Můžou se využívat i jako nutriční fortifikanty v pečivu nebo chlebu [9].

HODNOCENÍ TECHNOLOGICKÉ KVALITY PŠENIČNÉ MOUKY

Technologická kvalita zrna obilovin je daná především geneticky, jakost konkrétní pšenice však ovlivňuje i prostředí, tj. počasí, způsob hnojení i agrotechnické postupy [35].

Pšenici setou, ze které se vymílá pšeničná mouka, můžeme rozdělit na tvrdou a měkkou odrůdu. Tvrdá pšenice je surovinou pro mouku, která obsahuje víc bílkovin. Využívá se pro výrobu kynutých těst. Tvoří pevnější těsto, které dokáže udržet plyn vytvořený kvasinkami. Měkká pšenice poskytuje mouky s jemnější strukturou a menším podílem proteinů. Je vhodná pro výrobu sušenek a oplatků [36].

Mezi běžné požadavky na kvalitu mouky vzhledem k jejímu technologickému použití patří: vlhkost mouky, obsah popela a lepku, číslo poklesu, vaznost, sedimentační test a objemová hmotnost [37]. V tabulce jsou uvedeny obvyklé hodnoty pro běžné pekařské mouky (T 530 – hladká světlá Speciál, T 650 – polosvětlá, T 1000 – chlebová) [9].

	T 530	T 650	T 1000
Vlhkost (%)	14,0–14,8	14,0–14,8	13,5–14,5
Popel (%)	0,55–0,58	0,63–0,70	1,00–1,10
Lepek (%)	28–33	30–35	35–40
Číslo poklesu (s)	200–300	200–300	200–300
Vaznost (%)	55–60	55–60	*

Tabulka 5 Obvyklé hodnoty základních jakostních parametrů běžných pekařských mouk [9]

Vysvětlivky: * hodnotu pro tento parametr zdroj neuvádí

Povolené parametry pro obsah popela a vlhkost mouky jsou dány zákonem. Povolené limity a optimální hodnoty pro ostatní ukazatele jsou předmětem podnikových specifikací a smluv mezi mlýny a pekárny. Předpoklady pro dosažení jakosti se začínají tvořit už v obilném síle, ne až ve mlýně.

Z analytických ukazatelů má velký význam vlhkost, obsah popela a mokrého lepku [9].

Vlhkost

Vlhkost mouky má dopad na ekonomické ukazatele, proto bývá často důvodem sporu mezi pekárny a mlýny. Pokud se vlhkost mouky drží v přijatelných hranicích, má příznivý vliv na výtěžnost těst při jejich výrobě. Vyšší vlhkost může způsobit problémy při skladování mouky. S vysokou vlhkostí se totiž zhoršují sypné vlastnosti.

Vlhkost souvisí s procesem nakrápění a odležení. Pokud tento proces, v důsledku tlaku odběratelů neproběhne optimálně, dochází ke zhoršení jakosti mouky [9].

Vlhkost je vlastně úbytek hmotnosti vzorku, ke kterému dojde za podmínek metody. Má význam také při zpracování pšenice, protože souvisí s chemickými přeměnami v zrně, které ovlivňují jeho konečné vlastnosti. Obsah vody má také vliv na aktivitu plísní i ostatních mikroorganismů. Optimální vlhkost pšeničné mouky je 14,5 %, maximální hranice obsahu vlhkosti je 15 %.

Základní metodou stanovení vlhkosti v potravinářství je sušení vzorku v elektrické sušárně při 130 °C. Mezi další způsoby patří např. elektrometrické metody, které měří elektrickou vodivost nebo dielektrickou konstantu, která se mění s obsahem vody [36].

Obsah popela

Obsah popela je charakteristickou veličinou, která určuje příslušný druh a typ mouky.

Obsah popela nemá u pekařské mouky větší přímý význam, ovlivňuje pouze barvu.

Charakterizuje frakce ze kterých se daná mouka skládá, čímž ji ovlivňuje nepřímo [9].

Popel je množství minerálních látek, které zůstane po spálení zkušební vzorku za podmínek metody. Obsah popela je také ukazatelem efektivnosti procesu mletí. Vyšší obsah popela znamená vyšší podíl minerálních látek a tím i vyšší nutriční přínos. V praxi se využívá NRI spektroskopie. Při ní se pro kalibraci jako referenční metoda využívá spalování za daných podmínek [36].

Obsah mokrého lepku

Obsah mokrého lepku v pšeničné mouce se v našich končinách pohybuje mezi 30–36 %. V poslední době se stále zvyšuje, přesto nedosahuje špičkových standardů USA, Kanady atd. [21].

Stanovuje se vypíráním ze vzorku standardně připraveného pšeničného těsta. V praxi se využívá pro jeho stanovení také NIR spektroskopie. Ta však přináší výsledky s nižší přesností než např. při zjišťování obsahu proteinů.

Existuje vztah mezi obsahem mokrého lepku a objemem pečiva. V těstě tento komplex nerozpustných pšeničných proteinů tvoří pružnou trojrozměrnou síť, která dokáže zvětšit jeho objem vlivem kvasných plynů [36].

Významným kritériem je tedy vedle obsahu mokrého lepku také jeho bobtnavost. Je to vlastně nárůst objemu čistého mokrého lepku v roztoku kyseliny mléčné [21].

Číslo poklesu

Číslo poklesu nám udává do jaké míry byl poškozen škrob a aktivita přítomných amyláz. Aktivita těchto enzymů má význam na kvalitu těsta a pekařských výrobků. Nízké číslo poklesu ukazuje na lepivé a těžko zpracovatelné těsto, které má horší kvalitu střídy.

Při této metodě se měří doba poklesu standardního tělíska ve vodné suspenzi mouky, kdy v ní dochází k rychlému mazovatění a poté ke ztekucení škrobu pomocí α -melasy obsažené ve vzorku mouky. Využívá se tělískový viskozimetr [36].

Poškození škrobu a amyláz souvisí s tím, jestli byla zrna v době sklizně porostlá (naklíčení nebo aktivace enzymů při vyšší vlhkosti) [21].

Vaznost mouky

Vaznost mouky je charakterizována množstvím vody, které na sebe mouka naváže při vyhnětení těsta za standardní konzistence. Vyjadřuje se v % na mouku. V laboratorních podmínkách se zjišťuje na farinografu. Je to přístroj, na kterém je uvedená uzanční

stupnice od 0 do 1000 farinografických, nebo také Brabenderových (konstruktér a výrobce přístroje) jednotek. Standardní konzistence těsta, na které se vztahuje vaznost je při 500 B.J.

Vaznost mouky se pohybuje v rozmezí 52–56 %. Vaznost má také vliv na výtěžnost těsta i výrobků. Výtěžnost těsta zjistíme součtem $100 + \text{vaznost mouky} + \text{recepturní dávka všech složek v \% na mouku}$. Ze vztahu vyplývá, že výsledek je vždy vyšší než 100, u našich mouk se běžně pohybuje mezi 140–160 % [21].

Sedimentační test

Sedimentační neboli Zelenyho test určuje viskozielastické vlastnosti lepku. Pro pšenici pekárenskou jsou hodnoty určeny min. 30 ml a pro pšenici pečivárenskou jsou určeny hodnoty max. 25 ml [38].

Je charakterizován objemem sedimentu mouky, získaným ze suspenze dané mouky a roztoku kyseliny mléčné za určitý čas, při podmínkách daných metodou [8].

Objemová hmotnost

Je poměr hmotnosti zkoušené obiloviny k objemu, který zaujímá po volném nasypání do nádoby, ve které pokus probíhá, za přesně stanovených podmínek. Udává se v $\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ [37].

POŽADAVKY NA JAKOST PŠENIČNÉ MOUKY

Smyslové požadavky na pšeničnou mouku

Barva pšeničné mouky má být bílá s nažloutlým odstínem, pšeničná chlebová je bílá se žlutošedým nebo našedlým odstínem. Barva pšeničné celozrnné mouky má odstín načervenalý až tmavočervený nebo nahnědlý díky většímu obsahu popela [22].

Chuť mouky je charakteristická, slabě nasládlá. U více vymletých mouk může být díky většímu obsahu povrchových částí mírně natrpklá až slabě nahořklá. Nesmí být hořká, kyselá, mýdlovitá, zatuchlá nebo plesnivá.

Vůně je charakteristická pro danou plodinu. Nesmí být zatuchlá, cítit po plísních nebo chemikáliích [23].

Pekárenská jakost

Vlastnosti pšeničné mouky, které ovlivňují jakost chleba jsou schopnost těsta tvorby plynu (vytvořit určité množství oxidu uhličitého) a síla mouky (schopnost tvorby těsta, které je může zadržet vzniklý oxid uhličitý) [20].

Jakostní skupina	E - elitní		A - kvalitní		B - chlebová	
	absolutně	Body 9–1	absolutně	Body 9–1	absolutně	Body 9–1
Objemová výtěžnost (ml)	549	8	513	6	477	4
Obsah dusíkatých látek (%)	12,6	6	11,8	4	11,1	2
Sedimentační test (ml)	50,7	7	45,9	5	41,0	3
Číslo poklesu (sec.)	240	6	200	4	160	2
Objemová hmotnost (g·l ⁻¹)	790	7	780	6	760	4
Vaznost mouky (%)	58,7	7	55,5	5	53,9	4

Tabulka 6 Minimální požadavky na zařazení odrůd do skupiny pekařsky využitelných pšeníc [39]

Jakostní skupina E je pšenice ve všech znacích vynikající. Toleruje se u ní nižší výnos, slouží k vylepšení suroviny.

Jakostní skupina A je ve všech parametrech vyhovující.

U jakostní skupiny B se předpokládá, že v nepříznivých letech nesplní parametry pro pekárenskou pšenici. Některý její parametr může být na hranici [40].

PRAKTICKÁ ČÁST

CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo stanovit obsah amylosy a amylopektinu ve vzorcích škrobu. Nejdříve byla vypracována literární rešerše, která charakterizovala škrob a vlastnosti pšeničné mouky. Následně bylo provedeno vlastní stanovení modifikovanou metodou Con A vyvinutou Yunem a Mathesonem.

METODIKA A MATERIÁL

Charakteristika analyzovaných vzorků

Škrob pro následnou analýzu byl získán ze vzorků mouky firmy Penam a.s. Celkem bylo získáno 100 vzorků mouky. Kvůli nedostatku reakčních činidel z důvodu finanční náročnosti bylo analyzováno jen 42 z nich.

Současně se vzorky škrobu získané z mouky byly analyzovány vzorky referenčního škrobu, který byl součástí soupravy kitů značky MEGAZYM.

Vlastní stanovení amylosy ve vzorcích škrobu

Princip

Vzorky škrobů se kompletně rozptýlí zahřátím v dimethylsulfoxidu (DMSO). Lipidy se odstraní vysrážením škrobu v etanolu a obnoví se vysrážený škrob. Po rozpuštění vysráženého vzorku v roztoku acetátu/soli se amylopektin specificky vysráží přidáním Con A a odstraní se odstředěním. Amylosa se v alikvotním podílu supernatantu enzymaticky hydrolyzuje na glukózu, která se analyzuje pomocí glukoso-oxidasové/peroxidasové (GOPOD) reagentie. Celkové škroby se v separátním alikvotním podílu roztoku acetátu/soli obdobně hydrolyzují na glukózu a měří se kolorimetricky pomocí glukoso-oxidasy/peroxidasy. Koncentrace amylosy ve vzorku škrobu se odhaduje jako podíl GOPOD absorpance supernatantu Con A vysráženého vzorku ke GOPOD absorpaci celkovému škrobu ve vzorku při 510 nm.

Souprava reagentů

Souprava pro analýzu obsahovala tyto reagentie:

- lyofylovaný Con A (200 mg),
- amyloglukosidasa plus fugální α -amylasa,

- GOPOD reakční pufr (pufr fosforečnanu draselného, p-hydroxybenzoová kyselina a azid sodný),
- GOPOD reakční enzymy (glukoso-oxidasa/peroxidasa a 4-aminoantipyrin),
- standardní roztok D-glukosy,
- referenční vzorek škrobu.

Pufry a rozpouštědla:

- pufr s acetátem sodným (100mM, pH 4,5),
- koncentrované rozpouštědlo Con A (600mM, pH 6,4).
- Con A rozpouštědlo,
- dimethylsulfoxid (DMSO).

Postup

A) Předběžné ošetření škrobu

Pro analýzu bylo do 10ml šroubovatelné KIMAX vzorkovací zkumavky naváženo 20–25 mg vzorku mouky a škrobu s přesností na 0,1 mg a hmotnost byla zaznamenána. Ke vzorku byl do zkumavky přidán 1 ml DMSO a zkumavka byla míchána při nízké rychlosti na vortex mixéru. Poté byla zkumavka uzavřena a obsah byl zahříván ve vroucí vodě, dokud vzorek nebyl zcela rozpuštěn. Poté byl vzorek ve zkumavce intenzivně míchán na vortex

mixéru při vysoké rychlosti a pak byl opět ponořen do vroucí lázně po dobu 15 minut za občasného vysokorychlostního míchání na vortex mixéru.

Následně byl vzorek ve zkumavce ponechán při laboratorní teplotě po dobu asi 5 minut. Poté k němu bylo přidáno 2 ml 95% etanolu za stálého míchání na vortex mixéru. V dalším kroku byly ke vzorku přidány další 4 ml etanolu, zkumavka byla uzavřena a promíchána obrácením. Následně byla zkumavka ponechána 24 hodin. stát, aby se vytvořila pevná sraženina.

Zkumavka byla odstředěna při 5000 g po dobu 10 minut, supernatant byl odstraněn a

zkumavka se sušila asi 10 minut za pomoci papírového ručníku, dokud nebyl odstraněn všechn ethanol. Vzniklá tableta škrobu byla využita pro stanovení amylosy.

K tabletě škrobu byly přidány 2 ml DMSO za jemného míchání na vortexu. Zkumavka byla umístěna do vroucí lázně po dobu asi 15 minut, až zde nebyla žádná želatina. Při vyjmutí zkumavky z lázně byly ihned přidány 4 ml rozpouštědla Con A, obsah byl promíchán a kvantitativně převeden do 25ml odměrné baňky. Obsah byl zředěn na 25 ml pomocí Con A rozpouštědla a byl filtrován přes filtrační papír Whatman č.1. Tímto postupem vznikl roztok A.

B) Con A precipitace amylopektinu a stanovení amylosy

Do 2ml Eppendorf mikrofugační zkumavky byl přenesen 1 ml roztoku A. Bylo přidáno 0,5 ml Con A roztoku, zkumavka byla uzavřena a protřepána opatrným obracením. Zkumavka byla ponechána 1 hodinu při laboratorní teplotě a poté odstředěna při 14000 g po dobu 10 minut v mikrofuze při laboratorní teplotě.

1 ml supernatantu byl přenesen do 15 ml centrifugační zkumavky. Byly přidány 3 ml 100 mM pufru s acetátem sodným (pH 4,5). Tím se snížilo pH na 5. Obsah byl promíchán a zahříván 5 minut ve vroucí lázni. Tím došlo k denuraci Con A.

Zkumavka byla umístěna do lázně při 40 °C po dobu 5 minut. K obsahu byl přidán 0,1 ml enzymatické směsi amyloglukosidasy/ α -amylasy a celý obsah byl inkubován při

40 °C po dobu 30 minut. Poté byla zkumavka odstředěna při 2000 g po dobu 5 minut.

K 1 ml alikvotního podílu supernatantu byly přidány 4 ml GOPOD reagentie. Zkumavka byla inkubována při 40 °C po dobu 20 minut. Souběžně byl inkubován slepý reagenční vzorek a glukosová kontrola.

Pro vzorky byla odečtena absorbance při 510 nm proti slepému vzorku.

C) Stanovení celkového škrobu

0,5 ml roztoku A bylo smícháno se 4 ml 100mM pufru s acetátem sodným (pH 4,5). Ke směsi byl přidáno 0,1 ml roztoku amyloglukosidasy/ α -amylasy a byla inkubována při

40 °C po dobu 10 minut. Alikvotní podíly 1,0 ml roztoku byly přeneseny do skleněných testovacích zkumavek, byly přidány 4 ml GOPOD činidla a zkumavky byly promíchány. Zkumavky byly inkubovány při 40 °C po dobu 20 minut. Následně byla měřena absorbance při 510 nm proti slepému vzorku.

Vzorky byly měřeny v duplikátech.

Výpočet a vyjádření výsledku

Obsah amylosy byl vypočítán podle tohoto vzorce:

$$\text{Amylosa} (\%) = \frac{A_{510} \cdot 6,15}{A_{510} \cdot 6,15 + A_{510} \cdot 9,2} \cdot 100 \quad (1)$$

Kde 6,15 a 9,2 jsou ředící faktory pro Con A a celkové extrakty škrobů.

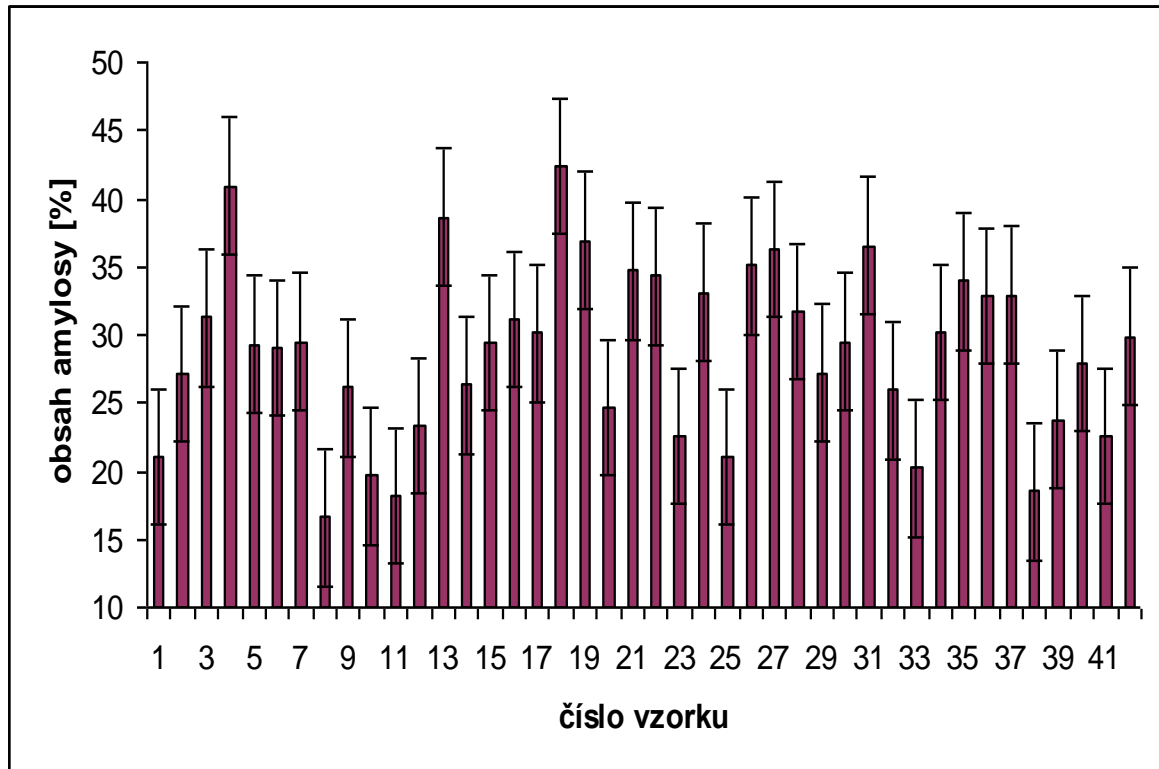
Obsah amylopektinu byl vypočítán podle tohoto vzorce:

$$\text{Amylopektin} (\%) = \frac{X}{100} \cdot 100 \quad (2)$$

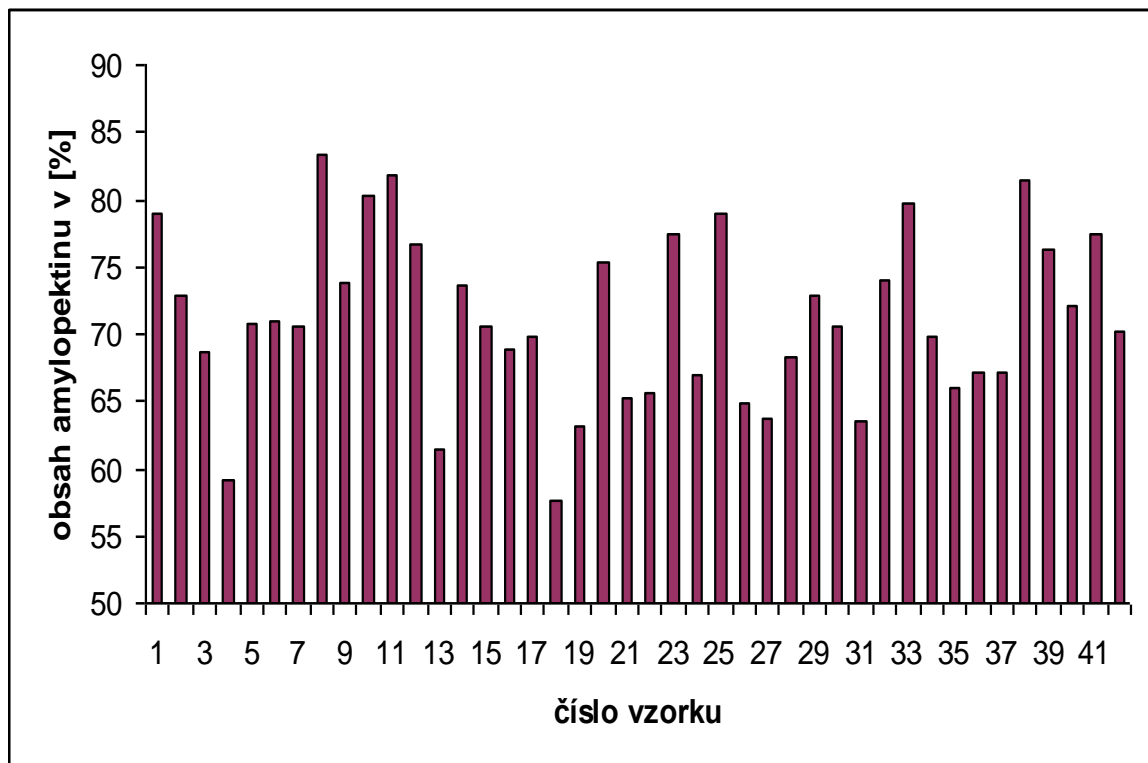
Kde X je obsah amylosy v %.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Obsah amylosy byl ve vzorcích mouky stanoven enzymatickou analýzou a byl vypočítán podle vzorce (1). Výsledky jsou uvedeny v příloze P1 a pro větší přehlednost také v grafu na obrázku 12. Obsah amylopektinu byl stanoven dle vzorce (3). Výsledky jsou uvedeny v příloze P2 a také v grafu na obrázku 13.

