Mlýnské zpracování kukuřice

Miroslav Lichnovský

Bakalářská práce
2010

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Miroslav LICHNOVSKÝ**
Osobní číslo:	**T070001**
Studijní program:	**B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor:	**Technologie a řízení v gastronomii**
Téma práce:	**Mlýnské zpracování kukuřice**

Zásady pro vypracování:

1. **Anatomické a chemické složení zrna.**
2. **Příprava k mletí.**
3. **Mletí obilí.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2, OSSIS, Tábor 1999.
[2] HAMPL,J.Cereální chemie a technologie. 1. vyd. Praha, SNTL,1970.
[3] KUPRIC,J.N.Technologie mlýnské výroby I.Příprava obilí kmletí.1.vyd.Praha, SNTL 1954.
[4] PLISKOVÁ, V., PAVLIŠ, M. Technologie pro 4. ročník střední průmyslové školy studijního oboru průmyslová výroba krmiv a mlynářství. 1. vyd. Praha SNTL, 1988.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Iva Burešová, Ph.D.**
Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **4. ledna 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. května 2010**

dne -8. 04. 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta technologická

prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Miroslav Lichnovský Obor: Technologie a řízení v gastronomii

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 24.5.2010 .....

.....

[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 nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je popsat problematiku mlýnského zpracování kukuřice. Především jeho specifika ve srovnání s mlýnským zpracováním pšenice. Je popsáno chemické složení a anatomie kukuřičného zrna s důrazem na vzájemný poměr klíčku a endospermu. Příjem suroviny, její předčištění a uskladnění. Čištění kukuřičného zrna a jeho příprava před vlastním mletím. Technologie odklíčkování v závislosti na požadovaném charakter kukuřičných produktů. Důvody a způsoby vyřazení klíčku z mlecího procesu. Mlecí proces a jeho nejdůležitější technologické operace. Popis hlavních strojů a zařízen včetně jejich pracovních principů. Technologická schémata přijmu, čistírny a mlýnské linky s řazením jednotlivých strojů. Uvedeny jsou základní produkty získané mlýnským zpracováním kukuřice a jejich využití v praxi. Princip a druhy extruze s popisem konstrukce extrudéru.

Klíčová slova:

Kukuřice, mlecí proces, odkíčkování, třídění, kukuřičná krupice, extruze.

ABSTRACT

The aim of this work is to describe the problems of the corn mill processing. Particularly its specificity compared with wheat mill processing. It describes the chemical composition and anatomy of maize grain with an emphasis on the ratio between the germ and endosperm. Also it describes intake of raw materials, pre-cleaning and storage technology. Cleaning section of maize grains and their preparation prior to grinding. Degermination technology depending on the required character of maize products. Reasons and elimination methods of the germ from milling process. Milling process and its the most important technological operations. Description main machinery equipment, including working principles. Technological flow sheets of intake, cleaning and milling section. Included are basic products obtained from corn processing mill and their use in practice. Principle and types of extrusion with a description of construction.

Keywords:

Maize (Corn), milling process, degremination, sorting, maize grits, extrusion.

Poděkování

Za odborné vedení a cenné rady chci poděkovat Mgr. Ivě Burešové, Ph.D.

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

OBSAH

ÚVOD **10**
I TEORETICKÁ ČÁST **11**
1 HISTORIE **12**
2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA **13**
3 ANATOMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA **14**
4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA **16**
4.1 VODA 16
4.2 SACHARIDY 16
4.2.1 Neškrobové polysacharidy (NSP) 17
4.2.2 Škrob 17
4.3 PROTEINY 19
4.4 LIPIDY 19
4.4.1 Neutrální lipidy 20
4.4.2 Fosfolipidy 20
4.5 MINERÁLNÍ LÁTKY 21
4.6 VITAMINY 21
5 TECHNOLOGIE MLÝNSKÉHO ZPRACOVÁNÍ **22**
5.1 PŘÍJEM SUROVINY 22
5.2 ČIŠTĚNÍ SUROVINY 22
5.2.1 Sítový třídič 22
5.2.2 Magnetický separátor 23
5.2.3 Suchý odkaménkovače 23
5.2.4 Hydrotermická příprava obilí 23
5.2.5 Odklíčkování kukuřice 25
5.2.5.1 Dezintegrátor 25
5.2.6 Spektrální třídící gravimetrický stůl 26
6 MLECÍ PROCES **28**
6.1 DEZINTEGRACE OBILNÉHO ZRNA 28
6.2 TŘÍDĚNÍ SMĚSI PO DRCENÍ 29
6.3 ČIŠTĚNÍ KRUPIC 30
7 TECHNOLOGIE MLETÍ KUKUŘICE **31**
8 ZPRACOVÁNÍ MLÝNSKÝCH VÝROBKŮ **33**
8.1 PRODUKTY ZÍSKANÉ MLETÍM KUKUŘICE 33
8.2 EXTRUZE 33
8.2.1 Rozdělení extruze 34
8.2.2 Konstrukce extrudéru 34
ZÁVĚR **36**

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 37
SEZNAM OBRÁZKŮ 39
SEZNAM TABULEK 40

ÚVOD

Kukuřice patří mezi tři nejdůležitější plodiny světa. Pěstuje se ve všech světadílech. Její rozšíření sahá na severní polokouli až k 56. rovnoběžce. Na jižní se pěstuje všude s výjimkou jižní části Argentiny a Chile. Kukuřice je plodina rozmanitého využití od základního využití v potravinářství, přes papírenství, farmacii, výrobu barev, po využití při výrobě pohonných hmot [1].

U nás i v západní Evropě na rozdíl od ostatního světa, vzrostl význam kukuřice pro přímou lidskou výživu až po zavedení extruze. Tato technologie umožnila vyrábět široké spektrum potravinářských výrobků z kukuřičných produktů. Nároky na kvalitu a technologické vlastnosti těchto produktů vedly k nutnosti zpracovávat kukuřici klasickou mlýnskou technologií.

Výživová hodnota mlýnských kukuřičných produktů je dána jak podílem jednotlivých nutritientů a nízkým obsahem tuku, tak svým významem při léčení celiakie.

Mlýnské zpracování kukuřice má specifika daná především anatomickou stavbou kukuřičného zrna. Je to odklíčkování kukuřice, které je zásadní pro dosažení požadovaných technologických vlastností hotových produktů a požadavek maximální výtěžnosti krupic jako výchozí suroviny pro extruzi.

Cílem práce je poskytnout komplexní informace o problematice mlýnského zpracování kukuřice.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE

Kukuřice má svůj původ v Mexiku, kde je prokázána v nálezech z doby 5000 let před naším letopočtem. Veškerá pěstovaná kukuřice patří do jednoho botanického druhu *Zea mays* L., má však po celém světě nepřeberné množství odrůd. Ty se liší tvary zrna, obsahem škrobu a bílkoviny, podílem amylosy a amylopektinu aj. Původní botanický druh a odrůdy se vyznačují dlouhou vegetační dobou, proto v naší podnebné oblasti jen obtížně dozrávají na semeno. V době po druhé světové válce byly vyvinuty hybridní kukuřice s kratší vegetační dobou a některé i s vyššími výnosy. Tyto hybridy dozrávají na zrno i v našich podmínkách a výhodou také je, že jejich sklizeň přichází do období mezi sklizní obilí a brambor. Přímé použití kukuřice jako potraviny bylo donedávna tradiční v Jižní Americe, Africe a jihu Evropy. Připravovaly se různé kukuřičné kaše a pečené výrobky z kukuřičné mouky, které ovšem neměly klenutou stavbu. V posledních desetiletých se stále rozšiřuje použití kukuřičné krupice pro výroby různých snack výroků, především extrudovaných. [2].