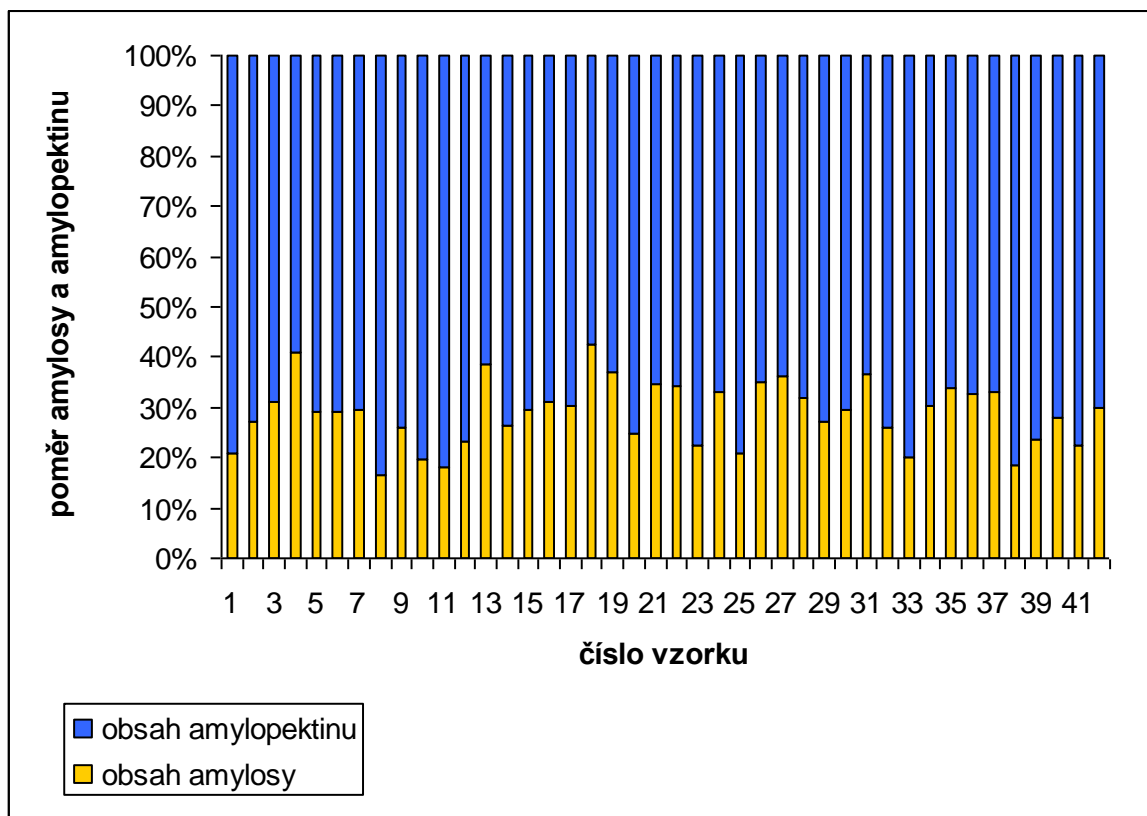


Obrázek 12 Obsah amylosy ve vzorcích mouky



Obrázek 13 Obsah amylopektinu ve vzorcích mouky

Na obrázku 14 lze vidět poměr amylosy a amylopektinu v jednotlivých vzorcích.



Obrázek 14 Poměr amylosy a amylopektinu ve vzorcích

Průměrná hodnota obsahu amylosy ve škrobu pšeničných mouk se dle zdroje [41] pohybuje v rozmezí 24–29 %. Toto rozmezí splnily pouze vzorky 2, 6, 9, 14, 15, 20, 32 a 40. Průměrná naměřená hodnota ve všech vzorcích byla 21,03 %. Hodnoty kolísaly mezi 18,2 % u vzorku č.11 a 42,4 % u vzorku č.18 (viz příloha P1). Obsah amylopektinu se pohyboval v rozmezí 57,6–83,4 %. Jeho celkový průměrný obsah byl 71,14 %.

Směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí 0,1 % –10,8 %. Hodnota udávaná výrobcem pracovních kitů, firmou Megazyme, pro cereální škroby (10 %) byla dodržena, rozmezí hodnot bylo však poměrně velké. Vzorky 1, 5 a 10 byly měřeny ve třech opakováních. Vzorky 17, 27 a 37 byly měřeny ve dvou opakováních. Podle Šimkové, Papouškové [41] se s vyšším počtem opakování měření snižuje chyba měření. Tato skutečnost nebyla v diplomové práci ověřena, jak lze vidět z tabulek 7 a 8. Směrodatná odchylka při třech opakováních se pohybovala v rozmezí 3,9–3,2 %, při dvou opakování se hodnota pohybovala v rozmezí 1,1–1,5 % (viz tabulky 7 a 8). Tato

skutečnost ale mohla být dána nepřesným měřením. Podle [41] je metoda vhodná pro stanovení velmi odlišných odrůd s čímž lze pro nákladnou analýzu nevhodnou pro běžné plošné stanovení souhlasit.

Číslo vzorku	Směrodatná odchylka (%)
1	3,89
5	3,18
10	3,96

Tabulka 7 Směrodatná odchylka při třech opakování

Číslo vzorku	Směrodatná odchylka (%)
17	1,10
27	1,10
37	1,51

Tabulka 8 Směrodatná odchylka při dvou opakování

Amylosa je v pekařském těstě zodpovědná za tvorbu pevného gelu, který se tvoří při ochlazování produktů. Amylopektin ve vodném prostředí nabobtná, u amylosy dojde k rozpuštění a rozptýlení do gelu. Škrobový gel je nositelem vláčnosti a vody ve střídě pekařských produktů. Mouky s vyšším obsahem amylosy tvoří pevnější gely, které jsou ovšem náchylnější k retrogradaci, což má za následek rychlejší tvrdnutí pečiva. Při nižších teplotách totiž dochází k uvolňování vody v důsledku opětovného uspořádání amylosových řetězců a po delší době také amylopektinové struktury [42]. U vzorků s vyšším obsahem amylosy (vzorek č. 3, 13 a 18) může dojít k nižší stravitelnosti škrobu v důsledku pozitivní korelace mezi obsahem rezistentního škrobu a obsahem amylosy [43]. Vlivem vlastností škrobu na jeho stravitelnost se ve svých pracích zabývali i Yoo *a kol.* [44] a Parada *a kol.* [45]. Obě studie shodně uvádí, že vliv na stravitelnost škrobu má stupeň želatinace škrobu.

Parks a Baik [46] sledovali vliv obsahu amylosy v pšeničné mouce na zpracování a texturní vlastnosti instantních nudlí. Zjistili, že těstoviny vyrobené z mouky s vyšším obsahem amylosy snadněji přijímaly při vaření vodu, byly tvrdší a doba vaření byla delší. Tzv. waxy pšenice, pšenice s velmi malým množstvím amylosy, vyžadovaly krátkou dobu vaření a nevznikal zbytečný odpad z materiálu. Při výrobě těstovin jsou tudíž vhodnější mouky s nižším obsahem amylosy, kdy nedochází k rychlé retrogradaci.

Jedním z ukazatelů při hodnocení pekařské kvality mouky je schopnost tvorby kypřících plynů, která souvisí s dobrým stavem amylaso-škrobového komplexu. Výrobky, které jsou kypřené biochemicky, vyžadují mouku s obsahem jednoduchých sacharidů. Ty jsou přítomny v mouce a také vznikají působením amylolytických enzymů. Optimální jsou tedy mouky, které nemají předem narušené velké množství škrobových makromolekul [42].

Obsah amylosy ve škrobu je ovlivněn hlavně genotypem. Burešová *a kol.* [47] sledovali obsah amylosy v závislosti na počasí. Ve své práci uvádí, že při vyšších teplotách byl obsah amylosy v pšeničném škrobu vyšší. Míša *a kol.* [48] sledovali obsah amylosy v jarním a ozimém ječmeni v závislosti na způsobu technologie pěstování, především na míře intenzity použití fungicidů a herbicidů. Podle výsledků jejich studie technologie pěstování neměla na obsah amylosy větší vliv.

Poměr amylosy a amylopektinu ve škrobu ovlivňuje jeho vlastnosti – vyšší obsah amylopektinu zvyšuje viskozitu roztoku škrobu, jeho bobtnavost a lepivost.

ZÁVĚR

Škrob je zásobní polysacharid rostlin. Skládá se ze dvou složek – lineární amylosy a rozvětveného amylopektinu. Mezi významné vlastnosti škrobu patří retrogradace a mazovatění. Běžným zdrojem škrobu jsou brambory, pšenice a kukuřice. Ze surovin se získává vypíráním nebo dělením řídkého těsta. Využití škrobu v potravinářství, tak jako i v jiných průmyslových odvětví je široký. Využívá se např. jako stabilizátor a aditivum. Vhodnými úpravami získáváme látky s pozměněnými vlastnostmi – modifikované škroby.

Poměr obsahu amylosy a amylopektinu ve škrobu rostlin je různý v závislosti na druhu plodiny. Obsah amylosy se pohybuje mezi 84 % u hrachových škrobů po 25 % u většiny ostatních škrobů. U pšeničného škrobu se tedy běžně uvádí hodnota 25 % obsahu amylosy a 75 % obsahu amylopektinu.

Pšenice je celosvětově významnou plodinou pro lidskou výživu. Obilka se skládá z klíčku, endospermu a obalových vrstev. Pšeničná mouka jako produkt mlynářství se vyrábí převážně z endospermu. Endosperm obsahuje hlavně škrob a proteiny. Pšeničné proteiny mají schopnost s vodou tvořit pružný gel – lepek. Vlastnosti lepku ovlivňují kvalitu pekárenských výrobků. Mezi technologické parametry mouky patří vlhkost, obsah lepku a popela, vaznost a objemová hmotnost.

V diplomové práci byl obsah amylosy a amylopektinu stanoven pomocí metody Con A vyvinuté Yunem a Mathesonem. Obsah amylosy se pohyboval v rozmezí 18–42 %. Obsah amylopektinu se pohyboval v rozmezí 57–83 %.

Směrodatná odchylka u této metody uváděná výrobcem u stanovení škrobů cereálních mouk je uváděna cca 10 %. Tato hodnota byla splněna.

Poměr těchto dvou látek ovlivňuje schopnost škrobu tvořit gely. Škroby s větším obsahem amylosy tvoří pevnější gely při vyšších teplotách. Škroby s větším obsahem amylopektinu tvoří měkkí gely, které jsou méně náchylné k retrogradaci. Vzorčky mouky s vyšším obsahem amylosy by byly vhodné pro pekárenské účely – amylosa je nositelem vlhkosti a pružnosti těsta. Vzorčky s nižším obsahem amylosy jsou vhodné pro výrobu těstovin z důvodu pomalé retrogradace. Poměr amylosy a amylopektinu odpovídal běžně uváděnému 1:3.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Pěstování brambor pro výrobu škrobu* [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://is.muni.cz/www/2893/Slechta_Pestovani_brambor_pro_vyrobu_skrobu.pdf
- [2] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. 1.vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3
- [3] *Historie výroby škrobu*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://portalpotravinysvehlova.cz/Module.aspx?id=82>
- [4] DUDÁŠ, F. *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1981. 07-083-81
- [5] KUČEROVÁ, J. *Technologie sacharidů*. 2. vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 96 s. ISBN 978-80-7375-114-2
- [6] DAVÍDEK, J., HAJŠLOVÁ, J., POKORNÝ, J., VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1991. 142 s. ISBN 80-7080-097-6
- [7] *Starch*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.lsbu.ac.uk/water/hysta.html>
- [8] SMITH, A. *The biosynthesis of starch granules institut*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/iabs10.1021bm000133c>
- [9] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie. 1*. 1. vyd. Praha: Vasoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. 202 s. ISBN 80-7080 530-7
- [10] ČERNÝ, M., TRNKA, T. *Sacharidy 1*. 1. vyd. Praha: PDS, 1995. 70 s. ISBN 80-901304-4-5
- [11] *Amylosa* [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002_v1/hesla/amylosa.html
- [12] *Průmyslové využití škrobu*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Skrob.htm>
- [13] BOHAČENKO, I. *Distribuce velikosti škrobových zrn pšeničných škrobů průmyslově vyráběných v České republice* [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupný z:
http://www.cukr-listy.cz/on_line/2011/PDF/197-200.pdf

- [14] BUBNÍK, Z., ŠÁRKA, E., *Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnosti využití pšeničného B-škrobu*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://www.chemicke-listy.cz/docsfull2010_05_318-325.pdf
- [15] SOBOLEVSKA, J. FORTUNA, T. *Retrogradation of starches and maltodextrins of origin various*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://www.food.actapol.net/pub/6_1_2010.pdf
- [16] KARIM., A., NORZIAH, C, *Methods for the study of starch retrogradation*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814600001308>
- [17] DODOK, L. *Chémia a technológia trvanlivého pečiva*. 1. vyd. Bratislava : ALFA, 1988. 300 s. 063-037-87
- [18] *International starch institut* [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.starch.dk/isi/starch/tm33wheat.asp>
- [19] *Výroba a zpracování škrobu*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupný z:
<http://web.ft.utb.cz/cs/docs/08-technologie-skrobu-vyrobky.pdf>
- [20] DRDÁK M., STUDNICKÝ, J. MÓROVÁ, E. KAROVIČOV8, J. *Základy potravinářských technologií*. 1. vyd. Bratislava: MALÉ CENTRUM, 1996. 512 s. ISBN 80-967064-1-1
- [21] ČEPIČKA, J. a kol. *Obecná potravinářská technologie*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1995. 246 s. ISBN 80-7080-239-1
- [22] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií* 1. vyd. Brno: Ediční středisko, 2004. 141 s. ISBN 978-80-7157-811-6
- [23] BULKOVÁ, V. *Rostlinné potraviny*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. 162 s.
- [24] *Šlechtění rostlin*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupný z:
<http://www.biocentrum.zf.jcu.cz/docs>
- [25] KUBICOVÁ, D. a kol. *Náuka o poživatinách*. 1. vyd. Martin: Osveta, 2004. 200 s.

ISBN 80-8063-165-4

- [26] *Durum wheat*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.minotmilling.com/durum/durum.html>
- [27] *Spelt*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.enotes.com/topic/Spelt>
- [28] KADLEC, P. a kol. *Technologie potravin 1*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2002. 300 s. ISBN 80-7080-509-9
- [29] *Obiloviny*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://portalpotravinysvehlova.cz/Module.aspxid=18.docx>
- [30] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Co byste měli vědět o výrobě potravin*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing s.r.o., 2009. 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4
- [31] *Bezpečnost potravin: mouka*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://eagri.cz/public/web/mze/potravinysvehlova.cz/Module.aspxid=18.docx>
- [32] *Kvalita obilnin*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html
- [33] *Vlastnosti pšenice*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://portalpotravinysvehlova.cz/Module.aspxid=19.doc>
- [34] GREEN, P., CELLIER. CH. *Celiac disease*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra071600>
- [35] JIRSA, O., POLIŠENSKÁ I, PALÍK, S. Kvalita potravinářských obilovin. *Obilnářské listy*. 2011, roč. 19, č. 3-4, str. 53 – 58. ISSN 1212-138X.
- [36] *Vlastnosti pšeničné mouky*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://potravinarsky-technolog.webnode.cz>
- [37] *Přehled charakteristik jakostních ukazatelů*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z: http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=104

- [38] HUBÍK, K. Technologická jakost zrna potravinářské pšenice. *Obilnářské listy*. 1996, roč. 5, č.1, str. 6-9. ISSN 1212-138X
- [39] *Výživa a kvalita obilovin*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitex/thnojeni_plodinpdfvyziva_a_kvalita_obilnin.pdf
- [40] PRUGAR, J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2
- [41] ŠIMKOVÁ, D., PAPOUŠKOVÁ, L. *Enzymatické stanovení obsahu amylozy/amylopektinu ve vzorcích odrůd ozimé pšenice a škrobu z odrůd brambor pro průmyslové využití*. [on line]. [cit. 2012-31-7]. Dostupné z:
<http://www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/47932.aspx>
- [42] SLUKOVÁ, M. *Kvalitativní ukazatele pšenice a pšeničných mouk*. [on line]. [cit. 2012-31-7]. Dostupné z:
http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf
- [43] SINGH, J., DARTOIS, A., KAUR, L. Starch digestibility in food matrix : a review. *Trend in Food Science and Technology*, 2010, roč. 21, str. 168 - 180. ISSN 0924-2244.
- [44] YOO, S.H., PERERA, C., SHEN, J. F., YE, L.Y., SUH, D.S., JANE, J.L. Molecular Structure of Selected Tuber and Root Starches and Effect of Amylopectin Structure on Their Physical Properties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2009, roč. 57, č.4, str. 1556 – 1564. ISSN 0021- 8561.
- [45] PARADA, J., AGUILERA, J..M. In vitro Digestibility and Glycemic Response of Potato Starch is Related to Granule Size and Degree of Gelatinization. *Journal of food science*, 2009, roč. 74, č. 1, str. 34 – 38. ISSN 1750-3841
- [46] PARK, C.S., BAIK, B.K. Significance of amylose content of wheat starch on processing and textural properties of instant noodles. [on line]. [cit. 2012-31-7]. Dostupný z:

<http://ukpmc.ac.uk/abstract/AGR/IND43717654/reload=0;jsessionid=AT2etmv2L OjI4BomWRGw.0>

- [47] BUREŠOVÁ, I., SEDLÁČKOVÁ, I., FAMĚRA, O., LIPA VSKÝ, J. *Effect of growing conditions on starch and protein content in triticale grain and amylose content in starch*. [on line]. [cit. 2012-31-7]. Dostupný z: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/31995.pdf>
- [48] MÍŠA, P., SEDLÁČKOVÁ, I., LIPA VSKÝ, J. Jarní a ozimý ječmen pro nepotravinářské využití – výsledky ověřování modelových technologií pěstování. *Obilnářské listy*, 2009, roč. 17, č. 2, str. 7 – 11. ISSN 1212-138X.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

B.J	Brabenderova jednotka
°C	stupeň celsia
Con A	conkavalin A
DE	glukosový ekvivalent
DMSO	dimethylsulfoxid
g	gram
GOPO	Glukosooxidáza/peroxidáza
D	
ha	hektar
hl	hektolitr
HCl	kyselina chlorovodíková
kDA	kilodalton
kg	kilogram
l	litr
max	maximálně
mg	miligram
min	minimálně
ml	mililitr
mM	milimol
mm	milimetr
Mpa	megapascal
NaCl	chlorid sodný
NIR	blízké infračervené záření
nm	nanometr

sec sekunda

t tuna

vit vitamín

μm mikrometr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vzorec amylosy.....	13
Obr. 2 Vzorec amylopektinu.....	14
Obr. 3 Tvar škrobových zrn brambory.....	15
Obr. 4 Tvar škrobových zrn pšenice.....	16
Obr. 5 Tvar škrobových zrn kukuřice.....	16
Obr. 6 Výroba škrobu klasickým způsobem.....	23
Obr. 7 Podélný řez pšeničným zrnem.....	31
Obr. 8 Schéma struktury gliadinu.....	33
Obr. 9 Model struktury gluteninu.....	33
Obr. 10 Schéma základního uzlu jedné mlýnské pasáže.....	36
Obr. 11 Mlecí schéma pšenice.....	38
Obr. 12 Obsah amylosy ve vzorcích.....	52
Obr. 13 Obsah amylopektinu ve vzorcích.....	53
Obr. 14 Poměr amylosy a amylopektinu ve vzorcích.....	54

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Výnosy amylosy z jednotlivých plodin.....	14
Tab. 2 Teploty mazovatění některých škrobů.....	19
Tab. 3 Zbarvení dextrinů jodem podle délky jejich řetězce.....	20
Tab. 4 Škrobnatost některých plodin.....	21
Tab. 5 Obvyklé hodnoty základních jakostních parametrů běžných pekařských mouk.....	40
Tab. 6 Minimální požadavky na zařazení odrůd do skupiny pekařsky využitelných pšenic.....	44
Tab. 7 Směrodatná odchylka při třech opakování.....	55
Tab. 8 Směrodatná odchylka při dvou opakování.....	55

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P1 Obsah amylosy ve vzorcích

PŘÍLOHA P2 Obsah amylopektinu ve vzorcích

PŘÍLOHA P I: OBSAH AMYLOSY VE VZORCÍCH

Číslo vzorku	Průměrný obsah amylosy (%)	Směrodatná odchylka	Číslo vzorku	Průměrný obsah amylosy (%)	Směrodatná odchylka
1	21,03	4,29	22	34,33	8,34
2	27,10	2,96	23	22,54	7,50
3	31,28	6,82	24	33,14	8,56
4	40,93	8,22	25	21,03	9,92
5	29,31	0,20	26	35,06	0,83
6	29,03	0,33	27	36,24	3,20
7	29,49	9,12	28	31,71	3,17
8	16,59	6,73	29	27,23	1,61
9	26,11	4,58	30	29,50	4,98
10	19,63	1,03	31	36,55	7,50
11	18,17	3,62	32	25,95	4,06
12	23,29	10,84	33	20,21	7,05
13	38,62	8,69	34	30,18	2,65
14	26,33	2,22	35	33,93	0,78
15	29,47	1,20	36	32,82	0,07
16	31,17	0,74	37	32,92	10,20
17	30,13	8,64	38	18,49	3,75

18	42,35	3,83	39	23,79	2,94
19	36,94	8,66	40	27,95	3,82
20	24,69	7,06	41	22,55	5,18
21	34,67	0,24	42	29,87	6,33

Průměrný obsah amylosy je 21,03%.

PŘÍLOHA P II: OBSAH AMYLOPEKTINU VE VZORCÍCH

Číslo vzorku	Průměrný obsah amylopektinu (%)	Směrodatná odchylka	Číslo vzorku	Průměrný obsah amylopektinu (%)	Směrodatná odchylka
1	78,97	4,67	22	65,67	4,82
2	72,9	4,33	23	77,46	9,92
3	68,72	3,98	24	66,86	1,39
4	59,07	2,35	25	78,97	1,10
5	70,69	1,53	26	64,94	4,24
6	70,97	8,12	27	63,76	0,02
7	70,51	2,46	28	68,29	4,99
8	83,41	2,26	29	72,77	9,13
9	73,89	0,72	30	70,5	3,26
10	80,37	1,27	31	63,45	2,16
11	81,83	6,92	32	74,05	6,18
12	76,71	0,60	33	79,79	0,78
13	61,38	1,20	34	69,82	0,83
14	73,67	1,29	35	66,07	1,51
15	70,53	1,10	36	67,18	7,57
16	68,83	6,17	37	67,08	4,82
17	69,87	10,57	38	81,51	3,82
18	57,65	7,06	39	76,21	2,43
19	63,06	0,49	40	72,05	5,49
20	75,31	1,48	41	77,45	7,06
21	65,33	3,85	42	70,13	5,59

Průměrný obsah amylopektinu je 71,14%.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na zjištění obsahu amylosy a amylopektinu ve škrobu pomocí modifikované metody Con A vyvinuté Yunem a Mathesonem. Teoretická část se zabývá charakteristikou škrobu a základními informacemi o pšeničné mouce a její jakosti.

Klíčová slova: škrob, amylosa, amylopektin, pšenice, kvalita

ABSTRACT

This diploma work deals with the content of amylose and amylopektin in starch using a modified method Con A developed by Yune and Matheson. The theoretical part deals with the characteristics of starch and basic information about wheat flour and its quality.

Keywords: starch, amylose, amylopektin, wheat, quality

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé diplomové práce Mgr. Monice Dvořákové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady v průběhu mé práce.

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

OBSAH

1 CHARAKTERISTIKA ŠKROBU	11
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ŠKROBU	11
1.2 ŠKROBOVÁ ZRNA.....	14
1.3 VLASTNOSTI ŠKROBU	17
1.3.1 MAZOVATĚNÍ.....	17
1.3.2 RETROGRADACE	18
1.4 ZMĚNY ŠKROBU	19
1.5 SUROVINY PRO VÝROBU ŠKROBU	20
1.6 VÝROBA ŠKROBU.....	20
1.6.1 VÝROBA ŠKROBU Z PŠENICE	21
1.7 POUŽITÍ ŠKROBU	22
1.7.1 MODIFIKOVANÉ ŠKROBY	24
1.7.2 HYDROLYZÁTY ŠKROBŮ	25
2 VLASTNOSTI PŠENIČNÉ MOUKY	27
2.1 PŠENICE.....	27
2.1.1 PŠENICE TVRDÁ	28
2.1.2 PŠENICE ŠPALDA	28
2.2 ANATOMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA	28
2.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA	30
2.3.1 SACHARIDY	31
2.3.2 SACHARIDY	31
2.3.3 PROTEINY	31
2.3.3.1 Lepek	33
2.3.4 LIPIDY	33
2.3.5 VITAMINY, MINERÁLNÍ LÁTKY A MINORITNÍ SLOŽKY	34
2.4 TECHNOLOGIE MLYNÁŘSTVÍ.....	34
2.5 VLASTNOSTI PŠENIČNÝCH MLÝNSKÝCH PRODUKTŮ	37
2.5.1 KRUPICE, HRUBÉ A POLOHRUBÉ MOUKY	37
2.5.2 HLADKÁ MOUKA SVĚTLÁ	38
2.5.3 HLADKÁ MOUKA POLOSVĚTLÁ.....	38
2.5.4 HLADKÁ MOUKA CHLEBOVÁ.....	38
2.5.5 KRMNÉ PRODUKTY	38
3 HODNOCENÍ TECHNOLOGICKÉ KVALITY PŠENIČNÉ MOUKY.....	39
3.1 VLHKOST	40

UTB ve Zlíně, Fakulta technologická	79
3.2 OBSAH POPELA.....	40
3.3 OBSAH MOKRÉHO LEPKU	41
3.4 ČÍSLO POKLESU	41
3.5 VAZNOST MOUKY	41
3.6 SEDIMENTAČNÍ TEST	42
3.7 OBJEMOVÁ HMOTNOST	42
4 POŽADAVKY NA JAKOST PŠENIČNÉ MOUKY	43
4.1 SMYSLOVÉ POŽADAVKY NA PŠENIČNOU MOUKU.....	43
4.2 PEKÁRENSKÁ JAKOST	43
5 CÍL PRÁCE	46
6 METODIKA A MATERIÁL	47
6.1 CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH VZORKŮ.....	47
6.2 VLASTNÍ STANOVENÍ AMYLOSY VE VZORCÍCH ŠKROBU	47
7 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	52

ÚVOD

Cereálie patří mezi důležité zdroje obživy člověka. Lidé se pěstováním těchto kulturních plodin zabývají už téměř 12 000 let. První archeologické výzkumy, které dokládají pěstování obilovin, pochází už z období neolitu. Další zmínky pochází ze staré Babylónie, Egypta a Číny. Z Asie a ze Středomoří se pak dostaly až do Evropy.

K nejdůležitějším obilninám, které se u nás využívají, patří pšenice a žito, což jsou tzv. chlebové obilniny. Dále se sem řadí rýže, kukuřice, ječmen, oves, proso atd. Jejich plodem je až na výjimky (pohanka) obilka a patří mezi traviny (*Gramineae*).

Obiloviny jsou důležitým zdrojem především sacharidů, protože zhruba 60–70 % jejich složení tvoří škrob. Také jsou zdrojem proteinů (8–13 %), lipidů (1–5 %), vitaminů, minerálních látek a vlákniny. Obsah těchto posledních látek je ale snižován odstraňováním těch částí obilky, ve kterých se nacházejí. Dochází k tomu při úpravách zrna před samotným mletím, aby se nesnížila kvalita mouky a výrobku.

Škrob je zásobní polysacharid rostlin se širokým využitím v různých průmyslových odvětvích. Největší využití má v potravinářském a papírenském průmyslu. Celosvětově převažuje produkce kukuřičného škrobu. Díky snadné odbouratelnosti a díky tomu, že nemá negativní dopad na životní prostředí, se v poslední době stává více a více využívanou surovinou. V Evropě se ročně vyrobí 7–9 milionů tun škrobu ročně, zdrojem je kukuřice, brambory a pšenice.

TEORETICKÁ ČÁST

CHARAKTERISTIKA ŠKROBU

Škrob je zásobním polysacharidem rostlin, který si ho tvoří v průběhu fotosyntézy a který jim slouží jako pohotovový zdroj energie. Jeho základní stavební složkou je glukosa [1]. V rostlinách se nachází ve formě škrobových zrn, neboli škrobových granule, což jsou nerozpustné micely s daným tvarem a rozměrem, který závisí na druhu a genetické odrůdě rostliny.

Nachází se především v plastidech – organelách cytoplasmy, ve speciálních buňkách v kořenech, hlízách a semenech a v menším množství také v pletivech rostlin, v chloroplastech [2]. Technologicky zajímavý je především škrob hlíz a semen, mezi kterými je ale podstatný rozdíl, co do vlastností škrobových zrn. Škrob hlíz se nachází v těch částech rostlin, které obsahují velké množství vody. Taková zrna jsou velká, polydisperzní, s volným vstupem vody dovnitř a ven. Škrob semen se nachází v částech rostlin s malým obsahem vody a tyto škrobová zrna jsou malá, monodisperzní, s pomalým vstupem vody [3].

V naturálním stavu je to bílý, hydrokopický prášek. Ve studené vodě je nerozpustný, tvoří v ní suspenze (tzv. škrobové mléko) [4].

Škrob lze rozdělit do těchto skupin: bramborový, pšeničný, kukuřičný a ostatní [5].

Chemické složení škrobu

Škrob se skládá ze dvou D-glukanů – amylosy a amylopektinu [6].

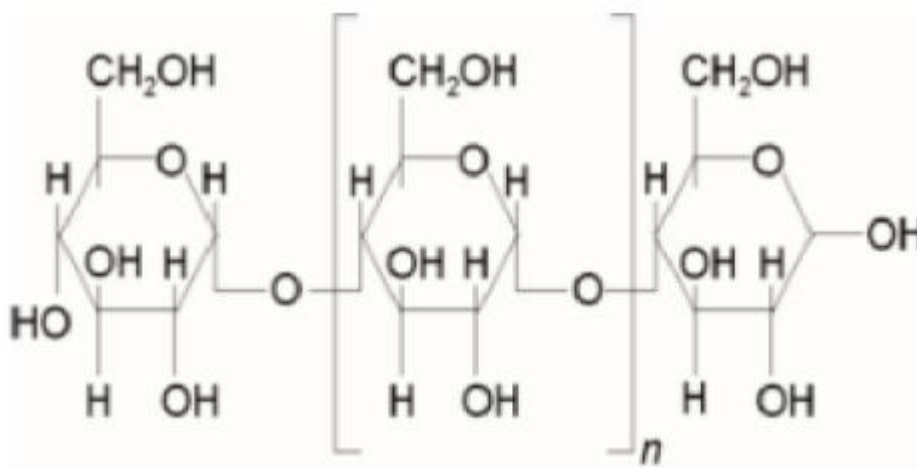
Amylosa je lineární složkou škrobu. Je složena z molekul glukosy, spojených $\alpha - 1,4$ glykosidickou vazbou. Sekundární struktura je tvořena šroubovicí – helixem, který je v prostoru lineární. Šroubovice má pevný tvar, závit je zpevněn vodíkovými můstky [7,8]. Jeden závit šroubovice je tvořen 6ti jednotkami glukosy. Amylosa má dva redukující konce, které jsou schopny chemické reakce [9].

Je nerozpustná ve studené vodě, v horké vodě se rozpouští [1]. Rychlým ochlazením

teplého roztoku amylosy vznikají gely, pomalým ochlazením pak shluky nerozpustných micel [10].

Je směsí polymerů s různým stupněm polymerace. Obsahuje 1000 (škrob obilovin) až 4500 (škrob brambor) glukosových jednotek. Stavební jednotkou je disacharid maltosa [2]. Vzorec amylosy je na obrázku 1.

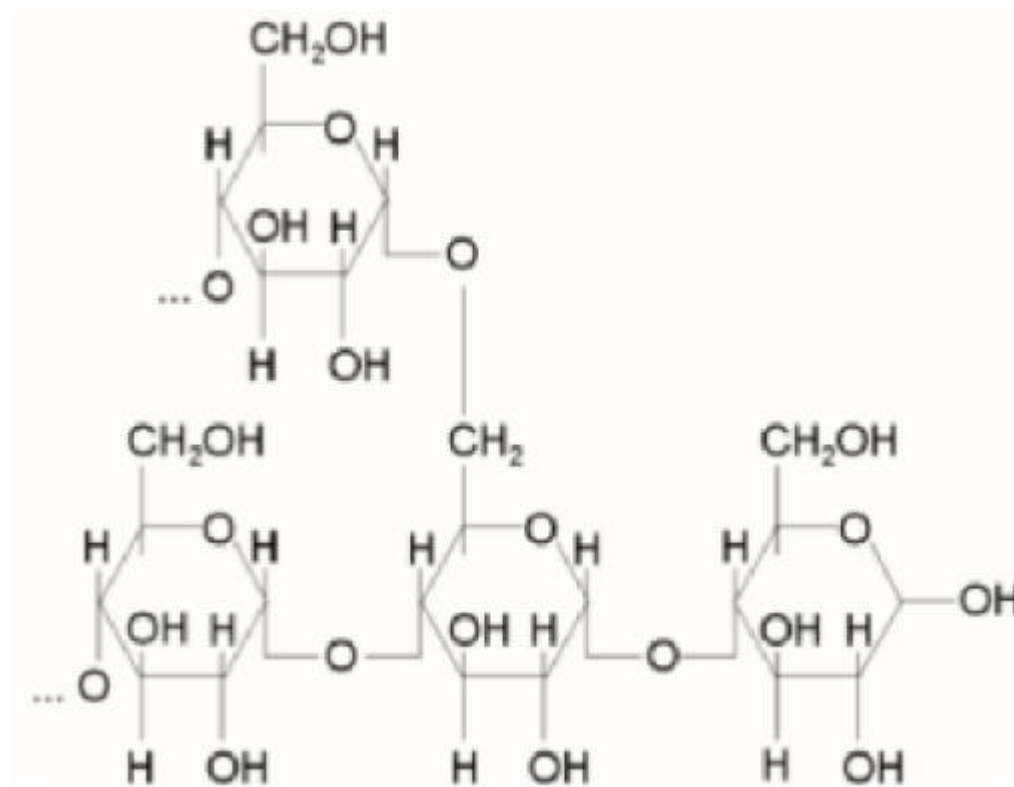
Reakcí s jodem tvoří amylosa modré komplexy, přičemž jsou molekuly jodu uzavřeny uvnitř šroubovice [11].



Obrázek 12 Vzorec amylosy [12]

Amylopektin je složkou škrobu s rozvětveným řetězcem. Hlavní řetězec je tvořen glukosovými jednotkami, spojenými vazbou $\alpha - 1,4$ a postranní řetězce jsou tvořeny vazbou $\alpha - 1,6$ [7]. Tyto řetězce se vyskytují průměrně po 25 jednotkách glukosy [2]. Kvůli svému větvení netvoří šroubovice. Vzorec amylopektinu je na obrázku 2 [10].

Obsahuje 50 000 až 1 000 000 jednotek glukosy. V molekule je jen jeden redukující konec [2]. Je lépe rozpustný ve studené vodě, v horké vodě se nerozpouští [10]. V reakci s jodem tvoří fialové komplexy. Obsahuje malé množství kyseliny fosforečné vázané esterickou vazbou [3].



Obrázek 13 Vzorec amylopektinu [12]

Poměr amylosy a amylopektinu ve škrobu je obvykle 1:3 [2]. Tento poměr ale neplatí vždy, jak je patrné z tabulky 1. Například obsah amylosy v bramborovém škrobu a u cereálií je asi 24 %, u dřeňových hrachů až 84 %. Poměr amylosy a amylopektinu ovlivňuje chemické a fyzikálně chemické vlastnosti škrobu [12].

Druh	Výnos (t·ha ⁻¹)	Amylóza ve škrobu (%)	Výnos amyλόzy (t·ha ⁻¹)
Pšenice	5–7	25	0,75–1,05
Kukuřice	5–7	25	0,83–1,13
Brambory	30–40	25	1,35–1,18
Hrách	4–6	50–80	1,00–2,20

Tabulka 9 Výnos amylosy z jednotlivých plodin [12]

Škrobová zrna

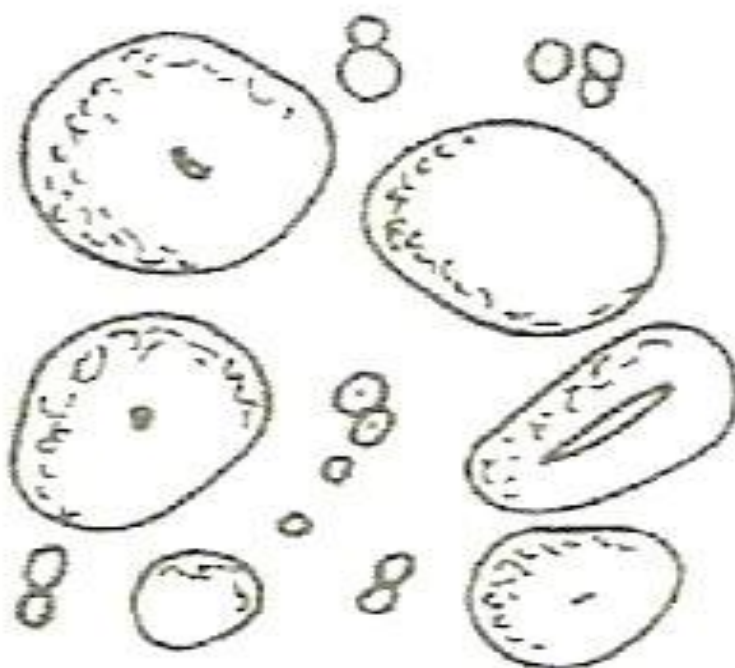
Škrob se v rostlinách vyskytuje ve formě škrobových zrn. Jejich velikost a tvar závisí na druhu plodiny [13]. Zrno vzniká postupným ukládáním vrstev kolem jednoho nebo více jader, přičemž jádro může být umístěno excentricky nebo centricky [3].