2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

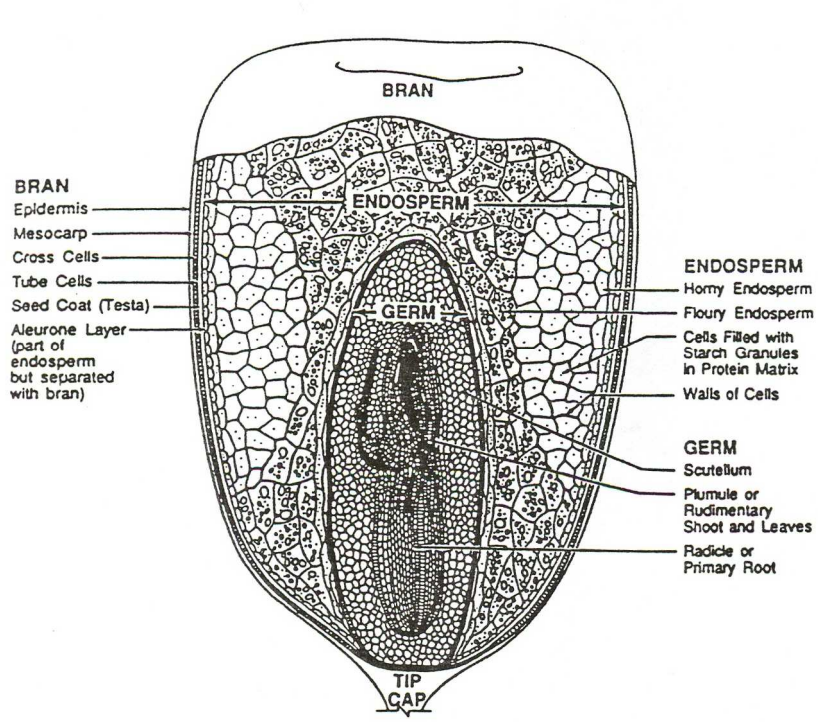
Jedná se o robustní jednoletou trávu, dorůstající nejčastěji do výšky 1-3 m. Někdy zvláště v suchých podmínkách může být i nižší, např. jen 0,5 m, jsou ale známy rostliny i šestimetrové. Listy jsou střídavé, přisedlé s listovými pochvami a souběžnou žilnatinou. Čepele jsou asi 30-90 cm dlouhé a asi 1,5-12 cm široké. Květy jsou jednopohlavní, v pohlavně rozlišených květenstvích. Samčí květenství je vrcholová lata klásků, někdy je interpretováno jako několik hroznů vyrážející z hlavní osy. Samčí klásky jsou uspořádány v párech, kdy jeden klásek je stopkatý a druhý přisedlý a každý klásek obsahuje 2 květy. Na bázi každého klásku jsou 2 plevy, které na rozdíl od některých divokých druhů nejsou na kýlu křídlaté. Každý samčí květ obsahuje bělomázdřitou pluchu a plušku. Tyčinky jsou 3, plenky 2. Samičí květenství vyrůstají z úžlabí listu. U pěstované kukuřice seté pravé to je ztlustlý klas, někdy nazývaný palice (nejčastěji 2-5, vzácněji až 10 cm silný), který se skládá z mnoha řad obilek, v každém klasu jich je od 60 po více než 1000. U divokých subspecií je samičí květenství mnohem skromnější dvouřadý klas či hrozen (záleží na interpretaci), pouze asi 1 cm silný a obsahuje jen 4-15 obilek. U divokých forem se klas za zralosti rozpadá, u pěstované kukuřice zůstává vcelku. Celý samičí klas je uzavřen v pochvách listenů, u divokých forem bývá obalová pochva jen jedna, na vrcholu vyčnívá chomáč čnělek s bliznami. Samičí klásky jsou podobně jako samčí dvoukvěté, ale dolní květ je sterilní, proto z každého klásku vzniká pouze jedna obilka. Na bázi klásku jsou 2 plevy, ve kterých je u divokých forem obilka uzavřena, u pěstované kukuřice jsou plevy redukované. Každý fertilní květ obsahuje jednu suchomázdřitou pluchu a plušku, plenky u samičích květů chybí, čnělky jsou 2, ale jsou skoro po celé délce srostlé, jen nahoře dvouklané. Původně se jednalo o diploida, počet chromozómů je 2n = 20, dnes se však pěstují i tetraploidi, 2n = 40 [3].

3 ANATOMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA

Fyzikální vlastnosti kukuřice jsou důležité pro navrhování manipulačních a skladovacích zařízení. Ve srovnání s ostatními obilovinami má kukuřice unikátní tvar a nízkou specifickou hmotnost. Kukuřičná zrna jsou mezi obilovinami největší, váží 250 - 300 mg. Zrno je tvořeno čtyřmi anatomickými částmi [4]:

1) špička – zajišťuje připevnění zrna ke klasu
2) obaly – kryje zrno, ochranná funkce
3) klíček – zajišťuje růst nové rostliny
4) endosperm – zásobárna živin pro proces klíčení

Skladba jednotlivých vrstev zrna je znázorněna na obrázku č. 1.



Obr. 1. Anatomická stavba zrna [5].

Nejsvrchnější vrstvy (oplodí) pokožky mají za úkol chránit zrno před mechanickým poškozením a krátkodobými účinky vody a škodlivých látek. Jsou tvořeny nerozpustnými a obtížně bobtnajícími materiály, především celulosou. Další podpovrchové vrstvy (osemení) nesou v buňkách barviva a určují tak vnější barevný vzhled zrna. Všechny tyto vrstvy tvoří pevnou houževnatou vrstvu, která při mletí zrna přechází do otrub (v obrázku značeno Bran).

Na rozhraní mezi obalovými vrstvami a endospermem je měkčí jednoduchá vrstva velkých buněk nazývaná aleuronová vrstva (na obrázku č. 1 značená jako Aleurone Layer). Největší frakci zrna tvoří endosperm. Endosperm z velké části tvoří škrob, rezervní energie pro klíčící embryo. Buňky endospermu jsou naplněny škrobovými zrny zasazenými v kontinuální matrix amorfních proteinů. V této matrix jsou také zanořeny řetězce proteinu složené téměř výhradně ze zásobních bílkovin zeinu. Před mlýnským zpracováním zrna je předem odstraňován klíček (na obrázku č. 1 označen jako GERM), který velmi rychle podléhá oxidačním a enzymovým změnám a podstatně by zhoršoval senzorickou kvalitu výrobku [4].

Podíl jednotlivých částí zrna je u jednotlivých obilovin velmi rozdílný. Srovnání průměrných hmotnostních podílů částí zrna pšenice a kukuřice je uvedeno v tabulce č. 1.

Tabulka 1. Srovnání průměrných hmotnostních podílů částí zrna pšenice a kukuřice [2].

Část zrna	Podíl v obilovině (% hm)	
	pšenice	kukuřice
otruby (oplodí a osemení)	15	5
endosperm	82	82
klíček	3	13

Hodnoty v tabulce č. 1 ukazují na velmi podstatný rozdíl v podílu klíčku mezi kukuřicí a pšenicí. Proto se také vyplácí vyrábět olej z kukuřičných klíčků, který patří mezi nejkvalitnější stolní oleje [2].

4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA

4.1 Voda

Voda přítomná v zrnu se nachází ve formě vody volné a vázané na hydrofilní koloidy. Volná voda slouží jako rozpouštědlo, zajišťující dopravu asimilátů a podílí se na tvorbě organických sloučenin, mrzne při 0 °C a snadno se vypařuje. Vázanou vodu tvoří voda hydratační a sorpční, která nemá migrační vlastnosti a nemrzne ani při nižších teplotách [6].

4.2 Sacharidy

Sacharidy tvoří největší podíly obilného zrna i mlýnských výrobků. Vytvářejí analyticky disperzní soustavu (pravé roztoky), procházející přes polopropustné membrány (difúze), tající a rozkládající se účinkem suchého tepla (kolem 100 °C), a koloidně disperzní soustavy, nerozpustné v neutrálních rozpouštědlech, ve vodě bobtnající a vytvářejí za určitých podmínek gely a při zahřívání se rozkládají bez předběžného tání [7].

Monosacharidy se vyskytují ve formě pentosanů a hexosanů. Volné se ve zralém obilí vyskytují pouze ve stopách. Z hexos má největší význam glukosa, jako základní stavební kámen pro tvorbu škrobu a celulosy [6].

Ve zralém neporušeném a suchém zrnu se oligosacharidy vyskytují ve velmi nízkých koncentracích. Nejvíce se v zrnu nachází maltosa a sacharosa. Sacharosa je fyziologicky velmi důležitá, je obsažena v klíčku jako jediný cukr, který má klíčící zrno k dispozici, než se rozvine amylolytická činnost. Při naklíčení zrna obsah maltosy výrazně stoupá, jako důsledek enzymové hydrolýzy škrobu. Toho se jako tzv. maltosového čísla využívá ke stanovení cukrotvorné schopnosti mouky [8].