Bramborový škrob má vejčité až lasturovitě zrna o velikosti 10–140 μm a excentricky uložené jádro. Tvar zrn bramborového škrobu znázorňuje obrázek 3 [3].



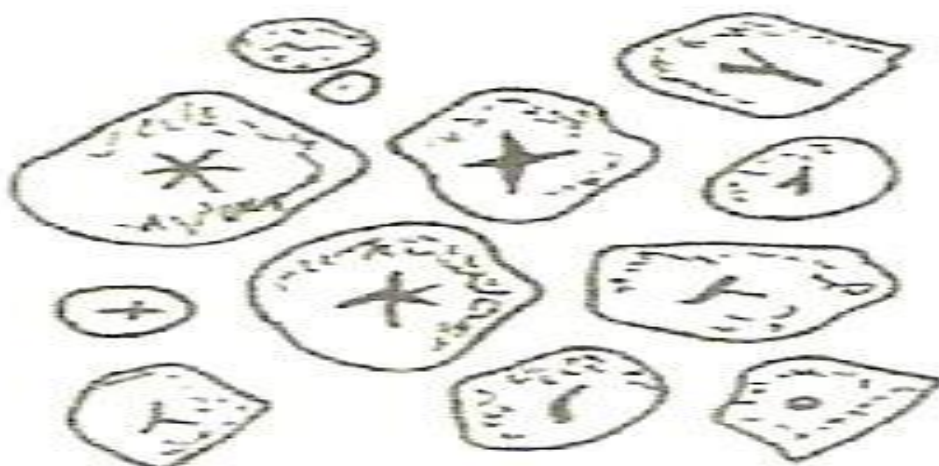
Obrázek 14 Tvar škrobových zrn brambory [3]

Pšeničný škrob má dva druhy zrn. Tzv. A škrob má velikost cca 10–40 μm a B škrob má velikost asi 2–10 μm . Malá zrna tvoří tzv. jádrový škrob. Oba mají kulatý tvar, jak je vidět na obrázku 4 [3].



Obrázek 15 Tvar škrobových zrn pšenice [3]

Kukuřičný škrob má okrouhlý až hranatý tvar. Častá je vzduchová bublina, od které se rozbíhají prasklinky ve tvaru hvězdy. Velikost složených zrn škrobu je 50 μm , jednoduchých zrn 5–30 μm . Tvar těchto zrn je k vidění na obrázku 5 [3].



Obrázek 16 Tvar škrobových zrn kukuřice [3]

Obecný model škrobového zrna je tvořen molekulami amylopektinu, které jsou uspořádány tak, že směřují od středu na obvod – radiálně. Molekuly amylopektinu tvoří tvar disku, jeho povrch tvoří neredukující konce. Struktura střední části řetězců a neredukujících konců je uspořádaná, krystalová [14]. Tvoří asi 30 % zrna [5].

V oblasti větvení, kde se vyskytuje amylopektin zároveň s amylosou, je struktura neuspořádaná, amorfni. Obě struktury se pravidelně střídají. V závislosti na krystalinitě zrn rozeznáváme 4 polymorfni formy škrobu: A, B, C a V [2].

Forma A je nejstabilnější, vyskytuje se u cereálních škrobů. Je tvořena dvěma dvojitými šroubovicemi ve tvaru helixu, které vytvářejí kanál. Mezi nimi je vázaná voda [14].

Forma B je nejméně stabilní. Tvoří ji jeden dvojitý helix, uvnitř kterého se nachází molekuly vody. Tato forma škrobu se vyskytuje u kořenové zeleniny, brambor a vysoce amylosových obilnin [2,14].

Forma C se nachází v luštěninách a **forma V** v želatinovaných škrobech.

Amylosa tvoří levotočivé helixy v amorfních částech zrna společně s radiálně uspořádanými řetězci lipidů. Mastné kyseliny lipidů jsou zasunuty do šroubovicových struktur amylosy. Tvoří spolu tzv. inkluzní sloučeniny. V povrchových vrstvách zrn se nachází také malé množství proteinu.

Škrobová zrna obiliek se dotváří v průběhu zrání plodiny, zvětšují se makromolekuly biopolymerů a dotváří se struktura. Zrna jsou nerozpustná ve studené vodě, v teplé vodě jen bobtnají. Bobtnání je intenzivnější, pokud teplota vody stoupá [2].

Vlastnosti škrobu

Mezi nejdůležitější vlastnosti škrobu patří bobtnání, mazovatění a retrogradace [2].

Mazovatění

Zrna za normálních podmínek přijímají vlhkost z okolního vzduchu asi 0,2 g vody na 1 g škrobu a jejich objem se nemění, tento děj se nazývá **imbibice**. Jedna molekula glukosy váže 1,5 molekuly vody. Voda může interagovat s atomy kyslíku, kterých je v molekule obsaženo pět.

V roztocích jsou škrobová zrna nerozpustná, pokračuje proces imbibice až do určité teploty, kdy dochází k bobtnání zrn. Teplota, kdy dochází k bobtnání, se nazývá **počáteční želatinační teplota**. Závisí na mnoha faktorech, mezi které patří druh škrobu, poměr škrobu a vody, pH prostředí a přítomnost dalších látek. Želatinační teplota se pohybuje v rozmezí 50–70 °C. Teploty mazovatění některých škrobů jsou uvedeny v tabulce 2 [2].

Zrno přijímá vodu a mění se jeho struktura, tato změna je nevratná. Na začátku procesu zrna zvětšují svůj objem, viskozita roztoku se zvětšuje [9].

V molekulách dochází k přerušení vazeb a voda se dostává do amorfni části, kde reaguje s vazebnými místy na řetězcích. Zaniká krystalická struktura a systém zůstává v neuspořádané, amorfni struktuře. Do prostředí se uvolňují molekuly amylosy a v menší míře i amylopektin. Při dostatečné koncentraci škrobu vzniká **škrobový maz**, tvořený mnohonásobně zvětšenými škrobovými zrny, které obsahují amylopektin a zbývající část amylosy.

Pokud zahřívání pokračuje, viskozita roztoku klesá, ochlazením škrobového mazu se opět zvětšuje. Opět se tvoří vodíkové můstky mezi makromolekulami amylosy a amylopektinu. Získáváme pevnou trojrozměrnou síť s velkým množstvím vody, tzv. **škrobový gel**.

Vlastnosti gelů závisí na druhu škrobu, stupni degradace zrn, poměru amylosy a amylopektinu, teplotě, množství vody a na přítomnosti dalších složek.

Škroby, které obsahují větší množství amylosy, tvoří gely při vyšších teplotách a jsou

pevnější. Jejich pevnost stoupá s koncentrací škrobu. Rychleji u nich dochází k retrogradaci.

Škroby s větším množstvím amylopektinu tvoří gely obtížněji, jsou měkké. Při nízkých teplotách u nich po čase také dochází k retrogradaci [2].

Škrob	Teplota mazovatění v °C
Pšeničný	60–64
Žitný	57–70
Kukuřičný	62–70
Bramborový	58–66
Rýžový	68–78

Tabulka 10 Teploty mazovatění některých škrobů [12]

Retrogradace

Retrogradace je děj opačný k mazovatění. Závisí především na vlastnostech amylosy, amylopektin nemá na tento děj větší vliv.

Dochází k ní časem u zmazovatělých škrobů – u gelů i zředěných disperzí. Mezi řetězci amylosy dochází k intermolekulární asociaci pomocí vodíkových můstků, čímž zanikají vazebná místa pro molekuly vody. Gely gumovají a zvyšuje se jejich pevnost, disperze zvyšují svou viskozitu a ztrácí vodu [2].

Retrogradace závisí na druhu škrobu, teplotě, množství vody a na dalších látkách, podobně jako mazovatění. V přítomnosti solí se urychluje, povrchově aktivní látky retrogradaci brání [15].

U gelů s obsahem vody kolem 50 % dochází k retrogradaci nejrychleji při teplotách v rozmezí od -5 °C po pokojovou teplotu. Při teplotách nižších k ní dochází velmi pomalu a při teplotě nad 65 °C k ní nedochází [2]. Má nepříznivý vliv na konzistenci pečiva při jeho skladování, snižuje stravitelnost škrobu [3]. U některých výrobců může být její účinek

pozitivní, např. u snídaňových cereálií, nebo u dehydrované bramborové kaše, kdy snižuje podíl rozpustného škrobu a zlepšuje soudržnost výrobku [16].

Změny škrobu

Působením enzymů amylas dochází k hydrolýze škrobu. Tyto enzymy ze skupiny hydrolas katalyzují štěpení glykosidické vazby mezi jednotlivými glukosami [9].

α -amylasa štěpí amylosu i amylopektin. Štěpnými produkty amylosy jsou glukosa, maltosa a dextriny (vysokomolekulární celky). Dextriny jsou látky rozpustné ve vodě, které se barví jódem dle délky svého řetězce. Zbarvení těchto látek jódem v závislosti na počtu

glukosových jednotek v řetězci je rozepsáno v tabulce 3. Kvasinky je nedokážou zkvasit, zůstávají např. v pивě, kde vznikly neúplnou enzymatickou hydrolýzou škrobu [3].

Amylopektin může štěpit od konce řetězce i za místem větvení. Větší aktivitu vyvíjí v naklíčených, nebo porušených zrnech, což může mít nepříznivý vliv na strukturu těsta. Při pečení vzniká mazlavá střída, škrob neudrží dostatečné množství vody [9].

α -amylasa je velmi termostabilní, optimální teplota pro její aktivitu je při 90 °C. Enzym je dextrinogenní. [2]

Dextriny	Počet glukosových jednotek	Zbarvení jódem
Amylodextriny	30–35	Modré
Erytodextriny	8–12	Červené
Achrodextriny	méně než 8	nebarví se

Tabulka 11 Zbarvení dextrinů jódem podle délky jejich řetězce [3]

β -amylasa štěpí řetězec amylosy od neredukujícího konce, zkracuje ho postupným odštěpováním maltosy. Je to enzym sacharogenní. Amylopektin je štěpen od redukujícího konce jen do 50–60 %. β -amylasa ho štěpí jen do místa větvení. Zbytkové produkty se nazývají limitní dextriny [2].

Aktivita tohoto enzymu je důležitá pro tzv. cukrotvornou schopnost mouky [9].

Cukrotvorná schopnost mouky je tedy schopnost tvořit maltózu působením amyláz. Vyšší maltózové číslo může mít mouka, která byla mleta z porostlého zrna, nebo nevhodně uskladňovaná [17].

Amylasy využívané v potravinářském průmyslu mají různý původ. Nejčastějším zdrojem těchto enzymů je sladová mouka z ječmene, bakterie a plísně. Tyto se pak liší svou inaktivační teplotou [2].

Suroviny pro výrobu škrobu

Dříve u nás jako hlavní surovina pro výrobu škrobu figurovaly brambory, které na prvním místě v žebříčku vystřídala pšenice [5]. Z obilnin sem také patří žito, ječmen, oves a kukuřice.

Jako zdroj škrobu se dále využívá rýže, zralá semena luštěnin (hrách, čočka, fazole), v mnoha zemích také maniok, sladké brambory, banány, jedlé kaštiny, ořechy a ságo, což je dřev některých palm a cykasů [2]. Škrobnatost vybraných plodin je uvedena v tabulce 4.

Druh	Škrobnatost v %
Hrách	40
Pšenice	74
Žito	72
Ječmen	75
Kukuřice	71
Čirok	74
Rýže	89
Brambory	82

Tabulka 12 Škrobnatost některých plodin [3]

Výroba škrobu

Výroba škrobu je poměrně jednoduchá, protože škrobová zrna nejsou v buňce nijak chemicky nebo fyzikálně vázána. Základem je izolace zrn od ostatních složek buňky [5].

Ze suroviny jej lze získat po jejím rozdrcení, vypíráním vodou a oddělením na sítích nebo odstředivkách [2].

Výroba škrobu z pšenice

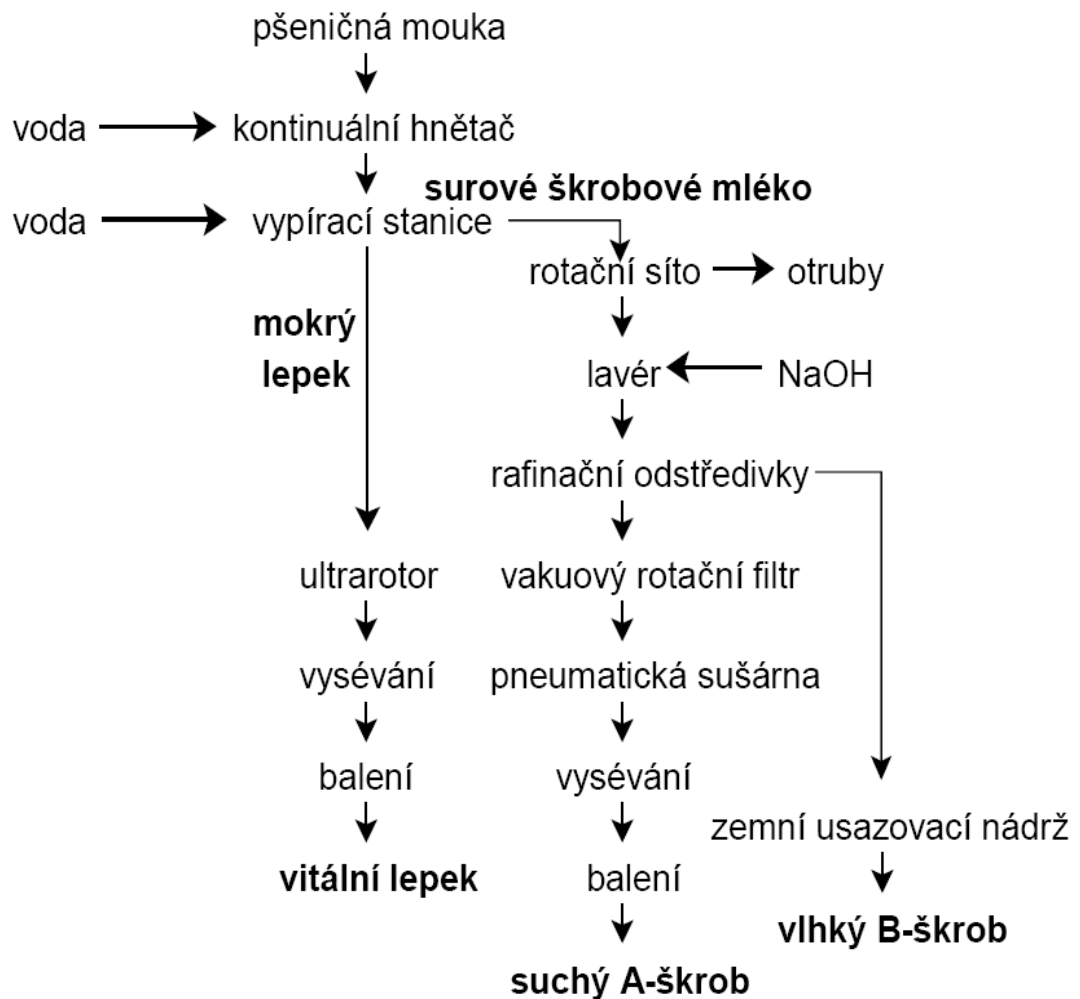
V České republice má výroba škrobu z pšenice delší tradici než výroba z brambor, přestože brambory byly až do začátku 90. let minulého století jako zdroj pro výrobu škrobu upřednostňovány. V dnešní době se u nás touto výrobou zabývají tři firmy.

Výhodou oproti výrobě škrobu z brambor je menší obsah vody, lepší skladování a celoroční provoz. Celkově se jedná o levnější surovinu. Nevýhodou je náročnější technologie (nutnost oddělení lepku a B škrobu – využití např. v lihovarnictví). Má vyšší obsah dusíkatých látek (lipoproteidů, proteinů), takže může být nevhodný pro některé typy diet. Jeho kompaktní zrna jsou méně vhodná pro výrobu některých modifikovaných a substituovaných škrobů [3].

Izolovat škrob ze pšenice lze dvěma způsoby.

- 3) **Vypíráním škrobu z hustého těsta** – z mouky a vody se v hnětači připraví těsto, nechá se 10–20 minut odležet a poté se čerpá do kontinuálního žlabového vypírače. Dochází zde k oddělení lepku od škrobu a vlákniny. Lepek je dále sušen při nízkých teplotách a dostáváme tzv. vitální lepek, který má své využití v pekařském nebo masném průmyslu. Oddělené škrobové mléko se rafinuje na systému odstředivek a odděluje se A škrob a B škrob. A škrob se dále suší a balí, B škrob se využívá při přípravě krmných sirupů nebo lihu. Nevýhodou technologie je velká spotřeba vody. Tento způsob se také nazývá Martinův způsob přípravy škrobu [3,18]. Výrobu škrobu klasickým způsobem znázorňuje schéma na obrázku 6.

- 4) **Dělením řídkého těsta** – z mouky a vody se připraví řídké těsto pomocí mixéru, přečerpá se do třífázové dekantační odstředivky a v té se dělí do tří proudů. Proud A škrobu s vlákninou putuje přes rotační síta do hydrocyklonu nebo dekantačních odstředivek. Proud B škrobu prochází přes vibrační síta také do dekantačních odstředivek nebo hydrocyklonu. Třetí proud je proud rozpustných látek. Metoda má vyšší výtěžnost A škrobu, nižší spotřebu vody a malé znečištění bakteriálního původu. Proces probíhá při tlaku až 10 MPa [3,18].



Obrázek 17 Výroba škrobu klasickým způsobem [19]

Použití škrobu

Zhruba 50 % produkce škrobů se využívá v potravinářském průmyslu, kde jsou přirozenou součástí velkého množství potravinářských komodit, kterým určují nebo ovlivňují jejich texturu a funkční vlastnosti. Slouží například jako zahušťovadla, aditiva, nosiče vonných látek atd. Jsou důležité pro výrobu modifikovaných škrobů, některých cukrů a cukerných derivátů [2].

Příklady použití v potravinářském průmyslu:

- zahušťovadla a stabilizátory instantních polotovarů,
- vodovazné prostředky kysaných výrobků,
- součást termizovaných specialit,
- stabilizátory mražených krémů,
- antikrytalizační prostředky v mražených krémech,
- regulátory distribuce vody v chlebu s delší trvanlivostí,
- zlepšovací přísada do mouk,
- zahušťovadla náplní pekařských produktů,
- náhrada želatiny v cukrářských výrobcích,
- využití čistého škrobového želé,
- význam při výrobě fondánů a kandytů,
- zahušťovadla kečupů a marmelád,
- úprava textury přesmažených výrobků,
- čištění ovocných šťáv,
- zamezují tvrdnutí cukrové moučky,
- náhrada oleje v nízkotučných majonézách,
- náhrada sacharózy při výrobě ovocných šťáv a džemů,
- nosiče vonných látek [2].

Příklady použití v ostatních průmyslových odvětvích:

- výroba papíru a textilu,
- výroba lepidel,
- výroba omítky a sádrokartonových desek,
- výroba zubních past, pudrů, suchých šamponů, pracích prostředků,
- výroba skla a keramiky,
- výroba plastů, změkčovadel, polyfenolických pryskyřic,
- výroba farmak (vit. C, antibiotika),
- výroba obalů [12].

Modifikované škroby

Nativní škrob se kvůli některým svým chemickým a fyzikálním vlastnostem (nerozpustnost ve studené vodě, vysoká viskozita škrobových mazů atd.) upravuje, aby se tyto vlastnosti omezily. Modifikované škroby lze rozdělit na škroby přeměněné, zesítené, stabilizované a jinak modifikované [2].

Přeměněné škroby jsou získávány

- 4) Kyselou hydrolyzou pomocí minerálních kyselin (HCl) nebo solí (NaCl), kdy dochází ke snížení polymeračního stupně. Tímto způsobem lze získat stálejší gely využívané hlavně při výrobě cukrovinek. Tyto škroby jsou součástí pudingových prášků [2].
- 5) Oxidací, pomocí oxidačních činidel (peroctová kyselina, chlornan sodný), kdy dochází většinou jen k odstranění barevných látek. Oxidací škrobu činidlem ve slabě alkalickém prostředí na karboxylové a ketonické skupiny vznikají stabilnější gely se sníženou tendencí k retrogradaci. Jsou využívány při výrobě cukrovinek, k obalování masa a ryb (adheze obalu je vyšší než u nemodifikovaných) [2].

- 6) Zahříváním nativních škrobů. Dochází tím k odstranění vodíkových můstků [jiný zdroj]. Získáváme žluté a bílé dextriny, které se využívají jako adhezivní látky k přípravě lesklých povrchů a nosiče koření, barviv a vonných látek [2].

Zesítené škroby vznikají:

- 3) reakcí škrobu s adipanhydridemkdy, kdy vznikají adipáty,
- 4) reakcí s oxychloridem fosforečným za vzniku fosfátů. Obě tyto skupiny látek se používají k zahušťování, stabilizaci a úpravě textury potravin [2].

Stabilizované škroby lze získat substitucí některých hydroxylových skupin polysacharidů. Dochází u nich k výraznému snížení želatinační teple, bobtnají už ve studené vodě.

Využívají se např. jako zahušťovadla neslaných a nekyselých výrobků, v papírenském průmyslu atd. [20]. Vznikají:

- 3) estery (acetáty, sukcináty),
- 4) ethery (hydroxyalkylethery) [2].

Jinak modifikované škroby vznikají další modifikací již modifikovaného škrobu.

Například kombinací kyselé hydrolyzy a dextrinace. Dalším způsobem může být modifikace pomocí enzymů, např. pomocí pullulanasy. Vznikají tak náhražky kaseinátů v imitacích sýrů [2].

Hydrolyzáty škrobů

Hydrolyzou modifikovaného škrobů pomocí kyselin, enzymů nebo jejich kombinací vzniká řada produktů, které se používají jako sladidla, náhražky lipidů a sacharidů v

nízkoenergetických výrobcích, k výrobě dalších cukrů a jiných sloučenin [2].

Pro chemickou hydrolýzu se využívá reakce s 0,2 % HCl, při teplotách kolem 120–150 °C [12]. Při enzymové hydrolýze se využívá působení amylas mikrobiálního původu.

Výsledkem hydrolýzy je směs glukosy, maltosy, maltotriose a další glukooligosacharidů.

Stupeň hydrolýzy škrobu vyjadřujeme pomocí tzv. **glukosových ekvivalentů**, které se označují DE. Vyjadřuje obsah volné glukosy v maltose a maltotriose po přepočtu na sušinu v procentech. DE = 0 je hodnota, kterou má nativní škrob, DE = 100 má hydrolyzát, který obsahuje pouze glukosu.

Podle převládajících složek, dělíme vzniklé produkty na maltodextriny a škrobové, maltosové nebo glukosové sirupy.

- 3) **Maltodextriny** mají hodnotu $DE \leq 20$. Tyto produkty se nejčastěji suší a používají se jako látky zvyšující lesk a viskozitu výrobků, nosiče aromat, pigmentů, náhrada arabské gumy a náhrada lipidů. Také brání tvorbě krystalů ve zmrzlínách a mražených mléčných produktech.
- 4) **Škrobové sirupy** (DE = 20–38), **maltosové sirupy** (DE = 38–73) a **glukosové sirupy** (DE > 73) se používají pro výrobu cukrovinek, nealkoholických nápojů, džemů a sirupů. Slouží jako náhrada lipidů, jako surovina pro výrobu karamelů atd. [2].

VLASTNOSTI PŠENIČNÉ MOUKY

Pšenice

Pšenice je celosvětově nejdůležitější obilninou pro výživu člověka. Historicky patří mezi dominantní obiloviny tradičně využívané v Evropě společně s dalšími (žito, ječmen, oves). Během posledních pár desetiletí ale došlo k rozšíření produkce pšenice i v zemích, kde se dřív konzumovala hlavně kukuřice nebo rýže [21]. Je to nejvýznamnější pekárenská surovina a zároveň důležitá obchodní komodita [22]. Mezi největší producenty patří USA, Kanada, Rusko, Austrálie a Argentina [23].

Pšenice patří do čeledi lipnicovitých [21]. Zrna používaná pro pekárenské účely patří mezi obilky rodu *Triticum aestivum* (pšenice setá), která má mnoho odrůd a druhů. Pro výrobu těstovin se používá pšenice patřící k druhu *Triticum durum* (pšenice tvrdá). Produkce je ve srovnání s pšenicí setou výrazně menší [24].

Pšenice se dělí:

- dle času sklizně na ozimou a jarní,
- dle barvy na bílou, žlutou a červenou [25],
- dle obsahu bílkovin na tvrdou a měkkou [21].

Tvrde odrůdy pšenice seté obsahují velké množství proteinů. Ty vytváří pružný, pevný a mechanický lepek a jsou vhodné pro pekařské účely. Měkké odrůdy mají nepružný, trhavý a rozplývavý lepek a pro výrobu pekařských produktů a těstovin se moc nehodí [21].

Obilka je pluchatá jen u pšenice špaldy, jinak je nahá. Optimální doba sklizně je při malé vlhkosti zrna, na přechodu žluté a plné zralosti. Pokud se doba sklizně opozdí, dochází k sníženému množství a kvalitě lepku. Ze pšenice se vyrábí mouka, krupice, vločky, škrob, otruby atd. Surové otruby musí projít čištěním, fermentací a stabilizací. Poté vzniknou jedlé otruby, které již neobsahují inhibitory trypsinu a chymotrypsinu, které narušují hydrolýzu bílkovin a také se tímto procesem zbaví obsahu kyseliny fytové, hemaglutininů a alkylresorcinolů, což jsou látky způsobující záněty střev [23].

Pšenice tvrdá

Pšenice tvrdá (*Triticum durum*) byla vyšlechtěna ze pšenice dvouzrnky. Má větší zrna jantarové barvy s tvrdším endospermem a obsahem bílkovin min. 14 %. U nás se pěstuje většinou jarní, která má vyšší jakost. Mouka, která se z ní vyrábí, se nazývá semolina a je především surovinou pro výrobu těstovin. Semolina se také využívá pro výrobu speciálních chlebů, bulguru (využívá se se podobně jako rýže a kuskus), nebo cereálií. Semolinové těstoviny se nerozvaňují a drží tvar [23,26].

Pšenice špalda

Tento druh patří mezi nejstarší pěstované obiloviny. V některých částech Evropy byla až do středověku základní surovinou. Její původ je pravděpodobně spjat s Blízkým Východem. U nás se pěstovala v 18. století a vyráběla se z ní káfovina. Poté produkce ustala až do 90. let minulého století. Od té doby se pěstitelské plochy stále rozšiřují. Lze ji pěstovat i v horších podmínkách a ve vyšší nadmořské výšce, protože není tak náročná jako ostatní druhy, díky svému mohutnému kořenovému systému. Ten jí umožňuje lepší využití živin z půdy. Jako jediná má pluchatou obilku. Před zpracováním se zrna musí loupat. Je odolnější vůči

plevelu i chorobám, proto má široké využití v ekozemědělství.

Obsahuje asi 58 % sacharidů, 17 % proteinů a 3 % lipidů.

Mezi produkty běžně vyráběné z této pšenice patří kroupy, vločky, pukance, pečivo, chleby s přídavkem špaldové mouky, křehký chléb, knackebrot, bulgur, obilná káva i špaldové pivo. Může být součástí těstovin [23,27].

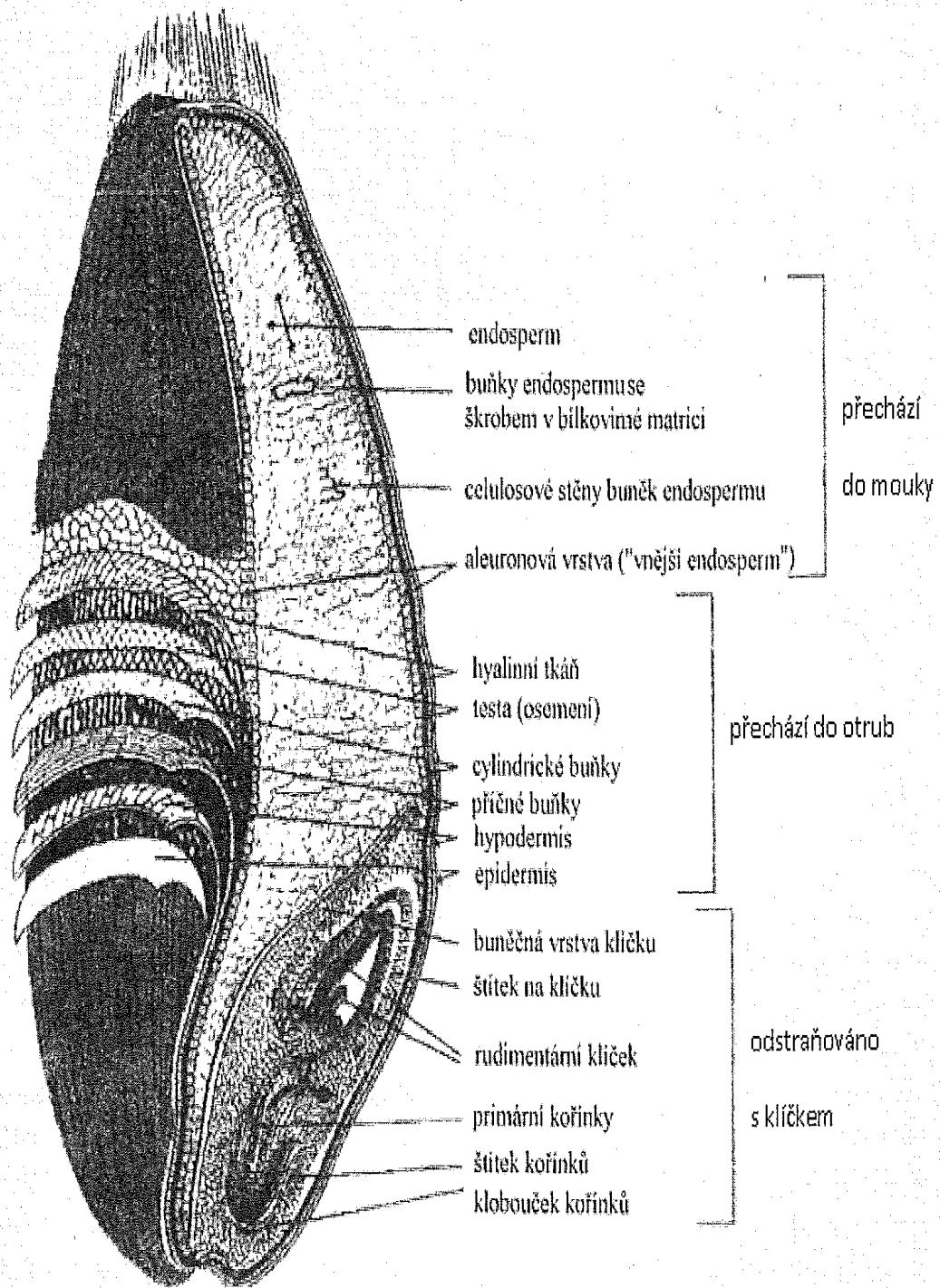
Anatomické složení zrna

Anatomická stavba zrna je u obilovin zhruba stejná. Má význam při hodnocení, skladování i zpracování zrna. Rozdíl je především ve tvaru zrn a v tom, jestli je zrna nahé nebo pluchaté. Rozměr zrna se může lišit i u jednotlivé odrůdy v závislosti na odrůdě, klimatických podmínkách a agrotechnice. Tvar pšeničného zrna je většinou kulatý až

oválný, s velikostí 5–8 mm. Podélný řez pšeničným zrnem je znázorněn na obrázku 7 [9].

Hlavní anatomické části zrna jsou

- 5) **Obalové vrstvy** (otruby, etkosperm) chrání obilku před vnějšími nepříznivými vlivy a poškozením. Vnější vrstvy tvoří hlavně nerozpustné sacharidy, podpovrchové vrstvy už jsou částečně schopny vázat vodu nebo bobtnat. Jsou zdrojem vlákniny a minerálních látek, ale mají nepříznivý vliv na kvalitu těsta [14]. Mají dvě části: oplodí, složené z pokožky, podélných buněk, příčných buněk a hadicových buněk a osemení, složené z barevné a hyalinní vrstvy. Tvoří 8–12,5 % hmotnosti zrna [22].
- 6) **Aleuronová vrstva** se nachází mezi obalovými vrstvami a endospermem. Obsahuje minerální látky, proteiny, lipidy a vitaminy. Technologicky je součástí endospermu. Tvoří 8 % hmotnosti zrna [22,29].
- 7) **Endosperm** je vnitřní obsah zrna. Je jeho největší částí a je technologicky nejvýznamnější. Tvoří ho škrob (asi 80 % podílu), dále proteiny (asi 10 % podílu). Obsah a kvalita proteinů je rozhodující pro kvalitu pšeničné mouky [29,30]. Tvoří 84–86 % zrna [22].
- 8) **Klíček** je nejmenší částí zrna. U pšenice tvoří asi 2,5 % podílu. Obsahuje lipidy, jednoduché sacharidy, proteiny, enzymy, vitaminy [22,29]. Před mletím je klíček odstraněn kvůli vysokému obsahu lipidů, které mají špatný vliv na kvalitu mouky, díky své krátké stabilitě na vzduchu a snadnému žluknutí [31]. Využití klíčku je např. jako součást krmiv [22].



Obrázek 18 Podélný řez pšeničným zrnem [23]

Chemické složení zrna

Obilné zrna obsahuje tyto základní stavební látky: sacharidy, bílkoviny, lipidy, minerální látky, vitaminy, barviva, látky s genetickou a regulační funkcí [22].

Sacharidy

Sacharidy

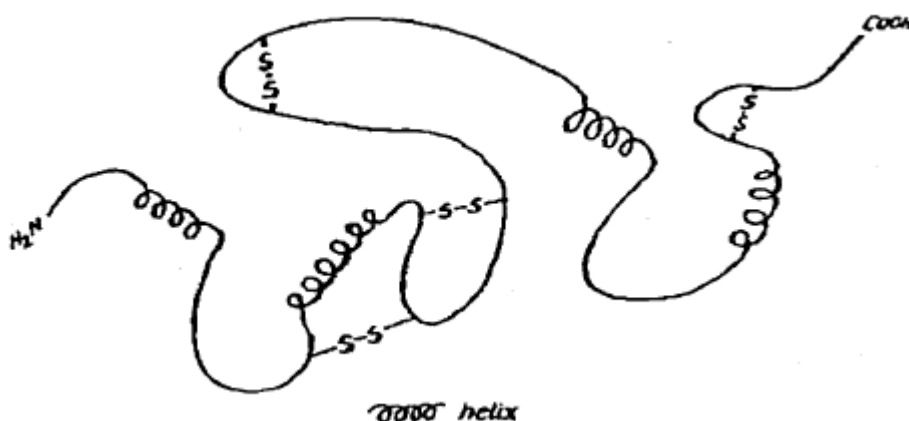
Volné monosacharidy se vyskytují hlavně v klíčku, do mouky se téměř nedostanou. Patří sem pentosy (arabiosa, xylosa, ribosa) a hexosy (glukosa, fruktosa, galaktosa, maltosa). Oligosacharidy zastupují ve velmi malém množství sacharosa a maltosa. Důležitou složkou jsou polysacharidy a to především škrob [30]. Ten má z pekařského hlediska význam při tvorbě pružného škrobového gelu, který váže vodu ve stříde a jako zdroj cukrů pro kvasinky [22]. Dále je v obalových vrstvách obsažena celulóza, lignin atd., což jsou polysacharidy nerozpustné ve vodě. U pšenice je také malý podíl pentosanů, tzv. slizových látek (1–3 %) [30].

Proteiny

Proteiny pšenice jsou velmi důležité, kvůli své schopnosti tvořit lepek (pružný gel) [23]. Nachází se především v aleuronové vrstvě a endospermu. Dominantní zastoupení, co se týká aminokyselin, má kyselina glutamová, respektive její amin – glutamin, který tvoří více než 60 % obsahu aminokyselin. Dále je to prolin (asi 10 % obsahu pšeničných aminokyselin), v malé míře lysin, threonin a tryptofan.

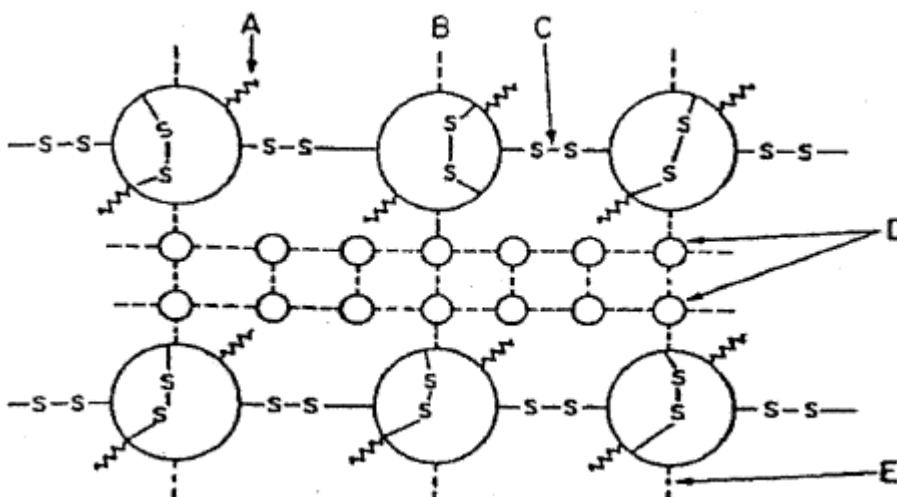
Pšenice vedle aminokyselin obsahuje dále protoplasmatické proteiny – albuminy a globuliny (stavební a katalytická funkce). U pšenice je obsah těchto proteinů asi 15–20 %. Důležité jsou zásobní proteiny, které jsou zodpovědné za technologickou, nutriční a biologickou hodnotu zrna. Patří sem prolaminy (gliadin u pšenice) a gluteliny (glutenin).

Gliadiny migrují při elektroforéze na škrobovém gelu, kde vytváří frakce charakteristické pro danou odrůdu. Této vlastnosti využíváme při zjišťování pravosti odrůd. Struktura je tvořena jediným polypeptidovým řetězcem, ve kterém se střídají krátké helixové úseky s rovnými úseky. Ty obsahují hlavně kyselinu glutamovou a prolin. Ohyby řetězce udržují pevné disulfidické můstky, jak ukazuje obrázek 8 [22]. Tato frakce je rozpustná ve zředěných roztocích alkoholů. Její molekulární hmotnost se pohybuje 30–50 kDa [32].



Obrázek 19 Schéma struktury gliadinu [22]

Gluteliny jsou vysokomolekulární frakce lepků, tvořeny směsí proteinových podjednotek. Ve struktuře se uplatňují disulfidické vazby, vodíkové můstky a hydrofobní síly. Model struktury gluteninu ukazuje obrázek 9 [22]. Frakce je rozpustná ve slabě koncentrovaných kyselinách a zásadách. Molekulová hmotnost dosahuje řádově milionů daltonů [32].