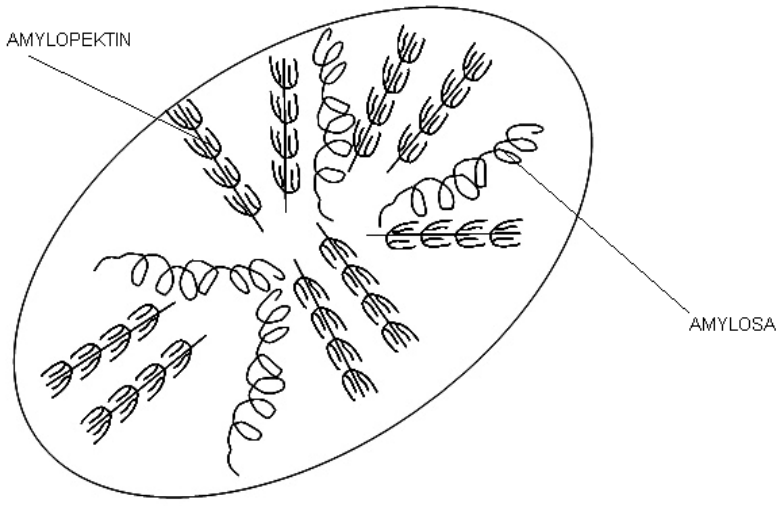
Polysacharidy obilných zrn se dělí na škrob a skupinu neškrobových polysacharidů.

4.2.1 Neškrobové polysacharidy (NSP)

Celulosa je v obilkách ve vyšších koncentracích přítomna ve vnějších obalových vrstvách a její význam pro lidskou výživu byl prokázán relativně nedávno. Je základem vlákniny, která je důležitou součástí potravy působící preventivně proti cévním chorobám a některým nádorovým onemocněním [2].

4.2.2 Škrob

Škrob je látkou v obilkách i mouce nejvýznamněji zastoupenou a jeho význam je pro cereální technologii zcela zásadní. Je hlavní zásobní živinou rostlin sloužící jako pohotová zásoba glukosy. Na rozdíl od strukturních polysacharidů, které jsou součástí buněčných stěn, se škrob nachází v organelách cytoplasmy nazývaných plastidy. V obilovinách je soustředěn výhradně v buňkách endospermu, kde je uložen ve škrobových zrnech (granulích), které mají druhově specifický, geneticky daný tvar a rozměry. Přestože uspořádání škrobového zrna je odlišné od krystalové mřížky, indikační metody studia krystalové struktury prokazují, že ve škrobovém zrnu jde o obdobu krystalického uspořádání. Toto krystalické uspořádání představuje jen asi 30 % škrobového zrna a předpokládá se jen u amylopektinu [2]. Schématické znázornění škrobového zrna je na



obrázku č.2.

Obr. 2. Schématické znázornění škrobového zrna [9].

Cereální škroby mají bimodální distribuci granulí. Velké granule (granule typu A) mají tvar čočky a průměr kolem 20 μm, malé granule (granule typu B) jsou sférické částice s průměrem kolem 5 μm [10].

Struktura škrobu je tvořena směsí amylosy a amylopektinu, dvou homopolysacharidů složených z molekul α-D-glukopyranosy v $^4C_1$ konformaci. U našich tradičních obilovin se uvádí poměr 25 % amylosy a 75 % amylopektinu.

- Amylosa je lineární α-D-(1→4)-glukan, polymer disacharidu maltosy. Obsahuje 500 – 2000 glukosových jednotek a průměrná molekulová hmotnost se pohybuje řádově mezi 10^5 – 10^6. Dále je amylosa částečně esterifikována kyselinou fosforečnou a tvoří komplexy s lipidy [10]. Z mastné kyseliny, která je navázána svojí karboxylovou skupinou na glycerol zbývá volný uhlovodíkový řetězec, ten může s amylosou vytvořit inklustní komplex, který napomáhá stabilizovat stav rozložení vody a tuku v upečeném výrobku tím, že omezuje možnosti volné migrace vody ve struktuře částečně zmazovatělého škrobu po upečení [2].
- Amylopektin se skládá z řetězců D-glukosových jednotek vázaných α-(1→4) vazbami (polymer maltosy), z nichž se po 10-100 (průměrně po 25) jednotkách odvětvují vazbou α-(1→6) postranní řetězce (stavební jednotkou je isomaltosa). Stupeň polymerace bývá 50 000-1 000 000, molekulová hmotnost se pohybuje mezi 10-200 MDa [10].

Z fyzikálních vlastností škrobu jsou nejvýznamnější schopnosti bobtnání, mazovatění a retrogradace. Škrobová zrna jsou ve vodě nerozpustná. Ve studené vodě mírně bobtnají, přičemž přijímají asi 30 % vody. Bobtnání však nabývá na intenzitě se zvyšující se teplotou a pokračuje i při stejné teplotě s časem. Na počátku zahřívání zrna jen bobtnají a tím zvětšují svůj objem. V důsledku toho stoupá viskozita suspenze. Při dalším zahřívání se do vody uvolňují molekuly amylosy a rozrušují se plně nabobtnalé části škrobového zrna. Když zmazovatí veškerý nerozpustný škrob začíná viskozita při neustálém míchání směsi klesat.

Teploty mazovatění jsou u různých škrobů rozdílné. Zpravidla se pohybují mezi 55 a 70°C. Mezi škroby s nejnižšími teplotami mazovatění patří žitný škrob. V pekařském těstě v průběhu pečení nikdy nedojde k úplnému mazovatění škrobových zrn. Dochází k bobtnání a jen jejich povrch může mazovatět, neboť k úplnému zmazovatění není v těstě

dostatek vody [2]. Ke sledování reologických vlastností škrobových gelů slouží amylografické křivky mazovatění škrobu.

Škrob může být biochemicky hydrolyzován enzymy amylasami. Jde o enzymy třídy hydrolas, které katalyzují hydrolytické štěpení glykosidových vazeb mezi molekulami glukosy v polymerních řetězcích molekul amylosy a amylopektinu [2]. Škrob se částečně hydrolyzuje α–amylasou a β–amylasou na maltosu a ta je maltasou hydrolyzována na glukosu [8].

4.3 Proteiny

Obsah proteinů vnějších (subaleuronových) částí obilného zrna je výrazně vyšší než u vnitřních částí. Proto obsah proteinů v mouce značně závisí na stupni jejího vymletí a také samozřejmě na druhu, odrůdě rostliny a dalších faktorech. Základními proteiny všech obilovin jsou albuminy, globuliny, gliadiny (dříve nazývané prolaminy) a gluteliny.

Tabulka 2. Proteiny obilovin a jejich složení [10].

Obilovina	Albumin	Globulin	Gliadin	Glutelin
pšenice	leukosin 14,7%	edestin 7,0 %	gliadin 32,6 %	glutenin 45,7 %
žito	44,4 %	10,2%	sekalin 20,9 %	sekalinin24,5 %
ječmen	12,1 %	8,4 %	hordein 25,0 %	hordenin54,5 %
oves	20,2 %	avenalin 11,9 %	gliadin 14,0 %	avenin 53,9 %
rýže	10,8 %	9,7 %	oryzin 2,2 %	oryzenin 77,3%
kukuřice	4,0 %	2,8 %	zein 47,9 %	zeanin 45,3 %

Kukuřice obsahuje 9 – 12 % proteinů. Kukuřičné proteiny tvoří asi z 50 % zein, který patří mezi gliadiny a 45 % zeanin, který se řadí mezi gluteliny. Limitními aminokyselinami jsou tryptofan a lysin.

4.4 Lipidy

Lipidy jsou rozsáhlou a významnou skupinou organických sloučenin běžně se vyskytujících v živé přírodě. Jejich společnou vlastností je nerozpustnost nebo omezená rozpustnost ve vodě. Rozpustné jsou naopak v organických rozpouštědlech např. v hexanu,

chloroformu, toluenu, benzenu, acetonu aj. Z hlediska chemické podstaty tvoří pestrou skupinu látek, mezi které patří tzv. neutrální lipidy, neboli tuky a oleje, polární lipidy zastoupené především fosfolipidy, dále pak steroidy, vosky lipofilní pigmenty a některé vitamíny [2].

4.4.1 Neutrální lipidy

jsou v organizmech především typickými zásobními látkami, jejichž biologickým spalováním získávají organismy energii. Využitelná energie tuků je zhruba dvojnásobná oproti energii, kterou lze získat štěpením sacharidů nebo bílkovin.

4.4.2 Fosfolipidy

Na rozdíl od tuků obsahují v molekule i kyselinu fosforečnou a případně organickou bázi. Jejich nejznámějším reprezentantem je lecitin. V přírodě se uplatňují zejména jako součást buněčných stěn. Podobně jako např. monoacylglyceroly mají emulgační vlastnosti. Obilná zrna jsou na lipidy poměrně chudá. Po extrakci etherem se zjištěné obsahy lipidů průměrně v celém zrnu pohybují kolem 1,9 %, po extrakci polárním rozpouštědlem (vodou nasycený butanol) se získává kolem 2,2 % a po kyselé hydrolýze přibližně 2,5%. Výjimkou je oves, v němž se průměrné obsahy v celém zrnu pohybují kolem 6 % a úměrně tomu jsou i vyšší obsahy v ovesné mouce. Vyšší výskyt tuků je patrný v klíčcích. Hmotnostní podíl klíčku představuje přibližně 2,54 % z celého zrna, ale podíl lipidů vněm obsažených je přibližně 64 %. Naproti tomu endospermu který tvoří více než 80 % zrna jsou obsažen asi 3,3 % lipidů [7].

Tabulka. 3 Obsahy mastných kyselin v obilovinách [2].

kyselina	myristová	palmitová	stearová	olejová	linolová	linoleová
obilovina	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Pšenice	__	20	1,5	16	58	4
Žito	0,1	16	1	14	59	9
Ječmen	0,4	22	1,2	16	56	6
Oves	1,4	20	2	35	41	2
Kukuřice	__	14	2	30	50	3

4.5 Minerální látky

Souhrnně označujeme tyto látky jako popel, to znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Tímto způsobem se souhrn minerálních složek obilovin také stanovuje. Obsah popele se v celých zrnech pohybuje v rozmezí cca 1,25 – 2,5 %, přičemž jeho koncentrace je nejvyšší v obalových vrstvách a nejnižší v endospermu. Obsah popela vzrůstá se stupněm vymletí a je základem pro klasifikaci mouk a jejich dříve v zahraničí dodnes používané typové označení (např. mouka T 530 je tisícinásobkem obsahu popela 0,53 % apod.)

Popel obilovin tvořen převážně oxidem fosforečným, nejhojnějšími kovy jsou hořčík, vápník a železo. V popelu se často objevují i minerální kontaminanty, zejména těžké kovy [10].

4.6 Vitaminy

Endosperm obilovin je na vitaminy chudý. Ve větším množství se vyskytují zejména v obalových částech a klíčku. Nejvíce jsou zastoupeny vitaminy skupiny B. Thiamin a riboflavin se vyskytují v obalových vrstvách a klíčku. Ve světlých moukách zbývá podle stupně vymletí jen cca 10 – 20 % původního obsahu vitaminů skupiny B v zrnu. V tmavých moukách může být zachováno až 40 % původního obsahu [2].

5 TECHNOLOGIE MLÝNSKÉHO ZPRACOVÁNÍ

5.1 Příjem suroviny

Řízený příjem obilí podle jakostních ukazatelů je jednou z klíčových operací, která determinuje výsledek celého výrobního procesu. Správně nastavený zámel je základem správné vyrovnanosti mouk i efektivity mlýnského procesu. Obilí se od prvovýrobců dopravuje v naprosté většině auty. Pro účely kontroly jakosti se z jednotlivých dodávek odebírají předepsaným způsobem vzorky. Obilí se vzorkuje ručními (štechry), nebo automatickými pneumatickými vzorkovači. Vstupní kontrola sestává ze stanovení příměsí a nečistot, kontroly přítomnosti škůdců, senzorického posouzení vzhledu a pachu, objemové hmotnosti a analytického stanovení vlhkosti [2].

Mezi příjmem a uskladněním do sila, prochází zrno systémem předčištění se zařazenými magnetickými separátory, čímž se snižuje obsah hrubých nečistot a příměsí a předchází se tak poškození strojů a prachovým explozím [11].

Do příjmové linky se zařazuje několik základních čistírenských strojů, především pak sítový třídič. Jedná se o předčištění před uskladněním. Pro příjem v jakostních třídách a následnou práci se zámelem je podstatné, aby bylo možno jednotlivé partie ukládat samostatně do jednotlivých komor.

5.2 Čištění suroviny

5.2.1 Sítový třídič

Třídění podle rozměru částic, podle jejich velikosti a tvaru je jedním ze základních principů separace sypkých směsí. V praxi se jedná zejména o třídění na sítech-sítových třídičích různých typů a konstrukcí. Sítové třídiče jsou konstruovány jako rovinné případně válcové nebo hranolové. K dosažení maximálního styku tříděné směsi s účinným povrchem třídiče a tím k do sažení požadované účinnosti je nezbytný relativní pohyb směsi po sítu, kterého se dosahuje různými způsoby. U rovinných sít se využívají vibrace nebo kruhový pohyb a síta jsou vodorovná nebo nakloněná. Vibrace může být orientovaná jako vodorovná nebo svislá. U válcových nebo hranolových třídičů je možná kombinace rotace válce (hranolu) s vibrací. Výchozí směs se na sítech třídí na dvě frakce - přepad a propad. Síta jsou uspořádána tak, že na některých z nich tvoří zrno základní kultury přepad a do

propadu se dostávají příměsi a nečistoty a nebo naopak příměsi určitých rozměrů a velikostí přepadávají a frakce obsahující zrno tvoří propad sítem [2].

5.2.2 Magnetický separátor

Třídění podle feromagnetických vlastností, což znamená odstranění kovových feromagnetických příměsí z čištěné směsi. Používají se jak magnetické separátory, tak permanentní magnety.

5.2.3 Suchý odkaménkovače

Nečistoty, které mají rozměry přibližně shodné se zrnem základní kultury, nemohou být odděleny tříděním na sítech ani v triérech (kaménky, kousky skla a porcelánu). K jejich oddělování se využívá rozdílná měrná hmotnost. V moderních čistírnách se používají odkaménkovače, kde je materiál přiváděn na nakloněné síto vibračním pohybem. Z prostoru nad sítem je odsáván vzduch, který vytváří fluidní vrstvu těsně nad sítem. Vlivem fluidní vrstvy a sklonu síta se pohybuje lehčí frakce (zrno) ve směru sklonu síta k výpadu. Těžší frakce (kaménky) klesnou na síto a vlivem vibrace jsou transportovány proti směru sklonu síta do výpadu pro odpad [11].

5.2.4 Hydrotermická příprava obilí

Jedná se o proces, ve kterém dochází ke spolupůsobení vlhkosti a teploty na obilné zrno. Spočívá ve zvlhčování obilí, odležování obilí a kondicionování obilí. Zvlhčování obilí má význam technologický – zvýšení vlhkosti, a tím houževnatosti obalů, které při mletí vytvářejí větší částice a lépe se oddělují od malých částic jádra, dále ekonomický – náhrada ztráty hmotnosti vznikající vlivem odpařování vody při vlastním mletí [12].

Princip spočívá v průchodu vody směrem dovnitř zrna. Pohyb vlhkosti v zrnech umožňuje jejich kapilárně pórovitá struktura. Obalové vrstvy sorbují vodu podstatně větší měrou než endosperm, což je způsobeno tím, že celulosa a další neškrobové polysacharidy obalových vrstev bobtnají (absorbují vodu) za normální teploty téměř neomezeně, zatímco škrob a proteiny endospermu mají za těchto podmínek pouze omezenou schopnost bobtnání. Endosperm zvětší svůj objem podstatně menší měrou a jeho nárůst je pomalý [2]. Dochází tak k oddělování slupky na rozhraní aleuronové vrstvy a endospermu a k jeho zkřehnutí.