Obrázek 20 Model struktury gluteninu [22]

Lepek

Zásobní proteiny pšenice – gliadin a glutenin, jsou příčinou jejího zvláštního postavení mezi ostatními obilninami. Svými vlastnostmi se liší od ostatních proteinů jiných cereálií. Po přidavku vody a za pomoci mechanické síly (hnětení) jsou schopny tvořit pružný gel, který se nazývá lepek [28].

Množství a vlastnosti (tažnost, pružnost a schopnost bobtnat v roztoku kyseliny mléčné) lepku patří mezi hlavní kritéria pekařské jakosti pšeničné mouky. Díky gliadinu je lepek tažný, glutenin mu dodává pružnost a bobtnavost [22].

Z těsta můžeme lepek vyprat proudem vody. Dochází k postupnému vypírání rozpustných látek a škrobu z komplexu. Zbýlý produkt nazýváme mokrý lepek. Z něj můžeme dál odstředit přebytečnou vodu. Složení vypraného lepku je z 90 % proteinového původu, 8 % zabírají lipidy a 2 % sacharidy. Poměr gliadinu a gluteninu je v poměru 2:3 [9].

Lepek je gel tvořený trojrozměrnou sítí peptidových řetězců, které jsou propojeny různými vazbami. Pevnost lepku ještě zlepšují disulfidové můstky. Působením redukčních činidel se hroutí struktura lepku, pravděpodobně kvůli rozpadu gluteninových vláken. Působením oxidačních činidel se pevnost lepku ještě zvyšuje. Toho se využívá u pekařských zlepšujících prostředků [28].

Lepek se řadí mezi vážné alergeny, u postižených jedinců dochází k zánětům střevní sliznice. Porucha trávení lepku se nazývá celiakie a řeší se bezlepkovou dietou [33,34].

Lipidy

Obilné zrno má nízký obsah lipidů, který se pohybuje kolem 2 %. Vyšší podíl se nachází u kukuřice, ovsa a čiroku 4–7 %. Tuky najdeme hlavně v klíčcích a v aleuronové vrstvě. Hlavní podíl napolárních lipidů tvoří nenasycené mastné kyseliny, minimálně polovinu obsahu zastupuje esenciální kyselina linolová, v menším množství kyselina linoleová, která je také esenciální. Obě kyseliny jsou velmi náchylné ke žluknutí [22]. To způsobuje zvýšení kyselosti mouky při delším skladování. Polární lipidy jsou zastoupeny fosfolipidy, mezi další lipidy patří lipofilní barviva (hlavně karotenoidy). Vyšší obsah pigmentů je u pšenice *Triticum durum*.

Tuk klíčků je dieteticky velmi cenný, z některých se lisují oleje (např. kukuřičný olej) [9].

Vitaminy, minerální látky a minoritní složky

Endosperm obilovin je na **vitaminy** chudý. Většina je obsažena v obalových vrstvách a klíčku. Cereálie jsou zdrojem vitamínu B – thiaminu (B₁) a riboflavinu (B₂). Po vymletí v mouce zůstává jen asi 10–40 % původního obsahu. V se dále nachází kyselina nikotinová a nikotinamid. V klíčcích pšenice se také nachází tokoferol (vit. E), který se z nich izoluje při výrobě vitaminových preparátů [28].

Minerální látky jsou souhrnně nazývány popel. Je to anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu [9]. Vyšší koncentrace je v obalových vrstvách, nižší v endospermu. Tvoří ho hlavně oxid fosforečný, hořčík, železo a vápník. Obsah popela v zrně je kolem 1,2–2,5 %. V mouce jeho obsah roste se stupněm vymletí (větší podíl obalových vrstev) [28].

Mezi významné **další látky**, které jsou v obilí obsaženy v minoritním množství patří kyselina fytoová, přítomná hlavně ve formě svých rozpustných solí – fytátů. Váže na sebe molekuly železa, vápníku a hořčíku. Takto vázané látky už tělo nedokáže využít. Cholin je látka důležitá pro nervomotorickou činnost lidského organismu. Jeho dobrým zdrojem je nízkovymletá mouka. Kyselina paraaminobenzoová, která se nachází v obalových vrstvách patří mezi růstové faktory [9].

Technologie mlynářství

Asi jedna třetina vypěstované pšenice je u nás určena pro mlýnské zpracování. Je to zhruba 1,2 milionu tun ročně [28]. Klasická česká technologie mletí je odlišná od ostatních, kvůli zvláštním požadavkům na kvalitu mouky. Je složitější, zaručuje šetrné mletí a čištění krupic [22].

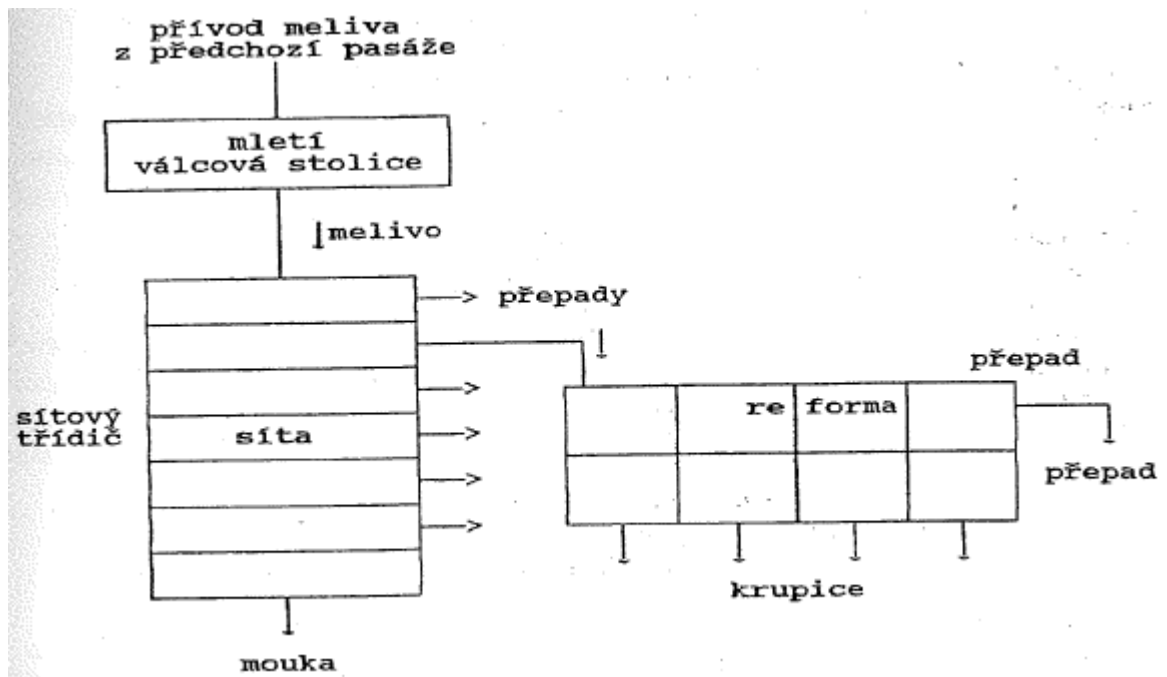
Zpracování obilí v mlynářství se skládá z těchto kroků:

- příjem obilí,
- skladování obilné masy,
- čištění a příprava na mletí,
- mletí,
- skladování a expedice výrobků [28].

Cílem mlynářské technologie je oddělit endosperm od obalových vrstev, jeho rozmělnění na předepsanou granulaci. Během mletí jde také o co nejvyšší výtěžnost endospermu.

Proces se skládá z několika kroků, které se nazývají mlecí pasáže. Schéma tohoto procesu ukazuje obrázek 10. V každé pasáži dochází k drtící operaci, následuje třídění meliva dle velikosti i jakosti. Část přepadu pokračuje na další pasáže, část na třídění krupic.

Produktem celého mlecího procesu jsou tzv. pasážní mouky – jsou to jemně granulované produkty s velikostí částic menší než 200 μm . Smíchání pasážních mouk vzniknou mouky obchodní [22].



Obrázek 21 Schéma základního uzlu jedné mlýnské pasáže [22]

Existují dva způsoby mletí mouky:

- mletí naplocho – cílem je získat co největší podíl mouky. Využívá se při mletí žita,
- mletí navysoko – cílem je získat co největší množství krupic. Využívá se při mletí pšenice [22].

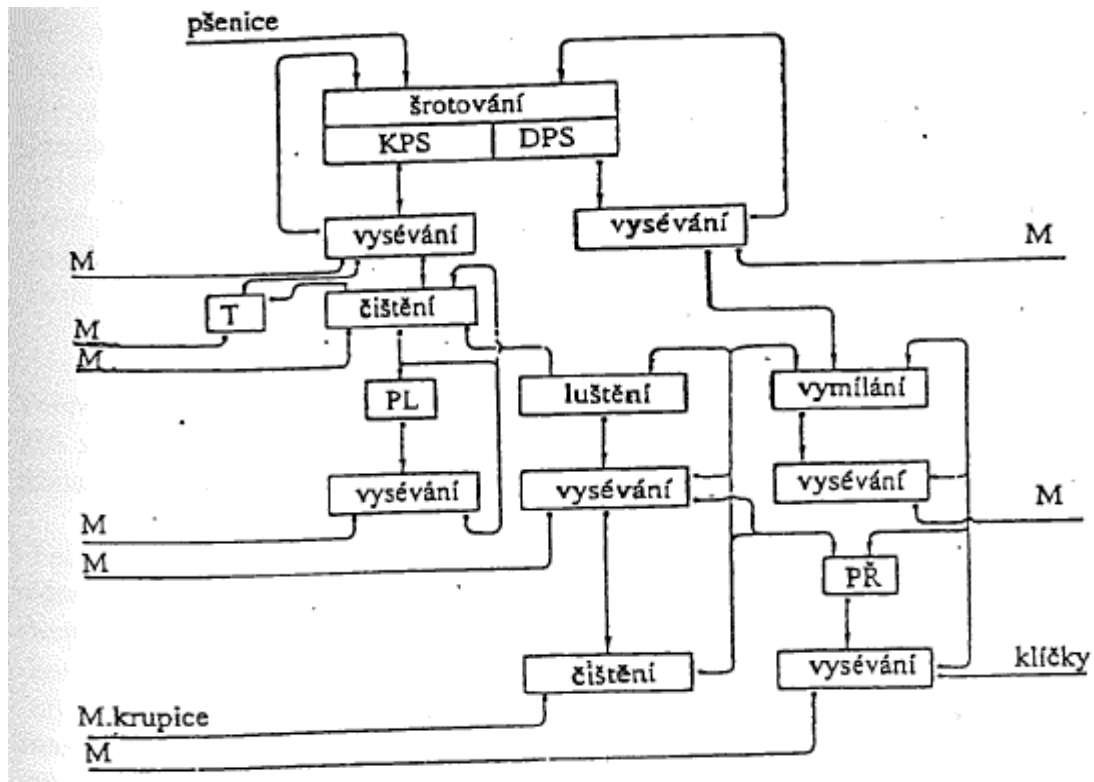
Proces dezintegrace zrn se provádí na válcových stolicích se dvěma nestejně se otáčejícími válci. Poměr otáček těchto dvou válců nazýváme předstih. Melivo se následně třídí na rovinných vysévačích [28].

Mletí pšenice se dělí do těchto etap:

- šrotování – oddělení obalových vrstev od endospermu s nízkou výtěžností pasážních mouk,
- luštění krupic – drcení vytříděných krupic,
- vymílání – drcení čistého endospermu na požadovanou granulaci.

Mlecí schéma pšenice je znázorněno na obrázku 11.

Stupeň vymletí určuje výtěžnost mouky. Udává se v procentech vůči původní hmotnosti zrna. Vyšší stupeň vymletí znamená vyšší podíl obalových vrstev a to znamená i popela v mouce. Obsah popela a granulace jsou základní kritéria charakterizace mouky [28].



Obrázek 22 Mlecí schéma pšenice [22]

KPS – krupičné pasáže šrotové, DPS - domílkové pasáže šrotové, PL – paralelní luštění, PŘ – přepadové pasáže, M – mouky, T – třídiče

Vlastnosti pšeničných mlýnských produktů

Krupice, hrubé a polohrubé mouky

Tyto mouky obsahují hlavně nepoškozený škrob a proteiny ve vysoké kvalitě. Lepek dosahuje vysoké elasticity a má nízkou tažnost. Ostatní složky jsou v poměrně malém

zastoupení, nízká je i enzymová aktivita. Obsahuje zhruba 0,35–0,55 % popela. Využívají se k výrobě těstovin a knedlíků, někdy také v cukrářské výrobě. Skládají se pouze z předních pasážních produktů [9].

Hladká mouka světlá

Škrob a proteiny lepku tvoří hlavní podíl těchto mouk. Škrob bývá jen mírně poškozený. Obsah lepku je kolem 30 %, někdy má tendenci ke zvýšené elasticitě. Obsah popela se pohybuje mezi 0,5 - 0,6 %. Převažují přední pasážní produkty. Tyto mouky se využívají v pekárenství hlavně pro výrobu běžného pečiva, jemného pečiva a trustových chlebů [9].

Hladká mouka polosvětlá

Škrob a proteiny lepku tvoří hlavní podíl těchto mouk. Škrob bývá jen mírně poškozený. Obsah lepku je kolem 30 %, někdy má tendenci ke zvýšené elasticitě. Obsah popela se pohybuje mezi 0,5–0,6 %. Převažují přední pasážní produkty. Tyto mouky se využívají v pekárenství hlavně pro výrobu běžného pečiva, jemného pečiva a trustových chlebů [9].

Hladká mouka chlebová

Podíl nelepkových a méně kvalitních proteinů je vyšší než u předchozích. Obsah lepku je vyšší (i nad 35 %), ale kvalita je nižší. Je málo pružný. Mouky pochází hlavně ze středních a zadních pasáží, kde byly vystaveny větší námaze – důsledkem je i vyšší poškození škrobu. Objevují se zde i neškrobové polysacharidy. Mají také vyšší podíl popela, kolem 0,8–1,15 %. Využívá se společně s žitnou moukou při výrobě chleba [9].

Krmné produkty

Do této skupiny se řadí krmné mouky a otruby, které se skládají především z obalových částí s malým množstvím endospermu. Obsah popela krmné mouky je 3–5 %, obsah

škrobu mezi 30–40 %. Získává se ze zadních pasáží.

Otruby jsou části slupek, zachycených na třídících zadních pasáží. Obsah popela je 5–7 %.
Můžou se využívat i jako nutriční fortifikanty v pečivu nebo chlebu [9].

HODNOCENÍ TECHNOLOGICKÉ KVALITY PŠENIČNÉ MOUKY

Technologická kvalita zrna obilovin je daná především geneticky, jakost konkrétní pšenice však ovlivňuje i prostředí, tj. počasí, způsob hnojení i agrotechnické postupy [35].

Pšenici setou, ze které se vymílá pšeničná mouka, můžeme rozdělit na tvrdou a měkkou odrůdu. Tvrdá pšenice je surovinou pro mouku, která obsahuje víc bílkovin. Využívá se pro výrobu kynutých těst. Tvoří pevnější těsto, které dokáže udržet plyn vytvořený kvasinkami. Měkká pšenice poskytuje mouky s jemnější strukturou a menším podílem proteinů. Je vhodná pro výrobu sušenek a oplatků [36].

Mezi běžné požadavky na kvalitu mouky vzhledem k jejímu technologickému použití patří: vlhkost mouky, obsah popela a lepku, číslo poklesu, vaznost, sedimentační test a objemová hmotnost [37]. V tabulce jsou uvedeny obvyklé hodnoty pro běžné pekařské mouky (T 530 – hladká světlá Speciál, T 650 – polosvětlá, T 1000 – chlebová) [9].

	T 530	T 650	T 1000
Vlhkost (%)	14,0–14,8	14,0–14,8	13,5–14,5
Popel (%)	0,55–0,58	0,63–0,70	1,00–1,10
Lepek (%)	28–33	30–35	35–40
Číslo poklesu (s)	200–300	200–300	200–300
Vaznost (%)	55–60	55–60	*

Tabulka 13 Obvyklé hodnoty základních jakostních parametrů běžných pekařských mouk [9]

Vysvětlivky: * hodnotu pro tento parametr zdroj neuvádí

Povolené parametry pro obsah popela a vlhkost mouky jsou dány zákonem. Povolené limity a optimální hodnoty pro ostatní ukazatele jsou předmětem podnikových specifikací a smluv mezi mlýny a pekárny. Předpoklady pro dosažení jakosti se začínají tvořit už v obilném síle, ne až ve mlýně.

Z analytických ukazatelů má velký význam vlhkost, obsah popela a mokrého lepku [9].

Vlhkost

Vlhkost mouky má dopad na ekonomické ukazatele, proto bývá často důvodem sporu mezi pekárny a mlýny. Pokud se vlhkost mouky drží v přijatelných hranicích, má příznivý vliv na výtěžnost těst při jejich výrobě. Vyšší vlhkost může způsobit problémy při skladování mouky. S vysokou vlhkostí se totiž zhoršují sypné vlastnosti.

Vlhkost souvisí s procesem nakrápění a odležení. Pokud tento proces, v důsledku tlaku odběratelů neproběhne optimálně, dochází ke zhoršení jakosti mouky [9].

Vlhkost je vlastně úbytek hmotnosti vzorku, ke kterému dojde za podmínek metody. Má význam také při zpracování pšenice, protože souvisí s chemickými přeměnami v zrně, které ovlivňují jeho konečné vlastnosti. Obsah vody má také vliv na aktivitu plísní i ostatních mikroorganismů. Optimální vlhkost pšeničné mouky je 14,5 %, maximální hranice obsahu vlhkosti je 15 %.

Základní metodou stanovení vlhkosti v potravinářství je sušení vzorku v elektrické sušárně při 130 °C. Mezi další způsoby patří např. elektrometrické metody, které měří elektrickou vodivost nebo dielektrickou konstantu, která se mění s obsahem vody [36].

Obsah popela

Obsah popela je charakteristickou veličinou, která určuje příslušný druh a typ mouky.

Obsah popela nemá u pekařské mouky větší přímý význam, ovlivňuje pouze barvu.

Charakterizuje frakce ze kterých se daná mouka skládá, čímž ji ovlivňuje nepřímo [9].

Popel je množství minerálních látek, které zůstane po spálení zkušební vzorku za podmínek metody. Obsah popela je také ukazatelem efektivnosti procesu mletí. Vyšší obsah popela znamená vyšší podíl minerálních látek a tím i vyšší nutriční přínos. V praxi se využívá NRI spektroskopie. Při ní se pro kalibraci jako referenční metoda využívá spalování za daných podmínek [36].

Obsah mokrého lepku

Obsah mokrého lepku v pšeničné mouce se v našich končinách pohybuje mezi 30–36 %. V poslední době se stále zvyšuje, přesto nedosahuje špičkových standardů USA, Kanady atd. [21].

Stanovuje se vypíráním ze vzorku standardně připraveného pšeničného těsta. V praxi se využívá pro jeho stanovení také NIR spektroskopie. Ta však přináší výsledky s nižší přesností než např. při zjišťování obsahu proteinů.

Existuje vztah mezi obsahem mokrého lepku a objemem pečiva. V těstě tento komplex nerozpustných pšeničných proteinů tvoří pružnou trojrozměrnou síť, která dokáže zvětšit jeho objem vlivem kvasných plynů [36].

Významným kritériem je tedy vedle obsahu mokrého lepku také jeho bobtnavost. Je to vlastně nárůst objemu čistého mokrého lepku v roztoku kyseliny mléčné [21].

Číslo poklesu

Číslo poklesu nám udává do jaké míry byl poškozen škrob a aktivita přítomných amyláz. Aktivita těchto enzymů má význam na kvalitu těsta a pekařských výrobků. Nízké číslo poklesu ukazuje na lepivé a těžko zpracovatelné těsto, které má horší kvalitu střídy.

Při této metodě se měří doba poklesu standardního tělíska ve vodné suspenzi mouky, kdy v ní dochází k rychlému mazovatění a poté ke ztekucení škrobu pomocí α -melasy obsažené ve vzorku mouky. Využívá se tělískový viskozimetr [36].