Aleuronové buňky jsou s obaly spojeny pevněji, takže na nich zůstávají a zadržují část endospermu [7].

Klasické kondicionování je založeno na kombinaci řízeného vlhčení a zahřívání obilné masy. Ve středoevropské mlýnské technologii se od klasického kondicionování upustilo, z důvodu vysoké energetické náročnosti procesu a nejistým výsledkům, které jsou vázány na optimální průběh odpovídající konkrétním vlastnostem zrna. Proces, který se u jedné partie projeví zlepšením, se u jiné takto neprojeví, a tak může dojít ke snížení jakosti zrna. Proto se v současné době efekt kondicionování nahrazuje zpravidla dvoustupňovým systémem nakrápění a odležování obilí před mletím [13].

Množství přidávané vody se liší podle způsobu odklíčkování kukuřice. Při suchém způsobu se v prvním stupni vlhčí zrno o cca 1 – 1,5 %, nakrápí se zhruba na 15 %, hodnoty kolem 15,5 % jsou již limitní. Při mokrém způsobu se zvedá vlhkost na 16 – 18 %. První stupeň nakrápění slouží k optimálnímu zvlhčení endospermu, a tím ke zlepšení jeho mechanických vlastností a křehkosti.

Účelem odležování obilí je vyrovnání vlhkosti jednotlivých zrn a žádoucí průběh fyzikálně chemických procesů. Doba potřebná k odležení obilí závisí hlavně na druhu obilí, sklovitosti, teplotě obilí [12]. Po prvním stupni a odležení přechází obilí do „bílé“ čistírny a poté na druhý stupeň. Důležitou roli při procesu odležování má konstrukce odležovacích zásobníků. Zásobníky s jednou výpustí jsou nevhodné, protože nakropené obilí je vlhké a při pohybu má tendenci tvořit trychtýř a vytékat středním sloupcem. To má za následek, že vytékající obilí je odležené jen krátce, zatímco zrno u stěn komory ulpívá. Proto se u odležovacích zásobníků používá vícečetných výpustí, které zajišťují pravidelný tok obilí komorou a tedy rovnoměrné odležení [2].

Druhý stupeň nakrápění spočívá ve zvlhčení obalových vrstev, které v důsledku toho zvláční a ve mlýně se pak lépe a ve větších částech oddělují a nerozemílají se do mouk. Vlhkost se zvyšuje o dalších 0,5 % a doba odležení se pohybuje mezi 7 – 15 min.

K rovnoměrnému nakrápění před odležením a mletím se v současné době používají automatické dávkovače vody, pracující na principu měření skutečné vlhkosti. Množství přidávané vody je regulováno v závislosti na množství přiváděného obilí a jeho vlhkosti. Ve šnekovém nakrápěči nebo mixéru dochází k důkladnému promíchání směsi obilí a vody, čímž dochází k usnadnění proniknutí vody do zrna.

5.2.5 Odklíčkování kukuřice

Moderní zpracování kukuřice s odklíčkováním umožňuje podstatné rozšíření sortimentu mlýnských výrobků z kukuřice a jejich větší uplatnění v potravinářství. Kukuřice zbavená klíčků je základní surovinou pro výrobu rozličných výrobků s nízkým obsahem tuku (do 1%). Jsou např. kukuřičné zlomky „hominy“, které jsou výchozí surovinou při výrobě kukuřičných lupínků „corn flakes“, kukuřičná krupice pro extruzi, z nichž se vyrábějí nejrůznější extrudované výrobky, známe pod názvem křupky. Značný význam má i výroba mouky pro těstárenské účely [14].

Klíček se ze zrna kukuřice uvolňuje několika způsoby. Nejrozšířenější je dezintegrace kukuřičného zrna nárazem za sucha, při němž se křehké kukuřičné jádro poměrně dokonale oddělí od elastického klíčku. Tento způsob zajišťuje produkci vysoké kvality klíčku a výtěžnosti krupic s nejvyšší koncentrací karotenů [15].

Druhým způsobem dezintegrace kukuřice, jimž se kromě uvolnění klíčku zachovávají velké zlomky kukuřičného endospermu, nezbytné pro výrobu „corn flakes“, je princip Beallův. Při tomto postupu se kukuřice zvlhčuje na 16–18%. K uvolnění klíčku a dezintegraci zrna se zde využívá tlakové složky a vychází se při tom z rozdílné elasticity klíčku a jádra endospermu. K tomuto způsobu jsou nejvhodnější odkličovací stroj s kónickým rotorem.

Třetí způsob je drcení kukuřice na speciálně rýhovaných válcových stolicích ve 4 – 10 chodech [14]

5.2.5.1 Dezintegrátor

Tento stroj má dva pracovní válce řazené nad sebou. Rotor stroje se skládá z perutí se sklonem. Plášť stroje je z plného plechu, opatřený čtyřhrannými dráty navařenými do spirály o které se rotující zrna kukuřice rozbíjejí. Stroj lze vybavit variátorovou řemenicí, umožňující regulovat intenzitu dezintegrace kukuřice.

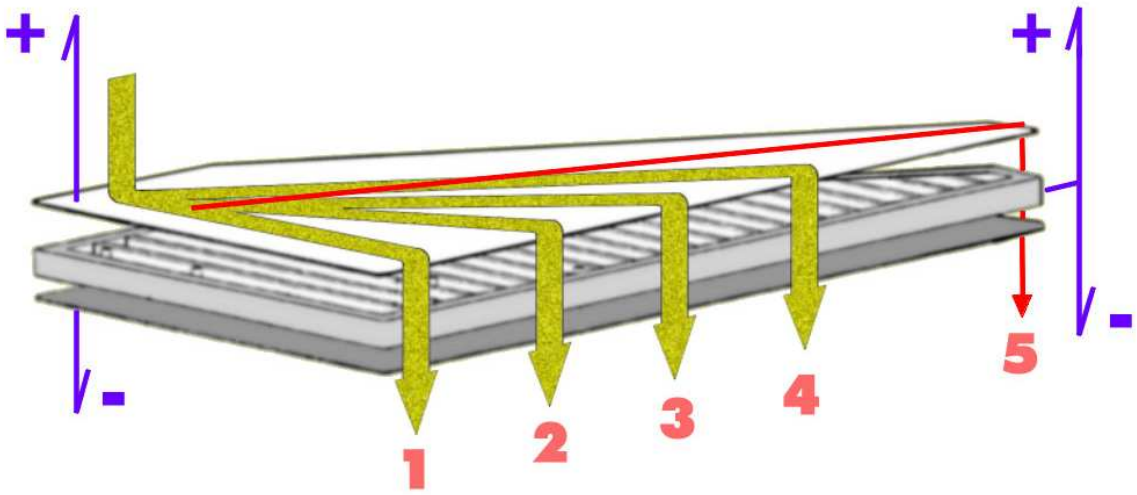
Stroj pro vlhký způsob odkličkování kukuřice (Beallův princip) má zcela jiné konstrukční uspořádání. Do pracovního prostoru ve tvaru komolého kužele je vsazen stejný kužel rotoru opatřený mnoha výstupky (Obr. č. 3). Do prostoru mezi rotor a plášť, který je děrovaný kulatými otvory o průměru 5–6 mm, se šnekovým podavačem pod tlakem kontinuálně vtlačuje kukuřice, která prochází mezi statorem a rotorem jako kompaktní

hmota a plně zaplňuje pracovní prostor stroje. Intenzita dezintegrace kukuřice se reguluje zátěží výstupní klapky na čele komolého kužele, která brzdí průtok materiálu na výpadu. Uvolněné kličky procházejí otvory pláště stroje spolu s drobnou drtí a třídí se vzduchem na kaskádě a rozměrově ve vysévači.

Obr. 3 Kónický rotor dezintegrátoru pro mokrý způsob odkličování [15].