Poškození škrobu a amyláz souvisí s tím, jestli byla zrna v době sklizně porostlá (naklíčení nebo aktivace enzymů při vyšší vlhkosti) [21].

Vaznost mouky

Vaznost mouky je charakterizována množstvím vody, které na sebe mouka naváže při vyhnětení těsta za standardní konzistence. Vyjadřuje se v % na mouku. V laboratorních podmínkách se zjišťuje na farinografu. Je to přístroj, na kterém je uvedena uzanční

stupnice od 0 do 1000 farinografických, nebo také Brabenderových (konstruktér a výrobce přístroje) jednotek. Standardní konzistence těsta, na které se vztahuje vaznost je při 500 B.J.

Vaznost mouky se pohybuje v rozmezí 52–56 %. Vaznost má také vliv na výtěžnost těsta i výrobků. Výtěžnost těsta zjistíme součtem 100 + vaznost mouky + recepturní dávka všech složek v % na mouku. Ze vztahu vyplývá, že výsledek je vždy vyšší než 100, u našich mouk se běžně pohybuje mezi 140–160 % [21].

Sedimentační test

Sedimentační neboli Zelenyho test určuje viskozielastické vlastnosti lepku. Pro pšenici pekárenskou jsou hodnoty určeny min. 30 ml a pro pšenici pečivářenskou jsou určeny hodnoty max. 25 ml [38].

Je charakterizován objemem sedimentu mouky, získaným ze suspenze dané mouky a roztoku kyseliny mléčné za určitý čas, při podmínkách daných metodou [8].

Objemová hmotnost

Je poměr hmotnosti zkoušené obiloviny k objemu, který zaujímá po volném nasypání do nádoby, ve které pokus probíhá, za přesně stanovených podmínek. Udává se v $\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ [37].

POŽADAVKY NA JAKOST PŠENIČNÉ MOUKY

Smyslové požadavky na pšeničnou mouku

Barva pšeničné mouky má být bílá s nažloutlým odstínem, pšeničná chlebová je bílá se žlutošedým nebo našedlým odstínem. Barva pšeničné celozrnné mouky má odstín načervenalý až tmavočervený nebo nahnědlý díky většímu obsahu popela [22].

Chuť mouky je charakteristická, slabě nasládlá. U více vymletých mouk může být díky většímu obsahu povrchových částí mírně natrpklá až slabě nahořklá. Nesmí být hořká, kyselá, mýdlovitá, zatuchlá nebo plesnivá.

Vůně je charakteristická pro danou plodinu. Nesmí být zatuchlá, cítit po plísních nebo chemikáliích [23].

Pekárenská jakost

Vlastnosti pšeničné mouky, které ovlivňují jakost chleba jsou schopnost těsta tvorby plynu (vytvořit určité množství oxidu uhličitého) a síla mouky (schopnost tvorby těsta, které je může zadržet vzniklý oxid uhličitý) [20].

Jakostní skupina	E - elitní		A - kvalitní		B - chlebová	
	absolutně	Body 9–1	absolutně	Body 9–1	absolutně	Body 9–1
Objemová výtěžnost (ml)	549	8	513	6	477	4
Obsah dusíkatých látek (%)	12,6	6	11,8	4	11,1	2
Sedimentační test (ml)	50,7	7	45,9	5	41,0	3
Číslo poklesu (sec.)	240	6	200	4	160	2
Objemová hmotnost (g·l ⁻¹)	790	7	780	6	760	4
Vaznost mouky (%)	58,7	7	55,5	5	53,9	4

Tabulka 14 Minimální požadavky na zařazení odrůd do skupiny pekařsky využitelných pšeníc [39]

Jakostní skupina E je pšenice ve všech znacích vynikající. Toleruje se u ní nižší výnos, slouží k vylepšení suroviny.

Jakostní skupina A je ve všech parametrech vyhovující.

U jakostní skupiny B se předpokládá, že v nepříznivých letech nesplní parametry pro pekárenskou pšenici. Některý její parametr může být na hranici [40].

PRAKTICKÁ ČÁST

CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo stanovit obsah amylosy a amylopektinu ve vzorcích škrobu. Nejdříve byla vypracována literární rešerše, která charakterizovala škrob a vlastnosti pšeničné mouky. Následně bylo provedeno vlastní stanovení modifikovanou metodou Con A vyvinutou Yunem a Mathesonem.

METODIKA A MATERIÁL

Charakteristika analyzovaných vzorků

Škrob pro následnou analýzu byl získán ze vzorků mouky firmy Penam a.s. Celkem bylo získáno 100 vzorků mouky. Kvůli nedostatku reakčních činidel z důvodu finanční náročnosti bylo analyzováno jen 42 z nich.

Současně se vzorky škrobu získané z mouky byly analyzovány vzorky referenčního škrobu, který byl součástí soupravy kitů značky MEGAZYM.

Vlastní stanovení amylosy ve vzorcích škrobu

Princip

Vzorky škrobů se kompletně rozptýlí zahřátím v dimethylsulfoxidu (DMSO). Lipidy se odstraní vysrážením škrobu v etanolu a obnoví se vysrážený škrob. Po rozpuštění vysráženého vzorku v roztoku acetátu/soli se amylopektin specificky vysráží přidáním Con A a odstraní se odstředěním. Amylosa se v alikvotním podílu supernatantu enzymaticky hydrolyzuje na glukózu, která se analyzuje pomocí glukoso-oxidase/peroxidase (GOPOD) reagentie. Celkové škroby se v separátním alikvotním podílu roztoku acetátu/soli obdobně hydrolyzují na glukózu a měří se kolorimetricky pomocí glukoso-oxidasy/peroxidasy. Koncentrace amylosy ve vzorku škrobu se odhaduje jako podíl GOPOD absorpance supernatantu Con A vysráženého vzorku ke GOPOD absorpaci celkovému škrobu ve vzorku při 510 nm.

Souprava reagentů

Souprava pro analýzu obsahovala tyto reagentie:

- lyofylovaný Con A (200 mg),
- amyloglukosidasa plus fugální α -amylasa,

- GOPOD reakční pufr (pufr fosforečnanu draselného, p-hydroxybenzoová kyselina a azid sodný),
- GOPOD reakční enzymy (glukoso-oxidasa/peroxidasa a 4-aminoantipyrin),
- standardní roztok D-glukosy,
- referenční vzorek škrobu.

Pufry a rozpouštědla:

- pufr s acetátem sodným (100mM, pH 4,5),
- koncentrované rozpouštědlo Con A (600mM, pH 6,4).
- Con A rozpouštědlo,
- dimethylsulfoxid (DMSO).

Postup

A) Předběžné ošetření škrobu

Pro analýzu bylo do 10ml šroubovatelné KIMAX vzorkovací zkumavky naváženo 20–25 mg vzorku mouky a škrobu s přesností na 0,1 mg a hmotnost byla zaznamenána. Ke vzorku byl do zkumavky přidán 1 ml DMSO a zkumavka byla míchána při nízké rychlosti na vortex mixéru. Poté byla zkumavka uzavřena a obsah byl zahříván ve vroucí vodě, dokud vzorek nebyl zcela rozpuštěn. Poté byl vzorek ve zkumavce intenzivně míchán na vortex

mixéru při vysoké rychlosti a pak byl opět ponořen do vroucí lázně po dobu 15 minut za občasného vysokorychlostního míchání na vortex mixéru.

Následně byl vzorek ve zkumavce ponechán při laboratorní teplotě po dobu asi 5 minut. Poté k němu bylo přidáno 2 ml 95% etanolu za stálého míchání na vortex mixéru. V dalším kroku byly ke vzorku přidány další 4 ml etanolu, zkumavka byla uzavřena a promíchána obrácením. Následně byla zkumavka ponechána 24 hodin. stát, aby se vytvořila pevná sraženina.

Zkumavka byla odstředěna při 5000 g po dobu 10 minut, supernatant byl odstraněn a

zkumavka se sušila asi 10 minut za pomoci papírového ručníku, dokud nebyl odstraněn všechn etanol. Vzniklá tableta škrobu byla využita pro stanovení amylosy.

K tabletě škrobu byly přidány 2 ml DMSO za jemného míchání na vortexu. Zkumavka byla umístěna do vroucí lázně po dobu asi 15 minut, až zde nebyla žádná želatina. Při vyjmutí zkumavky z lázně byly ihned přidány 4 ml rozpouštědla Con A, obsah byl promíchán a kvantitativně převeden do 25ml odměrné baňky. Obsah byl zředěn na 25 ml pomocí Con A rozpouštědla a byl filtrován přes filtrační papír Whatman č.1. Tímto postupem vznikl roztok A.

B) Con A precipitace amylopektinu a stanovení amylosy

Do 2ml Eppendorf mikrofugační zkumavky byl přenesen 1 ml roztoku A. Bylo přidáno 0,5 ml Con A roztoku, zkumavka byla uzavřena a protřepána opatrným obracením. Zkumavka byla ponechána 1 hodinu při laboratorní teplotě a poté odstředěna při 14000 g po dobu 10 minut v mikrofuze při laboratorní teplotě.

1 ml supernatantu byl přenesen do 15 ml centrifugační zkumavky. Byly přidány 3 ml 100 mM pufru s acetátem sodným (pH 4,5). Tím se snížilo pH na 5. Obsah byl promíchán a zahříván 5 minut ve vroucí lázni. Tím došlo k denuraci Con A.

Zkumavka byla umístěna do lázně při 40 °C po dobu 5 minut. K obsahu byl přidán 0,1 ml enzymatické směsi amyloglukosidasy/ α -amylasy a celý obsah byl inkubován při

40 °C po dobu 30 minut. Poté byla zkumavka odstředěna při 2000 g po dobu 5 minut.

K 1 ml alikvotního podílu supernatantu byly přidány 4 ml GOPOD reagentie. Zkumavka byla inkubována při 40 °C po dobu 20 minut. Souběžně byl inkubován slepý reagenční vzorek a glukosová kontrola.

Pro vzorky byla odečtena absorbance při 510 nm proti slepému vzorku.

C) Stanovení celkového škrobu

0,5 ml roztoku A bylo smícháno se 4 ml 100mM pufru s acetátem sodným (pH 4,5). Ke směsi byl přidáno 0,1 ml roztoku amyloglukosidasy/ α -amylasy a byla inkubována při

40 °C po dobu 10 minut. Alikvotní podíly 1,0 ml roztoku byly přeneseny do skleněných testovacích zkumavek, byly přidány 4 ml GOPOD činidla a zkumavky byly promíchány. Zkumavky byly inkubovány při 40 °C po dobu 20 minut. Následně byla měřena absorbance při 510 nm proti slepému vzorku.

Vzorky byly měřeny v duplikátech.

Výpočet a vyjádření výsledku

Obsah amylosy byl vypočítán podle tohoto vzorce:

$$\text{Amylosa (\%)} = \frac{A_{510} \cdot 6,15}{A_{510} \cdot 6,15 + A_{510} \cdot 9,2} \cdot 100 \quad (1)$$

Kde 6,15 a 9,2 jsou ředící faktory pro Con A a celkové extrakty škrobů.

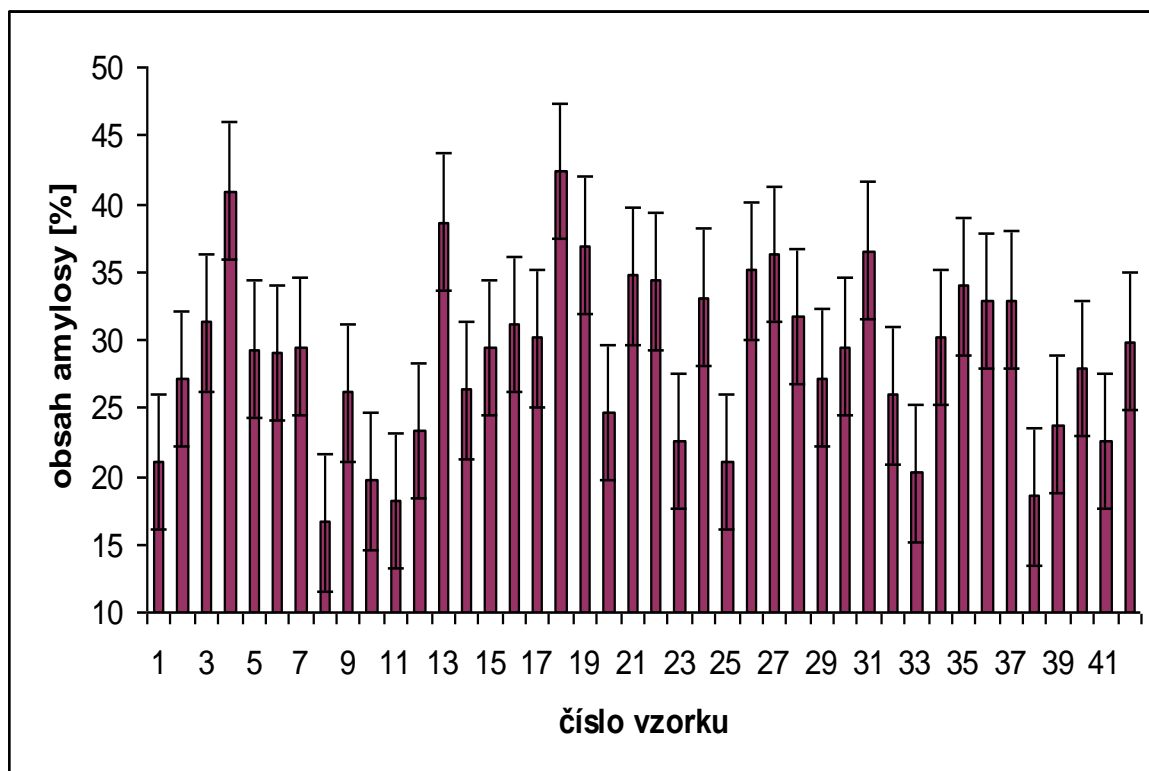
Obsah amylopektinu byl vypočítán podle tohoto vzorce:

$$\text{Amylopektin (\%)} = \frac{X}{100} \cdot 100 \quad (2)$$

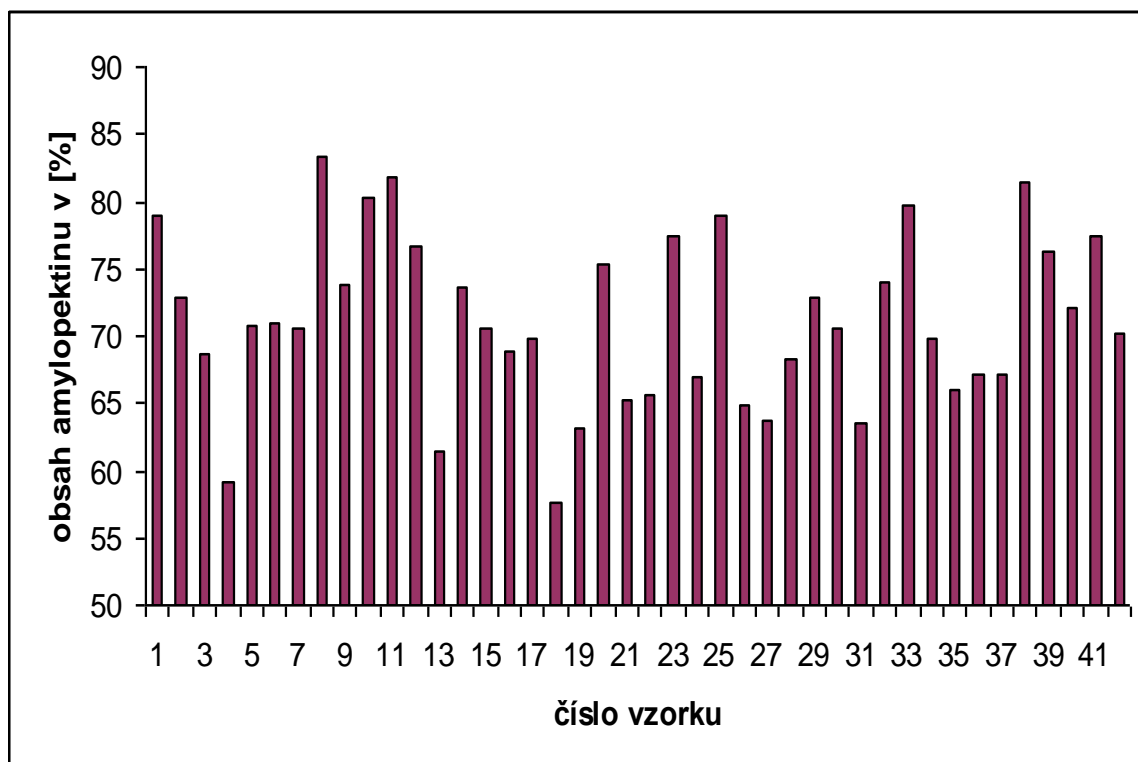
Kde X je obsah amylosy v %.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Obsah amylosy byl ve vzorcích mouky stanoven enzymatickou analýzou a byl vypočítán podle vzorce (1). Výsledky jsou uvedeny v příloze P1 a pro větší přehlednost také v grafu na obrázku 12. Obsah amylopektinu byl stanoven dle vzorce (3). Výsledky jsou uvedeny v příloze P2 a také v grafu na obrázku 13.

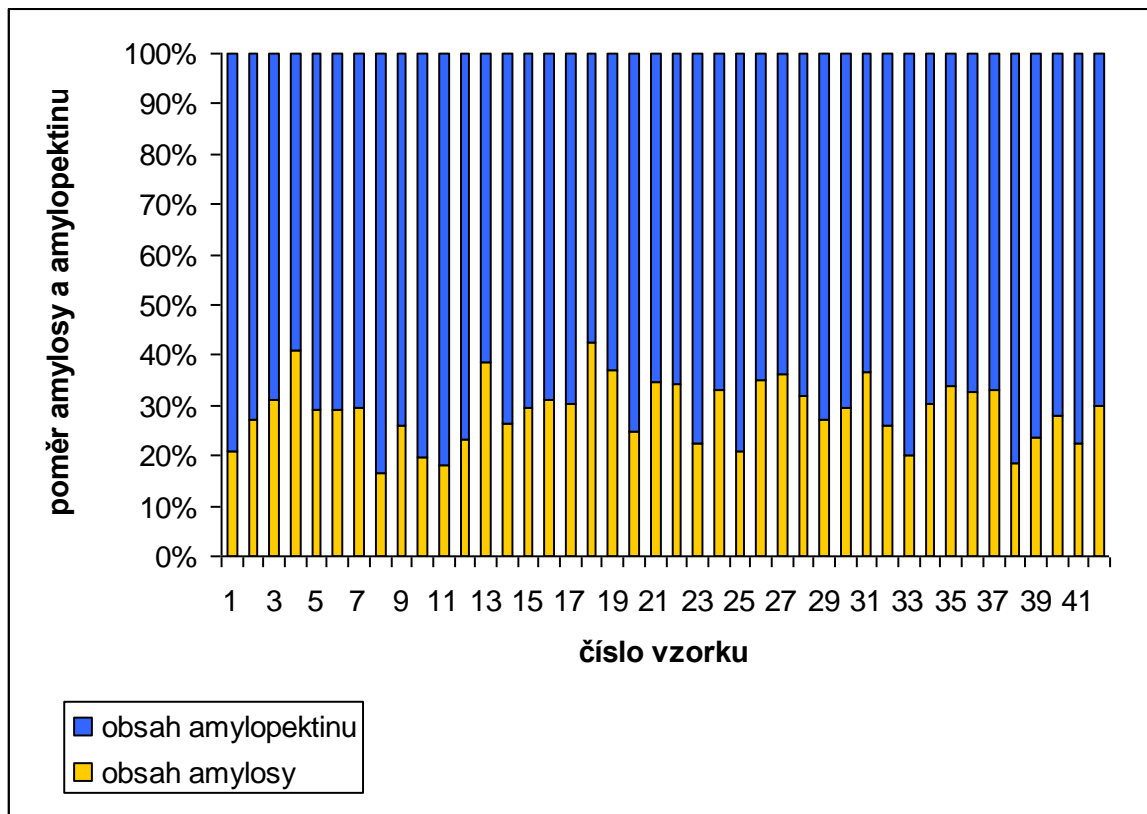


Obrázek 12 Obsah amylosy ve vzorcích mouky



Obrázek 13 Obsah amylopektinu ve vzorcích mouky

Na obrázku 14 lze vidět poměr amylosy a amylopektinu v jednotlivých vzorcích.