5.2.6 Spektrální třídící gravimetrický stůl

Spektrální třídící gravimetrický stůl je v podstatě dvou-sklonný stůl s přímo vratným pohybem třídící podložky, umožňující spektrální třídění přiváděného materiálu podle rozdílné měrné hmotnosti na 3–5 frakcí. Třídící stůl má vlastní ventilátor, který zajišťuje konstantní napětí vzduch na fluidním loži. Oba sklony stolu lze regulovat, což umožňuje široký rozsah pracovních režimů. Vlastní princip třídění gravimetrických stolů spočívá v kombinaci několika fyzikálních jevů – intenzivní segregace (oddělování) materiálů, podporované vhodnou kinetikou žejbra a profukování fluidního lože vzduchem. Proudící vzduch nadlehčuje lehčí částice a snižuje jejich styk s podložkou. To je příčinou toho, že lehké částice stékají po sklonu síta k nejníže položenému výpadu, zatím co těžší částice endospermu se vhodně usměrněným pohybem podložky dopravují proti sklonu třídícího stolu. Zpravidla se při třídění postupuje tak, aby první nejlehčí podíl, který je nejblíže vpádu byly čisté klíčky. Střední podíl který trvale cirkuluje, představuje směs klíčku s endospermem a třetí podíl čistý odkličkovaný endosperm (Obr. 4).



Obr. 4. Zobrazení princip třídění na gravimetrickém třídícím stole. 1-čisté klíčky, 2,3 – směs klíčků a endospermu, 4-odkličovaný endosperm, 5-kaménky [15].

6 MLECÍ PROCES

Vlastní proces mlýnského zpracování obilí je založen na dvou základních operacích - dezintegraci (převážně drcení) meliva a třídění produktu (heterogenní sypké směsi). Tyto dvě operace tvoří mlecí chod neboli pasáž.

Jeden mlecí chod se sestává z jedné drtící operace a následného třídění. K tomu, aby došlo k co nejúčinnějšímu oddělení endospermu od obalových vrstev a k vytěžení jeho částí v několika požadovaných frakcích o patřičné čistotě a granulaci, zařazují se tyto mlecí chody v mlýnském procesu několikrát. Jednotlivé mlecí chody se od sebe liší parametry drcení i parametry třídění [2].

6.1 Dezintegrace obilného zrna

Základním způsobem drcení meliva je mletí mezi dvěma protiběžnými válci válcové stolice.

Pracovním orgánem válcové stolice je dvojice horizontálně uložených kovových válců které se otáčejí proti sobě. Z násypky válcové stolice se melivo mezi v válce dopravuje podávacím zařízením (válečkovým, šnekovým). Důležitým regulačním prvkem je skládání mlecích válců, které slouží k nastavení základní polohy pohyblivého válce a mlecí spáry. Mlecí válce jsou hladké nebo rýhované a jejich povrch se musí neustále čistit.

Při rozmělňování částic mezi mlecími válci se uplatňuje především tlak, střih a tření. V prostoru největšího přiblížení válců (mlecí spára) je zrno vystaveno nejvyššímu tlaku.

Pro účinnost mletí mají zásadní význam geometrické a kinetické parametry mlecích válců [16].

Z geometrických parametrů to jsou:

- délka a průměr válců,
- hloubka, tvar, sklon rýh a jejich poloha, počet rýh na cm obvodu válce,
- šířka mlecí spáry.

Z kinetických parametrů pak

- obvodová rychlost válců, předstih,
- hmotnostní průtok.

Řízením těchto parametrů se dociluje v jednotlivých mlecích pasážích velmi odlišných fyzikálních podmínek, za nichž vlastní dezintegrace meliva probíhá. V průběhu mlecího procesu se podstatně mění struktura meliva, tak i požadavky na jeho drcení – od šetrného otevírání zrna přes opatrné vybírání částic endospermu ze slupek po rozmělňování separovaných hrubších frakcí.

V moderních mlýnech pouhé drcení na válcových stolicích nestačí. V přepadech zadních chodů se získává značné množství částic slupek se zbytky endospermu, který není možno na válcových stolicích dokonale odstranit. Proto se užívá doplňkových mlecích strojů. Jedná se o vytloukací stroje, nárazové rozmělňovače, roztěrače [2].

6.2 Třídění směsi po drcení

Ve vlastním mlýně se pro třídění směsí po drcení v jednotlivých mlecích chodech využívá třídění podle velikosti částic, na základě aerodynamických vlastností a měrné hmotnosti. Tříděním meliva na sítech vznikají meziprodukty, které se v technologickém procesu dále zpracovávají a meziprodukty, které se zařazují do hotových výrobků – pasážní mouky [12].

Rovinné vysévače se používají ke třídění meliva, které probíhá na soustavě vodorovně uložených sít ve vysévacích rámech, zasunutých do skříně vysévače. Rotující závaží ve středu skříně, která je zavěšená na laminátových tyčích, vyvolává její krouživý pohyb a způsobuje posun meliva za současného prosévání a třídění podle zrnitosti. Čistění vlastního síta a sběrného dna rámu zajišťují čistící elementy, jejichž pohyb je odvozen od pohybu vysévače.

Třídění meliva probíhá dle technologického schéma, které určuje vnitřní uspořádání ve vysévacím dílu. Tím je určen postup meliva po jednotlivých sítech a odsazování vytříděných skupin dle granulace.

Jeden nebo více dílů, popř. část dílu vysévače tvoří vysévací systém. Vysévací systém má několik vysévacích skupin, podle požadavků na roztřídění meliva.

Vysévací skupinu tvoří jedno nebo několik sít vysévače, které mají společný výpad. Každá vysévací skupina třídí melivo na propady a přepady. Vysévací skupiny mohou pracovat přepadem (do společného výpadu se odvádějí přepady), propadem (do společného výpadu se odvádějí propady) nebo kombinovaně.

Při posunu meliva po sítech dochází k samotřídění, do kontaktu se sítem nedostanou částice jádra a obalové částice s nižší měrnou hmotností se pohybují ve vrchní vrstvě. Tento jev je příznivý. Soustředěním jakostnějších propadových částic blíže k sítům se zvyšuje pravděpodobnost, že částice otvory sít propadnou [17].

6.3 Čištění krupic

Krupice získané na šrotových pasážích se po roztřídění na příslušných vysevacích dílech roztřídí do několika velikostních frakcí. Tyto frakce jsou však heterogenní co do složení (poměru endospermu a obalových vrstev) a tuto heterogenitu nelze prostým rozměrovým tříděním překonat. K tomuto účelu slouží speciální třídící stroje využívající kombinaci několika principů třídění (rozměrové, podle měrné hmotnosti a aerodynamické) – čističky krupic reformy.

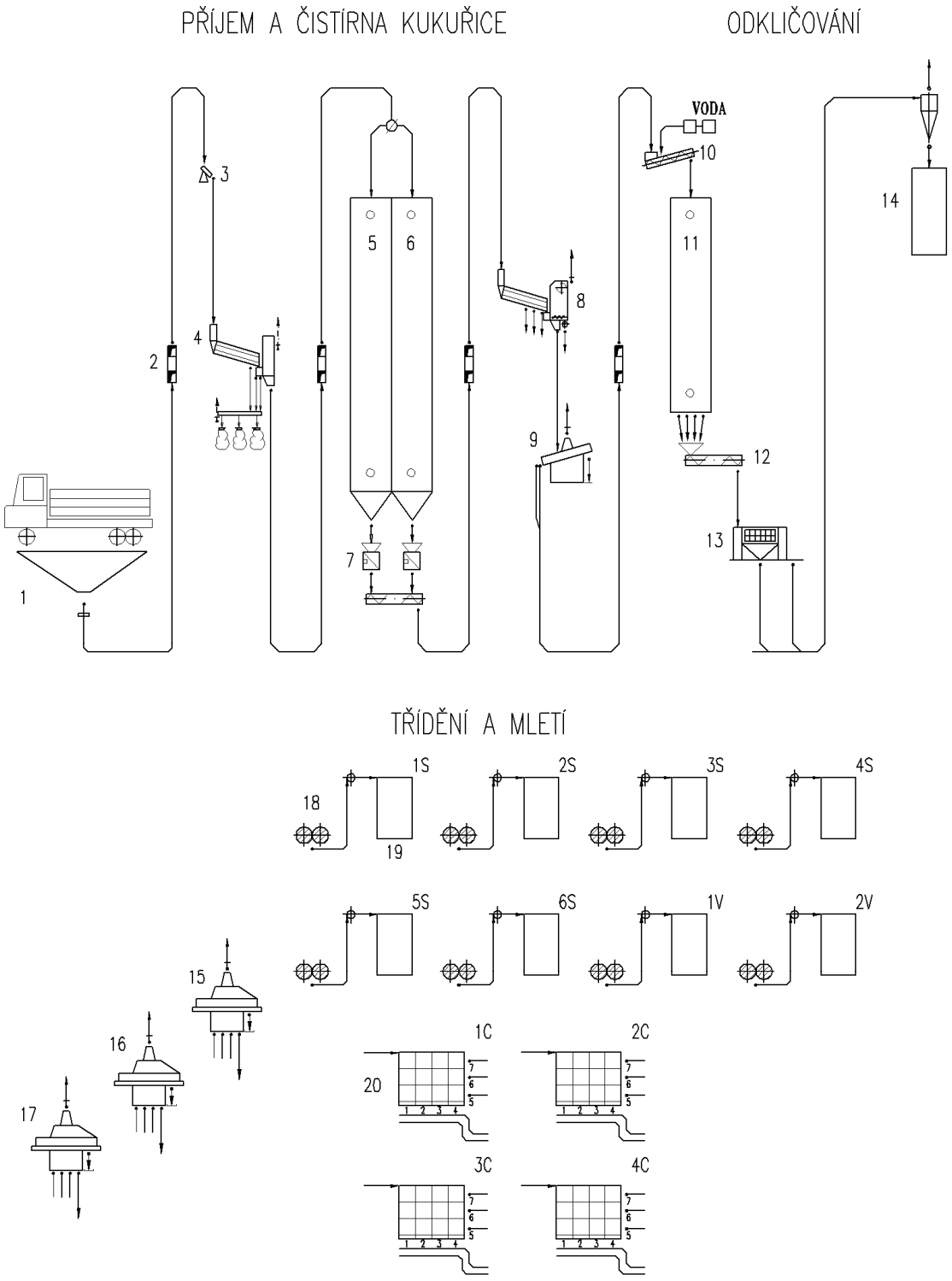
Směs krupic se nad žejbrem pohybuje ve fluidní vrstvě, při čemž frakce částic o vyšší měrné hmotnosti a globulálního tvaru, tj. ty, které neosahují obalové vrstvy (čisté endospermatické krupice) postupně propadávají sítem a tak dochází k třídění na propady, přepady a aspirační částice. Jedno žejbro vždy představuje samostatnou třídící jednotku opatřenou čtyřmi rámečky se síty, která mohou být uspořádána v jedné, dvou nebo třech řadách nad sebou. Z jedné řady sít získáme principiálně čtyři frakce propadu, jednu přepadovou frakci a aspirační podíl. Nejjakostnější jsou propady prvního a druhého síta, jakost dalších klesá [11].

7 TECHNOLOGIE MLETÍ KUKUŘICE

Hlavním cílem při mletí kukuřice je maximální výtěžnost hrubých krupic, podobně jako při mletí při mletí pšenice. Krupice se však neluští jako u pšenice, pouze se čistí na čističkách krupic. Ve snaze o zisk co nejvyššího podílu krupic jsou přizpůsobeny také parametry mlecích válců tzn. volí se malý počet rýh s velkou hloubkou. Za mírného přítlaku mlecích válců dochází k postupné dezintegraci kukuřičného endospermu na 5–6 šrotových pasážích. Z prvních dvou lze prvním přepadem získat zbytky klíčků, které nebyly zachyceny v úseku odkličkovaní. Procházejí-li zbytky klíčků válcovou stolicí, nedrtí se vlivem vysokého obsahu tuku jako endosperm, ale vytváří placičky, které se oddělují na první skupině vysévacího stroje. Druhým přepadem prvních šrotů lze vyrábět velmi hrubou krupici. Hrubé a střední krupice z jednotlivých šrotových pasáží se čistí na reformě. Na vymílacích pasážích můžeme jednak upravovat granulaci krmných frakcí, ale také přemílat jemné krupice na kukuřičnou mouku. Technologické schéma mletí kukuřice je velice variabilní v závislosti na rozmanitém použití kukuřičných produktů [18].

Na obrázku č. 5 je znázorněno technologické schéma zpracování kukuřice se suchým způsobem odklíčkování. Kukuřice je přes příjmový násypný koš (1), deskový magnetický separátor (3) a předčistírenský sítový třidič s aspiračním skříní (4) dopravována pomocí korečkových elevátorů (2) do příjmových zásobníků (5,6). Hmotnostní dávkovače (7) zajišťují kontinuální hmotnostní průtok a podle nastavených parametrů zámelu dávkují kukuřici do čistírny. Čistírna se skládá ze sítového třidiče s aspirační skříní s recirkulací vzduchu (8), suchého odkaménkovače (9), nakrápěcího mixéru (10) a odležovacího zásobníku s výčetným výpady (11). Odležená kukuřice je dopravována pomocí šnekového dávkovače (12) do nárazového odkličovacího stroje (13), kde se nárazem oddělí klíček od zbývající části zrna. Toto oddělení klíčku je možné vzhledem ke křehkosti sklovité části zrna, drobivostí moučné frakce a elasticity klíčku. Všechny tyto části (klíček, zrno a jejich směs) jsou dopraveny na rovinný vysévač (14), kde jsou podle rozměrů roztříděny na několik frakcí. Hrubá frakce, obsahující sklovité části a klíček jde na první gravimetrický separátor (15). Střední frakce je zpracovávaná na druhé lince (16) a jemná frakce na třetí lince (17). Oddělení klíčků je dokončeno ve vlastní mlýnské části, díky působení vhodně rýhovaných mlecích válců (18) a vysévání na rovinných vysévačích (19), čímž se získají klíčky vysoké kvality a čistoty. Pro čištění získaných krupic jsou v technologii zařazeny

čističky krupic (20). Mlecí schéma počítá s 6 šrotovými (1S-6S) a 2 vymílacími pasážemi (1V,2V) a 4 čističkami krupic (1C-4C).



Obr. 5. Technologické schéma zpracování kukuřice se suchým způsobem odkličování

8 ZPRACOVÁNÍ MLÝNSKÝCH VÝROBKŮ

8.1 Produkty získané mletím kukuřice

Kukuřičné zlomky „ HOMINY“

základní surovina pro výrobu kukuřičných lupínků.

Kukuřičná krupice k výrobě Polenty.

Polenta je tradiční severoitalský pokrm vyráběný jemným zpracováním kukuřičné krupice do formy. Podobná českému bramborovému knedlíku.

Kukuřičná krupice k výrobě pivovarského surogátu.

V zahraničí užívaná k výrobě piva.

Kukuřičná krupice pro extruzi.

Výchozí surovina širokého spektra extrudovaných výrobků.

Kukuřičná mouka.

Využívá se pro těstárenské účely, zlepšuje barvu těstovin a zlepšuje jejich vařivé vlastnosti.

Kukuřičné klíčky.

Z kukuřičných klíčků se vyrábí kvalitní olej, zbytky po extrakci se zkrmují.

Podle prováděcí vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 333/1997 Sb., ve znění vyhlášky 93/2000 Sb. zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích po úpravě zákonem 281/2009 Sb., se moukou rozumí mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilí a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitého obilí. Pro kukuřičnou krupici jsou stanoveny maximální hodnoty pro obsah vlhkosti v hmotnosti 15 % a maximální obsah minerálních látek v % hmotnosti sušině maximálně 0,9. Kukuřičné krupice a mouky smí obsahovat nejvýše 3,0 % tuku v sušině [19].

8.2 Extruze

Extrudované potraviny zařazujeme mezi speciální výrobky, vyráběné speciálními technologickými operacemi. Předpokladem je, aby materiál před vytlačením vytvořil

plastické těsto se škrobem zmazovatěným do různého stupně v kterém jsou stlačené plyny a pára – zárodky budoucích pórů ve finálním produktu [11].

Extruze spočívá ve stlačení a tím plastifikaci materiálu pomocí šneku v uzavřeném prostoru extrudéru a jeho vtlačení definovaným otvorem, nebo systémem otvorů do okolní atmosféry, často po jeho předcházející tepelné úpravě. Po opuštění extruzního prostoru zvětší svůj objem a nezvratně změní svoji strukturu (křehká struktura tuhé pěny). Z technologického hlediska je to univerzální proces, protože v jednom zařízení a prakticky v jednom kroku současně zabezpečuje několik operací – míchání a homogenizaci surovin a přísad, posun materiálu tepelné ošetření a tvarování [17].