Obrázek 14 Poměr amylosy a amylopektinu ve vzorcích

Průměrná hodnota obsahu amylosy ve škrobu pšeničných mouk se dle zdroje [41] pohybuje v rozmezí 24–29 %. Toto rozmezí splnily pouze vzorky 2, 6, 9, 14, 15, 20, 32 a 40. Průměrná naměřená hodnota ve všech vzorcích byla 21,03 %. Hodnoty kolísaly mezi 18,2 % u vzorku č.11 a 42,4 % u vzorku č.18 (viz příloha P1). Obsah amylopektinu se pohyboval v rozmezí 57,6–83,4 %. Jeho celkový průměrný obsah byl 71,14 %.

Směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí 0,1 % –10,8 %. Hodnota udávaná výrobcem pracovních kitů, firmou Megazyme, pro cereální škroby (10 %) byla dodržena, rozmezí hodnot bylo však poměrně velké. Vzorky 1, 5 a 10 byly měřeny ve třech opakováních. Vzorky 17, 27 a 37 byly měřeny ve dvou opakováních. Podle Šimkové, Papouškové [41] se s vyšším počtem opakování měření snižuje chyba měření. Tato skutečnost nebyla v diplomové práci ověřena, jak lze vidět z tabulek 7 a 8. Směrodatná odchylka při třech opakováních se pohybovala v rozmezí 3,9–3,2 %, při dvou opakování se hodnota pohybovala v rozmezí 1,1–1,5 % (viz tabulky 7 a 8). Tato

skutečnost ale mohla být dána nepřesným měřením. Podle [41] je metoda vhodná pro stanovení velmi odlišných odrůd s čímž lze pro nákladnou analýzu nevhodnou pro běžné plošné stanovení souhlasit.

Číslo vzorku	Směrodatná odchylka (%)
1	3,89
5	3,18
10	3,96

Tabulka 15 Směrodatná odchylka při třech opakování

Číslo vzorku	Směrodatná odchylka (%)
17	1,10
27	1,10
37	1,51

Tabulka 16 Směrodatná odchylka při dvou opakování

Amylosa je v pekařském těstě zodpovědná za tvorbu pevného gelu, který se tvoří při ochlazování produktů. Amylopektin ve vodném prostředí nabobtná, u amylosy dojde k rozpuštění a rozptýlení do gelu. Škrobový gel je nositelem vláčnosti a vody ve stříde pekařských produktů. Mouky s vyšším obsahem amylosy tvoří pevnější gely, které jsou ovšem náchylnější k retrogradaci, což má za následek rychlejší tvrdnutí pečiva. Při nižších teplotách totiž dochází k uvolňování vody v důsledku opětovného uspořádání amylosových řetězců a po delší době také amylopektinové struktury [42]. U vzorků s vyšším obsahem amylosy (vzorek č. 3, 13 a 18) může dojít k nižší stravitelnosti škrobu v důsledku pozitivní korelace mezi obsahem rezistentního škrobu a obsahem amylosy [43]. Vlivem vlastností škrobu na jeho stravitelnost se ve svých pracích zabývali i Yoo *a kol.* [44] a Parada *a kol.* [45]. Obě studie shodně uvádí, že vliv na stravitelnost škrobu má stupeň želatinace škrobu.

Parks a Baik [46] sledovali vliv obsahu amylosy v pšeničné mouce na zpracování a texturní vlastnosti instantních nudlí. Zjistili, že těstoviny vyrobené z mouky s vyšším obsahem amylosy snadněji přijímaly při vaření vodu, byly tvrdší a doba vaření byla delší. Tzv. waxy pšenice, pšenice s velmi malým množstvím amylosy, vyžadovaly krátkou dobu vaření a nevznikal zbytečný odpad z materiálu. Při výrobě těstovin jsou tudíž vhodnější mouky s nižším obsahem amylosy, kdy nedochází k rychlé retrogradaci.

Jedním z ukazatelů při hodnocení pekařské kvality mouky je schopnost tvorby kypřících plynů, která souvisí s dobrým stavem amylaso-škrobového komplexu. Výrobky, které jsou kypřené biochemicky, vyžadují mouku s obsahem jednoduchých sacharidů. Ty jsou přítomny v mouce a také vznikají působením amylolytických enzymů. Optimální jsou tedy mouky, které nemají předem narušené velké množství škrobových makromolekul [42].

Obsah amylosy ve škrobu je ovlivněn hlavně genotypem. Burešová *a kol.* [47] sledovali obsah amylosy v závislosti na počasí. Ve své práci uvádí, že při vyšších teplotách byl obsah amylosy v pšeničném škrobu vyšší. Míša *a kol.* [48] sledovali obsah amylosy v jarním a ozimém ječmeni v závislosti na způsobu technologie pěstování, především na míře intenzity použití fungicidů a herbicidů. Podle výsledků jejich studie technologie pěstování neměla na obsah amylosy větší vliv.

Poměr amylosy a amylopektinu ve škrobu ovlivňuje jeho vlastnosti – vyšší obsah amylopektinu zvyšuje viskozitu roztoku škrobu, jeho bobtnavost a lepivost.

ZÁVĚR

Škrob je zásobní polysacharid rostlin. Skládá se ze dvou složek – lineární amylosy a rozvětveného amylopektinu. Mezi významné vlastnosti škrobu patří retrogradace a mazovatění. Běžným zdrojem škrobu jsou brambory, pšenice a kukuřice. Ze surovin se získává vypíráním nebo dělením řídkého těsta. Využití škrobu v potravinářství, tak jako i v jiných průmyslových odvětví je široký. Využívá se např. jako stabilizátor a aditivum. Vhodnými úpravami získáváme látky s pozměněnými vlastnostmi – modifikované škroby.

Poměr obsahu amylosy a amylopektinu ve škrobu rostlin je různý v závislosti na druhu plodiny. Obsah amylosy se pohybuje mezi 84 % u hrachových škrobů po 25 % u většiny ostatních škrobů. U pšeničného škrobu se tedy běžně uvádí hodnota 25 % obsahu amylosy a 75 % obsahu amylopektinu.

Pšenice je celosvětově významnou plodinou pro lidskou výživu. Obilka se skládá z klíčku, endospermu a obalových vrstev. Pšeničná mouka jako produkt mlynářství se vyrábí převážně z endospermu. Endosperm obsahuje hlavně škrob a proteiny. Pšeničné proteiny mají schopnost s vodou tvořit pružný gel – lepek. Vlastnosti lepku ovlivňují kvalitu pekárenských výrobků. Mezi technologické parametry mouky patří vlhkost, obsah lepku a popela, vaznost a objemová hmotnost.

V diplomové práci byl obsah amylosy a amylopektinu stanoven pomocí metody Con A vyvinuté Yunem a Mathesonem. Obsah amylosy se pohyboval v rozmezí 18–42 %. Obsah amylopektinu se pohyboval v rozmezí 57–83 %.

Směrodatná odchylka u této metody uváděná výrobcem u stanovení škrobů cereálních mouk je uváděna cca 10 %. Tato hodnota byla splněna.

Poměr těchto dvou látek ovlivňuje schopnost škrobu tvořit gely. Škroby s větším obsahem amylosy tvoří pevnější gely při vyšších teplotách. Škroby s větším obsahem amylopektinu tvoří měkčí gely, které jsou méně náchylné k retrogradaci. Vzorčky mouky s vyšším obsahem amylosy by byly vhodné pro pekárenské účely – amylosa je nositelem vlhkosti a pružnosti těsta. Vzorčky s nižším obsahem amylosy jsou vhodné pro výrobu těstovin z důvodu pomalé retrogradace. Poměr amylosy a amylopektinu odpovídal běžně uváděnému 1:3.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Pěstování brambor pro výrobu škrobu* [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://is.muni.cz/www/2893/Slechta_Pestovani_brambor_pro_vyrobu_skrobu.pdf
- [2] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. 1.vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3
- [3] *Historie výroby škrobu*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://portalpotravin.svehlova.cz/Module.aspx?id=82>
- [4] DUDÁŠ, F. *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1981. 07-083-81
- [5] KUČEROVÁ, J. *Technologie sacharidů*. 2. vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 96 s. ISBN 978-80-7375-114-2
- [6] DAVÍDEK, J., HAJŠLOVÁ, J., POKORNÝ, J., VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1991. 142 s. ISBN 80-7080-097-6
- [7] *Starch*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.lsbu.ac.uk/water/hysta.html>
- [8] SMITH, A. *The biosynthesis of starch granules institut*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/iabs10.1021bm000133c>
- [9] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie. 1*. 1. vyd. Praha: Vasoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. 202 s. ISBN 80-7080 530-7
- [10] ČERNÝ, M., TRNKA, T. *Sacharidy 1*. 1. vyd. Praha: PDS, 1995. 70 s. ISBN 80-901304-4-5
- [11] *Amylosa* [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002_v1/hesla/amylosa.html
- [12] *Průmyslové využití škrobu*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Skrob.htm>
- [13] BOHAČENKO, I. *Distribuce velikosti škrobových zrn pšeničných škrobů průmyslově vyráběných v České republice* [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupný z:
http://www.cukr-listy.cz/on_line/2011/PDF/197-200.pdf

- [14] BUBNÍK, Z., ŠÁRKA, E., *Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnosti využití pšeničného B-škrobu*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://www.chemicke-listy.cz/docsfull2010_05_318-325.pdf
- [15] SOBOLEVSKA, J. FORTUNA, T. *Retrogradation of starches and maltodextrins of origin various*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://www.food.actapol.net/pub/6_1_2010.pdf
- [16] KARIM., A., NORZIAH, C, *Methods for the study of starch retrogradation*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814600001308>
- [17] DODOK, L. *Chémia a technológia trvanlivého pečiva*. 1. vyd. Bratislava : ALFA, 1988. 300 s. 063-037-87
- [18] *International starch institut* [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.starch.dk/isi/starch/tm33wheat.asp>
- [19] *Výroba a zpracování škrobu*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupný z:
<http://web.ft.utb.cz/cs/docs/08-technologie-skrobu-vyrobky.pdf>
- [20] DRDÁK M., STUDNICKÝ, J. MÓROVÁ, E. KAROVIČOV8, J. *Základy potravinářských technologií*. 1. vyd. Bratislava: MALÉ CENTRUM, 1996. 512 s. ISBN 80-967064-1-1
- [21] ČEPIČKA, J. a kol. *Obecná potravinářská technologie*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1995. 246 s. ISBN 80-7080-239-1
- [22] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií* 1. vyd. Brno: Ediční středisko, 2004. 141 s. ISBN 978-80-7157-811-6
- [23] BULKOVÁ, V. *Rostlinné potraviny*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. 162 s.
- [24] *Šlechtění rostlin*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupný z:
<http://www.biocentrum.zf.jcu.cz/docs>
- [25] KUBICOVÁ, D. a kol. *Náuka o poživatinách*. 1. vyd. Martin: Osveta, 2004. 200 s.

ISBN 80-8063-165-4

- [26] *Durum wheat*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.minotmilling.com/durum/durum.html>
- [27] *Spelt*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://www.enotes.com/topic/Spelt>
- [28] KADLEC, P. a kol. *Technologie potravin 1*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2002. 300 s. ISBN 80-7080-509-9
- [29] *Obiloviny*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://portalpotravinysvehlova.cz/Module.aspxid=18.docx>
- [30] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Co byste měli vědět o výrobě potravin*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing s.r.o., 2009. 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4
- [31] *Bezpečnost potravin: mouka*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://eagri.cz/public/web/mze/potravinysvehlova.cz/Module.aspxid=18.docx>
- [32] *Kvalita obilnin*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html
- [33] *Vlastnosti pšenice*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://portalpotravinysvehlova.cz/Module.aspxid=19.doc>
- [34] GREEN, P., CELLIER, CH. *Celiac disease*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra071600>
- [35] JIRSA, O., POLIŠENSKÁ I, PALÍK, S. Kvalita potravinářských obilovin. *Obilnářské listy*. 2011, roč. 19, č. 3-4, str. 53 – 58. ISSN 1212-138X.
- [36] *Vlastnosti pšeničné mouky*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
<http://potravinarsky-technolog.webnode.cz>
- [37] *Přehled charakteristik jakostních ukazatelů*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z: http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=104

- [38] HUBÍK, K. Technologická jakost zrna potravinářské pšenice. *Obilnářské listy*. 1996, roč. 5, č.1, str. 6-9. ISSN 1212-138X
- [39] *Výživa a kvalita obilovin*. [on line]. [cit. 2012-20-4]. Dostupné z:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitex/thnojeni_plodinpdfvyziva_a_kvalita_obilnin.pdf
- [40] PRUGAR, J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2
- [41] ŠIMKOVÁ, D., PAPOUŠKOVÁ, L. *Enzymatické stanovení obsahu amylozy/amylopektinu ve vzorcích odrůd ozimé pšenice a škrobu z odrůd brambor pro průmyslové využití*. [on line]. [cit. 2012-31-7]. Dostupné z:
<http://www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/47932.aspx>
- [42] SLUKOVÁ, M. *Kvalitativní ukazatele pšenice a pšeničných mouk*. [on line]. [cit. 2012-31-7]. Dostupné z:
http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf
- [43] SINGH, J., DARTOIS, A., KAUR, L. Starch digestibility in food matrix : a review. *Trend in Food Science and Technology*, 2010, roč. 21, str. 168 - 180. ISSN 0924-2244.
- [44] YOO, S.H., PERERA, C., SHEN, J. F., YE, L.Y., SUH, D.S., JANE, J.L. Molecular Structure of Selected Tuber and Root Starches and Effect of Amylopectin Structure on Their Physical Properties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2009, roč. 57, č.4, str. 1556 – 1564. ISSN 0021- 8561.
- [45] PARADA, J., AGUILERA, J..M. In vitro Digestibility and Glycemic Response of Potato Starch is Related to Granule Size and Degree of Gelatinization. *Journal of food science*, 2009, roč. 74, č. 1, str. 34 – 38. ISSN 1750-3841
- [46] PARK, C.S., BAIK, B.K. Significance of amylose content of wheat starch on processing and textural properties of instant noodles. [on line]. [cit. 2012-31-7]. Dostupný z:

<http://ukpmc.ac.uk/abstract/AGR/IND43717654/reload=0;jsessionid=AT2etmv2L OjI4BomWRGw.0>

- [47] BUREŠOVÁ, I., SEDLÁČKOVÁ, I., FAMĚRA, O., LIPA VSKÝ, J. *Effect of growing conditions on starch and protein content in triticale grain and amylose content in starch*. [on line]. [cit. 2012-31-7]. Dostupný z: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/31995.pdf>
- [48] MÍŠA, P., SEDLÁČKOVÁ, I., LIPA VSKÝ, J. Jarní a ozimý ječmen pro nepotravinářské využití – výsledky ověřování modelových technologií pěstování. *Obilnářské listy*, 2009, roč. 17, č. 2, str. 7 – 11. ISSN 1212-138X.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

B.J	Brabenderova jednotka
°C	stupeň celsia
Con A	conkavalin A
DE	glukosový ekvivalent
DMSO	dimethylsulfoxid
g	gram
GOPO	Glukosooxidáza/peroxidáza
D	
ha	hektar
hl	hektolitr
HCl	kyselina chlorovodíková
kDA	kilodalton
kg	kilogram
l	litr
max	maximálně
mg	miligram
min	minimálně
ml	mililitr
mM	milimol
mm	milimetr
Mpa	megapascal
NaCl	chlorid sodný
NIR	blízké infračervené záření
nm	nanometr

sec	sekunda
t	tuna
vit	vitamín
μm	mikrometr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vzorec amylosy.....	13
Obr. 2 Vzorec amylopektinu.....	14
Obr. 3 Tvar škrobových zrn brambory.....	15
Obr. 4 Tvar škrobových zrn pšenice.....	16
Obr. 5 Tvar škrobových zrn kukuřice.....	16
Obr. 6 Výroba škrobu klasickým způsobem.....	23
Obr. 7 Podélný řez pšeničným zrnem.....	31
Obr. 8 Schéma struktury gliadinu.....	33
Obr. 9 Model struktury gluteninu.....	33
Obr. 10 Schéma základního uzlu jedné mlýnské pasáže.....	36
Obr. 11 Mlecí schéma pšenice.....	38
Obr. 12 Obsah amylosy ve vzorcích.....	52
Obr. 13 Obsah amylopektinu ve vzorcích.....	53
Obr. 14 Poměr amylosy a amylopektinu ve vzorcích.....	54

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Výnosy amylosy z jednotlivých plodin.....	14
Tab. 2 Teploty mazovatění některých škrobů.....	19
Tab. 3 Zbarvení dextrinů jodem podle délky jejich řetězce.....	20
Tab. 4 Škrobnatost některých plodin.....	21
Tab. 5 Obvyklé hodnoty základních jakostních parametrů běžných pekařských mouk.....	40
Tab. 6 Minimální požadavky na zařazení odrůd do skupiny pekařsky využitelných pšenic.....	44
Tab. 7 Směrodatná odchylka při třech opakování.....	55
Tab. 8 Směrodatná odchylka při dvou opakování.....	55

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P1 Obsah amylosy ve vzorcích

PŘÍLOHA P2 Obsah amylopektinu ve vzorcích

PŘÍLOHA P I: OBSAH AMYLOSY VE VZORCÍCH

Číslo vzorku	Průměrný obsah amylosy (%)	Směrodatná odchylka	Číslo vzorku	Průměrný obsah amylosy (%)	Směrodatná odchylka
1	21,03	4,29	22	34,33	8,34
2	27,10	2,96	23	22,54	7,50
3	31,28	6,82	24	33,14	8,56
4	40,93	8,22	25	21,03	9,92
5	29,31	0,20	26	35,06	0,83
6	29,03	0,33	27	36,24	3,20
7	29,49	9,12	28	31,71	3,17
8	16,59	6,73	29	27,23	1,61
9	26,11	4,58	30	29,50	4,98
10	19,63	1,03	31	36,55	7,50
11	18,17	3,62	32	25,95	4,06
12	23,29	10,84	33	20,21	7,05
13	38,62	8,69	34	30,18	2,65
14	26,33	2,22	35	33,93	0,78
15	29,47	1,20	36	32,82	0,07
16	31,17	0,74	37	32,92	10,20

17	30,13	8,64	38	18,49	3,75
18	42,35	3,83	39	23,79	2,94
19	36,94	8,66	40	27,95	3,82
20	24,69	7,06	41	22,55	5,18
21	34,67	0,24	42	29,87	6,33

Průměrný obsah amylosy je 21,03%.

PŘÍLOHA P II: OBSAH AMYLOPEKTINU VE VZORCÍCH

Číslo vzorku	Průměrný obsah amylopektinu (%)	Směrodatná odchylka	Číslo vzorku	Průměrný obsah amylopektinu (%)	Směrodatná odchylka
1	78,97	4,67	22	65,67	4,82
2	72,9	4,33	23	77,46	9,92
3	68,72	3,98	24	66,86	1,39
4	59,07	2,35	25	78,97	1,10
5	70,69	1,53	26	64,94	4,24
6	70,97	8,12	27	63,76	0,02
7	70,51	2,46	28	68,29	4,99
8	83,41	2,26	29	72,77	9,13
9	73,89	0,72	30	70,5	3,26
10	80,37	1,27	31	63,45	2,16
11	81,83	6,92	32	74,05	6,18
12	76,71	0,60	33	79,79	0,78
13	61,38	1,20	34	69,82	0,83
14	73,67	1,29	35	66,07	1,51
15	70,53	1,10	36	67,18	7,57
16	68,83	6,17	37	67,08	4,82
17	69,87	10,57	38	81,51	3,82
18	57,65	7,06	39	76,21	2,43
19	63,06	0,49	40	72,05	5,49
20	75,31	1,48	41	77,45	7,06

21	65,33	3,85	42	70,13	5,59
----	-------	------	----	-------	------

Průměrný obsah amylopektinu je 71,14%.