8.2.1 Rozdělení extruze

Studená – protlačování a tvarování za nízké teploty a relativně nižšího tlaku bez přívodu tepelné energie. Materiál se míchá s vodou na homogenní těsto, které se matricí tvaruje při teplotě 35 – 40 C na požadovaný tvar, přičemž extrudát vyžaduje ještě dosoušení (výroba těstovin).

Nízkoteplotní – vhodné komponenty se smíchají s vodou, tepelně se zpracují v přední části extrudéru a před přechodem přes tvarovací trysku se materiál ochladí na teplotu pod 100 C.

(Výroba polotovarů, které poskytují hotový výrobek po sušení a smažení.)

Vysokoteplotní – vaření a tvarování za vysokého tlaku a teploty (HTST – high temperature short time), v krátkém čase. Při tomto způsobu dochází v materiálu i k zásadním fyzikálně-chemickým změnám a to k mazovatění škrobu, denaturaci bílkovin a k vytvoření nové pěnové struktury. Při samotném zpracování dochází jakoby k roztavení hmoty, která při průchodu přes matrici do prostředí normálního tlaku expanduje za současného vytvrzení – tzv. termosetový efekt [18].

8.2.2 Konstrukce extrudéru

Extrudér se skládá ze třech hlavních částí – šneku, extruzního pouzdra a matrice. Podle geometrie a počtu pracovních elementů se používají jednošnekové, dvoušnekové a speciální vícešnekové. Pouzdro extrudéru má temperovaný plášť, který umožňuje úpravu teploty zpracovávaných surovin. K příslušenství extrudéru patří kromě elektromotoru

hnacích a převodových součástí, zejména dávkovací a zvlhčovací zařízení, zařízení na předběžné míchání surovin a matrice. Prostor mezi šnekem a pouzdrem musí být zcela zaplněný, aby se materiál mírně stlačil a neposouval do další sekce. V této zóně má šnek hluboké drážky. V další zóně kde se hloubka drážek šneku zmenšuje má se tlak zvyšuje. Zpracovávané suroviny vytváří kompaktní hmotu, která brání úniku páry z výtlačné části do vstupního otvoru. Nejmenší hloubku mají drážky šneku ve výtlačné zóně, kde se prudce zvyšuje tlak i teplota, voda se mění na páru a škrob mazovatí. Na konci extruzního pouzdra se materiál usměrňuje do tvarovací matrice, protlačuje a expanduje. Následně se tvaruje, případně tepelně opracuje a ochucuje [11].

Extruzní technologie nachází široké uplatnění nejen v cereálních technologiích, ale také v biochemickém i dalším nepotravinářském využití.

ZÁVĚR

Kukuřice se anatomicky odlišuje od ostatních obilovin velikostí zrna. Ve srovnání s ostatními obilovinami je kukuřičné zrno větší. Jiný je také poměr endospermu a klíčku. Klíček má vysoký obsah tuku. Klíček – tuk negativně ovlivňuje kvalitu kukuřičných mlýnských produktů. Rychle podléhá oxidačním a enzymovým změnám, zhoršuje jejich senzorickou i technologickou kvalitu. Při zpracování kukuřičné krupice v extrudéru tlumí – zhoršuje extruzi.

Důležitou technologickou operací při mlýnském zpracování kukuřice je odklíčkování. Provádí se třemi způsoby. Suchý způsob při němž se dezintegruje křehčí endosperm nárazem a elastičtější klíček zůstává celistvý. Mokrý způsob kdy se při zvýšené vlhkosti kukuřičného zrna drtí mezi rotorem opatřeným výstupky a děrovaným pláštěm. Třetí způsob je drcení rýhovanými válci. Klíček se ze směsi odděluje na spektrálních třídičích a vysévačích při přípravě zrna v čistírně. Zbytky nezachycených klíčků se oddělí na stejných strojích při vlastním mletí endospermu. U nás se v současnosti užívá pouze suchý způsob odklíčkování. Je to dáno charakterem požadovaných kukuřičných produktů. Kukuřičná krupice pro extruzi a kukuřičná mouka pro těstárenství jsou hlavní výstupy mlýnského zpracování kukuřice u nás. V zahraničí je kukuřice ve velké míře využívána k získávání škrobu.

Význam kukuřice ve výživě člověka vzrůstá nejen nedostatkem potravin v chudých zemích světa v souvislosti s vysokými výnosy geneticky modifikované kukuřice, ale také ve výživě pacientů s intolerancí glutenu, nemocných celiakií.

V práci je uveden popis anatomie kukuřičného zrna a jeho chemické složení. Způsoby odklíčkování. Vlastní mlecí proces s popisem strojů a jednotlivých technologických operací. Zahrnuty jsou také výstupy mlýského zpracování kukuřice a jejich užití v praxi

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] ŠAŠKOVÁ, D., ŠTOLFA, V. Trávy a obilí. 1. vyd.: ARTIA/GRANIT, Praha, 1993. 64 s. ISBN 80-85805-03-0

[2] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie I, cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. 1.vyd. VŠCHT Praha, 2003, 202 s. ISBN 80 –7080-530-7.

[3] Kukuřice setá [online]. [cit. 15.2.2010]. Dostupné na internetu: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kuku%C5%99ice_set%C3%A1>

[4] JOHNSON L.A. Corn: The major cereal of the Americas. *In* KULP, K. a PONTE, J. G. Handbook of Cereal Science and Technology. Second Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York, 2000, 31-80 s.

[5] DELCOUR, J.A., HOSENEY R. C. Principles of Cereal Science and Technology. AACC International Press St. Paul. 2010, 280 s. ISBN 978-1-891127-63-2

[6] PELIKÁN, M. Zpracování obilovin a olejnin. 2.vyd. ES MZLU v Brně, 2001, 152 s. ISBN 80-7157-525-9

[7] HAMPL, J. Cereální chemie a technologie. 1. vyd. SNTL, Praha, , 1970, 400 s.

[8] KADLEC, P. a kolektiv. Technologie potravin I. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2002, 300s. ISBN 80-7080-509-9

[9] Starch [online]. 2006. [cit. 20.2.2010]. Dostupné na internetu: <http://cdavies.wordpress.com/2006/10/05/starch/>

[10] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1. 2. vyd. upravené. OSSIS Tábor, 2002, 344 s. ISBN 80-86659-00-3

[11] MUCHOVÁ, Z. Technológia spracovania cereálií. 2. vyd. SPU v Nitre, 2007, 194 s. ISBN 978-80-8069-980-2

[12] PLISKOVÁ, V., PAVLIŠ, M. Technologie pro 4. ročník střední průmyslové školy studijního oboru průmyslová výroby krmiv a mlynářství. 1. vyd., SNTL, Praha, 1988, 296 s.

[13] KUČEROVÁ, J. Technologie cereálií. 1. vyd. ES MZLU v Brně, 2004, 141 s.

[14] PROCHÁZKA, M. Mlynářství II. 1. vyd. SNTL, Praha, 1985, 136s,

[15] OCRIM Spa. Maize mills – An industry in evulotion. Firemní legislativa. Cremona – Italy, 2010, 38 p.

[16] KADLEC, P. a kolektiv. Procesy potravinářských a biochemických výrob. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 308 s. ISBN 80-7080-527-7

[17] PAVLIŠ, M. Mlynářství I. 1. vyd. SNTL, Praha, 1983, 184 s.

[18] MALEŘ, J. Zpracování obilovin. 1. vyd. MZe. Praha, 1994, 38 s. ISBN 80 – 7105 – 073 – 3

[19] Vyhláška Mze č. 333/1997 Sb., ve znění vyhlášky 93/2000 Sb., zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích po úpravě zákonem 281/2009 Sb.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Anatomická stavba zrna [5].

Obr. 2. Schématické znázornění škrobového zrna [9].

Obr. 3 Kónický rotor dezintegrátoru pro mokrý způsob odkličování [15].

Obr. 4. Zobrazení princip třídění na gravimetrickém třídícím stole [15].

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Srovnání průměrných hmotnostních podílů částí zrna pšenice a kukuřice [2].

Tabulka 2. Proteiny obilovin a jejich složení [10].

Tabulka. 3 Obsahy mastných kyselin v obilovinách [2].